



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:
GEOLOGIA MARINHA, COSTEIRA E SEDIMENTAR

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ANÁLISE GEOMÉTRICA E ARQUITETURAL EM
AFLORAMENTO DE COQUINAS DA FORMAÇÃO MORRO
DO CHAVES, BACIA DE SERGIPE- ALAGOAS, E SUA
APLICAÇÃO NA CARACTERIZAÇÃO DE RESERVATÓRIOS

SAMUEL ALÉCIO SILVA TAVARES FIGUEIREDO

SALVADOR
2018

**ANÁLISE GEOMÉTRICA E ARQUITETURAL EM
AFLORAMENTO DE COQUINAS DA FORMAÇÃO MORRO
DO CHAVES, BACIA DE SERGIPE- ALAGOAS, E SUA
APLICAÇÃO NA CARACTERIZAÇÃO DE RESERVATÓRIOS**

SAMUEL ALÉCIO SILVA TAVARES FIGUEIREDO

Orientador: Prof. Dr. Michael Holz

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Geologia, Área de Concentração: Geologia Marinha, Costeira e Sedimentar.

SALVADOR
2018

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI/UFBA),
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Tavares Figueiredo, Samuel Alécio Silva
ANÁLISE GEOMÉTRICA E ARQUITETURAL EM AFLORAMENTO DE
COQUINAS DA FORMAÇÃO MORRO DO CHAVES, BACIA DE
SERGIPE- ALAGOAS, E SUA APLICAÇÃO NA CARACTERIZAÇÃO
DE RESERVATÓRIOS / Samuel Alécio Silva Tavares
Figueiredo. -- Salvador, 2018.
151 f. : il

Orientador: Prof. Dr Michael Holz.
Dissertação (Mestrado - Programa de Pós Graduação em
Geociências) -- Universidade Federal da Bahia,
Intituto de Geociências da Universidade Federal da
Bahia (UFBA), 2018.

1. Coquinas. 2. Estratigrafia. 3. Reservatório. 4.
Geometria. 5. Formação Morro do Chaves. I. Holz, Prof.
Dr Michael. II. Título.

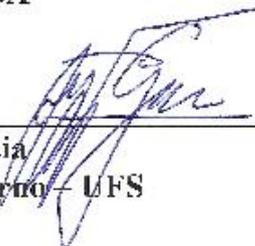
**“ANÁLISE GEOMÉTRICA E ARQUITETURAL EM
AFLORAMENTO DE COQUINAD DA FORMAÇÃO MORRO
DOCHAVES, BACIA DE SERGIPEALAGOAS, E SUA
APLICAÇÃO NA CARACTERIZAÇÃO DE
RESERVATÓRIOS”**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia, como requisito para a obtenção do Grau de Mestre em Geologia na área de concentração em Petrologia, Metalogênese e Exploração Mineral, em 30/07/2018.

DISSERTAÇÃO APROVADA PELA BANCA EXAMINADORA:



Dr. Michael Holz
Orientador – UFBA



Dr. Antonio Garcia
Examinador Externo – UFS



Dr. Claudio Borba
Examinador Externo – PETROBRAS

Salvador – BA
2018

*A Deus, a minha esposa, família e aos
colegas desta bela profissão que é a
Geologia, com muito carinho.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, por me permitir acordar e respirar todos os dias, pela inteligência e capacidade a mim concedidas. A Ele toda glória para todo sempre!

Agradeço a minha esposa pelo apoio incondicional, por me confortar e incentivar a não desistir, mas a seguir adiante. Só nós sabemos como foi tudo tão corrido. Obrigado por acreditar em mim, você não faz ideia de como isso foi, e é importante para mim. Te amo minha princesa Janylle!

Agradeço aos meus pais que tanto me apoiaram para ingressar no curso de geologia e sonharam este mestrado junto comigo. Obrigado Pais, os amo profundamente! Às minhas queridas irmãs Hévinne e Roselaine que também acreditaram em mim.

Agradeço ao Prof. Dr. Michael Holz, orientador deste trabalho, pelo aceite em me orientar mesmo sabendo de minhas dificuldades de viagens e trabalho. Por ter ido ao campo e me ajudado a visualizar a estratigrafia de uma forma diferente.

Agradeço ao Prof. Dr. Antônio Jorge Vasconcellos Garcia, um visionário que me ajudou com sugestões e correções e também a não me desesperar. Isso além de todo incentivo à pesquisa no imenso mundo que é a geologia do petróleo.

Agradeço ao Laboratório Progeologia, por todo o apoio logístico e técnico concedido a este trabalho por parte de cada integrante. Especialmente agradeço a Luiz Mario, Marcio, Karen, Arthur, Miriam e Misael. Obrigado por me compreender quando precisei me concentrar. Agradeço aos demais integrantes que contribuíram de diversas formas no conhecimento técnico aplicado neste trabalho.

Agradeço aos Pastores Ricardo e Saula Reis que me incentivaram a confiar e acreditar que este sonho era possível.

Agradeço aos professores do IGEO da UFBA por todos os conhecimentos repassados a mim ao longo desta pós-graduação. Com lágrimas nos olhos encerro este agradecimento! Obrigado a todos de coração!

Resumo

Com a descoberta de hidrocarbonetos dos reservatórios do Pré-Sal, estudos em rochas carbonáticas ganharam suma importância. Estudos em afloramentos auxiliam no desenvolvimento de métodos para o entendimento dos depósitos sedimentares e subsidiam a modelagem geológica de reservatórios. Baseado na Estratigrafia de Sequências e na caracterização de elementos arquiteturais, este trabalho caracterizou os calcários bioclásticos (Coquinas) da Formação Morro do Chaves, Cretáceo Inferior da Sub-bacia de Alagoas, na Pedreira Intercement, em São Miguel dos Campos, Alagoas. Foram levantados perfis litológicos, adquiridos perfis de Raios Gama; dados de Laser Scanner e GPR; coletadas amostras; e descrito um furo de sondagem. Estudos anteriores classificaram o contexto deposicional desta unidade como lacustre, com evidências de influências marinhas. Nos trabalhos de campo foram descritos calcirruditos, calcarenitos bioclásticos, arenitos, arenitos conglomeráticos e folhelhos. As estruturas sedimentares observadas foram estratificações cruzadas tabular e acanalada, gretas de ressecamento, marcas onduladas, estruturas de carga e superfície erosiva. Em relação à geometria, constatou-se geometria externa tabular, lenticular, e em lobos sigmoidais, ao longo de ciclos com espessamento e afinamento das camadas. Foram encontrados registros fósseis marinhos, indicando incursões marinhas. Interpretou-se o ambiente deposicional como um lago de grandes proporções, com dinâmica costeira similar ao ambiente marinho raso. As rochas descritas foram agrupadas em associações de *Foreshore*, *Shoreface* e *Offshore*. Folhelhos ocorrem intercalados ao longo da seção representando eventos transgressivos, nos quais barras coquinóides foram recobertas por sedimentos finos. Durante períodos regressivos, a exposição gerou gretas de ressecamento. A seção foi subdividida em sequências deposicionais limitadas por superfícies de regressão máxima.

Palavras-chave: Estratigrafia; Reservatório; Coquinas.

Abstract

With the discovery of hydrocarbons from the pre-salt reservoirs, studies on carbonate rocks have gained importance. Outcrops studies support the development of methods for the understanding of sedimentary deposits and support the geological modeling of reservoirs. Based on Sequence Stratigraphy and the characterization of architectural elements, this work characterized the bioclastic limestones (Coquinas) of the Morro do Chaves Formation, Lower Cretaceous of the Alagoas Sub-basin, in the Pedreira Intercement, in São Miguel dos Campos, Alagoas. Lithological profiles were obtained, profiles of Gamma Rays were acquired; Laser Scanner and GPR data; collected samples; and a borehole is described. Previous studies have classified the depositional context of this unit as lacustrine, with evidences of marine influences. In the field works calcirrudites, bioclastic calcarenites, sandstones, conglomerate sandstones and shales were described. The sedimentary structures observed were tabular and fluted cross stratifications, mudcracks, wave marks, load structures and erosive surface. Regarding the geometry, external tabular, lenticular geometry was observed, and in sigmoidal lobes, along thickening and thinning cycles of the layers. Marine fossil records were found, indicating marine incursions. The depositional environment was interpreted as a lake of great proportions, with coastal dynamics similar to shallow marine environment. The described rocks were grouped in Foreshore, Shoreface and Offshore associations. Shales occur interspersed throughout the section representing transgressive events, in which cochinoid bars were covered by fine sediments. During regressive periods, the exposure generated mudcracks. The section was subdivided into depositional sequences bounded by maximum regression surfaces.

Keywords: Stratigraphy; Reservoir; Coquinas.

1. INTRODUÇÃO.....	18
2. OBJETIVOS.....	19
3.MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
3.1 Revisão Bibliográfica:.....	20
3.2 Compilação de dados:.....	21
3.3 Aquisição de dados complementares.....	21
3.4 Processamento e Interpretação dos dados complementares.....	23
3.4.1 Perfis Litológicos:	23
3.4.2 GPR (<i>Ground Penetrating Radar</i> - Radar de penetração no solo):	24
3.4.3 Nuvens de Pontos - <i>Laser Scanner</i>	26
3.4.4 Análises de Porosidade e Permeabilidade	27
3.4.5 Perfil de Raio Gama (<i>Gamma Ray</i>)	28
3.5Discussão e Resultados:.....	28
4.CONTEXTO GEOLÓGICO.....	29
4.1 Bacia Sergipe - Alagoas.....	29
4.2 Formação Morro do Chaves.....	31
4.3Ambiente Depositional da Formação Morro do Chaves.....	33
4.3.1Evidências de Incurções Marinhas	36
5. ESTRATIGRAFIA DE SEQUÊNCIAS(ES).....	41
5.1 Revisão e Conceitos Elementares.....	41
5.2Implicações para Bacias Rife.....	48
5.2.1 Lagos Rife.....	59
5.3Sucessões Carbonáticas.....	63
5.3.1 Modelos para Sucessões Carbonáticas.....	68
6. RESULTADOS.....	72

6.1 Análise Faciológica.....	78
6.1.1 Bioacumulados.....	79
6.1.2 Calcirruditos bioclásticos	81
6.1.3 Calcarenitos	88
6.1.4 Arenitos	90
6.1.5 Folhelhos	93
6.2 Associação de Fácies.....	98
6.2.1 Associação de Fácies de <i>Backshore</i> :.....	100
6.2.2 Associação de Fácies de <i>Foreshore</i> :.....	101
6.2.3 Associação de Fácies de <i>Shoreface</i> :.....	102
6.2.4 Associação de Fácies de <i>Offshore</i> :.....	103
6.3 Análise Estratigráfica.....	105
6.3.1. Ciclos identificados.....	109
6.3.1.1 Hemiciclos Regressivos.....	111
6.3.1.2 Hemiciclos Transgressivos	113
6.4 Análise Geométrica.....	116
6.4.1 Linhas de GPR	119
7. CONCLUSÕES.....	140
8. REFERÊNCIAS.....	143
ANEXO A – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA GEOCIÊNCIAS.....	152
ANEXO B – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO.....	156

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Ferramentas utilizadas para aquisição de dados complementares: A) Coleta de plugs com perfuratriz; B) Aquisição de nuvens de pontos com Laser Scanner; C) Aquisição de linhas de GPR; D) Coleta de perfis com Raio Gamma.....	22
Figura 2 Classificação de Folk (1962) por escala de tamanho para rochas carbonáticas (modificado de Scholle & Ulmer-Scholle, 2003).....	23
Figura 3 Classificação de Dunham (1962) com atualizações de Embry & Klovan (1971) para o grupo Boundstone e para rochas com grãos maiores que 2mm (Modificado de Scholle & Ulmer-Scholle 2003, apud Terra <i>et. al.</i> 2010).....	24
Figura 4 Passos aplicados no processamento dos dados de GPR.....	25
Figura 5 Linha de GPR em dado bruto (pré-processamento) e Processado (exemplo linha na Mina IV da Intercement).....	25
Figura 6 Workflow de Processamento de Nuvem de Pontos. Uma vez coletadas as nuvens este workflow é aplicado.....	26
Figura 7 Bancada Leste 4 da Mina Principal com duas polilynes demarcando superfícies mapeadas.....	27
Figura 8 Porosímetro e Permeâmetro de expansão a gás e respectivos componentes. (Fonte: LabPetrON – Observatório Nacional).....	28
Figura 9 Localização e limites da Bacia Sergipe - Alagoas. (Modificado de Souza Lima <i>et.al</i> 2002).	30
Figura 10 Enquadramento cronoestratigráfico da Fm. Morro do Chaves na seção rifte da Sub-bacia de Alagoas. No quadro em vermelho a delimitação da Formação. (Modificado de Campos Neto <i>et. al.</i> 2007 apud Borba <i>et. al.</i> 2009).....	31
Figura 11 Seção tipo proposta por Schaller 1970 para a Formação Morro do Chaves, e identificada no Poço CS-1-AL (Coqueiro Seco nº1, Alagoas). (Retirado de Schaller, 1970). ...	32
Figura 12 - Modelo evolutivo da deposição dos carbonatos lacustres da Formação Morro do Chaves. Garcia <i>et al.</i> , (2015) utilizou a terminologia de tratos marinhos adaptada ao contexto lacustre, atribuído a unidade pelos autores da figura original (modificado de Azambuja Filho <i>et al.</i> , 1998 apud Garcia <i>et al.</i> , 2015).	34
Figura 13 Mapa paleogeográfico do Aptiano segundo Arai (2007) com possíveis conexões de águas tetianas às águas do Atlântico Sul Setentrional. (Modificado de Scotese, 2001 apud Arai, 2007).	38
Figura 14 Reconstituição paleogeográfica para o Albiano, segundo Azevedo (2004), adotando como mapa-base o de Hay <i>et al.</i> (1999). Em cor cinza, as áreas continentais; em azul-claro os mares rasos intra- ou epicontinentais; em azul-escuro os oceanos ou mares mais profundos; em cinza-escuro as montanhas em torno do Atlântico Sul Central (Retirado de Azevedo, 2004)....	39

Figura 15 Conjuntos de Parassequências, de acordo com Van Wagoner et. al. (1988) (Modificado de Della Fávera 2010) e Modelo Clássico da Exxon (1988).....	44
Figura 16 Modelo para Sequência Depositional proposto pela Exxon. HST (TSNA), LSF (Leque de nível baixo), TS (superfície transgressiva), mfs (SIM), SB (limite do tipo 1), SB 2 (limite do tipo 2), SMW (TSMP), LSW (Cunha de nível baixo). (Modificado de Sarg, 1988)..	44
Figura 17 Organização dos tratos de sistemas e timing dos limites de sequências de acordo com diferentes modelos estratigráficos (Modificado de Catuneanu, 2009).....	45
Figura 18 Principais estruturas associadas a um meio-graben numa bacia rifte continental. Meio grabens que resultam numa série de vales estruturados por falhas extensionais e separam cada vale estruturalmente em dois blocos: aquele acima do plano da falha ou <i>hangingwall</i> e aquele que está abaixo ou <i>footwall</i> . Os dois blocos são separados por uma falha normal de alto ângulo. Notar a inversão de polaridade do meio-graben e o controle do relevo do rifte sobre a direção da drenagem. As setas indicam a direção geral da sedimentação produzida pelos diferentes processos deposicionais (Retirado de Holz et. al., 2017).....	50
Figura 19 Espaço de acomodação em uma bacia rifte: A subsidência na hangingwall é acompanhada por soerguimento na footwall. Consequentemente estes movimentos síncronos causam síncrona criação e destruição de espaço de acomodação. Barras verdes representam a taxa de acomodação, variável com o incremento da subsidência e barras amarelas representam o aporte constante típico nos modelos estratigráficos. (A) Início com baixa subsidência, (B) incremento com maior acomodação e (C) máxima subsidência durante o intenso rifteamento. Notar a mudança da arquitetura deposicional durante o aumento do rifteamento (Modificado de Holz et. al., 2017).....	52
Figura 20 Modelo conceitual adotado para a análise estratigráfica de uma bacia rifte continental, a qual configura 3 fases caracterizadas por tratos de sistemas tectônicos. (A) Trato de Sistemas de início de Rifte, caracterizado por falhas isoladas e restritas que criam meios-graben incipientes, preenchidos principalmente por sedimentação fluvial e deltaica sob um regime progradacional. Durante esta fase inicial, uma parte significativa da área futura da bacia ainda não é uma zona deposicional. B) Trato de Sistema de Desenvolvimento de Rifte, onde falhas iniciais tendem a se conectar formando uma área deposicional larga e profunda sob taxas de altas subsidência. As áreas não deposicionais estão agora subsidindo rapidamente. Esta fase é caracterizada pelo desenvolvimento de fácies lacustres com um trend geral retrogradacional. C) Trato de Sistemas de Término de Rifte, com decréscimo nas taxas de acomodação e um regime de sedimentação predominantemente progradacional. A bacia é preenchida com sedimentos fluviais, deltaicos e eólicos. (Retirado de Holz et. al. 2017).....	56
Figura 21 Seção estratigráfica de detalhe das sequências superiores da K34-K36, e a passagem para a Sequência K38.....	57

Figura 22 Evolução tectono-estratigráfica esquemática da área estudada por Borba (2009), no contexto da Bacia de Sergipe-Alagoas. A) Deposição das Sequências J20-K5 e K10/10 a K20 em um amplo sinforme; B) Formação de falhas em subsuperfície e de dobras de crescimento associadas, durante a deposição da K20; C) Soerguimento regional com a geração da Discordância Pré-Aratu; D) detalhe na área estudada, com deposição da K34-K36 e atuação local do Alto de Fazenda Tomada (TLB=trato de lago baixo, TT=trato transgressivo, TLA=trato de lago alto); E) Notar a continuação da atuação do Alto de Fazenda Tomada, inclusive controlando a deposição das coquinas da Formação Morro do Chaves (Sequência K38). Sem escala. (Retirado de Borba, 2009).	58
Figura 23 Proposição de rampa de baixo gradiente e alta energia dominada por ondas, segundo o esquema de Platt & Wright (1991) (Modificado de Platt & Wright, 1991).	60
Figura 24 Perfil esquemático de subambientes lacustres. (Adaptado de Wright 1990 apud Oliveira, 2014).	61
Figura 25 Regimes de Keep Up, Catch Up e Give Up, os quais registram possíveis respostas da relação entre a variação do nível do mar/taxa de produção <i>in situ</i> . (Modificado de Kendall, 2014).	66
Figura 26 Taxas de produção e janela de profundidade das fábricas carbonáticas. (Modificado de Schlager, 2005).	68
Figura 27 Geometrias básicas de plataformas tropicais e sua interpretação em termos de mudanças na taxa de acomodação e de suprimento de sedimentos. No lado esquerdo estão indicados os tratos de sistemas TSNA, TST, e TSNB, e (Limite de Sequência (LS)).(Modificado de Schlager, 2002).	70
Figura 28 Localização do Afloramento da Intercement em mapa geológico (Fonte: Progeologia – Projeto Camures - Carbonato).	73
Figura 29 Localização das Minas I, II e IV em São Miguel dos Campos, AL.	73
Figura 30 Perfil composto da Mina Principal, segundo Garcia (2012). Foi aqui incorporado a este, o perfil de RG respectivo. O perfil foi utilizado também para correlação com a Mina IV.	75
Figura 31 Visão Geral do afloramento Mina IV com detalhe das frentes leste e oeste, e o posicionamento dos perfis litológicos descritos.	76
Figura 32 Perfis empilhados para cada respectiva frente, N-S e NW-SE.	77
Figura 33 – Facies Bioacumulado. Conchas de até 2cm em matriz argilosa.	80
Figura 34 - Facies Bioacumulado. Conchas de até 2cm em matriz argilosa.	80
Figura 35 Fácies Calcirrudito Híbrido. Clastos terrígenos (quartzo e feldspatos) são misturados aos bioclastos.	82
Figura 36 Fácies Calcirrudito Híbrido. Clastos terrígenos (quartzo e feldspatos) são misturados aos bioclastos.	82
Figura 37 Fácies Calcirrudito Bioclástico puro.	83

Figura 38 Fácies Calcirrudito Bioclástico puro.....	84
Figura 39 Lentes de Calcirrudito Bioclástico. As mesmas variam lateralmente em espessura e comprimento.	85
Figura 40 Frente NW - SE da Mina IV. Camadas coquinóides com geometrias tabular, lenticulares e sigmoidais progradantes.....	85
Figura 41 Frente NW - SE da Mina IV. Demarcação da camadas coquinóides com geometrias tabular, lenticular e sigmoidais progradantes.....	86
Figura 42 Foto superior - Camada de calcirrudito bioclástico com estratificação cruzada tangencial a base (A) e tabular (B).....	86
Figura 43 Fácies Calcirrudito Bioclástico puro com conchas orientadas.....	87
Figura 44 Fácies Calcirrudito Bioclástico puro com conchas em disposição caótica.....	88
Figura 45 Calcarenito médio a grosso depositado sobre folhelho transgressivo, trazendo os primeiros registros da progradação de <i>Shoreface</i> sobre as lamas de <i>offshore</i> após um máximo transgressivo.....	89
Figura 46 Calcarenitos de <i>Shoreface</i> com geometria Tabular, Lenticular e Sigmoidal. Internamente a alguns sets pode apresentar estratificação cruzada tabular.....	90
Figura 47 Camadas lenticulares de arenitos.....	91
Figura 48 Estratificações cruzadas tabulares (tangenciais à base do set) e acanaladas em afloramento vicinal à Mina IV.	91
Figura 49 Lente de conglomerado depositada sobre superfície erosiva, evidenciando exposição subaerea após rebaixamento do nível de base e seguinte influxo fluvial. Na camada abaixo da lente há evidencias de dissolução provavelmente devido infiltração de água meteórica.....	92
Figura 50 - A e B - Gretas de dissecação (mudcracks) e C e D - Gretas de sinerese (<i>syneresis cracks</i> segundo exemplos de Plummer e Gostin 1981. (Modificado de Plummer e Gostin, 1981).	95
Figura 51 Gretas (cracks) de Contração: (A): Tipicamente formada por dissecação, polígonos completos, retos ou menos regulares; (B) Formadas por sinerese, tipicamente incompleta com forma de "pé de pássaro" ou veios. Em (A), são descritas como tendo sofrido pouca compactação subsequente e assim aparecem em forma de V na seção. Em (B) os preenchimentos das fissuras são dobrados através da compactação. (Modificado de Tucker, 2003).	95
Figura 52 A) Gretas de contração (<i>mudcracks</i>) preenchidas por calcários sobrejacentes no topo de algumas camadas de folhelhos. O registro deste preenchimento foi preservado como contramolde da estrutura; B e B.1) Estrutura de carga associada ao topo de alguns folhelhos e registrada como contramolde nos calcarenitos sobrejacentes.	98
Figura 53 Definições básicas por Inden e Moore (1983) para os subambientes de <i>Offshore</i> , <i>Shoreface</i> , e <i>Foreshore</i> . O <i>Backshore</i> não foi descrito pelos autores, mas é incorporado neste	

estudo a partir das observações particulares do presente documento. (Modificado de Inden e Moore 1983).....	100
Figura 54 Sucessão das associações de Fácies para parte basal e intermediária do Perfil composto da Frente NW - SE da Mina IV com assinaturas de RG.....	104
Figura 55 Seção estratigráfica de detalhe conforme Borba (2009) para as sequências K34-K36 e sua passagem para a sequência K-38 na plataforma de São Miguel dos Campos, região de estudo deste trabalho, especificamente na Formação Morro do Chaves. (retirado de Borba, 2009).....	108
Figura 56 Sequência elementar identificada nos afloramentos aqui estudados. A sequência é ideal estando, portanto susceptível a variações laterais de fácies.	110
Figura 57 Ciclos de espessamento e afinamento das camadas para o topo. A variação reflete a resposta da fábrica carbonática às variações do nível de base favorecendo a sedimentação carbonática (maiores espessuras) e por vezes dificultando este processo quando o sistema tende a ser afogado (menores espessuras).	112
Figura 58 Correlação Estratigráfica proposta neste trabalho. Os perfis utilizados foram os perfis compostos da Mina IV, da Mina principal, o furo F249 da Intercement e do poço ANP adjacente. A correlação foi realizada para a média frequência e as sequências foram delimitadas a partir dos ciclos T-R.....	115
Figura 59 Aquisição de Linhas de GPR nas minas principal e IV. A) Aquisição de linhas Strike (N-S), e B) Aquisição de Linhas Dip.	118
Figura 60 Aquisição de nuvens de pontos nas minas I e II.	118
Figura 61 Aquisição e Pré- processamento de dados de Laser Scanner na Mina IV. A) Paredão N-S; B) Nuvem de pontos original oriunda do equipamento; Paredão N-S pré-processado; D) Exemplo de interpretação de clinofomas.	119
Figura 62 -Principais padrões de terminação utilizados na Sismoestratigrafia com corte real de seções de GPR abaixo. (Andrade, 2005).	120
Figura 63 - Padrões de terminação, geométricos e clinofomas identificadas nas linhas de GPR da Intercement.	121
Figura 64 Padrões tabular, lenticular e sigmoidal ocorrendo na base da bancada N-S da Mina IV.	123
Figura 65 Junção do mapeamento de refletores com a Bancada Leste 5 correspondente.	124
Figura 66 Principais geometrias e clinofomas identificadas nas minas principal e IV da Intercement. Seções não interpretadas.	125
Figura 67 Principais geometrias e clinofomas identificadas nas minas principal e IV da Intercement.....	126
Figura 68 Padrões sigmoidais progradantes identificados nas frentes N-S e NW-SE da Mina IV.	127

Figura 69 Radarfácies identificadas nas linhas de GPR da Pedreira Intercement.....	130
Figura 70- Síntese das radarfácies encontradas nas linhas de GPR da Intercement com as geometrias deposicionais definidas por Moore & Inden (1983) para praias carbonáticas (radarfácies B1, B2 e B3). As radarfácies "A" e "C" foram acrescentadas neste trabalho. Radarfácies A - Folhelhos/Mudstones, B1 - Bancos de Grainstones/Rudstones Bioclásticos (B2- Parte superior do banco e B3- Estratificações Festonadas) e C - Arenitos.	132
Figura 71- Montagem do perfil litológico com parte da bancada leste 4 (para ilustração). As medidas 79.91m e 66.39m (em amarelo) foram adquiridas durante o processamento da nuvem de pontos para análise da continuidade lateral.	133
Figura 72- Medições de espessura e variação lateral de camadas a partir da nuvem de pontos.	134
Figura 73- Geometria tabular, lenticular e sigmoidal mapeadas nas malhas de nuvens de pontos, auxiliando a melhor visualização da geometria deposicional em ambiente 3D e prevenindo erros devidos a corte e/ou basculamentos.	135
Figura 74: Detalhe da amostra P10Am23H a qual apresentou maior porosidade.....	136
Figura 75: Detalhe da amostra P10Am22 a qual apresentou maior permeabilidade.....	137
Figura 76 Dispersão dos dados de porosidade para as amostras testadas neste trabalho.	137
Figura 77 Dispersão de dados de permeabilidade nas amostras testadas neste trabalho.....	138
Figura 78 Dispersão dos dados petrofísicos testados nas amostras do perfil 249 da mina Intercement. As maiores porosidade e permeabilidades no Foreshore e menores no Shoreface refletem possíveis tendências ao longo de ciclos de raseamento.	139

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

Reservatórios carbonáticos possuem grande heterogeneidade faciológica e petrofísica tanto lateral quanto verticalmente. A baixa previsibilidade de continuidade e geometria deste tipo de reservatório, em subsuperfície, se torna um desafio para melhor recuperação de óleo. Importantes reservatórios, como os do Pré-Sal na costa brasileira, são exemplos desse tipo de prospecto. Segundo Riccomini *et al.* (2012), “embora as rochas dos reservatórios do Pré-sal tenham sido perfuradas e amostradas, as informações disponíveis ainda não permitem a adequada compreensão do arranjo e da distribuição tridimensional desses reservatórios”. Dessa forma, este trabalho se propõe a trazer resultados e conclusões relativos a reservatórios carbonáticos, considerando o impacto que ambientes e ciclos deposicionais geram na distribuição e geometria dos corpos, sendo neste caso, a partir do estudo nos calcirruditos bioclásticos (coquinas) da Formação Morro do Chaves, na sub-bacia de Alagoas. Segundo Buckley (2006, tradução nossa), usando afloramentos análogos, o geólogo pode fazer observações sobre os tipos de rochas e propriedades como tamanho de grãos, porosidade e conteúdo fóssil, além de medir características geométricas como espessuras de camadas. Segundo o mesmo, estes atributos espaciais são extremamente importantes na modelagem de um reservatório, onde medidas de espessura, a correta compreensão dos corpos e a distribuição de barreiras de fluxo, influenciam tanto no montante de óleo, como no potencial de recuperação. Assim, o afloramento pode ser modelado como se fosse portador de petróleo, com resultados relevantes para reservatórios reais que são inacessíveis de forma direta (Buckley, 2006).

A área do trabalho foi a pedreira Intercement também conhecida como Atol e localizada no município de São Miguel dos Campos, Estado de Alagoas (AL). A Intercement possui 4 minas, das quais apenas 2 estão em atividade (minas I e II). O trabalho se concentrou na Mina IV, que está desativada, e em parte das Minas I e II. A abordagem utilizou ferramentas de macro e meso-escala. Foram descritos 11 perfis litológicos, sendo 10 em afloramento e 1 correspondente ao furo de sondagem F249, compilados dados de outros furose coletados dados de raio gama, nuvens de pontos com *Laser Scanner*, linhas de GPR e coleta de amostras ao longo dos perfis. A partir de correlações e interpretações à luz dos conceitos da estratigrafia de sequências, este estudo contextualiza estratigraficamente o afloramento, e traz uma melhor compreensão da relação entre os respectivos ciclos deposicionais, geometria e arquitetura dos corpos, esua influência sobre as propriedades reservatório neste cenário. O trabalho foi submetido para publicação na revista Geociências.

REFERÊNCIAS

- Buckley, S.J., Howell, J.A., Enge, H.D., Leren, B.L.S. and Kurz, T.H., 2006. *Integration of Terrestrial Laser Scanning, Digital Photogrammetry And Geostatistical Methods For High-Resolution Modelling Of Geological Outcrops. International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Science.* Dresden. Vol. 36. Part b5. *Proceedings Of Isprs Commission V Symposium*, 2006.
- Riccomini, C., Sant'anna, L. G., Tassinari. C. C. G. Pré-Sal: Geologia e Exploração. **Revista USP**, São Paulo, v. 95, p. 33-42, Nov. 2012.

1. INTRODUÇÃO

Rochas carbonáticas têm recebido destaque no contexto de exploração e produção de petróleo devido a recentes e importantes descobertas, como as do Pré-Sal. Estudos contemporâneos apontam que cerca de 50% da produção de óleo e gás no mundo ocorre em rochas carbonáticas (Soares, 2012). No Brasil, estes prospectos têm recebido destaque ante as perspectivas de produção no cenário das camadas do Pré-Sal e tem fomentado estudos aplicados nas diversas áreas da geologia sedimentar. Um dos focos principais está em entender não somente processos e produtos da sedimentação carbonática, mas também como seu alto grau de heterogeneidade afeta a continuidade dos reservatórios em profundidade. Para isso, é necessário primariamente uma visão aprofundada das diversas geometrias e arquiteturas que depósitos carbonáticos podem apresentar. É nesse contexto que este trabalho se insere, buscando somar a esses estudos uma melhor compreensão da arquitetura e geometria externa e interna de litofácies em depósitos bioclásticos, nomeadamente das coquinas. Para isso foram estudados depósitos da Formação Morro do Chaves que afloram na Sub-Bacia de Alagoas, especificamente nas cavas de mineração da Pedreira Intercement (ex-Atol).

A abordagem foi direcionada a partir do entendimento sobre a importância que estudos em afloramentos considerados análogos apresentam. Buckley (2006, tradução nossa), por exemplo, considera que "um bom afloramento análogo é aquele que foi depositado sob condições ambientais similares e sofreu uma história geológica semelhante ao reservatório que está sendo estudado". Para Riccomini *et al.* (2012), na geologia do petróleo é comum buscar-se situações naturais, ou análogos de reservatórios, nas quais rochas expostas ofereçam um exemplo do que seria o reservatório em profundidade (Riccomini *et al.*, 2012).

Aliando esta concepção à importância dos estudos em coquinas, o presente trabalho buscou trazer além de uma descrição faciológica, a aplicação de princípios da estratigrafia de seqüências para análise do impacto que os ciclos sedimentares registram nas geometrias das fácies e das camadas de coquinas observadas na Formação Morro do Chaves. Concomitantemente, buscou-se contribuir com estudos recentes relativos ao ambiente deposicional e caracterização destes afloramentos como análogos de reservatórios.

Ao discorrer também sobre as coquinas da Formação Morro do Chaves, Nogueira *et al.* (2003) chama a atenção para o fato de que este tipo de depósito constitui “plays petrolíferos bastante incomuns no registro geológico e de difícil entendimento”. Por isso a Formação Morro do Chaves tem sido objeto de diversos estudos, o que é reforçado pelas semelhanças que a unidade apresenta com seções de coquinas reservatório em outras bacias, como por exemplo as coquinas do Grupo Lagoa Feia, na Bacia de Campos, e a Formação Toca no oeste da África (Thompson *et al.*, 2015), as quais são reconhecidamente extensos reservatórios de petróleo (Nogueira *et al.*, 2003).

Dessa forma, como base de dados foram descritos e amostrados 11 perfis litológicos, além de dados de Raio Gama, nuvens de pontos com Laser Scanner, linhas de GPR e somada à compilação da seção da Formação Morro do Chaves no furo ANP, o qual se localiza no Campo de Furado (Campo de petróleo explorado pela Petrobrás) adjacente ao afloramento.

2. OBJETIVOS

Os principais objetivos deste trabalho contemplam a análise faciológica, estratigráfica e de geometria dos afloramentos de coquinas da Formação Morro do Chaves nas cavas de mineração da Intercement, sub-bacia de Alagoas. A partir de uma abordagem em macro e meso escala, objetivou-se:

- 1) A descrição de perfis litológicos em afloramento e furo de sondagem, seguida da associação de fácies e mapeamento de padrões de empilhamento. A partir disto, realizar a contextualização estratigráfica da seção estudada com interpretação de tratos de sistemas e sequências à luz de conceitos modernos da Estratigrafia de Sequências;
- 2) Caracterização da geometria interna e externa das litofácies, utilizando como complemento a distinção de radarfácies e geometrias de corpos sedimentares, observando ainda, variações na espessura e continuidade lateral dos mesmos;
- 3) Discutir as relações entre os ciclos sedimentares observados e respectivas geometrias resultantes. A partir disso, trazer conclusões destas relações com dados petrofísicos oriundos das amostras utilizadas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

De forma geral, a metodologia empregada neste trabalho contemplou os passos que são enumerados a seguir: 1) Revisão Bibliográfica; 2) Compilação dos dados; 3) Aquisição de dados complementares; 4) Processamento e Interpretação; 5) Discussão e Resultados. Os métodos utilizados em cada etapa da metodologia são brevemente explicados abaixo.

3.1 Revisão Bibliográfica:

Nesta etapa foram revisados trabalhos que possuem importante valor histórico e científico nas temáticas em apreço que dão suporte a uma análise estratigráfica que considera conceitos pretéritos e contemporâneos e devidas implicações quando da aplicação a sucessões carbonáticas. Também foram revisados trabalhos de relevância sobre a Formação Morro do Chaves, tanto sob enfoque deposicional quanto estratigráfico. Para a análise geométrica, além de trabalhos já realizados sobre a unidade, foram revisadas obras que tratam da temática de sedimentação e geometrias resultantes. Quanto as aplicações numa caracterização de

reservatório, foram revisados trabalhos de análise petrofísicas que também foram realizados no alvo estudado.

3.2 Compilação de dados:

A compilação de dados foi um importante passo, uma vez que este trabalho se insere também como parte de um *workflow* contínuo denominado CAMURES (Caracterização Multiescalar de Reservatórios), o qual é desenvolvido e aplicado há alguns anos pelo grupo de pesquisa Progeologia, sediado no Núcleo de Competência Regional em Petróleo, Gás e Biocombustíveis (NUPEG) da Universidade Federal de Sergipe (UFS). O *workflow* contempla além da análise estratigráfica e geométrica, as abordagens petrográfica, petrofísica, tafonômica e diagenética, sendo este trabalho, portanto, parte relevante no quesito de análise estratigráfica e de geometria. Dados oriundos de projetos de pesquisa anteriores, nomeadamente o projeto CAMURES - COQUINAS (UFS/FAPESE/PETROBRAS) nesta unidade foram então revisados e compilados de acordo com os objetivos do presente trabalho.

Os principais dados compilados foram: o perfil composto da mina principal da empresa Intercement, segundo Garcia (2012), cuja sucessão é de 76me a seção inerente à Formação Morro do Chaves no poço aqui denominado de ANP, o qual pertence ao campo de Furado (campo de petróleo explorado pela Petrobrás – BR) situado a leste das minas da Intercement. Este último foi cedido pela Agência Nacional do Petróleo (ANP) ao laboratório Progeologia mediante solicitação de dados ao BDEP (Banco de Dados de Exploração e Produção).

3.3 Aquisição de dados complementares

Os dados complementares foram aqueles adquiridos no decorrer deste trabalho e necessários à melhor contextualização estratigráfica e de geometria e arquitetura do afloramento estudado. Assim, foi descrito um furo de sondagem (F249) localizado cerca

de 2 km a norte da mina IV, o qual apresenta uma sucessão com espessura total de 204,5 m. Deste foi considerado apenas o intervalo superior o qual é correlacionável aos demais perfis. Foram também descritos 10 perfis litológicos na Mina IV com coleta de 119 amostras das quais foram 52 selecionadas e encaminhadas para análises petrofísicas. Nesta mina a sucessão compõe um total de 62 m de espessura no paredão NW-SE e 54 m no paredão N-S. Foram adquiridas também linhas de GPR, nuvens de pontos com *Laser Scanner* e perfis de raio gama (RG). As ferramentas utilizadas para aquisição destes dados foram: A) perfuratriz de broca diamantada para coleta de *plugs*; B) Cintilômetro modelo RS 125 (marca *Radiation Solutions*) para coleta de dados Raio Gama (RG); C) *Laser Scanner* Terrestre modelo *Scan Station 2* (marca *Leica Geosystems*) para aquisição das nuvens de pontos e D) GPR (*ground penetrating radar*) modelo *Ground Explorer HDR* da Mala Geoscience com antena de 160 MHz (Figura 1).



Figura 1 Ferramentas utilizadas para aquisição de dados complementares: A) Coleta de *plugs* com perfuratriz; B) Aquisição de nuvens de pontos com *Laser Scanner*; C) Aquisição de linhas de GPR; D) Coleta de perfis com Raio Gama.

3.4 Processamento e Interpretação dos dados complementares

A etapa seguinte foi o processamento e interpretação dos dados complementares, considerando também a contextualização destes com aqueles compilados nas etapas anteriores.

3.4.1 Perfis Litológicos:

Nos perfis litológicos, devido ao caráter de análise em macro e meso escala deste trabalho, optou-se por utilizar prioritariamente a classificação por escala de tamanho segundo Folk (1962) para rochas carbonáticas. Além de permitir uma boa visualização de distribuição areal das coquinas e sua relação com processos de transporte, retrabalhamento e deposição, fornece também um suporte razoável para um refinamento posterior, onde outras classificações mais detalhadas, como por exemplo Dunham (1962), ou que considerem critérios tafonômicos, também sejam utilizadas. Apesar disso, de forma mais genérica e mesmo que indiretamente, seria possível relacionar os calcirruditos segundo Folk (1962), aos *grainstones* e *packstones* da classificação de Dunham (1962) e aos *rudstones* de Embry e Klovan (1971). A Figura 2 mostra a classificação de Folk (1962) utilizada neste trabalho, e para efeitos de comparação, a Figura 3 mostra a de Dunham (1962) com atualizações de Embry e Klovan (1971).

Constituintes Transportados	
64 mm	Calcirrudito muito grosso
16 mm	Calcirrudito grosso
4 mm	Calcirrudito médio
1 mm	Calcirrudito fino
0,5 mm	Calcarenito grosso
0,25 mm	Calcarenito médio
0,125mm	Calcarenito fino
0,062mm	Calcarenito muito fino
0,031mm	Calcilutito grosso
0,016mm	Calcilutito médio
0,008mm	Calcilutito fino
	Calcilutito muito fino

Figura 2 Classificação de Folk (1962) por escala de tamanho para rochas carbonáticas (modificado de Scholle & Ulmer-Scholle, 2003)

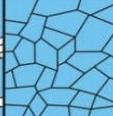
CALCÁRIOS ALÓCTONES					CALCÁRIOS AUTÓCTONES				
Componentes originais não-ligados organicamente durante a deposição (<10% grão >2 mm)			Textura deposicional não-reconhecível	Componentes originais não-ligados organicamente durante a deposição		Componentes originais ligados organicamente durante a deposição			
Contém Matriz (Partículas tamanho argila/silte fino)				>10% grãos >2 mm		Organismos que atuam como obstáculos	Organismos que encrustam e ligam	Organismos que constroem um arcabouço rígido	
Suportado por matriz		O arcabouço é grão-suportado com matriz		Sem matriz, grão-suportado	Suportado pela matriz				Suportado por componentes maiores que 2 mm
Menos de 10% de grãos	Mais de 10% de grãos								
<i>Mudstone</i>	<i>Wackestone</i>	<i>Packstone</i>	<i>Grainstone</i>	<i>Crystalline</i>	<i>Floatstone</i>	<i>Rudstone</i>	<i>Bafflestone</i>	<i>Bindstone</i>	<i>Framestone</i>
									

Figura 3 Classificação de Dunham (1962) com atualizações de Embry & Klovan (1971) para o grupo Boundstone e para rochas com grãos maiores que 2mm (Modificado de Scholle & Ulmer-Scholle 2003, apud Terra *et. al.* 2010)

Também foram realizados o empilhamento e a correlação dos 10 perfis descritos na Mina IV com os perfis dos furos F249 e furo ANP (seção Morro do Chaves), e o perfil composto da mina principal (segundo Garcia 2012). Em seguida foram interpretados os ambientes deposicionais e feitas associações de fácies. Com isto foram interpretados os ciclos sedimentares e realizada a análise estratigráfica.

3.4.2 GPR (*Ground Penetrating Radar* - Radar de penetração no solo):

Foram realizados o processamento e a interpretação das linhas de GPR com caracterização de radarfácies e aplicação de princípios da sismo-estratigrafia para dados de radar. A Figura 4 mostra os passos aplicados no processamento e a Figura 5 uma imagem pré e pós – processamento de uma linha da mina IV.

Ferramenta	Descrição
Remoção do Ganho de Aquisição (<i>Remove Header Gain</i>)	Remove o ganho que foi aplicado durante a aquisição.
Correção do Tempo Inicial (<i>Move Start Time</i>)	Remove os registros nulos gravados no período de tempo em que a antena transmissora emitiu sinal mas estes ainda não haviam retornado à antena receptora.
Dewow	Remove o ruído de baixa frequência gerado pela indução eletromagnética entre as antenas.
Filtro Passa-Banda (<i>Bandpass Frequency</i>)	Remove ruídos de alta e baixa frequência que estão fora da banda de sinal da frequência central da antena utilizada
<i>Background Removal</i>	Remove sinais indesejados oriundos de ondas terrestres diretas e aéreas.
Aplicação de Ganho	Corrige os efeitos de perda de sinal relacionados a propagação das ondas e realça os refletores de interesse
Conversão Tempo - Profundidade	Construção do campo de velocidade e em seguida realiza a conversão de dados em tempo (nanossegundos) para metros.
Correção Topográfica	Atribui a cada traço específico do Radargrama sua cota Z, o que permite verificar as topográficas ao longo da linha adquirida.
Georreferenciamento dos Traços	Atribui a cada traço específico do Radargrama suas respectivas coordenadas X, Y e Z, para posterior visualização em ambiente 3D

Figura 4 Passos aplicados no processamento dos dados de GPR

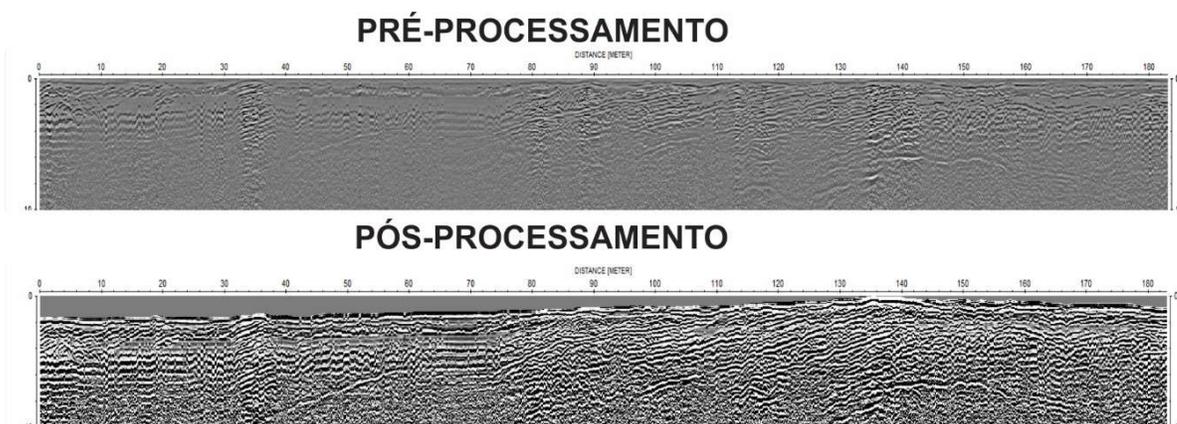


Figura 5 Linha de GPR em dado bruto (pré-processamento) e Processado (exemplo linha na Mina IV da Intercement).

3.4.3 Nuvens de Pontos - *Laser Scanner*

As nuvens de pontos *do Laser Scanner* foram processadas no *software Cyclone* para posterior mapeamento de geometrias, medição de espessuras e continuidade lateral, a exemplo das principais camadas de folhelhos. O processo consistiu de passos que visam melhorar não somente a visualização dos dados adquiridos, mas também a preparação dos mesmos para uma integração com outras ferramentas na geração de modelos virtuais. O *workflow* de processamento aplicado foi ilustrado abaixo (Figura 6) e a Figura 7 ilustra a delimitação de algumas superfícies mapeadas em camadas específicas na bancada leste 4 da mina principal da Intercement.

Passo Processamento/Nuvens	Descrição
IMPORTAÇÃO DOS DADOS	Inserção do projeto adquirido no cyclone.
REMOÇÃO DE PONTOS	Remover pontos indesejados ex: Vegetação
CONFERÊNCIA DE ALVOS	Verificar alvos a serem utilizados para sobreposição de diferentes nuvens.
REGISTRO	Junção de diferentes nuvens a partir dos alvos.
GEORREFERENCIAMENTO	Georreferenciamento das nuvens a partir das coordenadas dos alvos.
MESH	Geração e preenchimento da malha de pontos permitindo melhor visualização de geometrias.
MEDIDAS	Medidas com ferramentas como réguas, distancia entre pontos, polilines, entre outros.

Figura 6 Workflow de Processamento de Nuvem de Pontos. Uma vez coletadas as nuvens este workflow é aplicado.

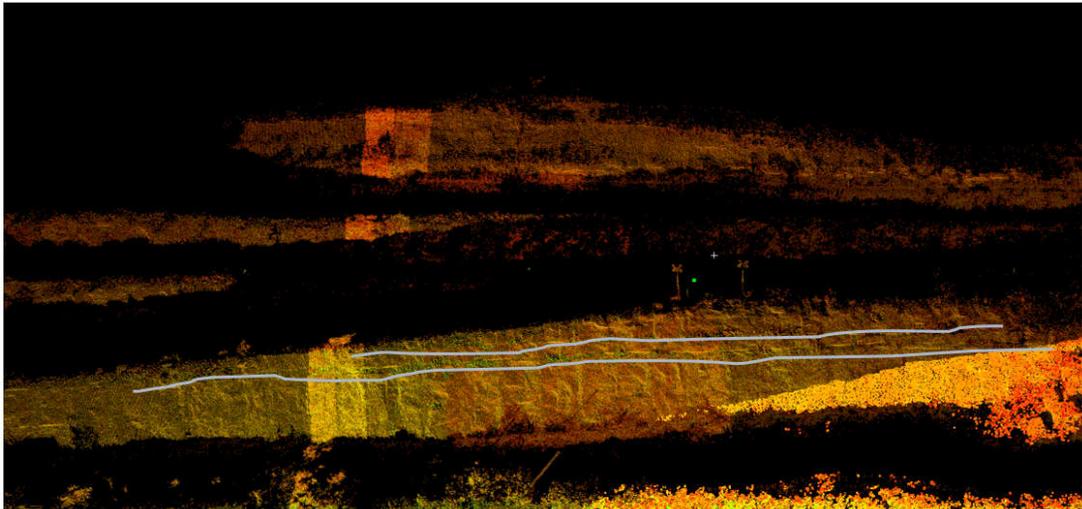


Figura 7 Bancada Leste 4 da Mina Principal com duas *polilynes* demarcando superfícies mapeadas.

3.4.4 Análises de Porosidade e Permeabilidade

Análises de porosidade e permeabilidade foram realizadas em algumas amostras pelo Laboratório de Petrofísica do Observatório Nacional - LabPetrON. As amostras testadas possuíam formato de plugues cilíndricos com diâmetros de 1" e 1.5" (polegadas). A Figura 8 mostra os equipamentos utilizados. Os passos para os testes foram:

- 1) As amostras foram limpas através do extrator soxhlet entre 20 e 30 dias, secas em estufa a 60°C por 24 horas e caracterizadas quanto às suas propriedades permoporosas.
- 2) As pressões de confinamento aplicadas aos ensaios foram o padrão de 500psi.
- 3) A medida de porosidade foi realizada em um porosímetro UltraPore 300 da Core Lab, a uma temperatura de 23 °C.
- 4) A permeabilidade absoluta (K_{ab}) foi realizada a temperatura de 23°C num permeâmetro de expansão a gás (nitrogênio), UltraPerm 500, da Core Lab.

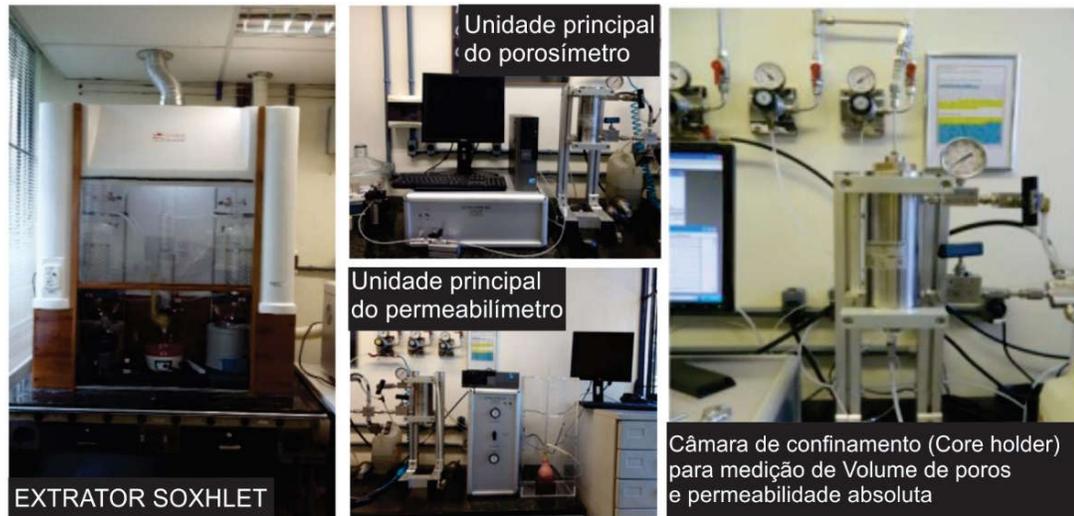


Figura 8 Porosímetro e Permeâmetro de expansão a gás e respectivos componentes. (Fonte: LabPetrON – Observatório Nacional)

3.4.5 Perfil de Raio Gama (*Gamma Ray*)

Foi realizado o processamento dos perfis de Raio Gama com conversão dos dados espectrais originais (Th, U e K) para API mediante a fórmula disponibilizada pelo *American Petroleum Institute* (Equação 1). Isto auxiliou sobremaneira na correlação dos perfis litológicos e também na interpretação dos ambientes e dos ciclos deposicionais. Possibilitou também a correlação dos perfis raio gama de afloramento com o perfil de RG da seção Morro do Chaves do poço ANP.

$$API = 8 * U \text{ (ppm)} + 4 * Th \text{ (ppm)} + 15 * K \text{ (\%)}$$

Equação 1: Fórmula para conversão de dados espectrais em graus API (Fonte: *American Petroleum Institute*)

3.5 Discussão e Resultados:

Este passo contemplou as discussões pós processamento dos dados, onde foram concebidas as análises faciológica, estratigráfica e de geometria buscando a integração das fácies e suas associações aos ciclos deposicionais e sequências definidas. Foram revisadas as concepções do ambiente deposicional da unidade Formação Morro do Chaves à luz das fácies aqui descritas e interpretadas, e propostas associações de fácies para o contexto observado. Foram também aplicados conceitos de estratigrafia de sequências trazendo uma proposta de

fatiamento em sequências de média frequência. Em termos de geometria, foram observados os principais padrões internos e externos dos corpos sedimentares presentes no afloramento relacionando-os às associações e fácies e ciclos regressivos e transgressivos interpretados.

4.CONTEXTO GEOLÓGICO

4.1 Bacia Sergipe - Alagoas

Buscando estabelecer as bases das interpretações deste trabalho, se faz necessário primeiramente situar a Formação Morro do Chaves no contexto da Bacia Sergipe – Alagoas.

Para se obter uma melhor compreensão do contexto em que a unidade Morro do Chaves se formou, é preciso, mesmo que de forma breve, compreender o contexto maior que a envolve, que é o surgimento e evolução da Bacia Sergipe–Alagoas (BSEAL). Esta bacia de margem continental foi formada durante a abertura do Oceano Atlântico na Era Mesozóica. Possui extensão aproximada de 350 km e largura de 20 a 50 km na porção emersa e é limitada ao norte pelo Alto de Maragogi, na Bacia de Pernambuco–Paraíba, a sul pela plataforma de Estância, na Bacia de Jacuípe, e a oeste pelo embasamento cristalino (Cruz, 2008). A mesma é também subdividida em 2 sub-bacias: a Sub-bacia de Sergipe e Sub-bacia de Alagoas, as quais são separadas pelo Alto de Japoatã-Penedo (Cruz, 2008) (Figura 9).

Estruturalmente é representada por uma série de meio-grabens resultantes de um sistema de falhas normais com direção NE-SW e com mergulho regional dos estratos em 10 - 15° para SE (Koutsoukos *et al.*, 1991). Sua evolução tectono-sedimentar está relacionada à ruptura do Supercontinente Gondwana há \pm 140 Ma a qual deu origem aos atuais continentes América do Sul e África.



Figura 9 Localização e limites da Bacia Sergipe - Alagoas. (Modificado de Souza Lima *et.al* 2002).

O processo de ruptura tem sido debatido desde que Alfred Wegener em 1922 percebeu as similaridades entre os contornos continentais de ambas as Margens Atlânticas, bem como similaridades dos conteúdos fossilíferos em ambos os lados do Atlântico. De acordo com as concepções atuais, esta separação teria se consumado por volta de 140 Ma, e proporcionou assim a formação das Bacias Meso-Cenozoicas em ambiente distensivo da margem leste brasileira, grupo ao qual faz parte a Bacia Sergipe-Alagoas, e na margem oeste africana. Assim, ambas as margens continentais possuem histórias evolutivas semelhantes que contemplam 5 fases tectono-sedimentares registradas sobre o embasamento, são elas: Sinéclise, Pré-Rifte, Rifte, Transicional, Drifte ou Margem Passiva.

Na BSEAL o registro resulta em um total de 23 seqüências deposicionais segundo por reconhecido em Campos Neto *et al.* (2007). Ainda segundo estes, a Formação Morro do

Chaves está inserida no contexto da fase rifte, e a Figura 10 ilustra seu enquadramento cronoestratigráfico no contexto da sub-bacia de Alagoas.

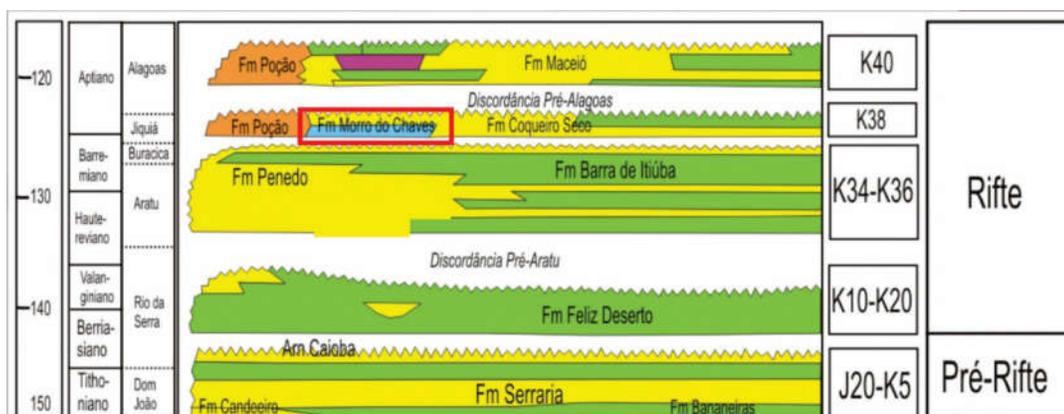


Figura 10 Enquadramento cronoestratigráfico da Fm. Morro do Chaves na seção rifte da Sub-bacia de Alagoas. No quadro em vermelho a delimitação da Formação. (Modificado de Campos Neto *et. al.* 2007 apud Borba *et. al.* 2009).

4.2 Formação Morro do Chaves

Segundo Schaller (1970), antigas menções a rochas que futuramente seriam consagradas como Formação Morro do Chaves, remontam aos trabalhos de Hartt (1870), Bender (1957) e Petri (1962), onde foram observados pacotes de calcário nos arredores da cidade de Propriá em Sergipe. Os mesmos são descritos pelo autor como apresentando coloração cinza clara, branca e rósea, além de margas coquinóides e dolomitos, com intercalações clásticas, dispostos em bancos e leitos calcários. São descritos também folhelhos castanhos, verdes ou cinzentos, intercalados a arenitos finos a médios calcíferos com ocasionais camadas conglomeráticas. Schaller (1970) seguindo sua abordagem sobre a formação a situou como sobreposta à seção arenosa da Formação Penedo, e sotoposta a sedimentos da Formação Coqueiro Seco, citando sua ocorrência em exposições adjacentes ao vale do Rio São Miguel, na sub-bacia de Alagoas, as quais correspondem aos pacotes alvo deste estudo.

Feijó (1994) ao revisar a carta estratigráfica da Bacia Sergipe - Alagoas, rebaixou a Formação Morro do Chaves para Membro da Formação Coqueiro Seco (Sequência K40),

porém Campos Neto *et. al.* (2007) reconsideram a unidade como Formação, devido à ocorrência em pelo menos duas seqüências deposicionais (K34-36 e K38). Os mesmos também revisam e completam o enquadramento proposto por Schaller (1970) para estes calcários coquinóides e folhelhos, indicando sua interdigitação com as rochas das Formações Rio Pitanga, Poção e Coqueiro Seco.

Os contatos da unidade são descritos como lateralmente gradacionais com as Formações Rio Pitanga e Poção, verticalmente gradacional (em Alagoas) com a Formação Coqueiro Seco, e concordante com os arenitos grosseiros da Formação Penedo (Schaller, 1970). A seção tipo apresentada por esse autor é mostrada na Figura 11.

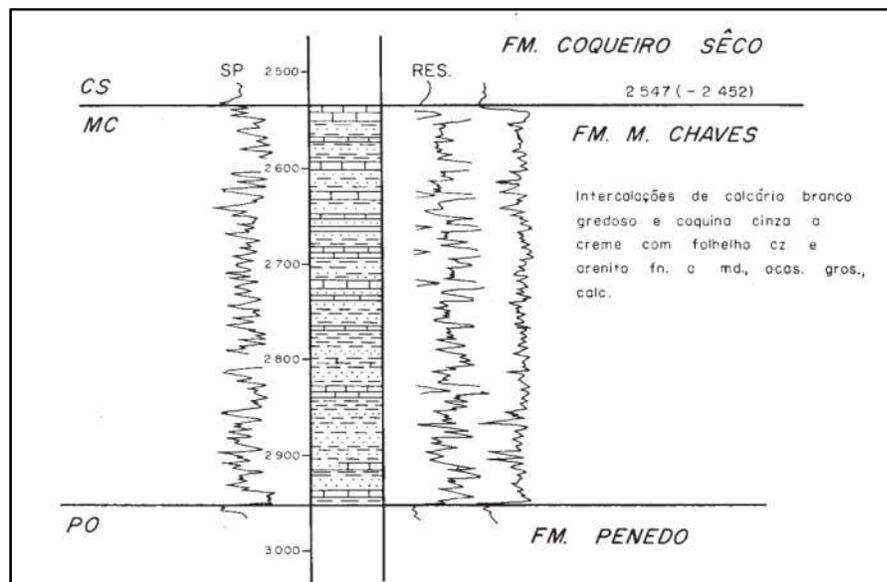


Figura 11 Seção tipo proposta por Schaller 1970 para a Formação Morro do Chaves, e identificada no Poço CS-1-AL (Coqueiro Seco nº1, Alagoas). (Retirado de Schaller, 1970).

Em termos de espessura, Azambuja *et. al.* (1992) cita que a unidade apresenta até 350m, ressaltando o espessamento da unidade contra planos de falha, enquanto que Schaller (1970) descreve uma espessura média de 400m nas proximidades de Marechal Deodoro, atingindo, porém, até 1500m em seções de poço em direção a Piaçabuçu em Alagoas.

Com base em ostracodes não-marinhos, Schaller (1970) data a unidade como Cretáceo Inferior, e Azambuja (1992) especifica o intervalo Barremiano/Aptiano, andar Jiquiá. Ao revisar a unidade como parte integrante das sequências K34-36 e K38, Campos Neto *et. al.* (2007) detalha o andar como Neojiquiá a Eoalagoas.

4.3 Ambiente Depositional da Formação Morro do Chaves

Em trabalhos anteriores, a Formação Morro do Chaves foi definida como formada em ambiente lacustre durante o estágio rifte da Bacia Sergipe - Alagoas (Figueiredo 1981; Azambuja *et. al.* 1992; Campos Neto *et. al.* 2007; Teixeira 2012). Assim, modelos paleoambientais foram propostos para a unidade, destacando-se Figueiredo (1981), Azambuja *et. al.* (1992; 1998), Tavares *et. al.* (2015), Teixeira (2012), Garcia (2016) e Melo (2016). Em geral, os trabalhos pós Figueiredo (1981) e Azambuja *et. al.* (1992), se configuram como aprimoramentos dos mesmos, trazendo a partir de novos dados, detalhamentos e/ou modificações no entendimento do modelo, além de ampliar a discussão sobre pontos ainda não bem compreendidos.

De acordo com Figueiredo (1981), depósitos de coquinas teriam se formado em amplas plataformas adjacentes à margem da bacia com eventuais incursões fluvio-deltaicas e de leques deltaicos progradantes. Azambuja *et. al.* (1992), define que os depósitos foram formados em um grande paleolago rifte, onde durante períodos transgressivos, extensas áreas seriam inundadas, enquanto que em períodos regressivos, se configurariam pequenos lagos isolados nas áreas costeiras, com balanço hídrico negativo e anoxia, propiciando a deposição de folhelhos betuminosos e ocorrência de gretas de ressecamento.

Nesse contexto, uma sedimentação mista ocorreu, formada pela intercalação de calcários coquinóides (com folhelhos intercalados) da Formação Morro do Chaves, associados aos depósitos terrígenos (arenitos e folhelhos) da Formação Coqueiro Seco. O modelo

comumente aceito para a deposição da unidade é o de sedimentação lacustre em contexto rifte, com leques aluviais coalescentes interagindo com a sedimentação lacustre e favorecendo a sedimentação carbonática a partir do avanço e recuo da borda “lacustre”, influenciados pelo tectonismo e/ou variação climática (Figura 12).

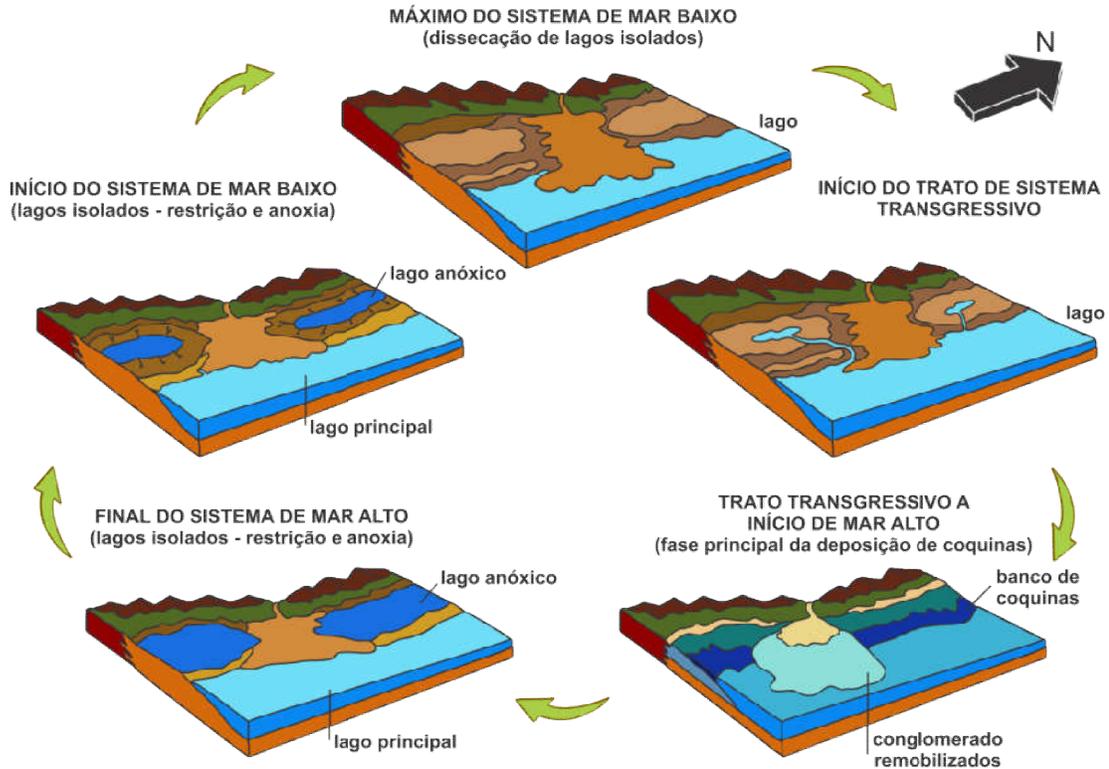


Figura 12 - Modelo evolutivo da deposição dos carbonatos lacustres da Formação Morro do Chaves. Garcia *et al.*, (2015) utilizou a terminologia de tratos marinhos adaptada ao contexto lacustre, atribuído a unidade pelos autores da figura original (modificado de Azambuja Filho *et al.*, 1998 apud Garcia *et al.*, 2015).

Azambuja *et. al.* (1998) acrescenta que anticlinais associadas a estruturas de *rollover* na margem falhada, teriam isolado parcialmente blocos estruturais em relação a outros ambientes deposicionais da bacia, favorecendo o acúmulo de águas restritas durante períodos de nível baixo. Neste tempo, níveis conglomeráticos formariam depósitos de leques aluviais ou deltaicos, que nas transgressões seguintes, teriam sido misturados aos bioclastos como consequência do retrabalhamento por ondas. Nos momentos transgressivos iniciais, bivalves que viviam em águas rasas, salobras e oxigenadas, formariam bioacumulados, os quais seriam remobilizados por tempestades para locais de maior subsidência, associados a falhamentos

contemporâneos. Acumulações também teriam ocorrido nas gretas de ressecamento através de um mecanismo de ressedimentação das coquinas semelhante à formação de *washover fans* (Azambuja *et. al.* 1992).

Ao estudar os depósitos aflorantes na região de estudo em apreço, Teixeira (2012) propõe que uma plataforma carbonática se desenvolveu em altos estruturais rasos na margem flexural do rifte, em um lago com pouca contribuição de terrígenos e condições de alta energia. As conchas teriam se desenvolvido em diferentes áreas desse paleolago, sendo remobilizadas por ondas de tempestade. O processo teria levado à formação de praias nas zonas litorais a sub-litorais do paleolago, formando os depósitos de coquinas.

Melo (2016), ao descrever as coquinas na mesma região, porém sob enfoque microfaciológico e tafonômico, define que os depósitos são caracterizados por uma sedimentação associada a ambiente subaquoso, em contexto rifte, onde leques aluviais coalescentes interagem com uma sedimentação lacustre/lagunar carbonática. O avanço e recuo da borda deste corpo subaquoso, influenciado pelo tectonismo e/ou aumento do nível de base, permitiam a propagação dos organismos e a deposição de litofácies carbonáticas intercaladas a depósitos arenosos e conglomeráticos.

Dentre pontos cuja discussão se encontra em desenvolvimento, mencionam-se, por exemplo, a gênese de *decracks* (gretas) associadas ao topo de alguns folhelhos (Azambuja *et. al.* 1992; Teixeira 2012; Tavares *et. al.* 2015), os indícios de possíveis incursões marinhas no intervalo Barremiano/Aptiano (Azevedo 2004; Arai 2009; Gallo *et. al.* 2009; Thompson 2013; Garcia 2012; 2016), e diferentes propostas para subambientes associados. Critérios que consideram aspectos microfaciológicos, tafonômicos, composicionais, sedimentológicos e palinológicos, tem sido evocados na busca de melhores definições para estas questões (Tavares *et. al.* 2015; Garcia 2016; Melo 2016).

4.3.1 Evidências de Incurções Marinhas

A partir dos modelos existentes para o contexto deposicional e evolutivo da Formação Morro do Chaves (Figueiredo 1981; Azambuja *et. al.* 1992, 1998; Teixeira 2012; Tavares 2015; Garcia 2016; Melo 2016), um dos pontos de discussão em desenvolvimento são as possíveis incurções marinhas nesta unidade, considerada predominantemente lacustre. Embora não se constitua o foco principal deste trabalho, se faz necessário pontuar que recentes achados considerados marinhos na unidade Morro do Chaves podem contribuir com esta discussão. Dentre os principais trabalhos que discutem possíveis incurções estão Azevedo (2004), Arai (1999; 2007; 2014) Gallo e Coelho (2008), Garcia (2012; 2016), Thompson (2013), Thompson *et. al.* (2015).

De acordo com Thompson *et al.* (2015), existem no Atlântico Sul, evidências de incurções marinhas durante a deposição das coquinas, no entanto a extensão destas ainda não teria sido quantificada. Os autores alertam que muitas publicações associam as coquinas a faunas não-marinhas devido à sua afiliação com sedimentos não-marinhas. No entanto, estudos recentes mostram que a suposição está errada, pelo menos para a Bacia Sergipe-Alagoas. Thompson (2013) cita como evidências de incurções durante o Barremiano Superior, para a unidade Morro do Chaves, a ocorrência de bivalves marinhos (famílias *Veneridae* Rafinesque, 1815 e *Astartidae* d'Orbigny, 1844) com gastrópodes marinhos subordinados.

Outras evidências específicas para Fm. Morro do Chaves são os trabalhos de Gallo e Coelho (2008), a partir da descoberta de um peixe marinho aulopiform, Gallo *et al.* (2009a, 2010) que descrevem ocorrências de †Mawsoniidae (Sarcopterygii, Actinistia) e a presença de †Enchodontidae, (que sugere influência marinha) e Garcia (2012), que através de análises palinológicas nos folhelhos, identificou exemplares de formas algálicas da classe Prasinophyceae, cujo habitat é predominantemente marinho.

Estas evidências, se consagradas, podem encontrar amparo em trabalhos como Arai (1999), onde com base em evidências geomorfológicas, estratigráficas, sedimentológicas, paleontológicas e geoquímicas, o mesmo defende que do Aptiano ao Cenomaniano existiu um mar interior na área correspondente ao território brasileiro atual, e que estas águas poderiam ter conectado águas do Pacífico às do Atlântico. A ligação estaria vinculada à grande transgressão marinha mesocretácica global (Vail *et. al.* 1977). A inundação teria produzido um sistema de *seaways* que cruzavam a América do Sul chegando ao Atlântico (Arai, 1999).

Azevedo (2004) num trabalho regional com grande acervo de dados incluindo isótopos estáveis de carbono e oxigênio, em carbonatos de diferentes regiões do planeta, e munido de correlações com as condições atuais do mar vermelho, discute a interação entre o Atlântico Sul Central (ASC), e Atlântico Sul Meridional (ASM), do final do Aptiano ao Mesoalbiano. Com base em análises isotópicas, o autor afirma que estas massas de águas possuíam características bem distintas e que estavam separadas pelo lineamento estrutural denominado Alto de Florianópolis/Dorsal de São Paulo. O autor reforça que o modelo geodinâmico clássico de abertura do Atlântico Sul, via rotação das placas sul-americana e africana no sul, com transcorrência no norte, não obriga, necessariamente, o estabelecimento de conexões marinhas com o sul. A formação do alto estrutural E-W, ligando a África e América do Sul reforçariam a tese da bipartição do Atlântico Sul no Albiano e, portanto, o vínculo principal da massa d'água do segmento setentrional, o ASC, com o Mar Tethys. Arai (2007) reitera a existência da barreira restritiva citada por Azevedo (2004) e destaca que ao sul da mesma, o ASM era banhado por águas vindas do sul enquanto que ao norte predominava, no Eoaptiano, um regime parálico e/ou evaporítico, porém banhado por águas Tetianas vindas do norte do ASC. Com base na ocorrência da Ecozona *Subtilisphaera* (dinoflagelados), sugestiva de influência Tetiana e também encontrada em bacias do noroeste da África, o autor propõe que este *seaway* interligava as bacias de São Luís, Parnaíba,

Araripe, Sergipe e Almada. No mapa proposto por Arai (2007) existem pelo menos três possíveis caminhos da chegada dessas águas ao Oceano Atlântico, dentre eles um passando por Sergipe. Na Figura 13 é mostrado um dos mapas proposto por Arai (2007), onde segundo o mesmo, o extremo nordeste do Brasil estava ainda ligado à África no Aptiano, mas as águas do Atlântico Central alcançaram o Atlântico Sul setentrional, através do *seaway* epicontinental que interligava as bacias de São Luís, Parnaíba, Araripe, Sergipe e Almada.



Figura 13 Mapa paleogeográfico do Aptiano segundo Arai (2007) com possíveis conexões de águas tetianas às águas do Atlântico Sul Setentrional. (Modificado de Scotese, 2001 apud Arai, 2007).

Ao integrar suas considerações aos mapas de Arai (1999), Azevedo (2004) cita que no Albiano havia a interligação dos oceanos Atlântico Norte (AN) e ASC, através de mares intra

e epicontinentais que cobriam vastas regiões do interior do Brasil, mantendo inclusive conexão com o Pacífico à oeste. Esta conexão foi denominada de *seaway* por Arai (1999) (Figura 14).

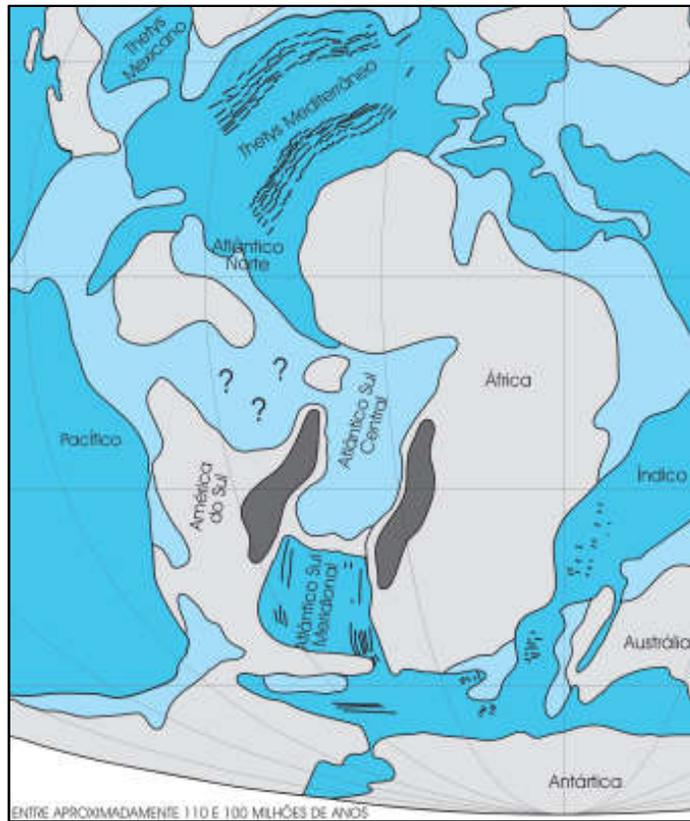


Figura 14 Reconstituição paleogeográfica para o Albiano, segundo Azevedo (2004), adotando como mapa-base o de Hay *et al.* (1999). Em cor cinza, as áreas continentais; em azul-claro os mares rasos intra- ou epicontinentais; em azul-escuro os oceanos ou mares mais profundos; em cinza-escuro as montanhas em torno do Atlântico Sul Central (Retirado de Azevedo, 2004).

Thompson (2015), com base no trabalho de Bonatti *et al.* (1996), reforça que a expansão de assalho oceânico equatorial ocorreu muito antes do que se pensava (~ 120 Ma). Calcários pelágicos Valanginianos (140 Ma) teriam se acumulado num vale transformante Proto-Romanche, o qual por sua vez, estaria conectado a uma bacia atlântica central, indicando sistemas marinhos nas redondezas do Proto-Atlântico Sul durante o Barremiano, os quais adentravam à Bacia Sergipe- Alagoas durante oscilações no nível do mar. Para Campos Neto *et al.* (2007) com base em datação por ostracodes não marinhos, os evaporitos informalmente denominados de “Horizonte”, constatados na Formação Coqueiro Seco

(interdigitada à Formação Morro do Chaves), são de idade Neojiquiá e representam a primeira incursão marinha que houve na Bacia Sergipe-Alagoas.

Como observado, de forma geral os trabalhos voltados à paleogeografia como Arai (1999; 2007) e Azevedo (2004), ou aqueles que de alguma forma definem entradas de águas marinhas na Bacia Sergipe - Alagoas, como Campos Neto *et. al.* (2007), concentram achados e interpretações no tempo Aptiano - Albiano. Assim, embora os caminhos de possíveis incursões marinhas e seus fatores controladores ainda sejam motivos de debates, os achados marinhos Barremianos ganham importância, auxiliando a reformular as concepções temporais ou no mínimo a refiná-las, e contribuem no mapeamento de possíveis caminhos de mares epicontinentais mesocretácicos.

O presente trabalho não se propõe a lançar novas bases sobre esta discussão, mas como parte de um trabalho contínuo de desvendar a história da Formação Morro do Chaves, o autor do presente acredita que a menção da discussão sobre incursões marinhas na unidade de estudo, é salutar. Assim, é aqui adotada a concepção de ambiente lacustre em contexto rifte com possíveis incursões marinhas esporádicas. Para Thompson (2015), pesquisas sistemáticas e detalhadas em faunas de moluscos na Bacia de Campos, podem ser aprimoradas baseadas na identificação de faunas marinhas na Bacia Sergipe - Alagoas, e, portanto, devem ser consideradas em futuros programas de trabalho de companhias petrolíferas.

5. ESTRATIGRAFIA DE SEQUÊNCIAS(ES)

5.1 Revisão e Conceitos Elementares

A Estratigrafia de Sequências (ES) vem sendo desenvolvida desde o final dos anos 1700, quando James Hutton reconheceu a discordância como um tipo específico de superfície estratigráfica e observou que a mesma representaria uma lacuna ou intervalo no tempo (Embry, 2009). Ao longo dos séculos seguintes, considerações a respeito do caráter descontínuo do registro sedimentar foram sendo debatidas e aprimoradas, desde o conceito de discordância, passando por fatores controladores, superfícies limitantes e sequências, até os Tratos de Sistemas Geométricos utilizados pela Estratigrafia Moderna. Nesse contexto, há aqueles trabalhos considerados como marcos, como por exemplo, Sloss *et. al.*(1949), Vail *et. al.*(1977), Van Wagoner *et al.* (1988), Hunt & Tucker (1993), Zecchin & Catuneanu (2013) entre outros.

Dois importantes marcos na evolução da ES são os trabalhos de Vail *et. al.* (1977) e Van Wagoner *et. al.* (1988), onde pesquisadores da *Exxon Production Research Company*, publicaram trabalhos que discutem amplamente os conceitos de sequências e respectivos parâmetros de controle deposicional. Holz (2012), lembra que embora a Escola da Exxon tenha recebido amplo reconhecimento, os trabalhos de Blackwelder (1909) e Grabau (1906), entre outros, também são considerados pioneiros no campo das sequências deposicionais, dinâmica sedimentar e fatores controladores, mostrando que estes conceitos já permeavam o pensamento dos estratígrafos no século XIX e início do século XX.

Em Vail *et. al.* (1977), a partir de linhas sísmicas, o grupo que ficou conhecido como "Escola da *Exxon*", demonstrou que o registro sedimentar consiste de uma série de unidades limitadas por discordâncias, as quais por sua vez, seriam primariamente resultados de mudanças eustáticas do nível do mar. As publicações marcaram o início sismoestratigrafia e estabeleceram um novo tempo devido a sua forte aplicabilidade em seções sísmicas e o forte

interesse de companhias petrolíferas (Della Fávera, 2001). Assim, Peter Vail e seus colaboradores definem sequência como uma unidade estratigráfica composta de uma sucessão relativamente concordante de estratos geneticamente relacionados, e limitada no topo e na base por discordâncias ou suas conformidades correlativas. A concepção do controle eustático na geração das discordâncias concordava com as abordagens de Wheeler (1958), porém contrastava com Sloss *et. al.* (1963), os quais defendiam a ação tectônica como agente principal na geração de limites de sequência (Embry, 2009). Discussões em torno desta temática se seguiram com questionamentos ao modelo eustático apresentado por Vail *et. al.* (1977), visto que suas curvas eram globais, e, portanto, se questionava o grande peso dado a eustasia como mecanismo controlador em detrimento da tectônica, que ao menos localmente poderia exercer grande influência (Holz, 2012).

Em Van Wagoner *et. al.* (1988), novamente o grupo da Exxon publica uma série de artigos, desta vez trazendo métodos, modelos e sistemas de classificação utilizados pelos mesmos. Na obra, ampliava-se a aplicação da ES para dados não sísmicos e resolvia-se a problemática das curvas assimétricas de Vail *et al.* (1977). Apesar das discussões entre eustasistas e tectonistas, o grupo da Exxon cria o conceito de acomodação, admitindo a interação eustasia/subsidência. Um dos autores, Jervey (1988), considera mudanças sinuosas no nível eustático do mar, uma taxa constante de aporte sedimentar, e o aumento da taxa de subsidência em direção a bacia, propondo que durante um ciclo de aumento e rebaixamento do nível de base, 3 unidades sedimentares diferentes seriam desenvolvidas constituindo uma sequência deposicional.

Segundo o mesmo, as unidades se distribuiriam na sucessão da seguinte maneira: inicialmente se depositaria uma unidade progradacional (regime regressivo), durante um lento aumento do nível de base, em seguida uma unidade retrogradacional (regime transgressivo), durante um rápido aumento do nível de base; e por último, uma unidade progradacional

(regime regressivo) quando a taxa de aumento do nível de base diminui e durante a seguinte queda do mesmo. A sequência deposicional foi então dividida em três componentes, os quais se relacionam às definições de Jervey (1988), e que Van Wagoner *et. al.* (1988) denominaram de Tratos de Sistemas. A nomenclatura instituída foi: *Lowstand Systems Tract* (Trato de Sistemas de Nível Baixo - TSNB) para a unidade basal; *Transgressive Systems Tract* (Trato de Sistemas Transgressivo - TST), para a unidade intermediária; e *Highstand Systems Tract* (Trato de Sistemas de Nível Alto - TSNA), para a unidade superior (Figura 16). Cada trato foi definido com base em sua posição na sequência, superfícies limitantes e no padrão de empilhamento de conjuntos de parassequências, as quais foram definidas por Van Wagoner *et. al.* (1988) como uma sucessão concordante de camadas ou conjunto de camadas geneticamente relacionadas, limitada por superfícies de inundação marinha e suas superfícies correlatas. Segundo os autores, parassequências e conjuntos de parassequências constituem os blocos básicos das sequências, podendo apresentar padrão de empilhamento progradacional, retrogradacional ou agradacional, a depender da razão entre taxas deposicional e de acomodação (Figura 15).

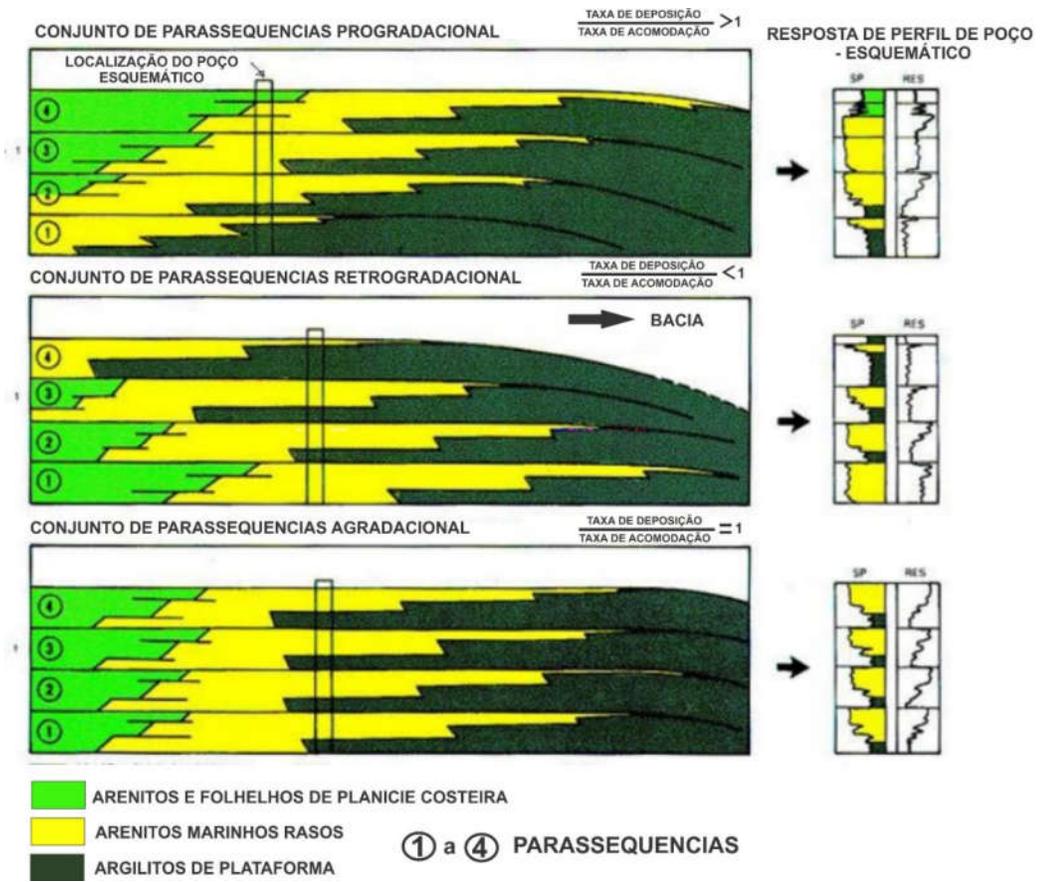


Figura 15 Conjuntos de Parassequências, de acordo com Van Wagoner *et. al.* (1988) (Modificado de Della Fávera 2010) e Modelo Clássico da Exxon (1988).

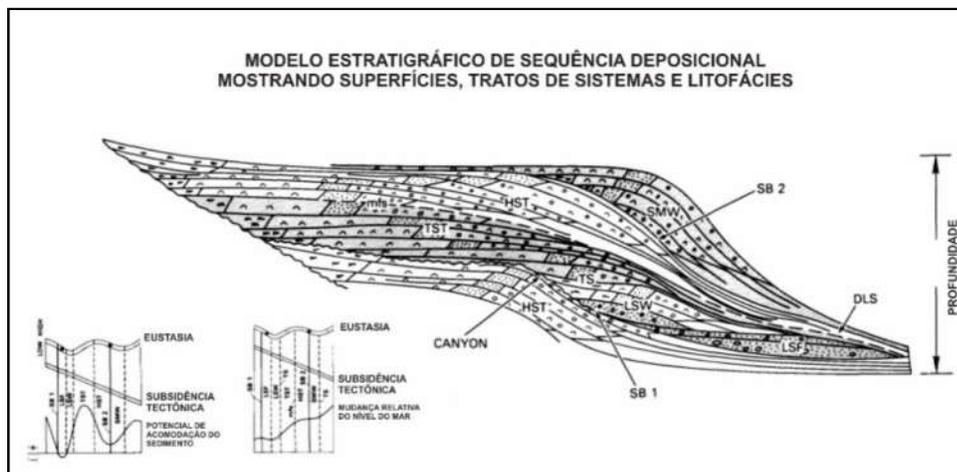


Figura 16 Modelo para Sequência Depositional proposto pela Exxon. HST (TSNA), LSF (Leque de nível baixo), TS (superfície transgressiva), mfs (SIM), SB (limite do tipo 1), SB 2 (limite do tipo 2), SMW (TSMP), LSW (Cunha de nível baixo). (Modificado de Sarg, 1988).

Após 1988, diversos trabalhos foram publicados apresentando aprimoramentos, críticas, ou até formas de abordagem alternativas ao modelo da Exxon, como por exemplo, o Modelo Genético de Galloway (1989), o de Sequências Transgressivas (T-R) de Embry & Johannessen (1993), a inclusão do trato de sistemas de regressão forçada (Hunt & Tucker, 1992), entre outras mudanças. Catuneanu (2006) ilustra diferentes propostas comparando-as lado a lado e considerando a ocorrência dos tratos de sistema e limites de sequência, ao longo de uma curva de variação do nível da base (Figura 17).

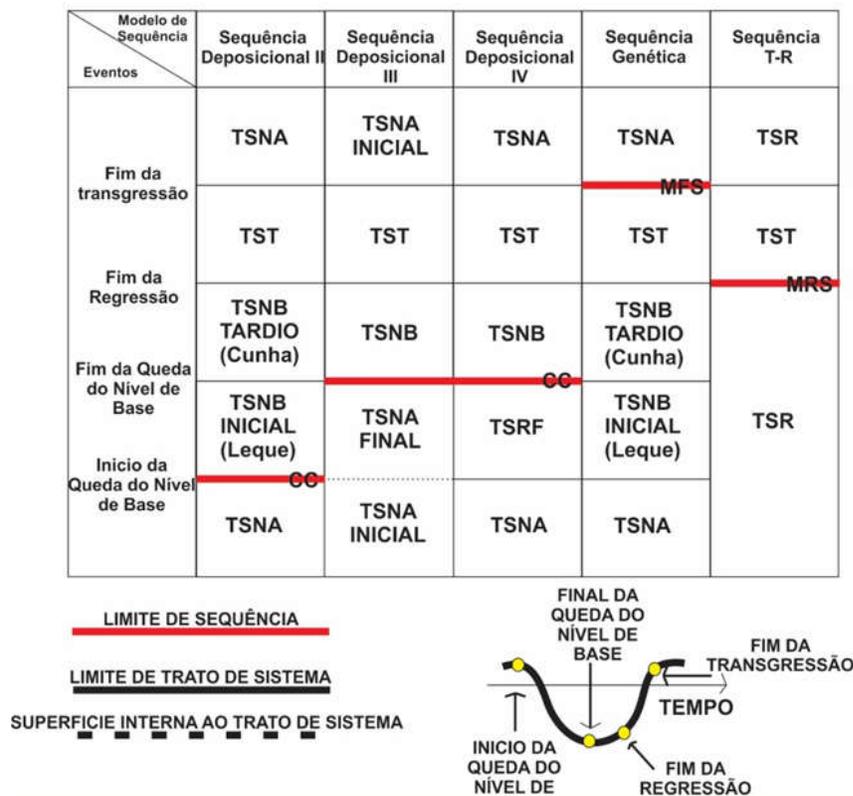


Figura 17 Organização dos tratos de sistemas e timing dos limites de sequências de acordo com diferentes modelos estratigráficos (Modificado de Catuneanu, 2009).

Quanto à hierarquização do registro sedimentar, o tema também foi motivo de debates pós 1988, ampliando a visão sobre ciclos de variadas magnitudes. A escola da Exxon havia trazido algumas propostas com base nos grandes ciclos globais da eustasia, e em Vail *et. al.* (1991), o grupo definiu 6 ordens de magnitudes temporais para sequências ou ciclos sedimentares.

Embora o grupo da Exxon tenha tentado colocar limites temporais aos ciclos, diversos trabalhos posteriores apresentaram propostas diferentes e acabaram mostrando que a divisão da Exxon não era aplicável de forma direta em todos os casos. Além disto, foram publicados diversos trabalhos atribuindo tempos diferentes para a mesma ordem, até mesmo com sobreposição. Para Holz (2012) a organização dos ciclos pela sua duração traz alguns problemas, como por exemplo a resolução dos dados temporais da sucessão que nem sempre é precisa, e a falta de encaixe entre os ciclos e a teoria. A partir da concepção de Catuneanu (2003), onde se defende o abandono de um esquema rígido e que a hierarquização das superfícies limítrofes seja feita “caso a caso”, considerando a assinatura e importância para cada bacia, Holz (2012) traz de forma prática uma proposta para guiar uma análise de hierarquização. Assim sua proposta é resumida na (Tabela 1).

Tabela 1 Resumo da hierarquia, do registro e controle geológico dos ciclos sedimentares. (Holz, 2012).

Ordem	Duração/Anos	Eventos/Registro Geológico	Causa
1 ^a	50-300 milhões	Bacia - Preenchimento	Tectônica Global
2 ^a	5-50 milhões	Megassequências	Tectônica e Eustasia
3 ^a	0,1-5 milhões	Sequência deposicional	
4 ^a	10-100 mil anos	Parassequência e sequências de Alta Frequência	Ciclos climáticos (Milankovitch)
5 ^a	1-10 mil anos	Parassequência	
6 ^a	Décadas a Milhares	Sistema Depositional	Mudanças Alo e Auto-cíclicas no ambiente deposicional
7 ^a		Elemento arquitetônico e sucessão/ associação de fácies	
8 ^a		Fácies (<i>i.e.</i> , lâminas e seu agrupamento em camadas)	

Em Catuneanu (2009), estereforça que a hierarquização das superfícies limítrofes deve ser feita de acordo com cada caso específico, onde o arcabouço das sequências pode ser construído em diferentes níveis hierárquicos a depender do escopo, propósito do estudo e o tipo de dado disponível. Assim, esta abordagem traz uma solução prática e empírica a um problema para o qual não há uma metodologia universalmente aplicável e aceita (Catuneanu, 2011).

Finalmente, nos anos seguintes, os conceitos da ES foram sendo aperfeiçoados e aplicados a diferentes contextos, de forma a flexibilizar seu uso como uma ferramenta e não como um modelo rígido. Della Fávera (2010) cita que a ES se apresenta hoje como uma ferramenta mais do que um padrão de utilização (*template*). Nesse aspecto, uma das mais proeminentes propostas unificadoras, e ao mesmo tempo simplificadoras, tem sido os trabalhos de Catuneanu (2009; 2011; 2013), onde se defende a aplicabilidade universal da ES independente de escala ou tempo, permitindo a análise de ciclos que vão desde a escala sísmica, passando por poços e chegando até a escala de afloramento, naquilo que foi denominado (para este último) de Estratigrafia de Alta Resolução.

Catuneanu (2013) declara que as sequências são as unidades fundamentais na ES, sendo sua expressão marcada pela recorrência dos mesmos tipos de superfícies no registro estratigráfico, as quais definem ciclos de sedimentação. As sequências por sua vez incluem os tratos de sistemas que particularmente no contexto de plataformas clásticas correspondem a tipos específicos de trajetórias da linha de costa: regressão forçada, regressão normal e transgressão. Além disso, tratos de sistemas podem consistir de unidades arquiteturais limitadas por duas superfícies não duvidosas mais próximas, sejam elas da ES ou de contato de fácies. O autor declara ainda que o uso de sequências de alta frequência em alta resolução elimina até mesmo a necessidade de se empregar outros conceitos para a definição dos ciclos, como por exemplo, o conceito de parassequências ou ciclos de pequena escala.

5.2 Implicações para Bacias Rifte

Diferentes tipos de bacias possuem controles tectono - estratigráficos específicos em sua evolução a medida em que apresentam diferentes taxas de subsidência e de suprimento de sedimentos e paleogeografia (Muniz, 2013). A Bacia Sergipe - Alagoas, informalmente conhecida como "bacia escola" apresenta registros de todas as fases tectono - sedimentares do grande evento de ruptura e separação do Supercontinente Gondwana (± 140 Ma) que deu origem aos atuais continentes América do Sul e África. Segundo Campos Neto *et al.* (2007) a fase rifte da BSEAL corresponde ao estágio de subsidência mecânica da bacia, quando foram depositadas em ambiente continental e marinho restrito, as rochas das sequências K10-K20, K34-K36, K38 e K40. Os autores admitem que o início do rifte ocorreu no início do Andar Rio da Serra (~ 142 Ma) ao instalar-se o lago da Formação Feliz Deserto. Quanto ao término, os mesmos admitem que ocorreu no Eoalagoas (~ 116 Ma) quando o tectonismo foi bastante intenso e delineou-se a linha de charneira. Posteriormente, uma discordância expressiva ocorreu em toda bacia num evento erosivo regional, denominado de discordância Pré-Neo-Alagoas, que teria ocorrido também nas bacias Camamu, Almada, Espírito Santo, Campos e Santos, limitando nestas também o final do estágio rifte (Dias, 2005). Uma vez que a Fm. Morro do Chaves faz parte do contexto rifte desta bacia, se faz necessário compreender, mesmo que de forma objetiva, o contexto em que sucessões rifte se desenvolvem, e seus principais fatores controladores.

De acordo com Brito Neves (2011) dentre diversas definições na literatura para caracterizar riftes, existem aqueles passivos (ou de litosfera ativada) e ativos (de manto ativado) como sendo respectivamente aqueles gerados sem influência direta de fontes de calor da sub-superfície, e aqueles com ação direta de fontes de calor do interior da terra. Neste último é possível observar uma ordem de estágios, a saber: pré-rifte (domo); rifte (lago); proto-oceano (golfo) e marinho franco (após o desenvolvimento de plataforma continental).

Esta sequência de processos pode não ser completa, podendo até mesmo ser abortada (aulacógenos) em algum momento. Considerando o momento rife de um processo completo de abertura, diversas feições tectônicas serão desenvolvidas e entendê-las não é um processo simples, porém é possível elucidar alguns pressupostos para como as bacias sedimentares serão preenchidas nesse estágio de sua evolução.

As principais estruturas associadas a um estágio rife são as depressões assimétricas (meio - grabens) que resultam numa série de vales estruturados por falhas extensionais. Estas, podem ter algumas dezenas de quilômetros de comprimento e são de alto ângulo e separam cada vale estruturalmente em dois blocos: aquele situado acima do plano da falha ou *hangingwall* e aquele que está abaixo ou *footwall*(Figura 18). De acordo autores clássicos, a feição topográfica mais proeminente nas bordas é a ombreira, uma área montanhosa que costuma ser mais alta junto à falha principal quando comparada à margem flexural (Lambiase, 1990; Barnett *et. al.*, 1987; Leeder *et. al.*, 2002). Devido ao movimento tectônico produzindo o estiramento da crosta, os meio-grabens do sistema de *rifts* se movimentam ao longo da falha, produzindo bacias cada vez mais profundas em decorrência da subsidência (Holz, 2012).

A partir desta configuração, é possível arrolar os ambientes sedimentares que são estabelecidos, sendo o principal deles um lago de grandes proporções onde sistemas de leques aluviais, deltas e plataformas carbonáticas poderão ocorrer, obedecendo à evolução tectono - sedimentar de cada local específico. De forma geral, na *hangingwall* se desenvolvem sistemas fluviais que distalmente podem gradar para sistemas de deltas ou transicionais, a depender das condições da margem do lago, enquanto que na *footwall* desenvolvem-se leques aluviais típicos de depósitos gravitacionais com alguma contribuição de fluxos mais canalizados (Holz, 2012)(Figura 18). Ainda segundo autores clássicos desta temática, os riftes constituíram no passado importantes áreas de deposição de rochas geradoras e reservatórios, as quais vieram a ser portadoras de petróleo (Lambiase, 1990; Leeder *et. al.*, 2002).

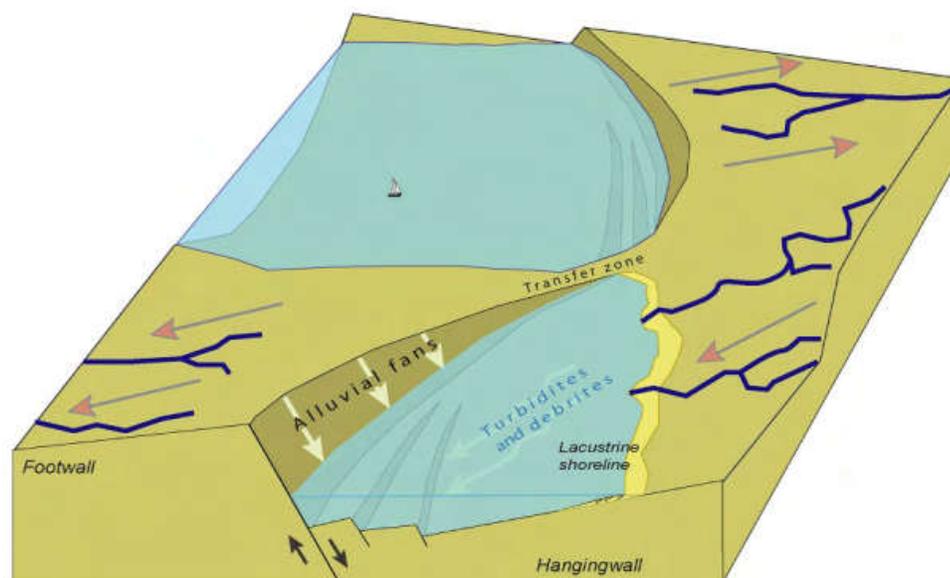
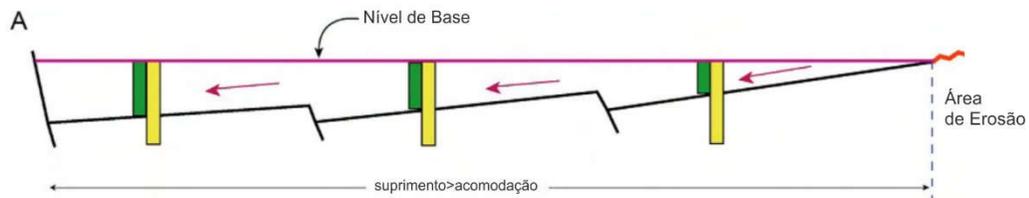


Figura 18 Principais estruturas associadas a um meio-graben numa bacia rifte continental. Meio grabens que resultam numa série de vales estruturados por falhas extensionais e separam cada vale estruturalmente em dois blocos: aquele acima do plano da falha ou *hangingwall* e aquele que está abaixo ou *footwall*. Os dois blocos são separados por uma falha normal de alto ângulo. Notar a inversão de polaridade do meio-graben e o controle do relevo do rifte sobre a direção da drenagem. As setas indicam a direção geral da sedimentação produzida pelos diferentes processos deposicionais (Retirado de Holz *et. al.*, 2017).

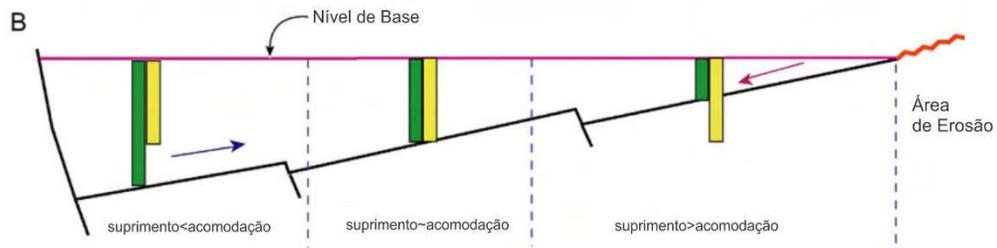
Uma vez compreendido o contexto geral em que as bacias rifte ocorrem, é necessário analisar como a ES pode ser aplicada às sucessões resultantes desse tipo de evolução tectono-sedimentar.

Uma das primeiras constatações apontadas por Holz *et. al.* (2017) é que devido a assimetria de meio grabens e à subsidência controlada por uma zona de falha principal, o espaço de acomodação em uma bacia rifte é variável, com zonas de alta acomodação se desenvolvendo próximas a outras com baixa acomodação, até mesmo com erosão (Figura 19). Isso implica em um movimento síncrono de subsidência e soerguimento, com respectivos aumento e diminuição na criação de espaço de acomodação. Assim, tratos de sistemas transgressivos e regressivos podem se formar de forma relativamente síncrona e muito próximos geograficamente (Holz *et. al.*, 2017).

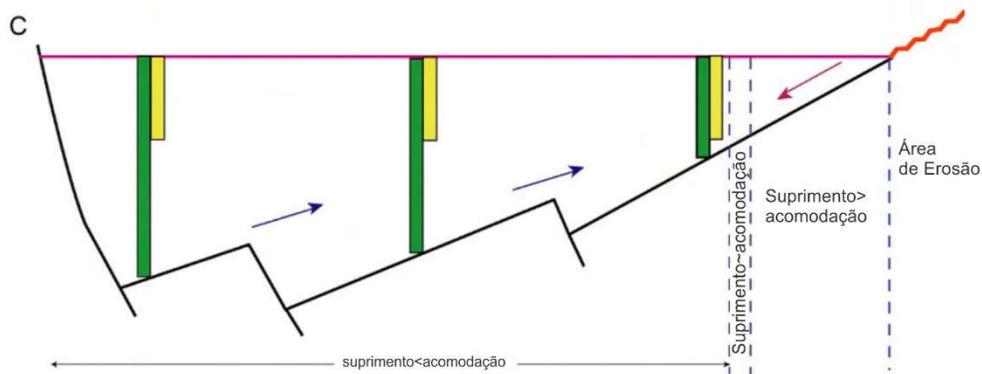
Os autores apontam ainda que o esquema clássico da estratigrafia de sequências para margens passivas, onde os tratos de sistemas de nível baixo, transgressivo, nível alto e de regressão forçada, desenvolvidos durante um ciclo completo de variação no nível de base, não é aplicável. Uma vez que nesse contexto, num mesmo meio graben, um perfil pode mostrar um padrão claramente retrogradacional, enquanto que em outro perfil a alguns poucos quilômetros de distância, pode mostrar um padrão progradacional, Holz *et. al.* (2017) defendem que para uma análise estratigráfica prática e útil em bacias rifte, adaptações conceituais e metodológicas são requeridas. Um dos aspectos chave é a criação de espaço de acomodação, o qual de acordo com os pressupostos de Jervy (1988) é aquele disponível para o acúmulo potencial de sedimentos, e que fica entre a superfície deposicional da bacia e o nível de base. Este último, por sua vez é inerente ao contexto geológico local, sendo na margem passiva o nível do mar, no continente o perfil de equilíbrio do rio e nos riftes continentais, o nível do lago. Em condições eólicas será o nível freático (Holz *et. al.*, 2017).



Início do rifteamento: pequenos, incipientes meio-grabens, suprimento de sedimento ultrapassa o espaço de acomodação em todo o sistema rifte.
Arquitetura da sedimentação: Progradacional



Bacia começa a subsidir a taxas mais altas: falha principal do rifte é proeminente, e zonas com acomodação diferencial agora existem
Arquitetura deposicional: Progradacional apenas na margem flexural, agradacional a retrogradacional no resto da bacia



Tempo de máxima taxa de subsidência: Acomodação supera o suprimento de sedimentos em quase toda a bacia.
Arquitetura Depositional: Progradacional apenas na margem flexural, agradacional a predominantemente retrogradacional no resto da bacia.
Área de erosão formando uma discordância syn-rifte, se estende ao seu máximo.



Figura 19 Espaço de acomodação em uma bacia rifte: A subsidência na *hangingwall* é acompanhada por soerguimento na *footwall*. Conseqüentemente estes movimentos síncronos causam síncrona criação e destruição de espaço de acomodação. Barras verdes representam a taxa de acomodação, variável com o incremento da subsidência e barras amarelas representam o aporte constante típico nos modelos estratigráficos. (A) Início com baixa subsidência, (B) incremento com maior acomodação e (C) máxima subsidência durante o intenso rifteamento. Notar a mudança da arquitetura deposicional durante o aumento do rifteamento (Modificado de Holz et. al., 2017).

Payton (1977) considerou que para bacias rifte o espaço de acomodação seria o resultado da interação entre subsidência, mudanças no nível de base, clima e mudanças na taxa de aporte sedimentar, sendo esta interação responsável pela formação dos limites de sequência e dos tratos de sistemas. Segundo Scholz *et. al* (2007) em bacias lacustres do tipo rifte, os elementos estruturais e geomorfológicos de um meio-graben possuem diferentes taxas de subsidência e de soerguimento. Isto resulta em soerguimento em uma porção da bacia lacustre e subsidência em outra. Conseqüentemente, o limite de sequências na região do *footwall* poderá corresponder a uma superfície transgressiva na área do *hangingwall*.

Dentre diversos modelos para a temática de desenvolvimento de rifte continental, um de grande relevância é o de Prosser (1993), onde a concepção de tratos de sistemas é revisada à luz do entendimento específico para bacias rifte, relacionando sistemas deposicionais às diferentes fases de movimentação tectônica num rifte ativo. O resultado é a proposta de três tratos correlatos às fases de início, clímax e final de rifte, analisando os padrões de empilhamento e sua relação com as variações no nível de base, sem necessariamente se restringir à identificação dos tratos de sistemas geométricos tradicionais, mas sim às diferentes fases do rifteamento ativo.

De acordo com Borba (2009), no modelo de Prosser (1993), a cada pulso tectônico, de duração instantânea no tempo geológico, ocorre o simultâneo soerguimento (com erosão) da ombreira e criação de espaço no depocentros. Segundo o autor, devido ao atraso na chegada dos sedimentos provenientes dos altos erodidos em relação à criação de espaço nos depocentros, os depósitos iniciais de um pulso tectônico, junto à falha de borda, são constituídos por folhelhos lacustres.

Holz *et. al*(2017), ao revisar os modelos conceituais para estratigrafia de sequências de sucessões continentais, propõem algumas modificações quanto à nomenclatura dos tratos

tectônicos, terminologia das superfícies estratigráficas envolvidas e à fase de sedimentação após o clímax do rifte, a qual segundo os autores, no modelo de Prosser (1993) é considerada pós-rifte, sendo no entanto considerada por Holz *et. al* (2017) como parte ainda da fase rifte. Cada fase é brevemente descrita, incluindo a mudança na nomenclatura de trato tectônico para trato de sistema, e em seguida a Figura 20 mostra o modelo conceitual adotado por esses últimos.

A) Trato de Sistemas de Início de Rifte:

Caracterizado pela instalação de falhas isoladas e restritas as quais criam meio-grabens incipientes, os quais são caracterizados por uma baixa taxa acomodação e preenchimento por fácies fluviais e deltaicas sob um regime de sedimentação progradacional. Durante esta fase inicial, partes significantes da área futura da bacia rifte ainda não são zonas de deposição e devido ao relativo baixo relevo, a deposição de leques aluviais ainda não ocorre.

B) Trato de Sistemas de Desenvolvimento do Rifte

Este trato de sistemas foi denominado por Prosser (1993) como clímax do rifte. No entanto Holz *et. al.* (2017) optaram por mudar esta nomenclatura considerando que o conceito de “clímax” envolve a noção de um evento curto e rápido, e não a concepção da fase tectônica mais duradoura e intensa do rifte. Segundo os mesmos, esta fase pode representar 50% do tempo total do rifteamento. Quanto ao registro sedimentar desta fase, mesmo ocorre quando falhas iniciais tendem a se conectar, formando uma área larga e profunda sob altas taxas de subsidência. As áreas não-deposicionais anteriores estão agora subsidindo e se tornaram áreas deposicionais com o aumento da taxa de rifteamento. Em termos de fácies, os autores descrevem que esta fase é caracterizada pelo desenvolvimento de fácies lacustres rasas a profundas com um padrão geral retrogradacional. Tanto as áreas que registraram a sedimentação fluvial inicial e àquelas não-deposicionais são agora parte da bacia rifte e são

preenchidas com depósitos lacustres e comandados por gravidade, como os debritos e turbiditos.

C) Trato de Sistemas de Termino de Rifte:

Este trato foi inicialmente rotulado como trato de sistemas de pós-rifte imediato, no trabalho clássico de Prosser (1993), no entanto Holz *et. al*(2017), interpretam que a fase final de preenchimento da bacia pertence à fase rifte, apesar da diminuição da inclinação e da subsidência mecânica induzida pelo estiramento crustal. Segundo os mesmos, o motivo é que esta diminuição não é um evento abrupto, mas gradual, onde a subsidência continuará com o resfriamento litosférico e porque a discordância que separa o rifte da fase transicional ainda não foi formada. Além disto, a crosta ainda não se separou efetivamente, e o processo de “rasgar” os continentes ainda continua.

Assim, para Holz *et. al.* (2017), toda a sedimentação anterior à discordância do pós-rifte está reunida neste trato. Quando o rifteamento cessa, há uma redução da taxa de acomodação e o regime de sedimentação será progradacional. A bacia rifte é então preenchida inicialmente por sedimentação deltaica e finaliza com sedimentação fluvial e eólica. Uma vez que o rifteamento diminui até não haver mais ativação de falhas, o relevo topográfico é denudado e a deposição de fácies de leques aluviais é reduzida e chega ao fim (Figura 20).

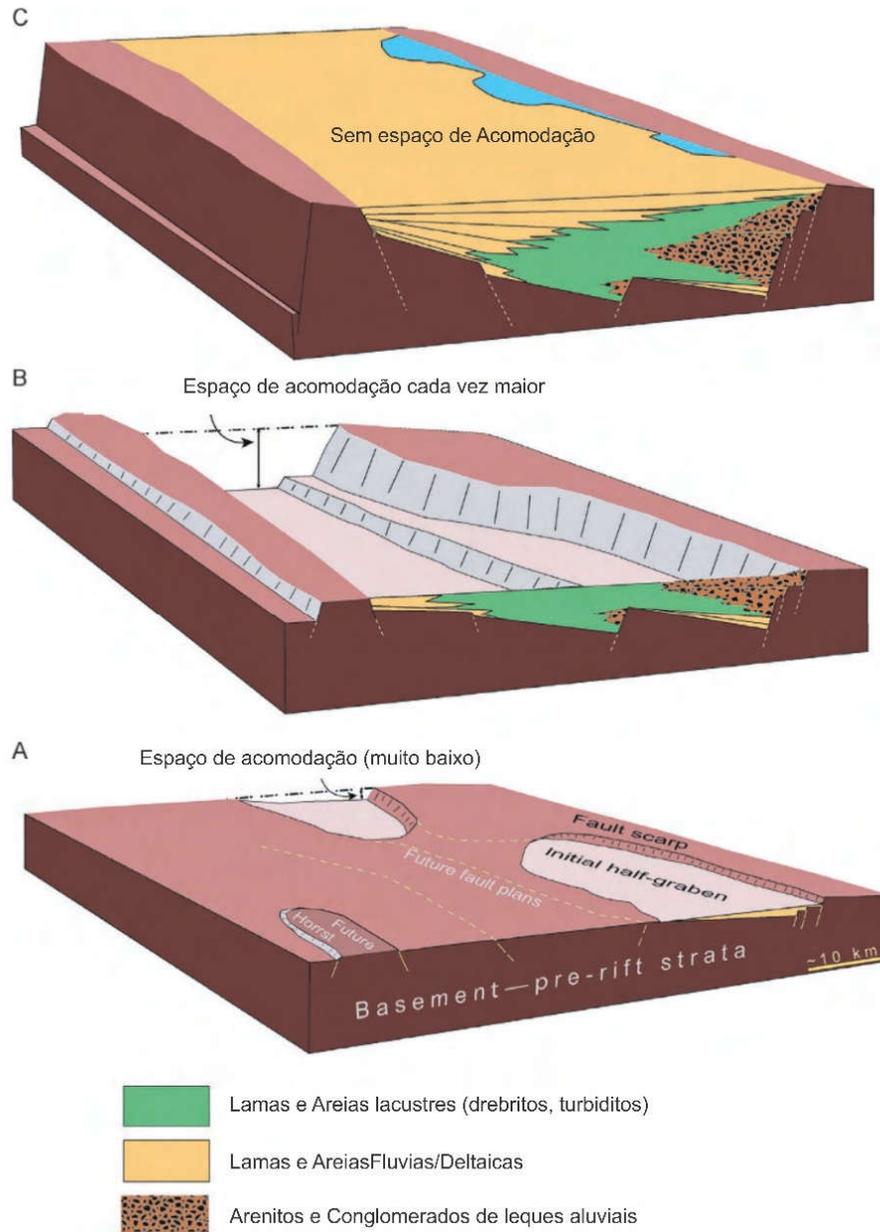


Figura 20 Modelo conceitual adotado para a análise estratigráfica de uma bacia rifte continental, a qual configura 3 fases caracterizadas por tratos de sistemas tectônicos. (A) Trato de Sistemas de início de Rifte, caracterizado por falhas isoladas e restritas que criam meios-graben incipientes, preenchidos principalmente por sedimentação fluvial e deltaica sob um regime progradacional. Durante esta fase inicial, uma parte significativa da área futura da bacia ainda não é uma zona deposicional. B) Trato de Sistema de Desenvolvimento de Rifte, onde falhas iniciais tendem a se conectar formando uma área deposicional larga e profunda sob taxas de altas subsidência. As áreas não deposicionais estão agora subsidindo rapidamente. Esta fase é caracterizada pelo desenvolvimento de fácies lacustres com um *trend* geral retrogradacional. C) Trato de Sistemas de Término de Rifte, com decréscimo nas taxas de acomodação e um regime de sedimentação predominantemente progradacional. A bacia é preenchida com sedimentos fluviais, deltaicos e eólicos. (Retirado de Holz *et. al.* 2017)

De acordo com Borba (2009), no contexto da sub-bacia de Alagoas, na passagem da sequência K34-K36 para a Sequência K38, (representada pelas Formações Morro do Chaves e Coqueiro Seco), é brusca, com as coquinas diretamente em contato com a Formação Penedo. Segundo o mesmo há continuidade da atuação do Alto de Fazenda Tomada (localizada no Campo de Furado, onde se localiza a pedra Inter cement aqui estudada) na Sequência K38, na forma de uma maior espessura dos bancos carbonáticos da Formação Morro do Chaves no alto estrutural. As Figura 21 e Figura 22 ilustram esta conjectura, segundo Borba (2009).

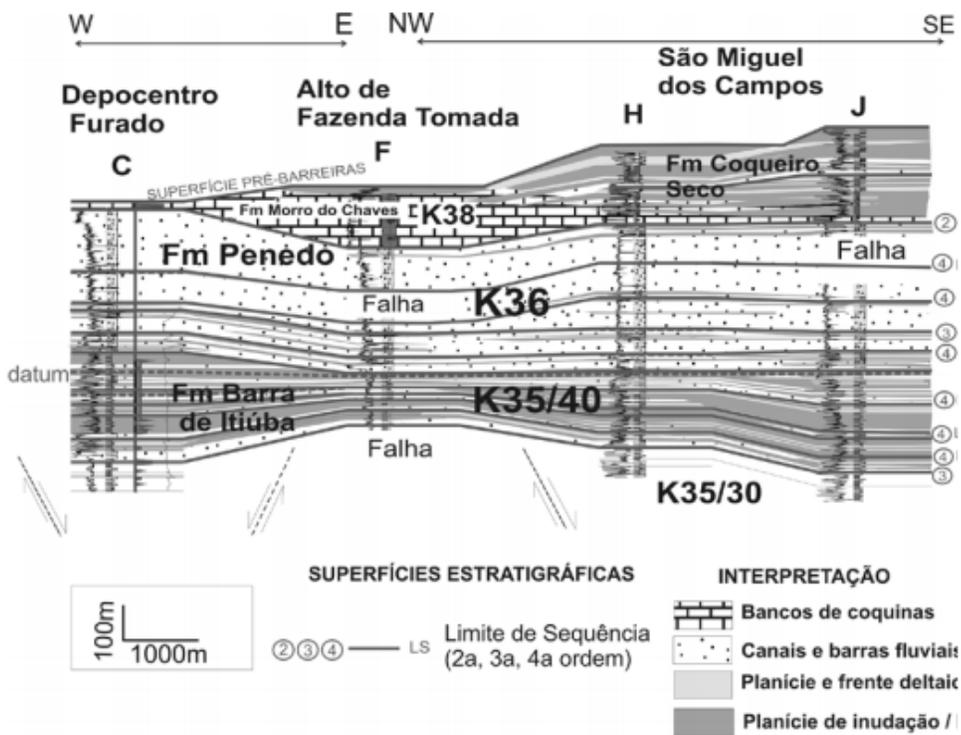


Figura 21 Seção estratigráfica de detalhe das sequências superiores da K34-K36, e a passagem para a Sequência K38.

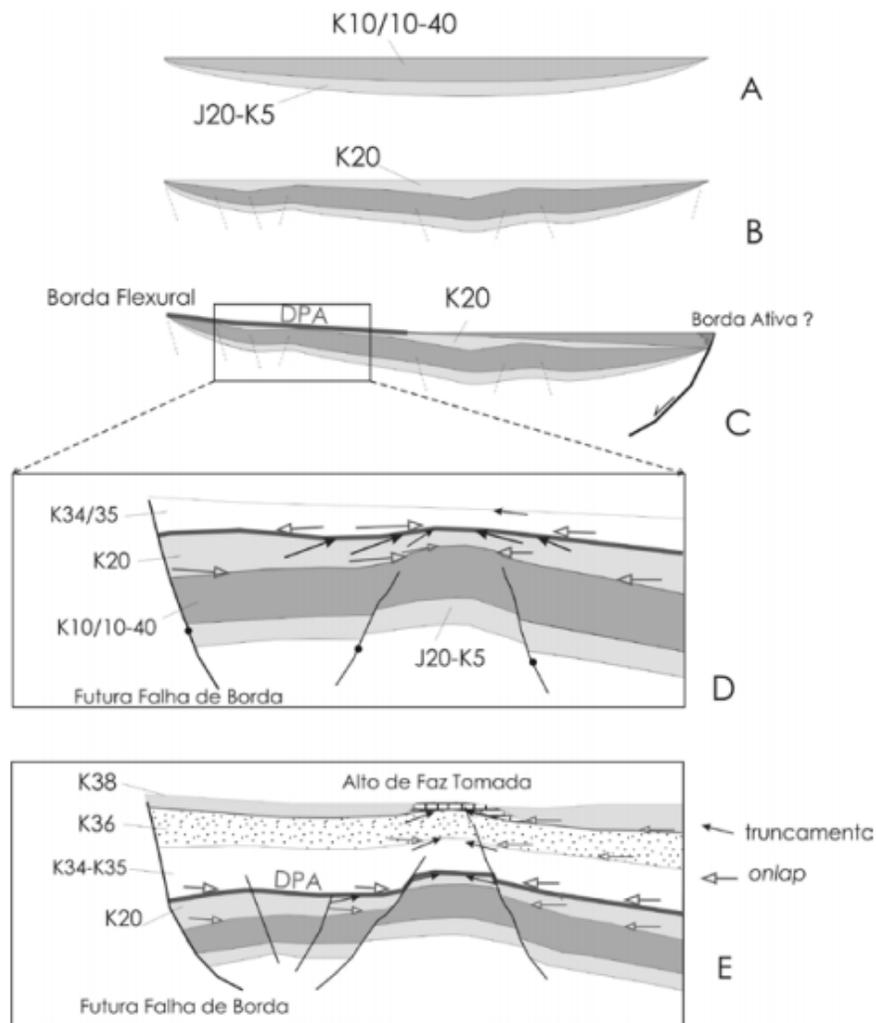


Figura 22 Evolução tectono-estratigráfica esquemática da área estudada por Borba (2009), no contexto da Bacia de Sergipe-Alagoas. A) Deposição das Sequências J20-K5 e K10/10 a K20 em um amplo sinforme; B) Formação de falhas em subsuperfície e de dobras de crescimento associadas, durante a deposição da K20; C) Soerguimento regional com a geração da Discordância Pré-Aratu; D) detalhe na área estudada, com deposição da K34-K36 e atuação local do Alto de Fazenda Tomada (TLB=trato de lago baixo, TT=trato transgressivo, TLA=trato de lago alto); E) Notar a continuação da atuação do Alto de Fazenda Tomada, inclusive controlando a deposição das coquinas da Formação Morro do Chaves (Seqüência K38). Sem escala. (Retirado de Borba, 2009).

5.2.1 Lagos Rifte

Em se tratando de lagos num sistema rifte, afora o clima, Holz (2012) aponta que os sistemas deposicionais são fortemente controlados pela topografia imposta pelo rifteamento. De acordo com Platt & Wright (1991), ambientes lacustres em riftes mostram uma complexa distribuição de fácies, onde blocos adjacentes podem apresentar diferentes taxas de subsidência, vulcanismo, hidrologia, química da água e produção biológica. Os autores chamam a atenção para o fato de que neste contexto, os carbonatos se desenvolverão apenas em áreas com baixo aporte terrígeno.

Considerando o contexto de sistemas de hemigraben, a distribuição das fácies será comumente assimétrica, predominando próximo à *footwall* (margem falhada) a formação de depósitos grossos detríticos na base das escarpas de falha, e distante destes, os carbonatos. Os autores reforçam ainda, que em alguns lagos rifte profundos identificam-se margens falhadas do tipo banco acentuadamente íngreme em um lado, e uma margem do tipo rampa no lado oposto. Para estes autores, a progradação de fácies marginais resulta de maiores taxas de produção carbonática em águas rasas do que nas áreas bacinais e tipicamente conduzem a deposição de sequências regressivas.

Outra consideração importante é que lagos num sistema rifte podem ser rasos ou profundos, a depender da relação entre taxa de subsidência e sedimentação. Se a primeira excede à última, então segundo o modelo de Platt & Wright (1991), uma margem de alto gradiente do tipo banco deve se desenvolver, principalmente onde o aporte terrígeno é baixo, enquanto que se a produção carbonática *keep – pace* (em sincronia) com a subsidência, então um relevo substancial não será desenvolvido e se terá como resultado um lago raso com margem do tipo rampa.

Assim, considerando o exposto quanto às configurações lacustres, se faz necessário compreender que processos de margem são complexos e estarão por vezes, sujeitos a fatores controladores típicos de uma região costeira, e, portanto, suas geometrias, acumulação e arquitetura também o estarão. Juntamente com o observado neste trabalho, admite-se que a unidade alvo deste estudo se encaixa, com poucas variantes, na proposição de rampa de baixo gradiente e alta energia dominada por ondas, segundo o esquema de Platt & Wright (1991) (Figura 23).

Admite-se também que os processos e morfologias resultantes ocorrerão ao longo de subambientes costeiros (praias) de *Foreshore*, *Shoreface* e *offshore* com suas geometrias associadas. Para o detalhamento dos subambientes costeiros se considerou zoneamento e características apresentadas e discutidas em Inden & Moore (1983) para praias carbonáticas. Estas características são detalhadas adiante no tópico de análise faciológica.

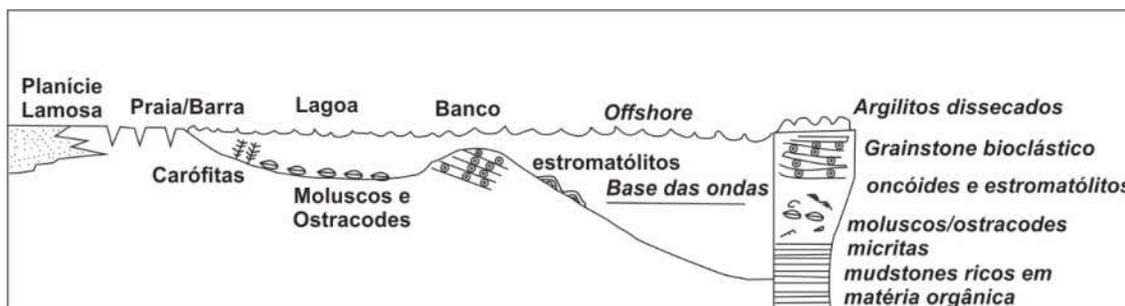


Figura 23 Proposição de rampa de baixo gradiente e alta energia dominada por ondas, segundo o esquema de Platt & Wright (1991) (Modificado de Platt & Wright, 1991).

De acordo com Platt & Wright (1991), a deposição nos lagos é sensível a influências tectônicas e climáticas, e dependente da hidrologia e morfologia dos mesmos. O clima controla a taxa e a natureza da produtividade biogênica e influencia o intemperismo químico, erosão e taxas de escoamento, determinando assim o suprimento sedimentar.

Quanto a modelos de fácies, Platt & Wright (1991) apontam que modelos verticais podem ser gerados para lagos assim como para carbonatos marinhos, como por exemplo,

taxas de produção carbonática mais altas em águas rasas do que em profundas, resultam em progradação ao longo de sequências regressivas, o que é uma situação análoga à sedimentação carbonática marinha. A diferença reside no fato de que o conjunto de fácies no lago, segundo esses autores, é mais limitado e as linhas de costa são mais suscetíveis ao controle de rápidas mudanças climáticas e tectônicas do que em condições marinhas. Apesar disso, depósitos lacustres antigos mostram uma abrupta e complexa mudança lateral e vertical nas fácies, tornando a análise das sequências particularmente difícil. Os modelos propostos pelos mesmos autores contemplam dois subambientes básicos: Margem do Lago ou Litoral, e Carbonatos Profundos ou Bacia Lacustre (Zona Pelágica) (Figura 24). Na margem do lago, águas rasas (<10m) favorecem a produção biogênica ou induzida (bio-induzida). Apesar disso, os bancos de *grainstones* são menos desenvolvidos quando comparados àqueles marinhos, refletindo a menor energia de ondas e a ação desprezível de marés.

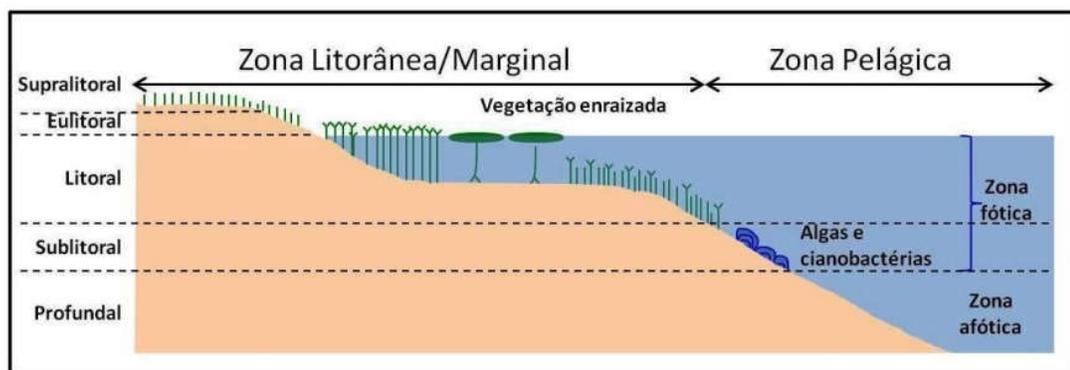


Figura 24 Perfil esquemático de subambientes lacustres. (Adaptado de Wright 1990 apud Oliveira, 2014).

Segundo (Schlische & Olsen, 1990), dois padrões deposicionais se alternam durante a evolução dos riftes em função das variações na disponibilidade de água, taxas de subsidência e aporte sedimentar, o fluvial e o lacustre. Quando há grande disponibilidade de sedimentos, e a subsidência é reduzida, padrões fluviais se instalam. Por outro lado, quando há taxas elevadas de subsidência e pouco aporte sedimentar, predominam os padrões lacustres.

Para Silva (2005), os ventos também contribuem na energia dos lagos, gerando ondas e correntes que promovem a circulação das águas, tanto em níveis superficiais como profundos. Segundo a mesma, ao longo das regiões costeiras, as correntes são mais intensas e permitindo o transporte e o retransporte dos sedimentos. É comum a presença de depósitos de fragmentos de conchas e esqueletos, carbonáticos, sendo em sua maior parte, em áreas costeiras afastadas de desembocaduras de rios e em altos estruturais submersos. Os constituintes mais comuns são conchas de ostracodes, gastrópodes e de bivalves. Esses bioacumulados são comumente retransportados e ressedimentados e, quando próximos a depocentros, são remobilizados continuamente, podendo formar espessos depósitos, os quais podem ocorrer associados a sedimentos terrígenos. Um exemplo destes depósitos é encontrado no Membro Coqueiros da Formação Lagoa Feia.

5.3 Sucessões Carbonáticas

Acompanhando o desenvolvimento da ES, sempre houveram aqueles que se atentaram para as fortes variantes que as sucessões carbonáticas apresentavam em relação aos modelos siliciclásticos, como por exemplo Sarg (1988), Handford & Loucks (1993), Schlager (2002; 2005), Bosence e Wilson (2005), Catuneanu *et al.* (2011), entre outros, de forma a incorporar os conceitos de fábricas carbonáticas e padrões de empilhamento a partir da interação entre espaço de acomodação e taxa de crescimento *in situ*.

De acordo com Catuneanu *et al.* (2009), os conceitos da ES se aplicam aos sistemas carbonáticos muitas vezes da mesma forma como aos siliciclásticos ou outros terrígenos. Assim, as seções carbonáticas apresentam superfícies limitantes semelhantes, como por exemplo, discordâncias subaéreas, conformidades correlativas, SIM, regressivas máximas, superfícies regressivas de erosão marinha (SREM), entre outras. Para o autor, as diferenças se encontram no caráter físico destas superfícies e nos tipos de sedimentos que as mesmas dividem (Catuneanu *et al.*, 2009). Handford & Loucks (1993), afirmam que as superfícies que subdividem as sequências estratigráficas carbonáticas, assim como nos depósitos siliciclásticos, são superfícies erosivas e de inundação produzidas por mudanças no nível de base, não significando, porém, que não haja diferenças entre ambos os tipos de sequências. Catuneanu *et al.* (2011) comenta que o quadro de superfícies é regional em sua origem, e provê cronologia à ordem deposicional das geometrias de fácies carbonáticas definidas pela hierarquia das superfícies limitantes, além de habilitar a interpretação e predição de sua extensão e caráter.

Apesar de regionalmente e em termos de superfícies limitantes, depósitos carbonáticos encontrarem amparo nas definições da ES, tal qual são aplicadas aos depósitos siliciclásticos, carbonatos apresentam grandes diferenças em termos de tipo de sedimentos, morfologia de plataformas e padrões de empilhamento. Para Handford & Loucks (1993), muitos trabalhos

utilizaram ou adaptaram o modelo estratigráfico de sequência deposicional da *Exxon*, primariamente baseado em siliciclásticos, para sequências deposicionais carbonáticas. No entanto, os autores explicam que este modelo opera segundo um conjunto de princípios diferentes daqueles que guiam a deposição carbonática. Schlager (2005), lembra que sedimentos carbonáticos podem ser de origem totalmente biótica, bioticamente induzida ou por meio de termodinâmica e reações cinéticas (como por exemplo nos evaporitos). Uma vez que a luz, temperatura, química e salinidade da água influenciarão na deposição carbonática (em função dos modos de vida dos organismos precipitadores), os padrões estratigráficos carbonáticos ocorrerão ao longo dos tratos de sistemas sempre que condições favoráveis à sua produção e precipitação ocorram. Assim, as principais diferenças entre as sucessões siliciclásticas e carbonáticas são:

a) Sedimentos siliciclásticos são extra-bacinais e carreados para a bacia marinha por sistemas fluviais e deltaicos, enquanto que carbonatos são produzidos na própria bacia pela ação de processos orgânicos e inorgânicos (Handford & Loucks, 1993).

b) O suprimento de sedimentos carbonáticos (a fábrica carbonática) será proporcional à área inundada da plataforma. Durante períodos de elevação do nível de base as comunidades carbonáticas secretoras se estenderão por toda a superfície desta devido à produção carbonática em águas rasas (Bosence e Wilson, 2005).

c) Se correntes superficiais forem capazes de transportar os sedimentos carbonáticos do interior da plataforma para a margem, a produção carbonática continuará e a progradação nesta direção será favorecida, permitindo o preenchimento do espaço de acomodação durante a elevação do nível de base. Em sistemas siliciclásticos, por outro lado, as maiores taxas de suprimento de sedimentos ocorrem durante quedas relativas do nível de base (Bosence e Wilson, 2005).

d) A dispersão do sedimento carbonático, diferentemente do siliciclásticos, é influenciado por processos que incluem acumulação, incrustação e construção de malhas de sedimentos (Catuneanu, 2009).

e) A lama siliciclástica é sempre produto de decantação de sedimento em suspensão, enquanto que lama carbonática pode indicar crescimento intenso de micro-organismos carbonáticos, o que é controlado pela produtividade de nutrientes e condições de oxigenação do ambiente (Holz, 2012).

f) Neumann e Mcsyntre (1985) a partir de observações sobre a acresção de recifes em resposta às variações do nível do mar, descrevem os regimes de *Keep Up*, *Catch Up* e *Give Up*, os quais registram possíveis respostas da relação entre a variação do nível do mar/taxa de produção *in situ* (Figura 25). Caso a produção carbonática consiga se manter a uma taxa próxima ou igual à taxa de criação de espaço de acomodação, teremos o regime de *Keep Up*. Caso a taxa de produção seja reduzida durante uma rápida elevação do nível de base, a fábrica demorará a se estabelecer com taxas maiores provocando um retardo no alcance do nível de base, mas em seguida crescendo rapidamente até atingir o nível de base em ascensão, sendo este o regime de *Catch Up*. Caso a taxa de elevação do nível de base suba rapidamente e a fábrica carbonática não conseguir se estabelecer, ela poderá encerrar sua produção e teremos o regime de *Give Up*. A atuação destes regimes terá relação direta com os padrões de empilhamento e conseqüentemente com as geometrias estratais associadas aos tratos de sistemas (Neumann e Mcsyntre, 1985).

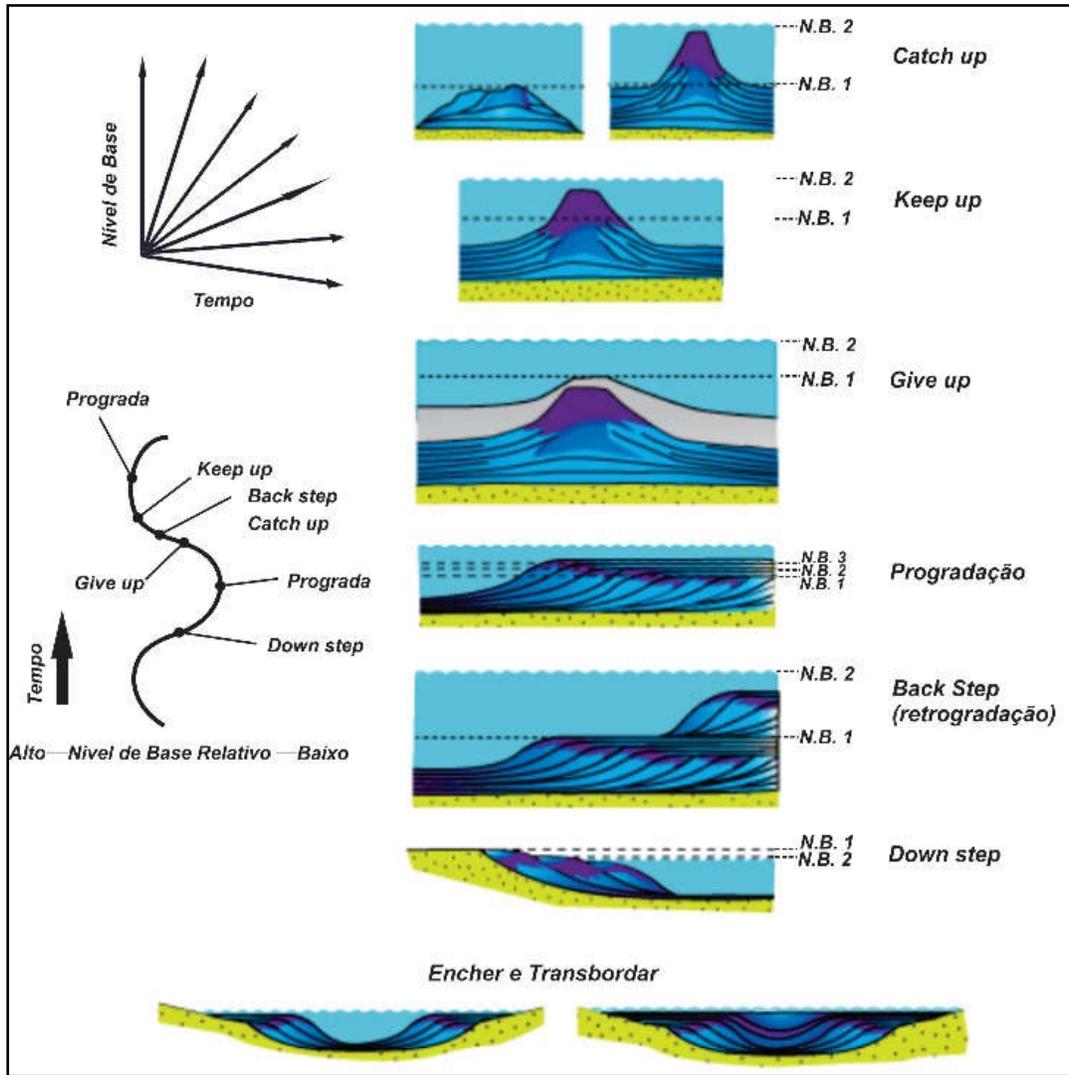


Figura 25 Regimes de Keep Up, Catch Up e Give Up, os quais registram possíveis respostas da relação entre a variação do nível do mar/taxa de produção *in situ*. (Modificado de Kendall, 2014).

g) As relações que podem existir entre fatores condicionantes da fábrica carbonática, como por exemplo temperatura da água, salinidade, presença de uma zona fótica, entre outros fatores, conferem a estes depósitos uma grande variabilidade morfológica. Uma das abordagens mais significantes nesse aspecto é a de Schlager (2005). Com base em diferentes ambientes e modos de precipitação, o autor propõe a existência de 3 tipos de fábricas de sedimento carbonático, associando-as à formação de plataformas. A nomenclatura dada pelo autor é de fábricas dos tipos T (*tropical factory* – fábrica tropical), C (*cool water factory* – fábrica de águas frias) e M (*mud - mounded micrite factory* – fábrica de acúmulo de lama micrítica). Basicamente a fábrica do tipo T é relacionada a produção de sedimentos carbonáticos em ambientes tropicais (baixas latitudes), a fábrica do tipo C relacionada a ambientes de águas frias (latitudes intermediárias a altas) e a fábrica do tipo M ocorrendo em qualquer dos ambientes carbonáticos. Segundo o autor, a fábrica “T” apresenta forte tendência de formar margens elevadas, que tendem a alcançar o nível do mar na quebra do talude, o que dá origem as *rimmed-shelves* (plataformas muradas). Os recifes empilham verticalmente devido as condições ambientais que favorecem o estabelecimento de um recife sobre outro anterior (Schlager, 2002). Em relação a fábrica do tipo “C”, Schlager (2002) cita que esta obedece ao modelo padrão siliciclástico com pouca atuação de crescimento de muros e com sedimentos predominantemente soltos, assemelhando-se então a sedimentos siliciclásticos.

Em relação a fábrica “M”, Schlager (2002), cita que sua ES é pouco conhecida e em comparação com a fábrica do tipo “T”, possui menos sensibilidade a mudanças do nível do mar, uma vez que sua janela de geração de sedimentos em relação a luz e profundidade é muito ampla, não registrando mudanças significativas. De forma geral a fábrica “M” tende a gerar topos planos (Schlager, 2002). A Figura 26 ilustra estas proposições de Schlager (2005) relacionando taxa de produção, profundidade e tipo de fábrica (T, M ou C).

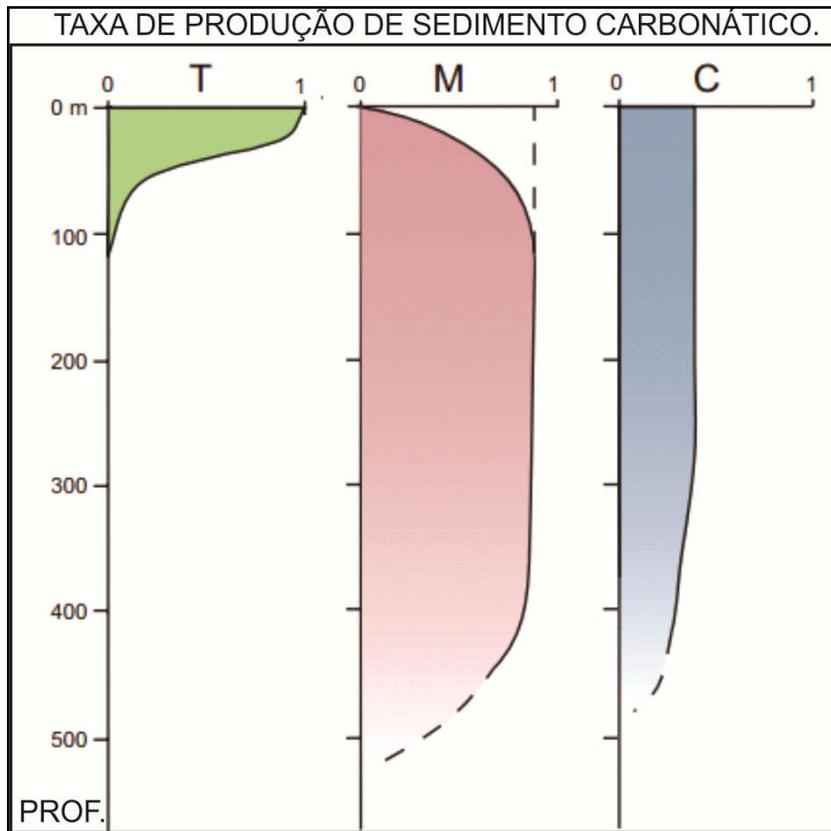


Figura 26 Taxas de produção e janela de profundidade das fábricas carbonáticas. (Modificado de Schlager, 2005).

5.3.1 Modelos para Sucessões Carbonáticas

Com base nas diferenças observadas, principalmente quanto aos controles da produção e deposição de fácies carbonáticas, diversos modelos foram propostos a exemplo dos próprios colaboradores da *Exxon*, onde Sarg (1988), aplicando os conceitos da ES propostos por seus colegas da companhia, revisa os controles da produção e deposição de fácies carbonáticas, e os relaciona aos tratos de sistemas de nível baixo, de nível alto e transgressivo definidos em Jervey (1988). Segundo o autor, a geometria deposicional, a distribuição de fácies e a diagênese precoce de uma seqüência deposicional carbonática, são controlados pelo clima, arquitetura da bacia e mudanças relativas no nível do mar, considerando este último fator como mais importante.

Hunt & Tucker (1992), também trouxeram considerações a respeito da resposta das plataformas carbonáticas às mudanças do nível eustático, incluindo concepções em relação ao trato de sistemas de regressão forçada (TSRF). Segundo os mesmos, na regressão forçada os sistemas carbonáticos são marcados por carstificação devido a influência meteórica. A exposição da plataforma não resultaria necessariamente em retrabalhamento mecânico, mas sim químico (cimentação/dissolução), na forma de diagênese em superfícies correlatas que tenderão a ser climaticamente controladas, gerando carstificação se o ambiente for húmido e dolomitização se for árido (Hunt & Tucker, 1992).

Holz (2012) chama a atenção para depósitos de brecha e tálus recifal que podem ocorrer durante a fase transgressiva como produto de fragmentação causada por ondas durante tempestades. Em seguida o TSNA é caracterizado pela diminuição do espaço de acomodação e a conseqüente produção de carbonatos de água rasa (Holz, 2012). Bosence e Wilson (2005), citam que é neste tempo que a plataforma produz a maior quantidade de material recifal e areia bioclástica e ooidal. Os autores citam que muitas plataformas carbonáticas atuais, como por exemplo, o Banco do Sul da Flórida e o Grande Banco das Bahamas, estão se aproximando desse estágio. O resultado é o desenvolvimento de bancos e ilhas lagunares atrás do recife, além de contínuo crescimento do recife da margem da plataforma progradando e agradando para preencher o espaço de acomodação adjacente (Bosence e Wilson, 2005).

Schlager (2002), com base nas relações entre essas taxas, sintetiza e identifica os TSNB, TST e TSNA (*Sensu Exxon*) nas plataformas muradas, e seus respectivos padrões de empilhamento (Figura 27).

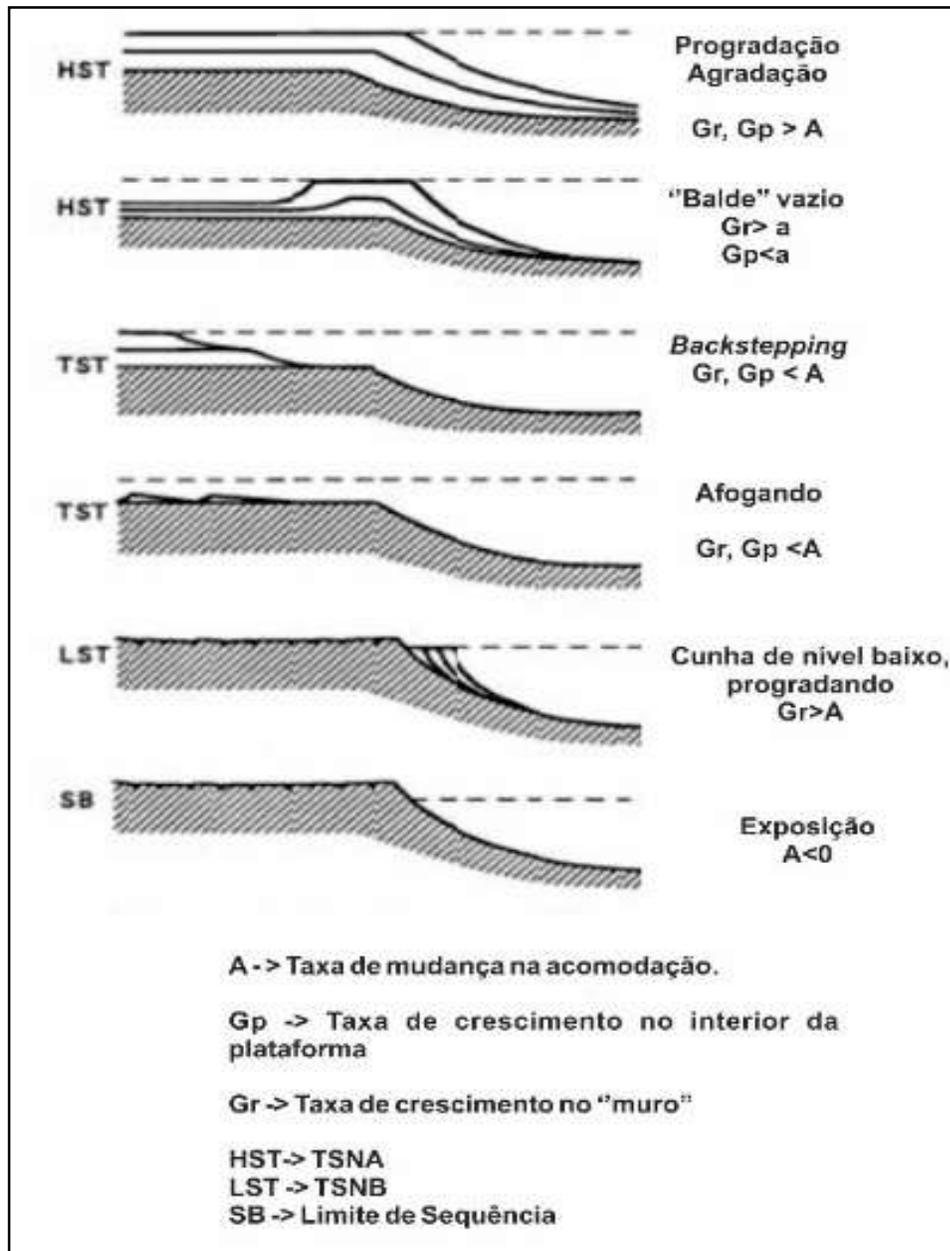


Figura 27 Geometrias básicas de plataformas tropicais e sua interpretação em termos de mudanças na taxa de acomodação e de suprimento de sedimentos. No lado esquerdo estão indicados os tratos de sistemas TSNA, TST, e TSNB, e (Limite de Sequência (LS)).(Modificado de Schlager, 2002).

Dessa forma, com base nos conceitos aqui lembrados, é possível afirmar que a Estratigrafia de Sequências de Sucessões Carbonáticas apresenta aspectos semelhantes aos modelos siliciclásticos em termos de superfícies limitantes. Catuneanu *et. al.* (2011) cita que um arcabouço de ES aplicado a carbonatos fornece uma ferramenta importante para a

interpretação do complexo e diversificado espectro de sistemas deposicionais, e a arquitetura geométrica de suas fácies. Apesar disso, existem profundas diferenças que precisam ser devidamente equacionadas. Para Handford & Loucks (1993), as únicas semelhanças geométricas entre sucessões carbonáticas e siliciclásticas ocorrerão em plataformas dominadas por sedimentação carbonática clástica, como por exemplo, rampas ou plataformas muradas de baixo ângulo.

Holz (2012), cita que devido a variabilidade morfológica não existe um modelo único para a sedimentação carbonática nem para a ES de sistemas carbonáticos. A afirmação reforça considerações de Catuneanu *et. al.* (2009), onde o autor declara que após mais de 30 anos de pesquisas em sequências estratigráficas, é justo concluir que cada modelo é justificável no contexto em que foi proposto e pode fornecer uma ótima abordagem sob as circunstâncias corretas. Por outro lado, Muniz (2013) alerta que a maioria dos trabalhos voltados a aplicação dos princípios da estratigrafia de sequências em sistemas carbonáticos, os contemplam em sistemas marinhos, onde o controle do espaço de acomodação é geralmente considerado eustático. Segundo o autor, um fator importante no estudo de sistemas carbonáticos não - marinhos é a condição do clima e do sistema de drenagem, e o seu controle no nível do lago.

6. RESULTADOS

A sucessão estudada neste trabalho contemplou os depósitos da Formação Morro do Chaves aflorantes na Mina Intercement em São Miguel dos Campos, Estado de Alagoas. Este alvo tem sido objeto de estudo nos últimos anos por diversos grupos de pesquisa no propósito de melhor descrever e reconhecer litologias coquinóides as quais podem trazer grande acervo de resultados para a caracterização de reservatórios carbonáticos em profundidade a partir do estudo de afloramento análogo.

A Intercement possui 4 minas, das quais apenas 2 estão em atividade (minas I e II). Para a análise faciológica e de geometria e arquitetura, o trabalho teve seu foco maior na Mina IV, porém para a análise estratigráfica foram utilizados: a) os perfis da Mina IV; b) o perfil composto da mina principal descrito por Garcia *et. al.* (2012); c) o poço aqui denominado de ANP adjacente à mina principal. Também foram coletadas 5 nuvens de pontos com Laser Scanner e 64 linhas de GPR além de perfis de RG.

Os limites das minas são: Ao norte a fazenda São Sebastião, a sul e oeste propriedades rurais, e a Leste o Campo de Furado (Petrobrás). A Mina IV está a oeste das Minas I e II e é separada destas pelo Rio São Miguel. A Figura 28 mostra a localização do afloramento no mapa geológico e a Figura 29 mostra a localização de cada mina com a localização dos perfis litológicos descritos e compilados.

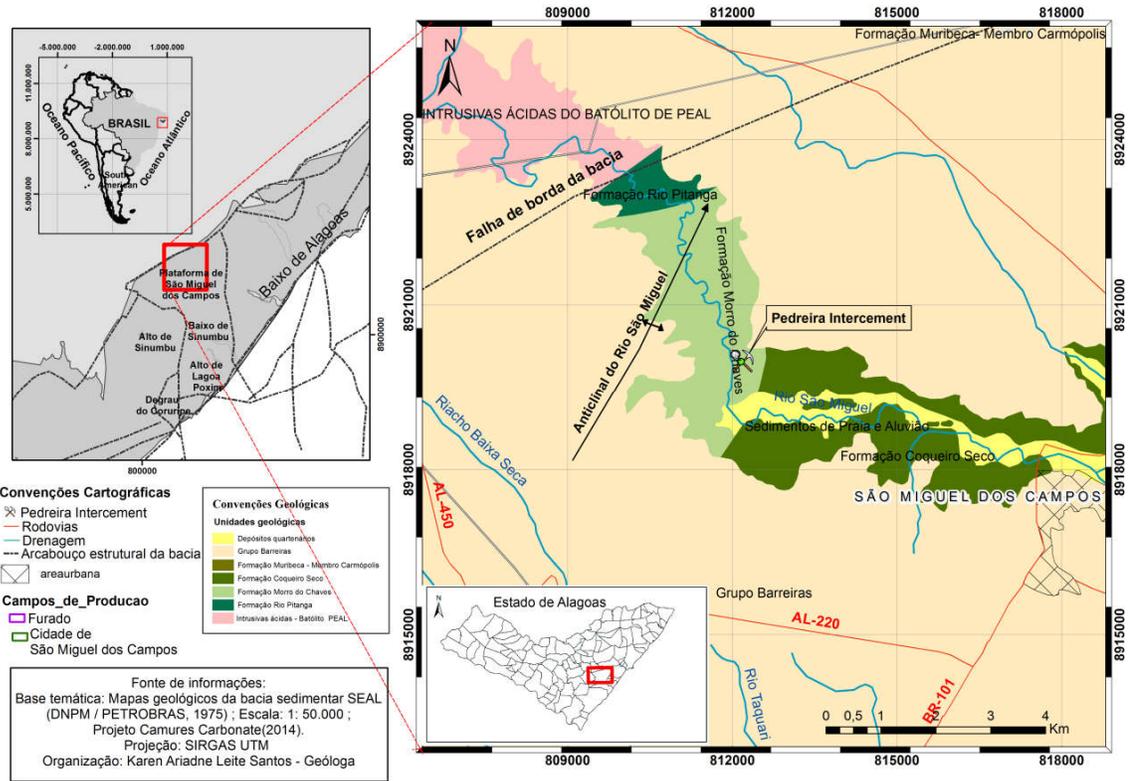


Figura 28 Localização do Afloramento da Intercement em mapa geológico (Fonte: Progeologia – Projeto Camures - Carbonato).



Figura 29 Localização das Minas I, II e IV em São Miguel dos Campos, AL.

De forma geral as litologias descritas foram calcirruditos bioclásticos (coquinas), calcarenitos, folhelhos, arenitos, e em menor proporção conglomerados e arenitos conglomeráticos. As principais estruturas sedimentares encontradas foram: estratificações cruzadas tabulares e acanaladas, gretas de contração, marcas de onda, figuras de carga, superfície erosiva, além de feições estruturais evidenciando basculamento de grandes blocos. Ao longo dos perfis é possível identificar fortes variações no grau de retrabalhamento (ou reelaboração) das conchas, o que reflete variações de energia e por vezes a ação de ondas ou correntes que retrabalham o sedimento. Também foram encontrados fósseis de tartarugas e peixes nas camadas de folhelhos, que são nesta fase, considerados fósseis marinhos.

As Figuras 30 e 31 mostram perfil composto da mina principal segundo Garcia (2012) e a visão geral do afloramento da Mina IV com os paredões NW-SE e N-S, e posicionamento dos perfis litológicos, os quais foram empilhados nos perfis compostos das respectivas frentes e também amostrados (Figura 32).

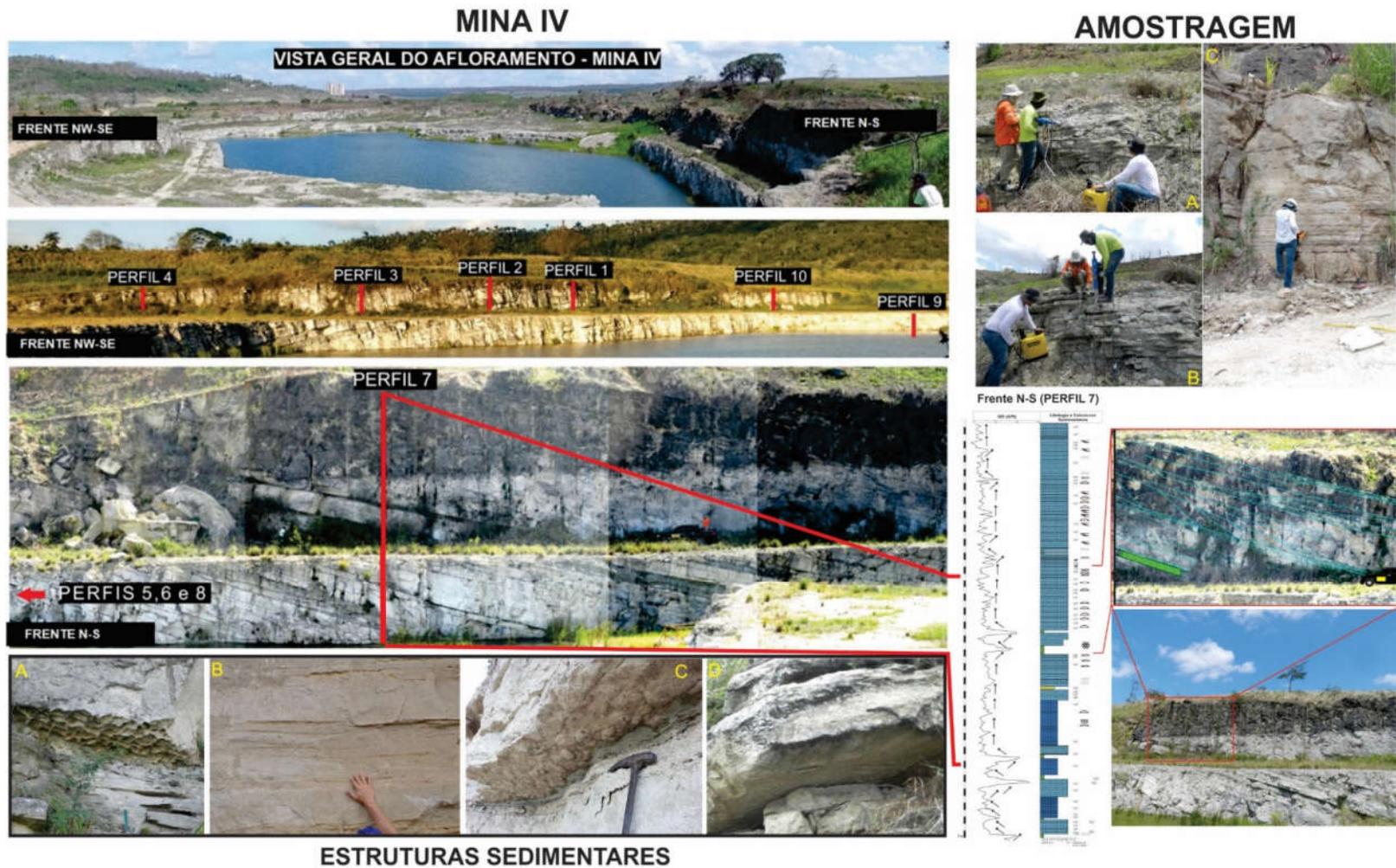


Figura 31 Visão Geral do afloramento Mina IV com detalhe das frentes leste e oeste, e o posicionamento dos perfis litológicos descritos.

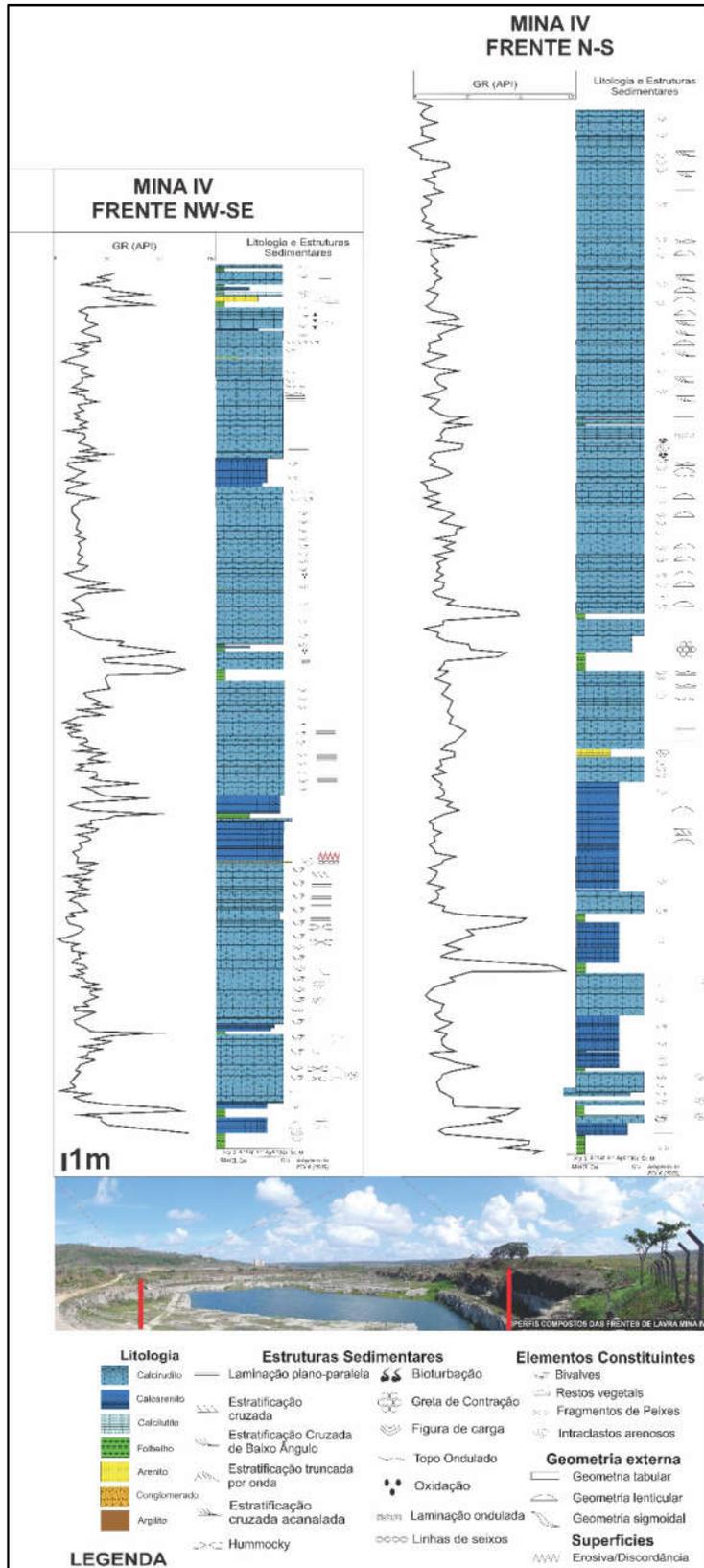


Figura 32 Perfis empilhados para cada respectiva frente, N-S e NW-SE.

Um dos passos mais importantes foi a correlação da mina IV com o perfil composto da cava principal e destes com a seção da Formação Morro do Chaves no Poço ANP. Para isto foram utilizados os perfis litológicos e de RG descritos e coletados. De forma geral os intervalos correlacionados até o presente compreenderam ciclos deposicionais que apresentam típicas intercalações de camadas de coquinas (puras ou híbridas) com folhelhos, fator sempre evidente nesta unidade. Em determinados intervalos da sucessão, os folhelhos são espaçados entre pacotes de coquinas de espessuras próximas, o que auxiliou a correlação. Os perfis de RG também auxiliaram esta abordagem através dos picos, seja para valores maiores ou menores (em unidades API), fornecendo informações importantes sobre a quantidade de argila das coquinas, a qual varia ao longo da sucessão. Outro importante aspecto é notar que os restos esqueléticos de bivalves (conchas) ao sofrerem os efeitos de reelaboração por correntes ou tempestades, podem ser considerados como clastos, tendo, portanto, um comportamento de transporte e deposição semelhantes a clastos siliciclásticos.

6.1 Análise Faciológica

As litologias descritas neste trabalho compreenderam rochas predominantemente calcárias com periódicos aportes siliciclásticos e intercalações com folhelhos ora negros, ora esverdeados. No topo de alguns perfis foi possível observar uma maior entrada de siliciclásticos com aportes fluviais da Fm. Coqueiro Seco. Assim, seguindo a classificação de Folk (1962), as litologias descritas foram calcirruditos bioclásticos (coquinas), calcarenitos, folhelhos, arenitos, e em menor proporção conglomerados e arenitos conglomeráticos. Apesar de se tratar de uma classificação mais genérica, esta foi satisfatória para as descrições litológicas e respectivas associações de fácies, bem como para as análises em macro e meso-escala e correlações estratigráficas. Aliando estes aspectos descritivos às estruturas sedimentares e geometrias observadas, as fácies

foram agrupadas em associações de *Foreshore*, *Shoreface*, *offshore* e *backshore*. Cada litofácies é descrita abaixo e posteriormente são explanadas as associações efetuadas.

6.1.1 Bioacumulados

Esta litofácies é pouco representativa em termos de expressão areal, sendo encontrada de forma isolada. É caracterizada pelo registro da sedimentação das conchas de bivalves, com baixo ou quase nenhum transporte e nem ressedimentação. As conchas atingem até 2cm e encontram-se preservadas, por vezes com valvas ainda articuladas, com forte acumulação e imersas numa matriz fina, argilosa, de cor verde clara. As camadas apresentam pouca continuidade lateral (máximo de 5 m) e espessura máxima de 20 cm. Sua textura é muito friável, (baixa cimentação), resultando numa difícil coleta de amostra (Figura 33 e Figura 34).

A partir destas características interpreta-se que esta litofácies é representante da deposição em zonas de baixa energia no *backshore*, em pequenos pontos protegidos por bancos coquinóides de *Foreshore* e *Shoreface*. Estas pequenas áreas não sofreram influência de ondas normais nem de tempestade e se constituíram em locais com boas condições subaquosas rasas para a proliferação dos organismos bivalves.



Figura 33 – Facies Bioacumulado. Conchas de até 2cm em matriz argilosa.



Figura 34 - Facies Bioacumulado. Conchas de até 2cm em matriz argilosa.

6.1.2 Calcirruditos bioclásticos

Esta fácies é predominante nos afloramentos estudados. Tanto na Mina principal quanto na Mina IV, a mesma ocorre ao longo de espessos corpos tabulares, lenticulares e sigmoidais, tendo como aspectos principais a variação vertical e lateral na quantidade e grau de retrabalhamento (ou ressedimentação) das conchas de bivalves, e a ocorrência periódica de grãos siliciclásticos ao longo da sucessão. Isto permitiu a subdivisão da mesma em calcirruditos puros e calcirruditos híbridos. De forma apropriada e consoante com publicações contemporâneas sobre o alvo Fm. Morro do Chaves, os calcirruditos são também denominados de Coquinas.

a) Calcirruditos Bioclásticos Híbridos

Esta litofácies representa uma variação dos coquinas puras, onde clastos terrígenos (quartzo e feldspatos) são misturados aos bioclastos. O caráter proximal que estes terrígenos trazem, permite inferir a progradação de areias costeiras sobre o corpo lagunar ou o aumento da carga sedimentar na área fonte de sistemas fluviais que avançam interdigitando-se aos calcirruditos (Figura 35 e Figura 36). Estes siliciclásticos provavelmente foram depositados na forma de leques subaquosos, e em seguida retrabalhados por ondas normais e por correntes, sendo misturados às conchas de bivalves. Assim como a anterior, esta litofácies traduz fluxos de alta energia, depositados durante tempestades e retrabalhados por ondas normais em ambiente litorâneo (*Foreshore*).



Figura 35 Fácies Calcirrudito Híbrido. Clastos terrígenos (quartzo e feldspatos) são misturados aos bioclastos.



Figura 36 Fácies Calcirrudito Híbrido. Clastos terrígenos (quartzo e feldspatos) são misturados aos bioclastos.

b) Calcirruditos Bioclásticos Puros:

Apresentam cor bege ou cinza, com tons esbranquiçados. Os componentes principais do arcabouço são as conchas de bivalves, as quais ocorrem imersas numa matriz calcarenítica subordinada (Figura 37 e Figura 38). Os bioclastos têm tamanhos variados predominando tamanhos de 1,5 até 2 cm, ocorrendo geralmente desarticulados, ressedimentados e dispostos ora orientados, ora de forma caótica.



Figura 37 Fácies Calcirrudito Bioclástico puro.



Figura 38 Fácies Calcirrudito Bioclástico puro.

Em relação à geometria, os corpos representantes desta litofácies são tabulares, lenticulares e sigmoidais. Nos corpos tabulares é possível identificar boa continuidade lateral com pouca variação de espessura, enquanto que por outro lado, as lentes variam lateralmente em espessura e comprimento (Figura 39). Quando observadas seções de sentido *dip*, lentes e sigmoides se sobrepõem evidenciando um padrão progradacional das macroformas, com pequenas variações na direção das paleocorrentes (Figura 40 e Figura 41). Internamente às sigmoides e lentes, também puderam ser observadas estratificações cruzadas planares, ou de baixo ângulo (tangencial à base) que retratam a ocorrência de barras ou dunas subaquosas como elemento arquitetural (Figura 42). Quando afogamentos são registrados, folhelhos recobrem as macroformas obliterando a fábrica carbonática.



Figura 39 Lentes de Calcirrudito Bioclástico. As mesmas variam lateralmente em espessura e comprimento.



Figura 40 Frente NW - SE da Mina IV. Camadas coquinóides com geometrias tabular, lenticulares e sigmoidais progradantes.



Figura 41 Frente NW - SE da Mina IV. Demarcação da camadas coquinóides com geometrias tabular, lenticular e sigmoidais progradantes.



Figura 42 Foto superior - Camada de calcirrudito bioclástico com estratificação cruzada tangencial a base (A) e tabular (B).

Interpreta-se neste trabalho que a formação destas barras coquinóides se deve prioritariamente a deposição das conchas por eventos de tempestades, correntes trativas e fluxos gravitacionais, os quais remobilizaram as conchas de sua área fonte onde viviam. Estas foram posteriormente retrabalhadas por ondas normais em ambiente de praia no *Foreshore* *Shoreface* superior (maior energia) e *Shoreface* inferior (menor energia). A intensidade dos processos é refletida na maturidade dos sedimentos bioclásticos os quais apresentam diferentes graus de quebramento e tamanho. O constante retrabalhamento por ondas normais ou por correntes litorâneas produz por vezes orientação nas conchas por meio de fluxos trativos unidirecionais (Figura 43). Quando caóticas, representam fluxos oscilatórios, nova remobilização durante tempestades ou rompimentos em porções localizadas das barras formando pequenos leques de *wash over* (Figura 44).



Figura 43 Fácies Calcirrudito Bioclástico puro com conchas orientadas.



Figura 44 Fácies Calcirrudito Bioclástico puro com conchas em disposição caótica.

6.1.3 Calcarenitos

Esta litofácies ocorre na sucessão com menos representatividade que os calcirruditos. Apresenta coloração bege esbranquiçada e estratificações plano paralela e cruzada tabular. Não apresenta quantidade significativa de conchas em seu arcabouço, e dentre poucas registradas estas também não possuem tamanho significativo.

De forma geral os sedimentos que compõem esta litofácies provavelmente são médios a grossos oriundos dos constantes retrabalhamentos que fragmentam constituintes calcínicos de organismos pretéritos até a fração areia. Na sucessão, são representativos de momentos iniciais após uma máxima transgressão, o que também se reflete na pouca quantidade de conchas em seu arcabouço devido à redução da fábrica carbonática durante o afogamento (Figura 45). Após o nível de base atingir o máximo avanço sobre o proximal, a regressão volta a se instalar com o *Shoreface* avançando sobre as lamas de *offshore*. Assim areias calcárias em suspensão são depositadas e

retrabalhadas por ondas e correntes litorâneas. Este empilhamento registra o início da progradação do *Shoreface* sobre o *offshore*. Ainda nesses momentos iniciais a fábrica carbonática se reestabelece (com proliferação de organismos bivalves) nas partes mais rasas do corpo d'água, produzindo material que posteriormente será remobilizado durante os eventos de tempestades. Este arcabouço será então retrabalhado por ondas e correntes litorâneas proporcionando a progradação do sistema. Nesse tempo posterior os sedimentos calcários de fração areia podem ser remexidos e misturados às conchas dando origem à matriz calcarenítica dos calcirruditos sobrepostos. As geometrias dos calcarenitos são tabulares e lenticulares (Figura 46).



Figura 45 Calcarenito médio a grosso depositado sobre folhelho transgressivo, trazendo os primeiros registros da progradação de *Shoreface* sobre as lamas de *offshore* após um máximo transgressivo.



Figura 46 Calcarenitos de *Shoreface* com geometria Tabular, Lenticular e Sigmoidal. Internamente a alguns sets pode apresentar estratificação cruzada tabular.

6.1.4 Arenitos

Esta litofácies possui pouca representatividade no intervalo estudado. No entanto, em direção ao topo da seção sua ocorrência aumenta de maneira significativa evidenciando a instalação de sistemas fluviais da Formação Coqueiro Seco, a qual interdigita-se à sucessão Morro do Chaves. São arenitos médios a grossos de cor marrom, moderadamente selecionados, subarredondados e de média esfericidade. Apresentam geometria lenticular(Figura 47)e grãos bioclásticos são raros nesta litofácies. Em alguns afloramentos vicinais à Mina IV, foi possível constatar a presença de estratificações cruzadas tabulares (tangenciais à base do set) e acanaladas(Figura 48) As direções de paleocorrentes medidas indicam sentido para SE. Quando esta litofácies ocorre como pulsos entre camadas de coquinas representa a deposição de leques subaquosos na laguna, os quais foram constantemente retrabalhados por ondas normais e correntes trativas do corpo d'água na sua parte mais rasa, em ambiente de

Foreshore. Subordinadamente, com pouca expressão na sucessão, conglomerados e arenitos conglomeráticos podem ocorrer associados (Figura 49).



Figura 47 Camadas lenticulares de arenitos.

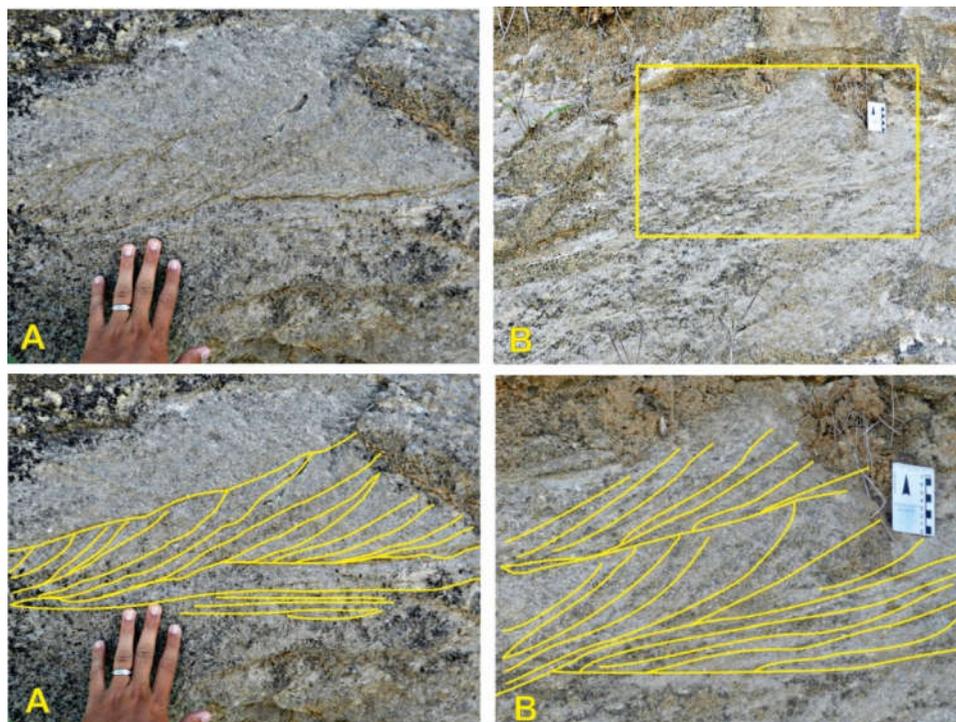


Figura 48 Estratificações cruzadas tabulares (tangenciais à base do set) e acanaladas em afloramento vicinal à Mina IV.



Figura 49 Lente de conglomerado depositada sobre superfície erosiva, evidenciando exposição subaerea após rebaixamento do nível de base e seguinte influxo fluvial. Na camada abaixo da lente há evidências de dissolução provavelmente devido infiltração de água meteórica.

6.1.5 Folhelhos

Os folhelhos possuem grande importância no estudo da sucessão da Formação Morro do Chaves, não somente por sua grande representatividade areal em afloramento, mas por seu significado no contexto das variações do nível de base do lago.

São folhelhos cinza escuros a esverdeados e apresentam geometria externa predominantemente tabular, com boa continuidade lateral, sendo bons marcadores para as correlações estratigráficas. Quando contínuos por grandes extensões são considerados de média frequência, sendo estes também os mais espessos (50 cm – 1m). Quando menos contínuos são também menos espessos (10 - 20 cm) e podem ser interpretados como de alta frequência. Para os primeiros interpreta-se que representam afogamentos pronunciados em momentos de maior umidade e expansão do lago, sendo também representantes de intervalos deposicionais mais longos e de variações mais acentuadas do nível de base. Para os últimos representam intervalos de deposição mais curtos e conseqüentemente variações menos pronunciadas do nível de base. Alguns aspectos descritos nesta litofácies permitem trazer considerações paleoambientais. Dentre as principais estão as evidências de incursões marinhas registradas pela presença de fósseis de peixes e tartarugas, os quais são considerados num primeiro momento como provenientes de espécies marinhas. Além destes, os níveis mais escuros são ricos em matéria orgânica (M.O). Outro aspecto é a presença de gretas de contração (*mudcracks*) preenchidas por calcários subjacentes no topo de algumas camadas de folhelho.

Azambuja *et. al.* (1992) cita a presença de gretas de ressecamento (ou dissecação) com até 30 cm, as quais teriam se formado em áreas costeiras do lago durante períodos regressivos, quando o rebaixamento das águas permitiu a deposição de folhelhos betuminosos em lagos isolados e sob balanço hídrico negativo. As gretas teriam sido posteriormente preenchidas por bioclastos durante as transgressões.

Teixeira (2012) questiona se as estruturas observadas e entendidas como gretas (*mudcracks*), são de fato resultantes de dissecação. Segundo o mesmo, apenas uma fase de ocorrência é observada no topo dos folhelhos e a mesma não possui continuidade na superfície de acamamento, além de estarem associadas a estruturas de carga. O autor argumenta ainda, que o preenchimento das *cracks* parece ter sido injetado para baixo e para cima sendo deformado e as vezes quebrado. Laminações internas dos folhelhos parecem ter sido deformadas no contato com este preenchimento ("diques"), sendo este contato descrito como côncavo. Com base nestas observações, Teixeira (2012) define que os folhelhos estavam hidratados no tempo de formação das *cracks*, e, portanto, teriam se formado em ambiente subaquoso e não como resultado de exposição subaérea. Este processo de geração de *crack* subaquosa, é descrito por Plummer e Gostin (1981) e classificado como *syneresis cracks* (gretas de sinerese).

De acordo com Tucker (2003), ambas as estruturas (de sinerese ou de dissecação), são geralmente preenchidas por sedimentos mais grossos, e podem ser deformadas posteriormente por compactação. Outro fator similar é o ambiente em que podem ocorrer. Gretas de dissecação ocorrem em sedimentos costeiros, tanto marinhos quanto lacustres, e em planícies de inundação fluvial. Gretas de sinerese, em sedimentos lacustres rasos e sub-litorâneos (Tucker, 2003).

Uma maior distinção, reside, portanto, na análise da gênese e da geometria da estrutura. Gretas de dissecação apresentam um padrão poligonal completo, podendo esta configuração ser visualizada tanto na própria superfície de exposição, quanto na base do acamamento superior. Gretas de sinerese apresentam padrão incompleto com geometria em forma de veios, podendo por vezes, ser confundidas com traços fósseis (Figura 50 e Figura 51)(Tucker, 2003). Quanto à gênese, gretas de sinerese são formadas a partir de

mudanças na salinidade ou por efeitos osmóticos, enquanto que as de dissecação, por exposição subaérea (Tucker, 2003).

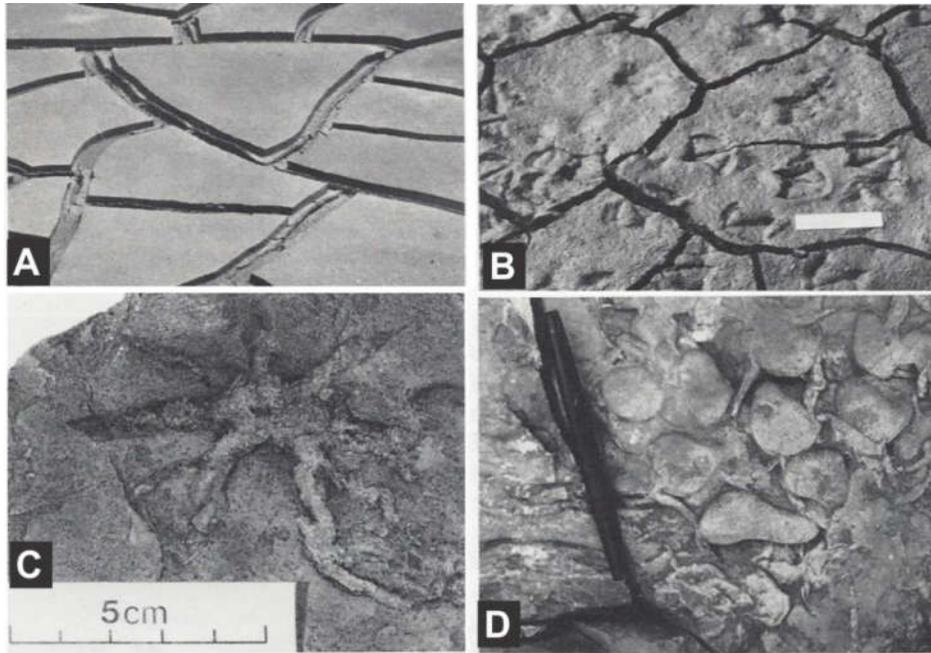


Figura 50 - A e B - Gretas de dissecação (mudcracks) e C e D - Gretas de sinerese (*syneresis cracks* segundo exemplos de Plummer e Gostin 1981. (Modificado de Plummer e Gostin, 1981).

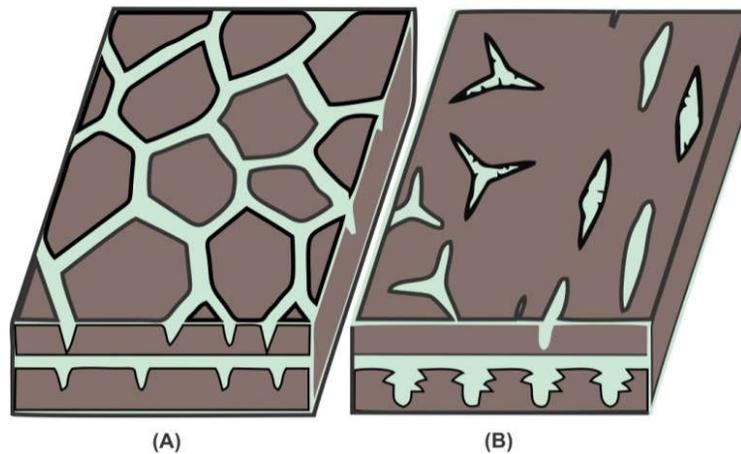


Figura 51 Gretas (cracks) de Contração: (A): Tipicamente formada por dissecação, polígonos completos, retos ou menos regulares; (B) Formadas por sinerese, tipicamente incompleta com forma de "pé de pássaro" ou veios. Em (A), são descritas como tendo sofrido pouca compactação subsequente e assim aparecem em forma de V na seção. Em (B) os preenchimentos das fissuras são dobrados através da compactação. (Modificado de Tucker, 2003).

Plummer e Gostin (1981) ao comparar ambos os processos, consideram que gretas de dissecação são geralmente contínuas, poligonais e podem apresentar várias gerações em forma de “V” ou “U” (quando vistas em corte transversal) que são preenchidas por sedimentos oriundos da camada superior. Quanto às sinereses, consideram que estas são geralmente descontínuas, sinuosas ou em forma de veios, e apresentam apenas uma geração em forma de V ou U (em corte transversal), sendo preenchida por sedimentos da camada superior ou da inferior. Segundo os autores, sinereses também podem apresentar associação com estruturas de carga

De acordo com as estruturas sedimentares observadas neste trabalho (Figura 52), foi possível constatar *cracks* de padrão poligonal regular (polígonos fechados), com exposições distribuídas em vários pontos do afloramento e identificadas na base do acamamento de barras carbonáticas sotopostas a folhelhos, permanecendo como contramoldes da estrutura. Assim, foi possível corroborar com as definições de Azambuja *et. al.* (1992) onde períodos regressivos, de clima árido, permitiram a ocorrência de gretas de dissecação em porções isoladas do lago principal. Não obstante, também foram identificadas possíveis estruturas de cargas associadas a veios que morfologicamente podem ser descritos como gretas de sinerese.

A sugestão aqui apresentada e alternativa às proposições de Azambuja *et. al.* (1992) e Teixeira (2012), em virtude da dinâmica do nível de base (com forte controle climático), é a ocorrência das *cracks* por ambos os mecanismos genéticos descritos por Plummer e Gostin (1981), e Tucker (2003). No entanto, cada estrutura estaria condicionada a sua posição no subambiente durante a regressão, admitindo por exemplo, a ocorrência tanto em lagos isolados e porções marginais expostas (*cracks* de ressecamento), como também em ambiente subaquoso de águas rasas da paleolinha de costa (gretas de sinerese).

Assim, é possível admitir que corpos d'água menores podem ter sido isolados do lago principal, como por exemplo numa zona interbancos (*backshore*), e que durante períodos áridos e regressivos porções destes acabaram por sofrer efeitos de exposição subárea gerando as *mudcracks*. Outra observação é que estas *mudcracks* ocorrem no topo de folhelhos mais espessos, retratando, portanto, que são folhelhos oriundos de eventos transgressivos maiores, suficientemente capazes de avançar depositando finos (de *offshore*) sobre áreas mais proximais (*backshore*) e criando assim, condições para a ocorrência destes lagos isolados quando o nível de base rebaixou após o máximo do afogamento. Durante eventos de tempestade posteriores, estes corpos d'água isolados receberam sedimentos de bancos coquinóides adjacentes, preenchendo as *mudcracks* com material bioclástico, como por exemplo, durante enxurradas e rompimentos de partes destes bancos em processos semelhantes à geração de leques de *washover*. Quanto às estruturas de carga, estas podem ter sido geradas em posições do paleolago que não foram totalmente expostas durante regressões do nível de base, permanecendo em regime subaquático. Com a chegada de material bioclástico a carga gerada acabou por propiciar condições para ocorrência das sinereses.

Em termos de energia os folhelhos representam uma sedimentação de baixa energia, estando fora do nível de influência das ondas normais, quando no centro do lago, e acima da influência das ondas quando na porção *backshore*. Cristais de pirita também foram encontrados em diversos níveis. De forma geral, em pequenas lagoas onde se tem alta concentração de matéria orgânica com rápida redução de sulfato, considera-se a formação da pirita. Deste mineral pode-se inferir condições redutoras do ambiente deposicional.

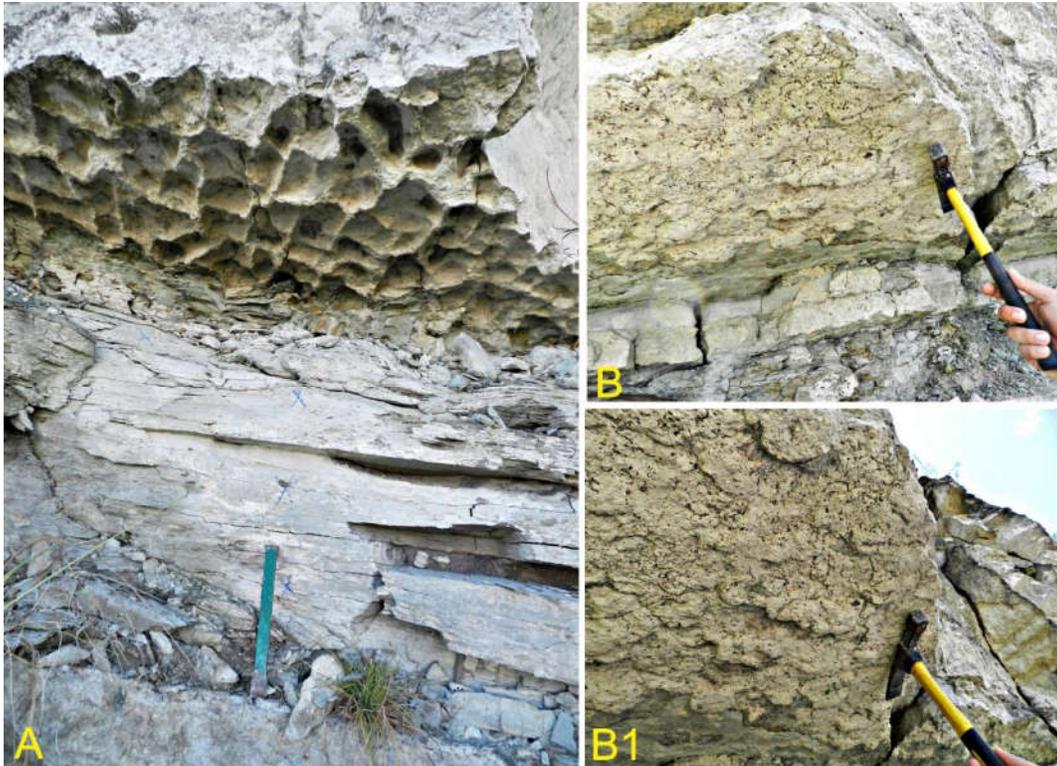


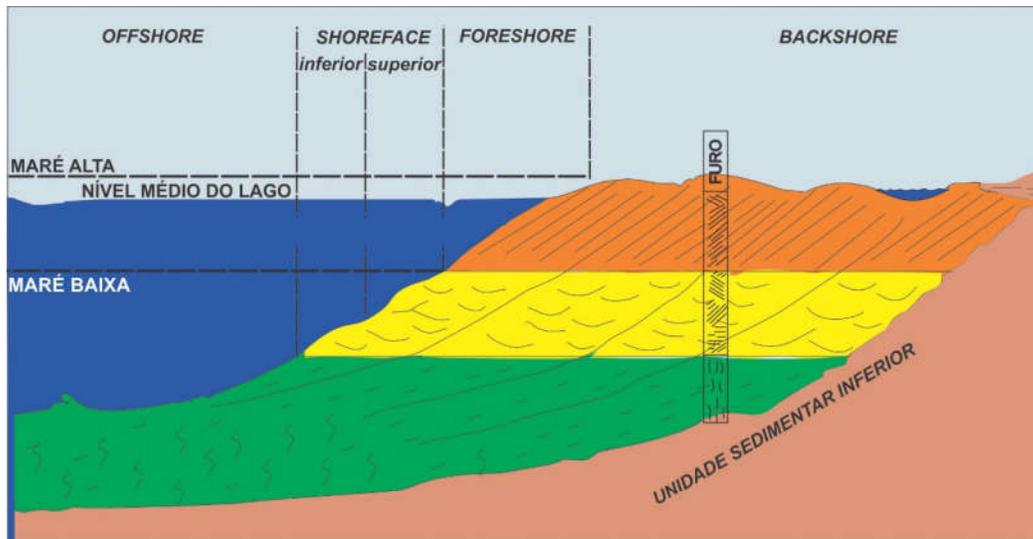
Figura 52 A) Gretas de contração (*mudcracks*) preenchidas por calcários sobrejacentes no topo de algumas camadas de folhelhos. O registro deste preenchimento foi preservado como contramolde da estrutura; B e B.1) Estrutura de carga associada ao topo de alguns folhelhos e registrada como contramolde nos calcarenitos sobrejacentes.

6.2 Associação de Fácies

A partir da caracterização faciológica, foi possível associar as fácies para melhor interpretação do empilhamento de subambientes e ciclos deposicionais. De acordo com James e Dalrymple (2010), muitas fácies, sejam litofácies, tafofácies ou microfácies, individualmente trazem interpretações por vezes imprecisas sendo necessária a definição de associações as quais, definem de forma mais precisa um contexto ambiental mais específico.

Dessa forma, foram tomadas como referência as descrições presentes em Inden e Moore (1983) para subambientes de *offshore*, *Shoreface*, *Foreshore* e *backshore* num sistema de praias carbonáticas. De acordo com as estruturas, fácies, geometrias e

processos aqui observados, é possível concluir que margens deste grande lago rifte foram sujeitas, no tempo Morro do Chaves, a processos geológicos típicos de um ambiente costeiro, tendo, portanto, a dinâmica característica do mesmo. Os autores trazem as características básicas esperadas para os subambientes mencionados, tanto em termos de fácies e estruturas sedimentares, como no comportamento de perfis elétricos verticais. Por isso também foram considerados padrões de assinatura de RG para cada um dos subambientes. Este dado foi fundamental para melhor delimitação dos limites entre os subambientes observada a presença dos finos diante da dinâmica de avanço e recuo da linha de costa lacustre. A Figura 53, mostra as definições de Inden e Moore (1983), e em seguida são discutidos, dentro desse contexto, os aspectos particulares inerentes aos afloramentos aqui estudados.



Subambiente	Perfil SP Típico	FURO	Tamanho de Grão	Litologia Típica	Estruturas Sedimentares	Processos
<i>Foreshore</i>			Fino Grosso	Grainstones	Laminações Paralelas Estratificação Cruzada	Retrabalhamento por ondas
<i>Shoreface</i>				Grainstones a Packstones	Estratificações cruzadas de pequeno a médio porte Tabulares ou Festonadas	Ação direta de correntes e marés
<i>Offshore</i>				Packstones a Wackestones	Galerias de ramificação horizontal	Biológicos

Figura 53 Definições básicas por Inden e Moore (1983) para os subambientes de *Offshore*, *Shoreface*, e *Foreshore*. O *Backshore* não foi descrito pelos autores, mas é incorporado neste estudo a partir das observações particulares do presente documento. (Modificado de Inden e Moore 1983).

6.2.1 Associação de Fácies de *Backshore*:

Esta associação possui pouca representatividade devido à sua baixa ocorrência nos perfis descritos e pouca continuidade lateral. A litofácies mais característica desta associação são os bioacumulados, os quais foram depositados no *backshore* a partir da abundante proliferação de bivalves em pequenos lagos isolados. São inclusos aqui também os folhelhos menos espessos e de pouca continuidade lateral, os quais também foram depositados nestes pequenos corpos d'água isolados durante curtos intervalos de tempo.

6.2.2 Associação de Fácies de *Foreshore*:

Esta associação é representada pelos calcirruditos bioclásticos híbridos e pelos arenitos lenticulares. Os primeiros foram depositados num regime de alta energia durante eventos de tempestade, e sofreram aportes sazonais de leques subaquosos com material terrígeno. As tempestades remobilizaram grandes quantidades de material bioclástico dos bancos coquinóides, e também impulsionaram o aporte de seixos oriundos de partes mais proximais, o que aliado à chegada sazonal de influxos dos leques terrígenos trazem o caráter híbrido desta litofácies. Uma vez misturados às conchas de bivalves, este arcabouço é retrabalhado por ondas normais e correntes de ambiente litorâneo, registrando um alto grau de quebraimento das conchas de bivalves e grãos líticos subarredondados com esfericidade média. Seus principais elementos arquiteturais são dunas subaquosas de porte médio dispostas paralelamente à costa formando barras e bancos alongados com padrão progradacional associado a geometrias sigmoidais e lenticulares.

Para os arenitos lenticulares, apesar de pouca ocorrência na seção estudada, os mesmos registram o avanço do *Foreshore* sobre o lago ensaiando incursões fluviais maiores que viriam a predominar posteriormente quando da completa instalação dos sistemas fluviais da Formação Coqueiro Seco. Seus principais elementos arquiteturais são leques subaquosos de pequeno porte com geometria lenticular e padrão progradacional. Quando em corte transversal estes leques podem apresentar feições canalizadas.

6.2.3 Associação de Fácies de *Shoreface*:

Esta associação é a mais representativa da seção estudada e é composta pelos calcirruditos bioclásticos e calcarenitos de *Shoreface*. Os primeiros se constituem de bancos e barras coquinóides no *Shoreface* superior cujo arcabouço é resultante da remobilização das conchas durante eventos de tempestade. Como fruto desta alta energia as conchas tendem a apresentar um padrão caótico, e quando retrabalhadas por ação das ondas normais na face de praia ficam orientadas e imersas numa matriz calcarenítica. Se diferenciam daqueles híbridos de *Foreshore* por não apresentarem evidências de influxo siliciclástico.

Os calcarenitos por sua vez, são resultados dos constantes retrabalhamentos que fragmentam constituintes calcíticos de organismos pretéritos até a fração areia. Estes sedimentos, além de servir de matriz para os calcirruditos, constituem também litologia presente tanto no *Shoreface* superior como no inferior, trazendo neste último evidências de um caráter mais transicional com lamas de *offshore*. A presença desta argila transicional pôde ser melhor mapeada com auxílio dos perfis de RG delimitando de forma mais precisa estas zonas de transição. Assim, ambas as litologias foram depositadas por uma combinação de eventos de alta energia como ondas de tempestades e ondas normais. As ondas de tempestade remobilizaram as conchas de sua área fonte, onde viviam, e as depositaram formando grandes barras coquinóides no *Shoreface* da laguna, as quais foram retrabalhadas após estes eventos. Admite-se também que em momentos específicos, conchas em padrão caótico e retrabalhadas ocorram no *Shoreface* inferior e em direção à bacia lacustre como fruto de um processo específico de rompimentos localizados de barras coquinóides formando leques de *wash over*.

Os principais elementos arquiteturais associados são dunas subaquosas simples e compostas, que formam corpos alongados paralelos à costa em forma de barras, com padrões progracionais e geometrias lenticulares e sigmoidais.

6.2.4 Associação de Fácies de *Offshore*:

Os representantes desta associação de fácies são os folhelhos, os quais registram a sedimentação de baixa energia, resultado da subida do nível de base, ou em regiões abaixo do nível de ação das ondas normais e de tempestade no *offshore* lacustre. Estão aqui inseridos os folhelhos mais espessos (de baixa frequência 50cm - 1m), os quais apresentam boa continuidade lateral, podendo atingir até 1km de extensão aflorante na cava principal. Não apresentam bioclastos associados, apresentam geometria tabular e em locais específicos registram a ocorrência de matéria orgânica. A Figura 54 ilustra a sucessão das associações para a porção basal e intermediária do da frente NW-SE da mina IV com respectivas assinaturas de RG.

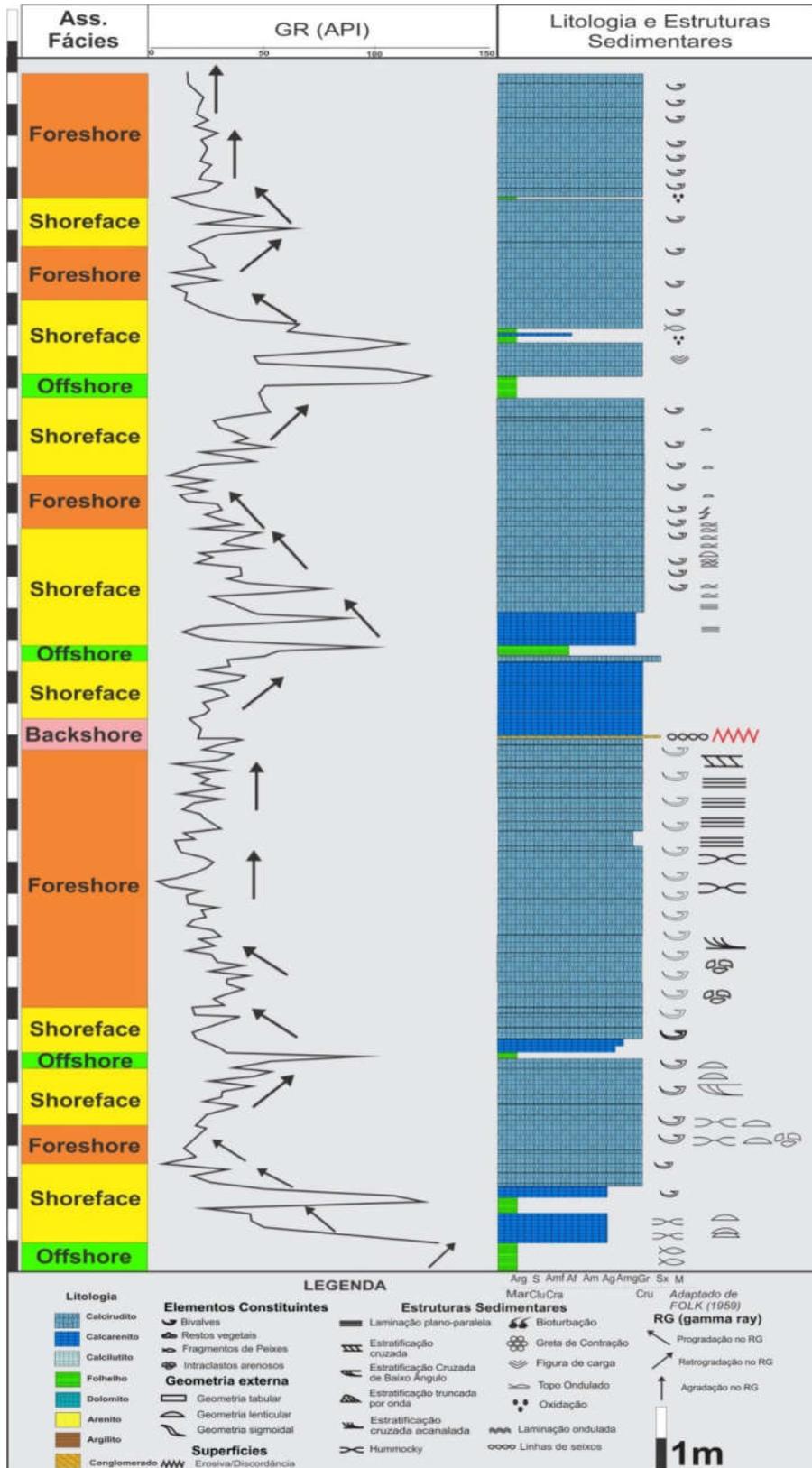


Figura 54 Sucessão das associações de Fácies para parte basal e intermediária do Perfil composto da Frente NW - SE da Mina IV com assinaturas de RG.

6.3 Análise Estratigráfica

De forma a estabelecer as bases que sustentam a análise estratigráfica deste trabalho, são listados abaixo os condicionantes admitidos a partir das revisões conceituais expostas, aliadas às interpretações dos dados aqui apresentados para a sucessão dos carbonatos em apreço. Dessa forma, admite-se que:

A) Modelo deposicional: O modelo deposicional da Formação Morro do Chaves é aqui compreendido como lacustre, tendo sua deposição em altos estruturais rasos próximos à margem flexural do rifte em contexto de meio-graben, onde às margens do lago, praias carbonáticas se desenvolveram num contexto de rampa murada de alta energia. Muniz (2013) ao estudar as coquinas do Grupo Lagoa Feia na Bacia de Campos (Formação Coqueiros), de forma semelhante, assume o contexto deposicional lacustre associado à margem flexural numa plataforma murada do tipo rampa.

B) Associações de Fácies: A deposição das coquinas ocorreu às margens deste grande lago rifte, onde organismos bivalves constituíam a principal fábrica carbonática e estavam distribuídos na forma de bancos e/ou barras carbonáticas ao longo de zonas de *backshore*, *Foreshore* e *Shoreface*, enquanto que nas zonas mais profundas predominavam associações de fácies de *offshore*. Dessa forma, estas associações se intercalam ao longo dos ciclos sedimentares a partir das variações do nível da base, o qual é influenciado pela tectônica nas frequências mais baixas e pelos agentes climáticos na mais altas, refletindo momentos de maior aridez (regime agradacional e progradacional) ou mais húmidos (regime retrogradacional). Para cada um dos subambientes foram consideradas as características básicas segundo Inden & Moore (1983). Também se considera que as conchas de bivalves, principalmente nos processos pós-morte, apresentam comportamento de transporte, deposição e retrabalhamento, da

mesma maneira que clastos teriam numa sucessão siliciclástica como resultado da ação de agentes como correntes, ondas e tempestades.

C) Sequências: A partir dos conceitos revisados são adotadas as proposições de Catuneanu *et. al.* (2011), onde uma sequência deposicional se limita por duas superfícies estratigráficas quaisquer desde que estas tenham a mesma gênese e, portanto, limitem um ciclo sedimentar completo. Dentre as superfícies apresentadas, são aqui utilizadas a Superfície Regressiva Máxima (SRM) e a Superfície Transgressiva Máxima (STM), delimitando, respectivamente, as sequências interpretadas e a divisão interna da cada uma delas em dois hem Ciclos, um regressivo e um transgressivo (Ciclos T-R). Assim, a SRM, também conhecida como Superfície Transgressiva (ST) (Posamentier e Vail, 1988), marca o máximo regressivo do nível de base, registrando os momentos de máxima retração do lago, e a mudança do padrão de empilhamento progradacional para o retrogradacional, onde são registrados os momentos de expansão do lago, sendo seu máximo marcado no topo pela STM. Considerando a interação entre taxa de criação de espaço de acomodação (ou aumento do nível de base) e taxa de sedimentação carbonática, se considera que os hem Ciclos regressivos são aqueles nos quais fácies proximais ocorrem sobre fácies distais e cuja relação entre as taxas é $= 0$ ou >1 (taxas de sedimentação $>$ taxas de criação de espaço de acomodação), registrando empilhamento agradacional ou progradacional enquanto que nos hem Ciclos transgressivos esta relação é <1 registrando empilhamento retrogradacional (taxas de sedimentação $<$ taxas de criação de espaço de acomodação). A resultante da relação é aqui marcada por triângulos vermelhos e azuis, segundo Karagodin *et. al.* (1975), porém, com atualizações na representação de acordo com Muniz (2013).

Desta maneira, triângulos vermelhos invertidos correspondem aos hem Ciclos de *trend* regressivo (R), enquanto que triângulos azuis marcam os hem Ciclos de *trend*

transgressivo (T). Oliveira (2014) utilizando esta mesma forma de representação denomina o ponto no qual os dois triângulos se encontram como “*turn around*” a partir do qual o sistema passará para um contínuo raseamento. Em relação às superfícies estratigráficas, a SIM estará no ponto do *turn around* e a SRM na base dos triângulos (Oliveira, 2014).

D) Hierarquização: De acordo com a revisão da carta estratigráfica proposta por Campos Neto *et al.* (2007), a Fm. Morro do Chaves teve sua deposição relacionada ao 2º pulso do rifteamento da Supersequência Rifte da BSEAL. Segundo os autores, esta supersequência corresponde ao estágio de subsidência mecânica da bacia e reúne ambientes que vão de continentais a marinho restrito. De acordo com Borba (2009), o estágio rifte na BSEAL é polifásico e caracterizado por pulsos que originaram sequências de 2ª e 3ª ordem.

Segundo Campos Neto *et al.* (2007), a Fm. Morro do Chaves ocorre nas sequências K34-K36 (andares Aratu, Buracica e Jiquiá) e K38, (Neojiquiá a Eoalagoas) sendo que na sequência K34-K36 a Fm. Morro do Chaves se restringia à sub-bacia de Sergipe, ocorrendo em Alagoas apenas a partir da sequência K38, o que concorda com Borba (2009), onde em Alagoas a unidade também ocorre a partir da sequência K38 na plataforma de São Miguel dos Campos (Figura 55). Assim, admite-se que os depósitos aqui estudados fazem parte da sequência K38 da sub-bacia de Alagoas e de acordo Campos Neto *et al.* (2007). Em Alagoas a Formação Coqueiro Seco também faz parte da sequência K38, segundo Campos Neto *et al.* (2007), mas seu estudo específico não faz parte do escopo deste trabalho.

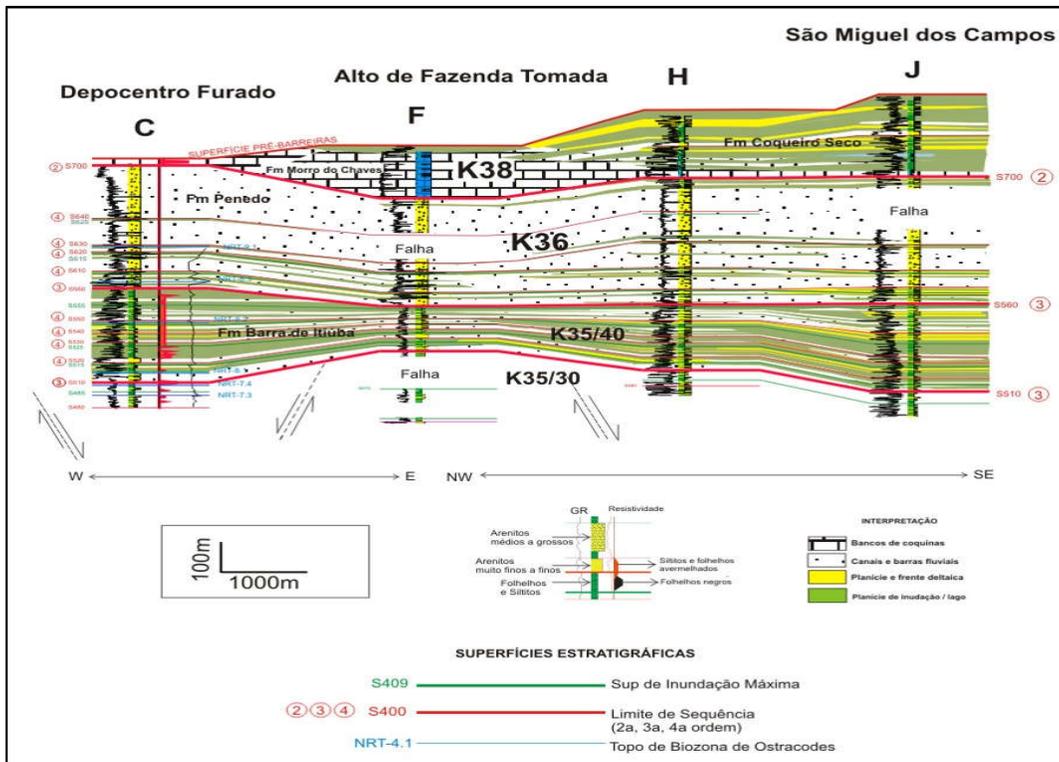


Figura 55 Seção estratigráfica de detalhe conforme Borba (2009) para as sequências K34-K36 e sua passagem para a sequência K-38 na plataforma de São Miguel dos Campos, região de estudo deste trabalho, especificamente na Formação Morro do Chaves. (retirado de Borba, 2009)

Para Borba (2009), ambas as sequências, K34-36 e K38, correspondem a ciclos de baixa frequência ($2^a/3^a$ ordem) sendo a primeira de 2^a ordem. Quanto à K38 o autor destaca que a mesma é de 2^a ordem se baseada na magnitude e história da bacia, porém de 3^a ordem se considerada sua duração temporal *sensu* Vail *et. al.* (1991). Neste trabalho não se apresenta uma discussão destes limites, porém, partindo da premissa que a sequência K38 corresponde a uma sequência de 2^a ou 3^a ordem, admite-se a relação dos termos baixa, média e alta frequência, ainda que indiretamente, para as $2^a/3^a$, 4^a e 5^a ordem, respectivamente.

Considera-se ainda que na baixa frequência os depósitos resultam de um maior controle tectônico oriundo de pulsos de rifteamento, que na média frequência há o controle tectônico e climático, e na alta frequência maior controle climático. Segundo Borba (2009) apesar da dificuldade em precisar os fatores condicionantes da

sedimentação, há uma tendência de se considerar pulsos tectônicos como mais importantes na baixa frequência (sequências de 2^a/3^a ordem) e variações climáticas na alta frequência (4^a/5^a ordem), a exemplo dos trabalhos de Scholz & Rosendahl (1990) e Olsen (1990).

E) Admite-se também que possíveis pulsos de incursões de mares epicontinentais, no contexto sugerido por Azevedo (2004) e Arai (2007), estejam presentes na sucessão.

6.3.1. Ciclos identificados

A partir dos perfis descritos (afloramento e furos de sondagem) e dos conceitos aqui adotados, foi possível realizar a análise estratigráfica com respectiva delimitação das sequências na média e alta frequência. A análise dos perfis de raio gama também foi fundamental para conferência e correta delimitação das superfícies, além de revelar variações na proporção de finos ao longo da sucessão, o que é característica notável nos perfis descritos.

A sequência elementar é ilustrada na Figura 56, e em seguida são detalhados os hem ciclos que a compõem conforme caracterizados neste trabalho. Estesciclos elementares correspondem às principais unidades de média e alta frequência deste trabalho, as quais são definidas pela sucessão vertical de fácies. Assim o padrão de empilhamento recorrente na sucessão revela a ciclicidade e periodicidade dos fatores controladores da sedimentação.

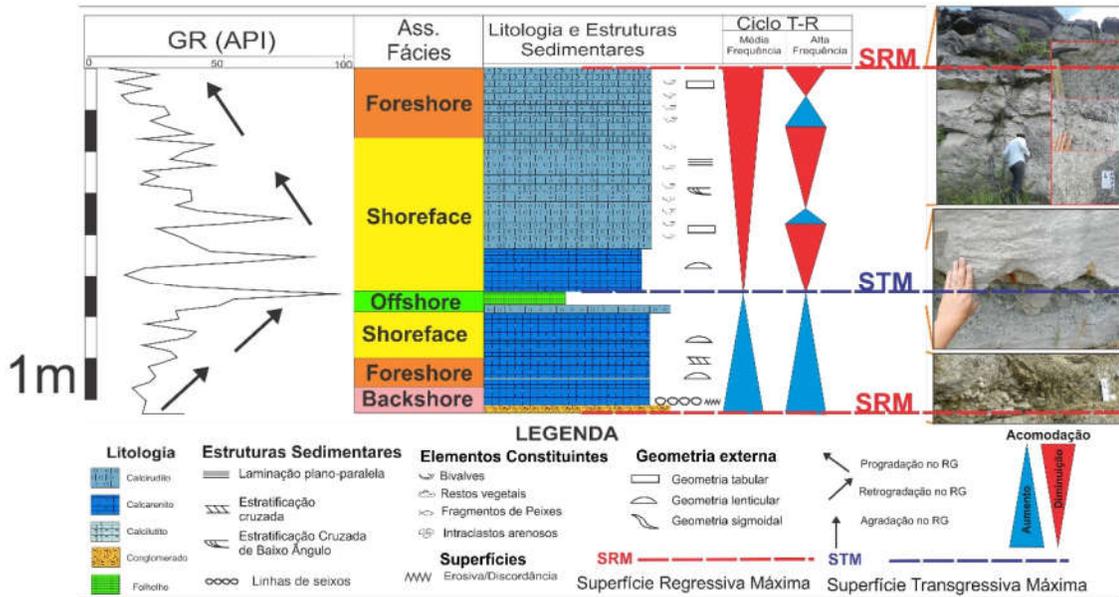


Figura 56 Sequência elementar identificada nos afloramentos aqui estudados. A sequência é ideal estando, portanto susceptível a variações laterais de fácies.

É preciso apontar que a sequência elementar apresentada é considerada ideal, logo nos perfis descritos nem sempre todas as fácies estão presentes em todos os ciclos, sendo necessário considerar que há variações laterais de fácies, porém em associações que mantem o caráter geral elementar onde fácies proximais cobrem fácies distais ao longo de ciclos de raseamento. Como exemplo de agentes que por vezes modificam a sequência elementar estão as variações de energia do agente transportador e o aporte de sedimentos terrígenos. De maneira geral as sequências elementares, apresentam espessuras entre 8 e 10 metros e são marcadas por ciclos de raseamento ascendente (*shallowing upward*), apresentando associações de fácies de *offshore* que migram para associações de fácies cada vez mais litorâneas de *Shoreface* e *Foreshore*.

6.3.1.1 Hemiciclos Regressivos

Os hemiciclos regressivos identificados na sucessão são caracterizados por apresentar associações de fácies progradacionais de *Foreshore* e *Shoreface*, e se constituem nos ciclos mais presentes na sucessão. Nesses, calcirruditos bioclásticos (*grainstones* e *packstones*) com abundantes bivalves se distribuem ao longo de ciclos de raseamento (*shallowing upward*).

Em termos de espessura, se observou que ocorrem tanto o aumento (*thickening upward*), como a diminuição (*thinning upward*) ao longo da sucessão, no entanto nos hemiciclos regressivos predominam os primeiros. Por vezes, ocorrem também agradações com momentos de manutenção de espessuras. Esta variação reflete diferentes respostas por parte da fábrica carbonática, às variações do nível de base e de outros fatores como como temperatura, luminosidade, nutrientes, carga de aporte terrígeno, os quais podem facilitar ou obliterar a vida dos organismos que compõem a mesma.

Em parte dos perfis as camadas tendem a diminuir de espessura quando se aproximam de um afogamento, ou seja, quando o regime de empilhamento se aproxima da mudança regressiva para transgressiva. Este comportamento reflete o regime de *give up*, quando o afogamento vence a fábrica e fácies mais profundas se instalam sobre as mais proximais. Após o afogamento, se estabelece o *start-up* da fábrica carbonática com espessuras ainda pequenas, porém que vão aumentando (*catch up* e *keep up*) quando a fábrica se reestabelece por completo e retoma a progradação ao longo do ciclo de raseamento (Figura 57).

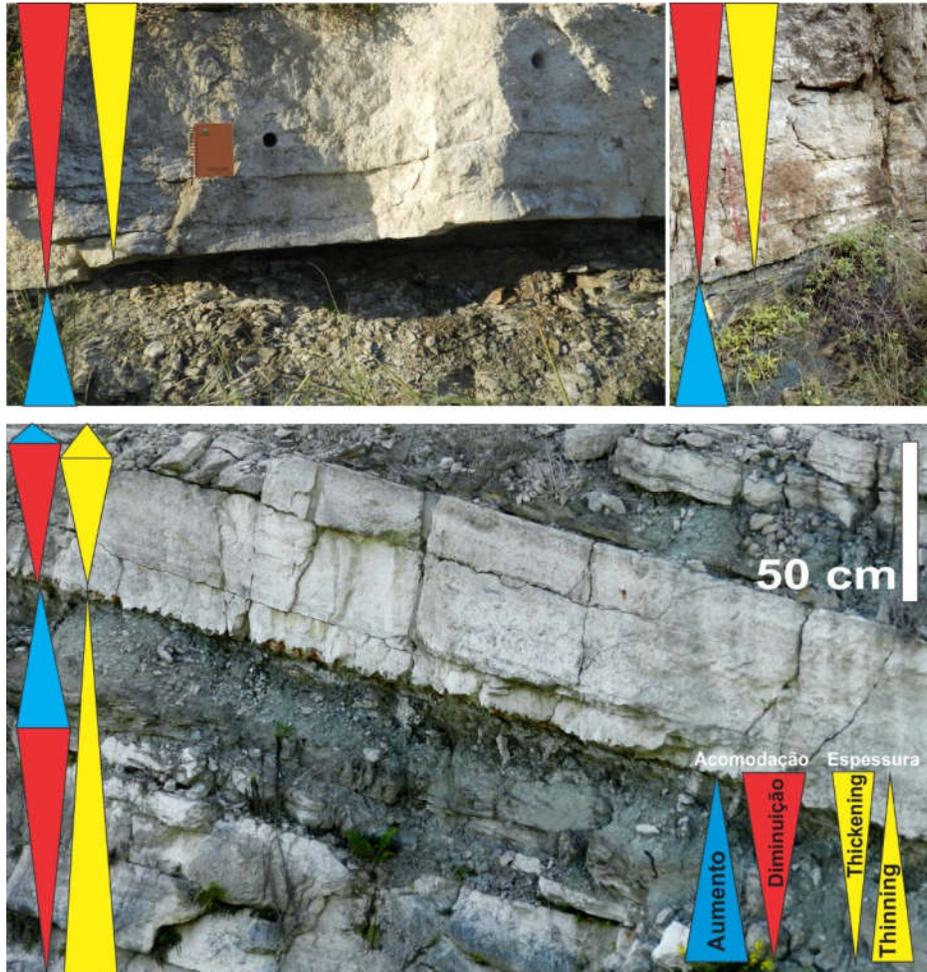


Figura 57 Ciclos de espessamento e afinamento das camadas para o topo. A variação reflete a resposta da fábrica carbonática às variações do nível de base favorecendo a sedimentação carbonática (maiores espessuras) e por vezes dificultando este processo quando o sistema tende a ser afogado (menores espessuras).

Outro aspecto é proporção de argila que varia, sendo componente secundário, porém trazendo indicativos da interação entre momentos de maior humidade (com avanço de fácies mais finas e profundas sobre as fácies de *Shoreface* e *Foreshore*), ou maior aridez (com avanço das fácies costeiras sobre as mais profundas). Neste aspecto, a utilização dos perfis de RG como indicativos desta variante foi essencial, uma vez que permitiu detalhar o aumento ou diminuição dos finos na sucessão, e o melhor posicionamento das superfícies, principalmente das SRMs, que por vezes aparecem até

mesmo no meio de pacotes de coquinas, indicando mudança no regime de hemicíclo regressivo para o hemicíclo transgressivo.

O grau de retrabalhamento (ou reelaboração) dos bivalves varia, estando ora quebrados (muito ou pouco), ora preservados, e ao mesmo tempo ora caóticos, ora orientados. Quanto ao grau de quebramento, este reflete a maior ou menor remobilização dentro do ambiente de deposição, e a energia atuante durante este processo, seja por atuação de ondas normais, de correntes (energia moderada), ou ainda durante eventos de tempestades (energia alta) ou escorregamentos nas margens de bancos (energia moderada a alta), entre outros processos. Quanto à orientação, este efeito sobre as conchas ocorre predominantemente naquelas que se encontram inteiras ou com baixo grau de reelaboração. Dessa forma, nos intervalos onde há orientação (não predominam), as conchas mostram a convexidade para cima e ocorrem amalgamadas, provavelmente como resultado da atuação de fluxos trativos, de energia moderada, e vinculados a ação de ondas normais ou de correntes. Imbricações em alguns níveis também podem estar associadas a entradas sazonais (pouco expressivas) de sedimentação clástica terrígena com ação de correntes fluviais que tenham remobilizado esses bioclastos. Outra característica observada diz respeito aos *grainstones* mais “limpos”, os quais podem representar partes superiores de bancos que foram “lavados” por ondas e correntes resultando, portanto em baixa quantidade de argila. Por fim na média frequência as espessuras destes hemicíclospredominam de 10 a 20 metros e na alta frequência variam de 3 a 10 metros.

6.3.1.2 Hemicíclios Transgressivos

Os ciclos transgressivos foram marcados a partir das observações quanto ao aumento na quantidade de argila em meio às coquinas tanto a partir de observações diretas no afloramento, como da inflexão/inversão da curva de raios gama. A partir do

momento em que o nível de base sobe e sua taxa de criação de espaço supera a taxa de produção carbonática, fácies mais finas e de águas mais profundas (*Shoreface* inferior e *offshore*) prevalecem sobre as fácies mais rasas. Este regime perdura até que a taxa de criação de espaço de acomodação seja reduzida e a sedimentação carbonática volte a prevalecer. De acordo com a lei de crescimento sigmoidal, o momento transgressivo ainda prevalece durante a fase de *start-up* da fábrica carbonática, enquanto a mesma ainda não se estabeleceu por completo. No momento em que a fábrica atinge uma taxa de produção que se equipara e posteriormente supera a de criação de espaço, a curva do perfil RG começa a inverter novamente e se dá início a um novo hem ciclo regressivo.

No afloramento estes hem ciclos são representados pelos folhelhos, os quais quando mais espessos vão de 40cm a 1m e apresentam nítidos picos de raio gama na média frequência. Alguns folhelhos que são menos espessos (10 a 30cm) e descontínuos foram considerados apenas na alta frequência e podem não representar afogamentos de toda a plataforma, mas registros de pequenos lagos rasos isolados no *backshore*. Alguns ciclos de caráter transgressivo não são registrados apenas com folhelhos, mas em meio a camadas calcareníticas, apesar de não representar um afogamento, registra-se a retrogradação do *Shoreface* sobre o *Foreshore*. A Figura 58 traz a correlação estratigráfica, tendo esta sido realizada para a média frequência definida neste trabalho. Para a alta frequência se torna mais difícil realizar a correlação dos ciclos devido à alta variabilidade lateral das fácies.

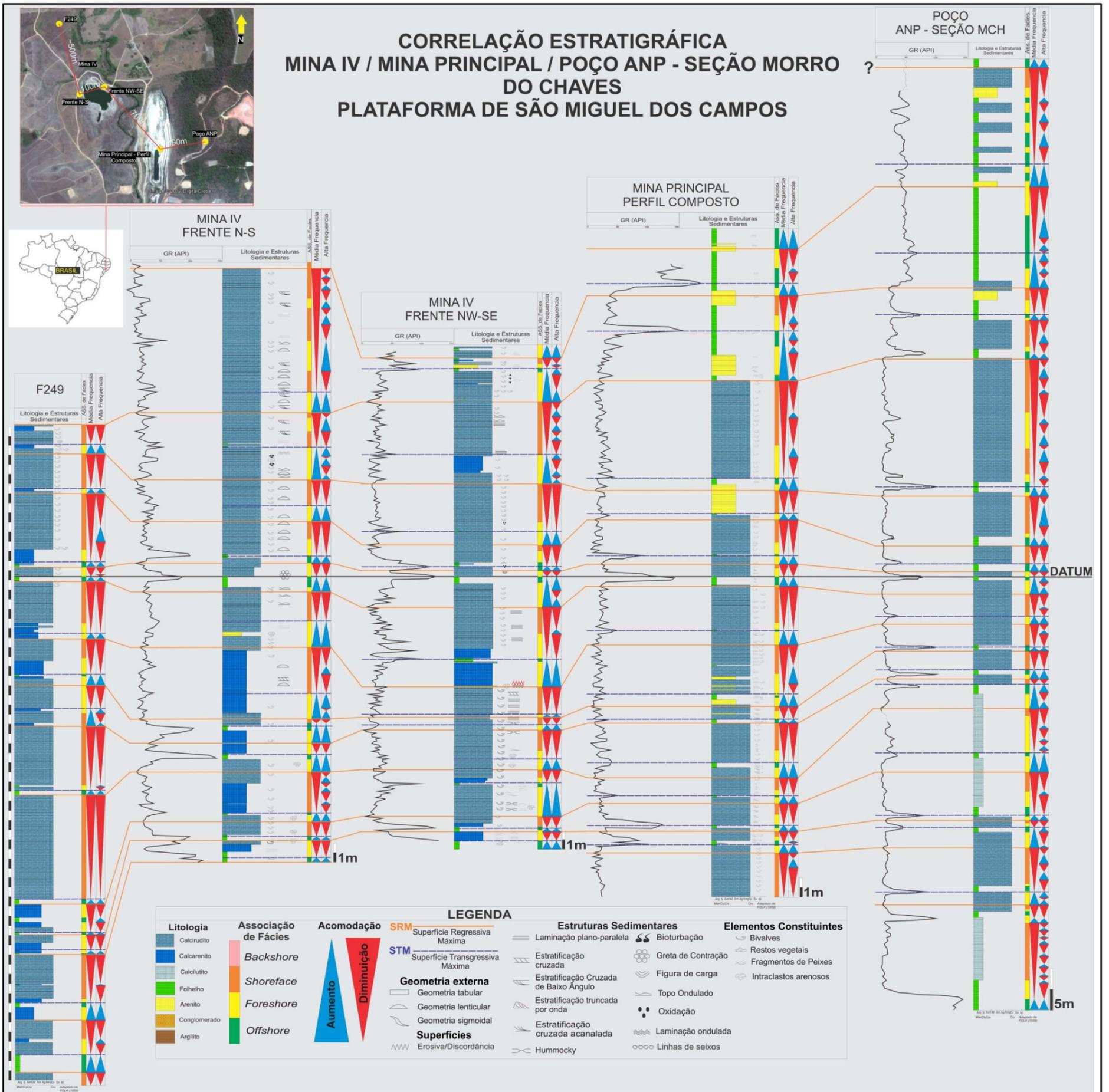


Figura 58 Correlação Estratigráfica proposta neste trabalho. Os perfis utilizados foram os perfis compostos da Mina IV, da Mina principal, o furo F249 da Intercement e do poço ANP adjacente. A correlação foi realizada para a média frequência e as seqüências foram delimitadas a partir dos ciclos T-R

6.4 Análise Geométrica

De acordo com Platt & Wright (1991), margens lacustres de alta energia são caracterizadas por corpos carbonáticos lenticulares, as vezes em camadas cruzadas enquanto que micrita, com bioturbação, ocorre em margens de baixa energia. Ainda segundo estes a progradação de fácies marginais resulta de uma maior taxa de produção carbonática em águas rasas do que em áreas basinais e tipicamente conduz a deposição de sequências regressivas. Para Muniz (2013) ambientes carbonáticos são conhecidos por acumular corpos espessos e progradacionais devido ao baixo relevo da rampa.

Kinoshita (2010), ao estudar as coquinas da Formação Morro do Chaves considera que as fácies carbonáticas do afloramento da Intercement estão distribuídas principalmente em ciclos de *shoaling*, *coarsening* e *thickening upward*, os quais, gradam geralmente de *wackestones* a *packstones* na base, para *grainstones* no topo. Com a inserção de dados de porosidade, o mesmo também comprovou que nestes ciclos a porosidade aumenta para o topo junto com o aumento da energia. O autor também traz uma abordagem em termos de corpos sedimentares, identificando geometrias sigmoides, tabulares, plano-paralelas e de corte preenchimento. Para o mesmo, as dimensões das sigmoides parecem refletir o grau de energia deposicional, onde *grainstones* bioclásticos, característicos de maior energia, apresentam sigmoides mais extensas e espessas, enquanto que sigmoides de *packstones* e *wackestones* aparecem com dimensões menores.

Takayama *et al.* (2016) também trouxeram, a partir de linhas de GPR, recente e importante aporte ao conhecimento das geometrias das coquinas da Formação Morro do Chaves. Ao ressaltar atributos como amplitude e textura em linhas de GPR, os autores interpretam radarfácies e propõem um modelo de barras carbonáticas intercaladas com folhelhos correlacionando-os aos ciclos definidos por Kinoshita (2010). Os autores

sugerem ainda que a deposição ocorreu ao longo de Tratos de Sistemas Transgressivo (TST) e de Nível Alto (TSNA).

Dessa forma, o estudo em apreço vem somar a este conhecimento as conclusões obtidas na análise de geometria dos corpos sedimentares identificados no afloramento da Intercement em Alagoas. Para isto foram coletados além dos perfis litológicos e observações de campo, dados de *laser scanner* e *gpr (ground penetrating radar)*, os quais permitem uma melhor visualização e mapeamento dos corpos em observação. Foram realizados levantamentos tanto na mina principal quanto na mina IV, porém por apresentar melhor exposição das geometrias, optou-se por trazer maior foco aos depósitos da mina IV. Assim, todos os dados coletados foram processados e aqueles que retornaram melhores resultados foram utilizados nesta abordagem. As Figura 59, Figura 60 e Figura 61 mostram as aquisições com GPR e Laser Scanner na mina principal e na mina IV. Após a aquisição dos dados foi realizado o processamento e interpretações quanto às geometrias dos depósitos aflorantes.



Figura 59 Aquisição de Linhas de GPR nas minas principal e IV. A) Aquisição de linhas *Strike* (N-S), e B) Aquisição de Linhas *Dip*.

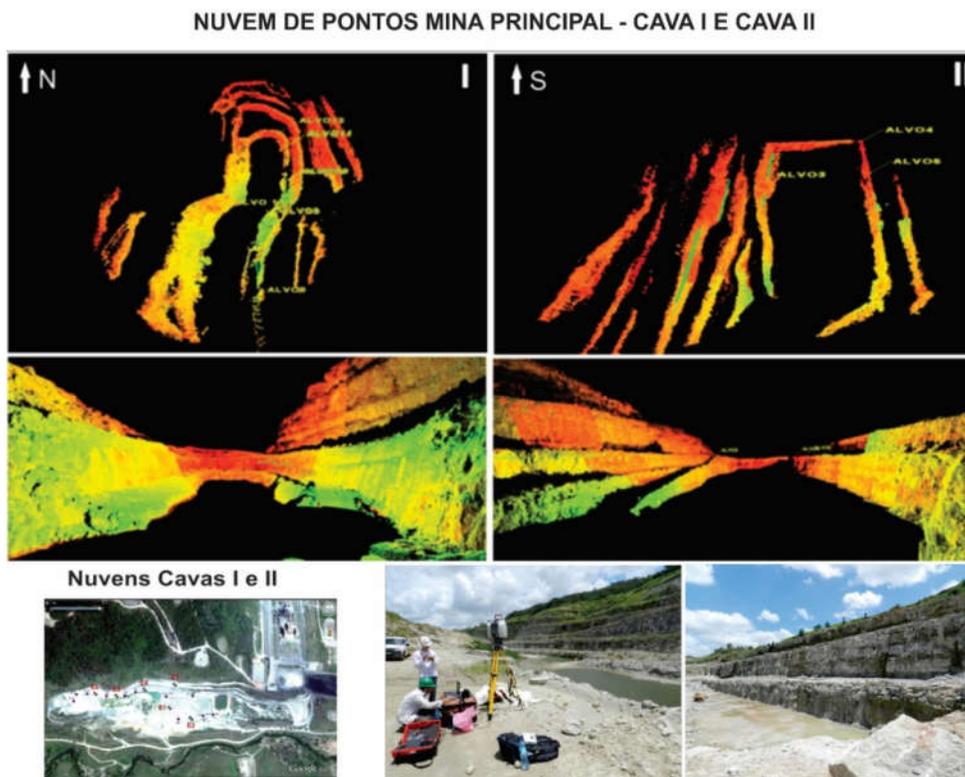


Figura 60 Aquisição de nuvens de pontos nas minas I e II.

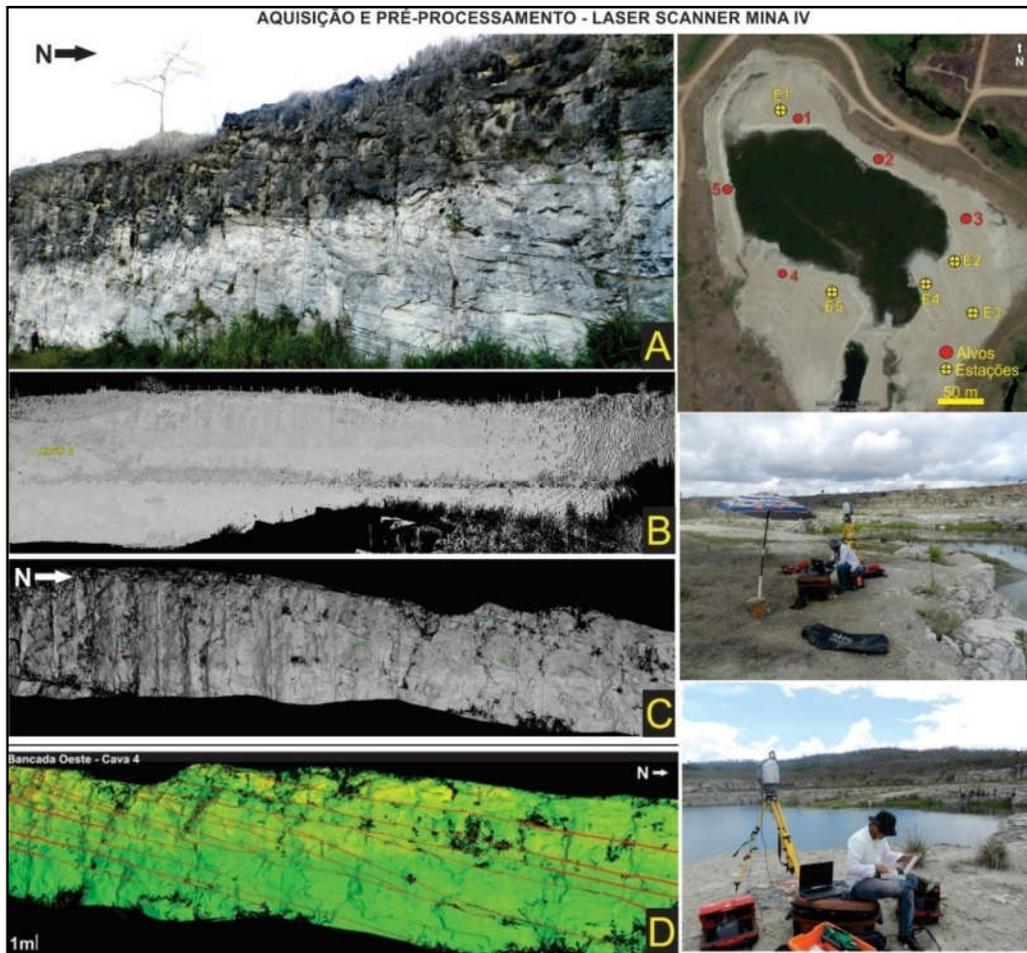


Figura 61 Aquisição e Pré- processamento de dados de Laser Scanner na Mina IV. A) Paredão N-S; B) Nuvem de pontos original oriunda do equipamento; Paredão N-S pré-processado; D) Exemplo de interpretação de clinoformas.

6.4.1 Linhas de GPR

A abordagem aplicada às linhas de GPR partiu da delimitação dos refletores na busca por mudanças de padrão, os quais refletem a dinâmica sedimentar que gerou estas geometrias. Segundo Andrade (2005), os conjuntos de reflexões podem ser agrupados e individualizados em função de suas configurações internas, ou seja, em função dos seus padrões de reflexão internos e externos. O autor destaca que os padrões encontrados são semelhantes aos utilizados na interpretação de seções sismoestratigráficas, as quais trabalham em escala de quilômetros e grandes profundidades, enquanto que o GPR

trabalha em profundidades rasas (dezenas de metros). A Figura 62 mostra a relação que o mesmo faz dos padrões de refletores e geométricos da sísmica, e sua correlação com dados GPR. Assim, com base nos critérios sismoestratigráficos, Andrade (2005) conclui que as abordagens não só possuem similaridades, como também o GPR pode e deve ser utilizado para estabelecer uma ligação entre a escala da sísmica e dados de poços e afloramentos.

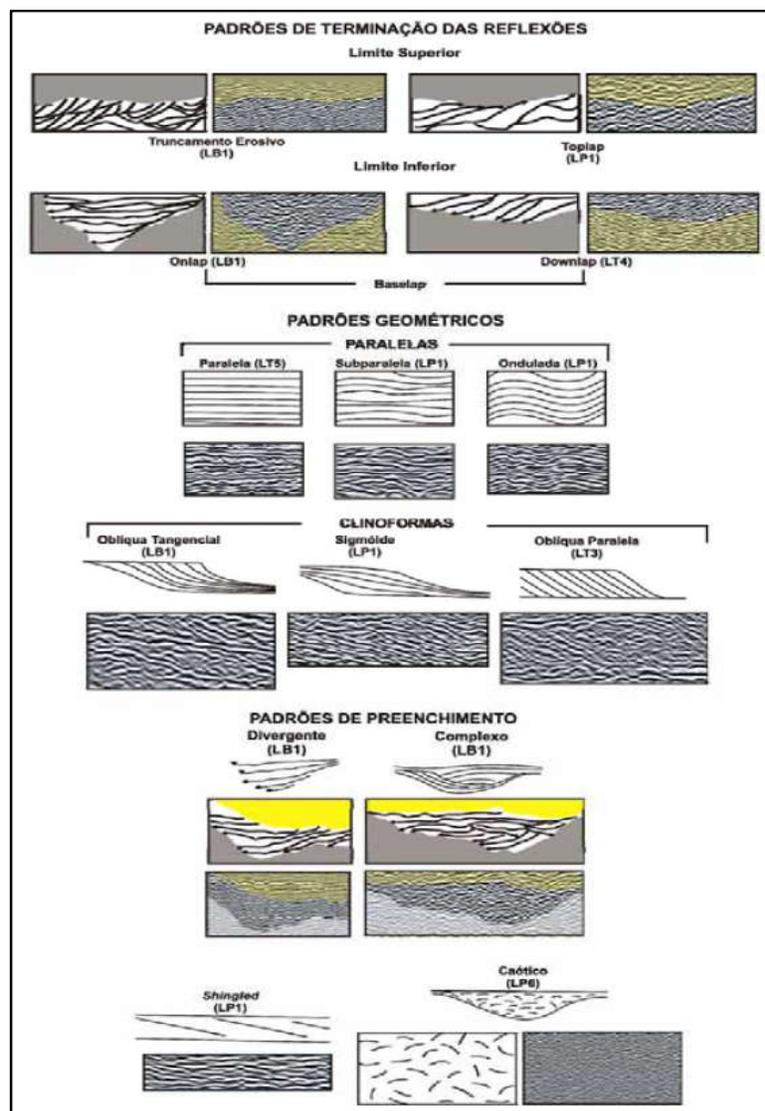


Figura 62 -Principais padrões de terminação utilizados na Sismoestratigrafia com corte real de seções de GPR abaixo. (Andrade, 2005).

Assim, uma vez processadas as linhas de GPR, estas foram analisadas quanto às suas terminações e padrões geométricos. Em sua maioria as terminações identificadas

foram em *onlap* e *downlap*, e os principais padrões geométricos foram subparalelos e ondulados. A partir destes foi possível demarcar clinofórmias, as quais de acordo com os padrões básicos utilizados para sismoestratigrafia e correlacionados a dados de GPR, exibiu predominantemente padrões tabular, lenticular e sigmoidal, com apenas algumas oblíquas/tangencial. A Figura 63 mostra os principais padrões encontrados tanto nas bancadas da mina principal, quanto no afloramento Mina IV e em seguida são descritas as principais características internas dos mesmos.

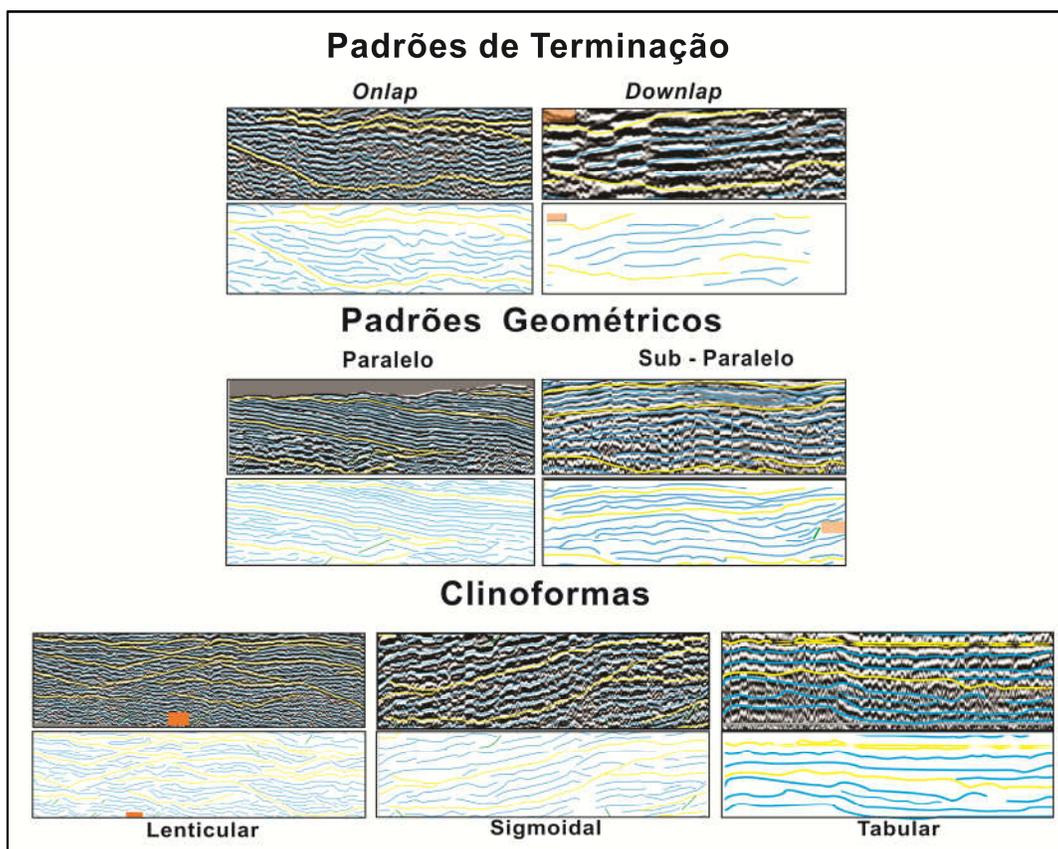


Figura 63 - Padrões de terminação, geométricos e clinofórmias identificadas nas linhas de GPR da Intercement.

Padrão Tabular: Este padrão foi observado com refletores internos paralelos a subparalelos e contínuos, ocorrendo principalmente com marcos (no topo e na base) de alta amplitude e grande continuidade lateral. A Figura 65 mostra a ocorrência deste padrão na base e meio (seção *strike* N-S) da bancada leste 5 da mina principal. Na

bancada leste 2, em seção *dip* (E-O), foi possível também se identificou o padrão tabular, porém com certo mergulho. De acordo com medidas estruturais de campo, as camadas na mina principal apresentam de 12 a 15° de mergulho para leste provavelmente como resultado de basculamento ou acomodação de grandes blocos. Na mina IV também foi possível identificar o padrão tabular, ocorrendo com espessuras menores e intercalados a corpos lenticulares e sigmoidais (Figura 64). Por vezes o padrão tabular reflete apenas diferenças no corte do afloramento ou mudanças de paleocorrentes.

Padrão Sigmoidal: Apresenta caráter progradante com refletores internos ondulados, subparalelos e com terminações em *downlap*, bem demarcados e com boa amplitude. A progradação principal observada foi para Norte, com pequenas variações sendo para NE ou NW. Kinoshita (2007) discorrendo sobre corpos sigmoidais neste mesmo afloramento também observou esta progradação principal para Norte. A Figura 68 mostra estas clinofórmulas nas linhas 0078 e 0086, representantes das frentes N-S e NW – SE na mina IV.

Padrão Lenticular: Aparece com maior expressão na parte superior da mina principal (Bancada Leste 7), exibindo refletores internos de boa amplitude e que se sobrepõem ao longo da bancada. Seu padrão de preenchimento é considerado complexo (Andrade, 2005), em que os ângulos de mergulho dos refletores são opostos em suas bordas conferindo então uma feição canalizada. Foi possível distinguir este padrão com diferentes dimensões da base para o topo da bancada, sendo localmente capeado por refletores tabulares subparalelos, porém reaparecendo no topo.

Esta observação permite considerar a ocorrência de canais fluviais e que, juntamente com as informações litológicas de campo, e considerações anteriores sobre a interdigitação da Fm. Coqueiro Seco com a Fm. Morro do Chaves, é possível relacionar

esta geometria às entradas fluviais da transição Morro do Chaves/Coqueiro Seco. É possível verificar também que de acordo com a disposição das clinofórmulas, o influxo fluvial estaria possivelmente na direção NW-SE, e que, portanto, sua seção *strike* estaria perpendicular ao mesmo. Esta sugestão pode ser conferida com medidas de paleocorrente coletadas em um afloramento da Formação Coqueiro Seco localizado em estrada vicinal na região acima da mina. Foram coletadas 14 medidas as quais se situam no intervalo médio de 145° as 165°AZ. Os padrões Tabular, Lenticular e Sigmoidal são mostrados nas Figura 66, Figura 67, Figura 68 tanto para a mina principal quanto para a mina IV, de forma não interpretada e de forma interpretada.

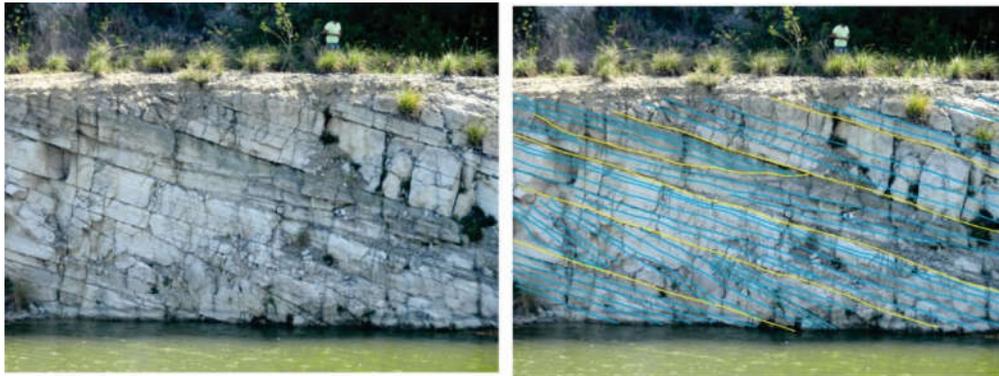


Figura 64 Padrões tabular, lenticular e sigmoidal ocorrendo na base da bancada N-S da Mina IV.

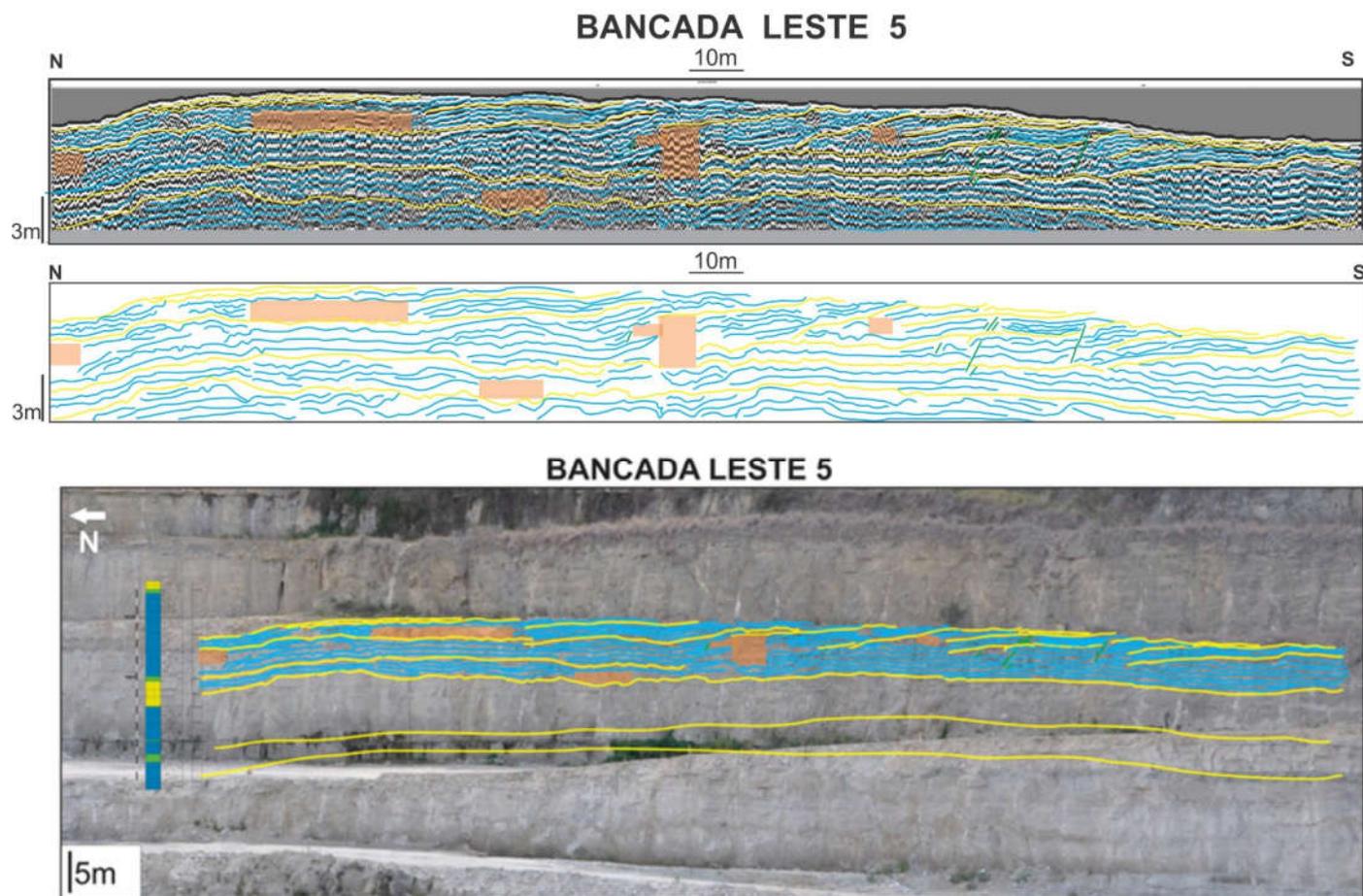
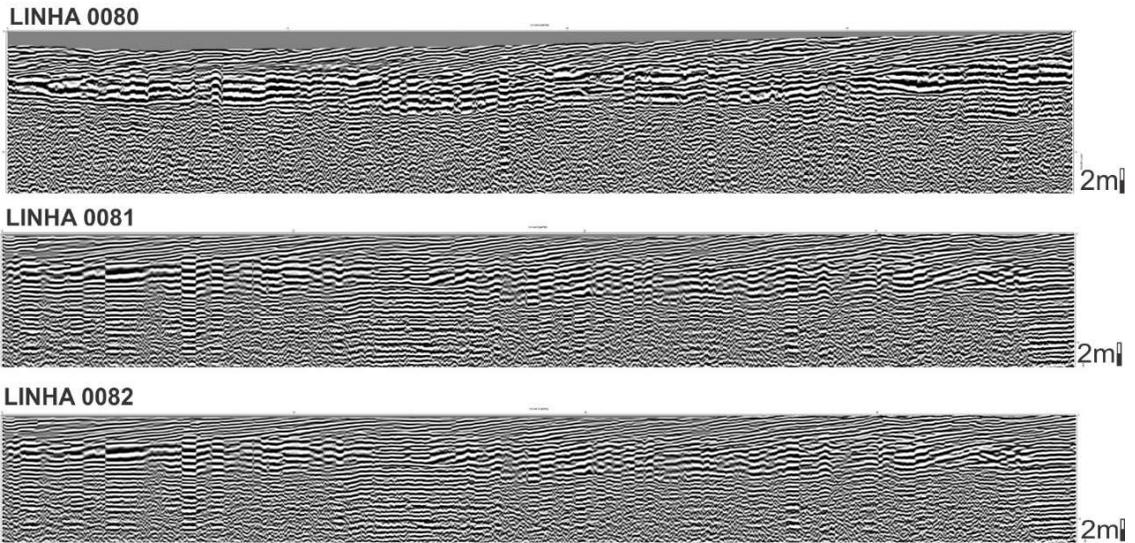


Figura 65 Junção do mapeamento de refletores com a Bancada Leste 5 correspondente.

NÃO INTERPRETADA
PRINCIPAIS GEOMETRIAS MAPEADAS
NO AFLORAMENTO MINA IV



PRINCIPAIS GEOMETRIAS MAPEADAS
NO AFLORAMENTO MINA PRINCIPAL

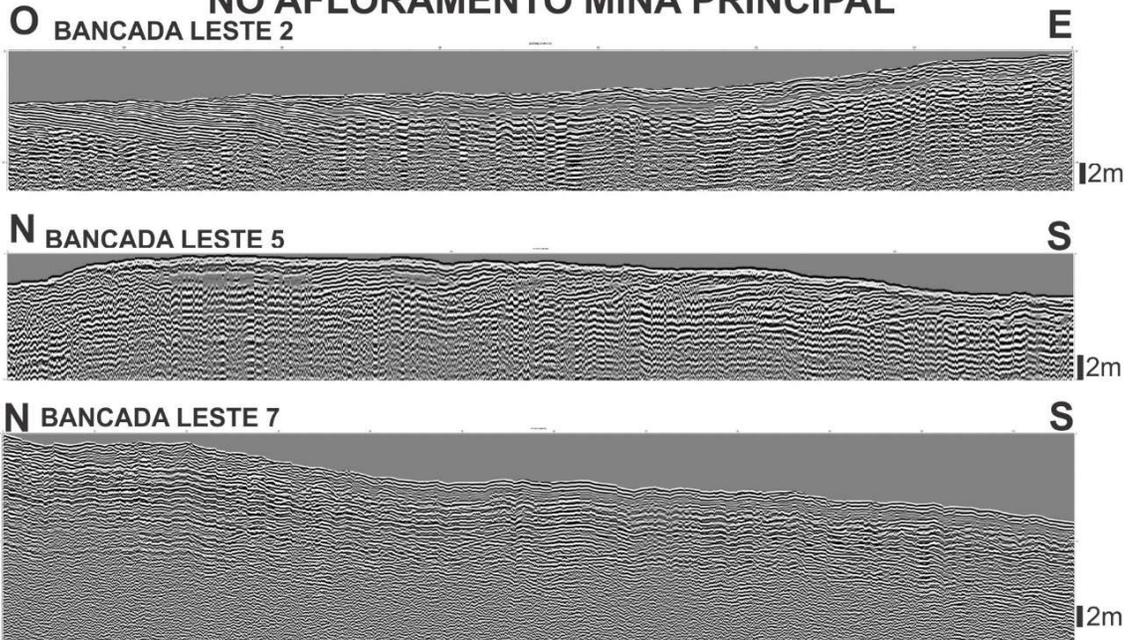
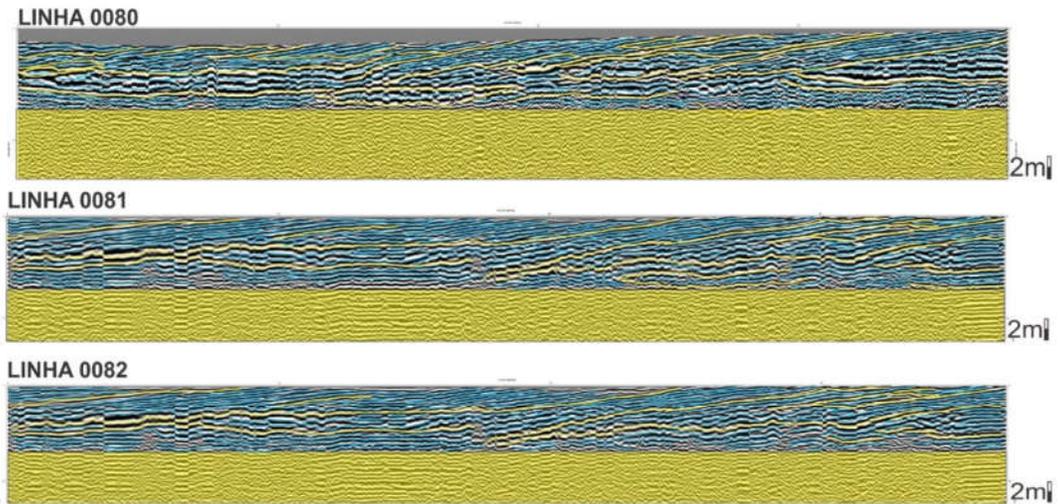


Figura 66 Principais geometrias e clinofomas identificadas nas minas principal e IV da Intercement.
Seções não interpretadas.

PRINCIPAIS GEOMETRIAS MAPEADAS NO AFLORAMENTO MINA IV



PRINCIPAIS GEOMETRIAS MAPEADAS NO AFLORAMENTO MINA PRINCIPAL

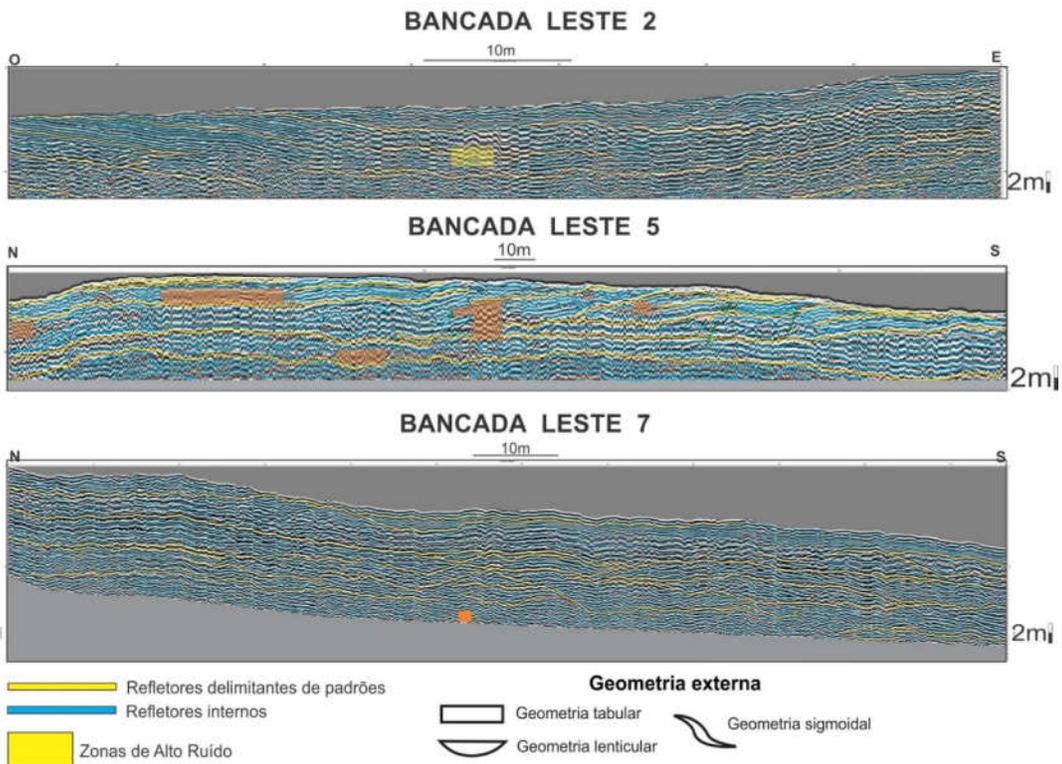


Figura 67 Principais geometrias e clinofomas identificadas nas minas principal e IV da Intercement.

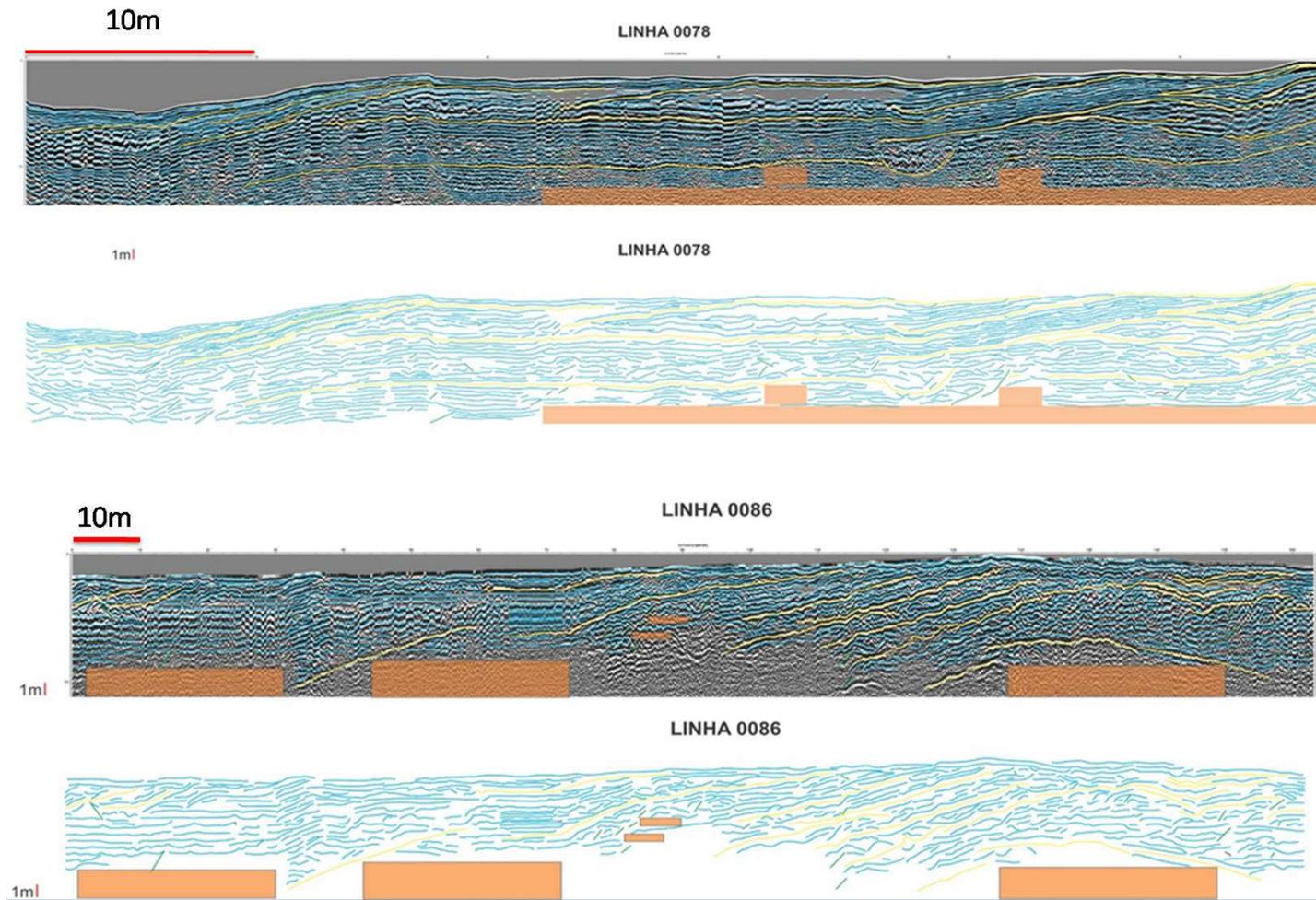


Figura 68 Padrões sigmoidais progradantes identificados nas frentes N-S e NW-SE da Mina IV.

Uma vez definidas as clinofórmulas, foram observados os critérios que permitem a definição de radarfácies. Segundo Beres e Haeni (1991), radarfácies são regiões mapeáveis em 3D com diferentes assinaturas de reflexão, representando combinações particulares de propriedades físicas como litologia, estratificação, fraturamento e conteúdo de fluido. Takayama (2008) também delimitou radarfácies no afloramento da pedra Intercement, utilizando critérios dentre os quais alguns se assemelham aos definidos aqui, como por exemplo, forma e continuidade, padrão interno das reflexões e amplitude. A autora, no entanto, adotou as descrições litológicas de Kinoshita (2007; 2010). No presente, além de algumas diferenças nas demarcações dos refletores, as litologias associadas a cada radarfácies são aquelas definidas nas descrições em campo.

Foram então definidas as radarfácies de acordo com as propriedades de amplitude, geometria e litologia, sendo conseqüentemente relacionadas às principais clinofórmulas mapeadas (tabular, lenticular e sigmoidal) e variações das mesmas. Uma vez definidas, buscou-se assimilar o que as mesmas representam. As contribuições estão principalmente na melhor compreensão das variações deposicionais resultantes da interação entre corpos d'água e a fábrica carbonática. Paleocorrentes, sentido das progradações das barras carbonáticas, variações geométricas e de espessura, entre outros, trazem informações quanto à intensidade e energia dos processos, além do sentido deposicional. Foram consideradas também as informações litológicas descritas na seção composta do afloramento.

RADARFÁCIES A

A Radarfácies A revela momentos de menor energia, o que é evidenciado pelas menores espessuras (máximo de 1m) e grande continuidade lateral (80 a 100m). A variação litológica em relação aos pacotes imediatamente acima e abaixo é confirmada pela diferença de amplitude observada (maior amplitude nos folhelhos). Considerando

que o contexto é de barras carbonáticas intercaladas com folhelhos assume-se que esta radarfácies representa os momentos de afogamento do sistema durante ciclos transgressivos de média frequência, em acordo com a análise estratigráfica realizada neste trabalho. Assim as litologias associadas a esta radarfácies são folhelhos.

RADARFÁCIES B

A Radarfácies B revela uma deposição com maior energia em relação à anterior, o que é evidenciado pelas maiores espessuras dos pacotes (mais de 1.5m) e pelas geometrias tabulares e sigmoidais progradantes. Se observou também que a variação entre estas geometrias demonstra que o sentido deposicional variou ao longo da sucessão. Esta variação não foi intensa ao ponto de mudar o sentido geral para Norte, porém produziu distintas feições para o mesmo corte (ora sigmoidais e ora tabulares). Assim as litologias associadas a esta radarfácies são os calcirruditos (*grainstones/rudstones*) bioclásticos e os híbridos (*grainstones* com siliciclásticos).

RADARFÁCIES C

A Radarfácies C traz um padrão de refletores que indicam fluxo canalizado com energia moderada. O padrão de preenchimento complexo e localmente com sobreposição, indica pequenas migrações laterais de canais pretéritos. A correlação desta com a seção exposta do afloramento confirma litologias híbridas e continentais indicativos dos canais fluviais. Assim as litologias associadas a esta radarfácies são os arenitos com estratificação cruzada e calcários híbridos. Estabelecida a integração das radarfácies com as informações litológicas do afloramento, foi possível reunir as observações na Figura 69.

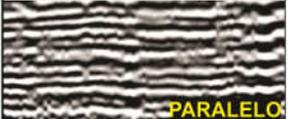
Radarfácies	Descrição de Refletores	Litologias Associadas	Padrão
A	Refletores internos paralelos a sub-paralelos e contínuos com marcos de alta amplitude e grande continuidade lateral (80 a 100m). Espessuras pequenas a médias (Máximo de 1m).	Folhelhos/Mudstones	 PARALELO
B	Refletores internos ondulados, sub-paralelos e com terminações em <i>downlap</i> , bem demarcados e com boa amplitude. Espessuras médias a altas (>1.5m)	Grainstones/Rudstones Bioclásticos	 ONDULADO E SUB-PARALELO
C	Refletores internos de boa amplitude, sobrepostos e com padrão de preenchimento complexo. Espessuras médias (Até 1.5m).	Arenitos com estrat. cruzada e Calcários Híbridos	 COMPLEXO

Figura 69 Radarfácies identificadas nas linhas de GPR da Pedreira Intercement.

Após estas definições, buscou-se mapear a disposição das radarfácies no contexto deposicional interpretado para o afloramento. A motivação foi confrontar diretamente as geometrias observadas nesse arranjo com aquelas esperadas para o contexto de praia carbonática proposto. Uma vez que as litologias foram descritas e interpretadas, admitiu-se que as clinofórmulas deveriam revelar a interação entre corpos d'água e sedimentação carbonática.

Nesse contexto interpretou-se que ao longo da seção do afloramento, as radarfácies A e B revelam a interação entre momentos regressivos com progradação de bancos carbonáticos (radarfácies B1), e momentos de afogamento (radarfácies A). Para os bancos progradantes foi possível subdividir essa radarfácies em planos de acreção progradantes que refletem a parte superior do banco (radarfácies B2) e estratificações festonadas que refletem a ação localizada de correntes paralelas à costa (radarfácies B3). A radarfácies C reflete a entrada de canais fluviais no topo da sucessão. Estas conclusões foram então comparadas ao modelo proposto por Moore & Inden (1983) para praias carbonáticas, especificamente para o Shoreface e o Foreshore. A Figura 70 mostra o comparativo realizado.

Com base neste modelo, as cliniformas mapeadas neste trabalho se constituem principalmente em planos de acreção praias de *Foreshore* (radarfácies B1 e B2), com pequenas variações de ângulo, e estratificações festonadas de *Shoreface* superior (radarfácies B3). As cliniformas de planos paralelos e contínuos (radarfácies A), refletem os momentos de transgressão do sistema que trazem sedimentos do *offshore* sobre os bancos, ou porções de laguna internas, no *Backshore*. As cliniformas de canais fluviais (radarfácies C), refletem influxos continentais em um *Foreshore* proximal. Como ferramenta de suporte à caracterização das geometrias dos corpos coquinóides do alvo deste trabalho, 6 nuvens de pontos foram adquiridas com *Laser Scanner* Terrestre.

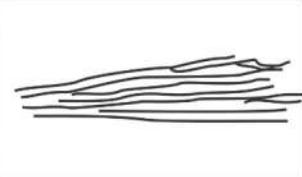
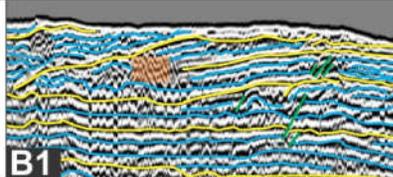
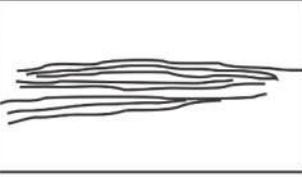
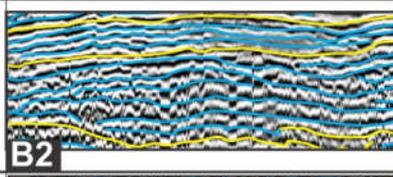
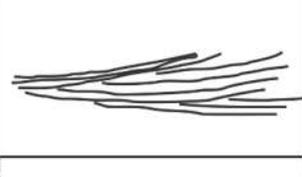
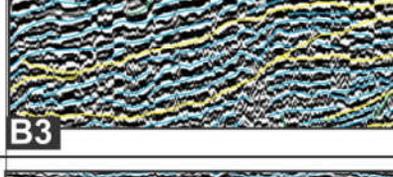
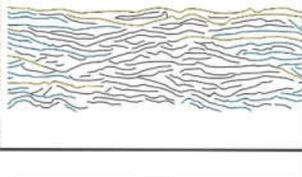
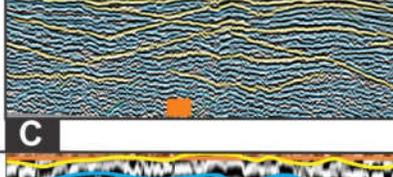
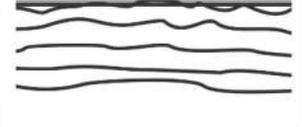
GEOMETRIAS - PRAIAS CARBONÁTICAS - MOORE e INDEN (1983)	DESCRIÇÃO	PROCESSO	RADARFÁCIES
		<p>Camadas de acreção - Grainstones praias com mergulho em direção ao mar. Exemplo: Formação Edwards. Round Mountains - Texas.</p>	 B1
		<p>Parte superior das camadas de acreção, com mergulho suave para o mar e na parte superior mergulho inverso em direção ao Backshore. Exemplo: Calcario Cow Creek Texas</p>	 B2
		<p>Grandes Estratificações Festonadas imediatamente abaixo do foreshore da praia. A orientação das mesmas revela fluxo paralelo ao <i>strike</i> deposicional da praia</p>	 B3
		<p>Geometrias lenticulares canalizadas. Incurções fluviais durante momentos regressivos</p>	 C
		<p>Folhelhos/Lamas de Offshore</p>	 A

Figura 70- Síntese das radarfácies encontradas nas linhas de GPR da Intercement com as geometrias deposicionais definidas por Moore & Inden (1983) para praias carbonáticas (radarfácies B1, B2 e B3). As radarfácies "A" e "C" foram acrescidas neste trabalho. Radarfácies A - Folhelhos/Mudstones, B1 - Bancos de Grainstones/Rudstones Bioclásticos (B2- Parte superior do banco e B3- Estratificações Festonadas) e C - Arenitos.

Um dos aspectos que auxiliou a correlação estratigráfica nos perfis de afloramento e de poço, foi a representatividade dos folhelhos em função de suas continuidades laterais e consequente expressão no contexto deposicional. Assim, os folhelhos mais contínuos foram, além de utilizados como bons marcadores estratigráficos, medidos para hierarquização dentro das ordens de frequência propostas na estratigrafia deste afloramento. Visando respaldar esta abordagem e com base nas continuidades laterais dos folhelhos, estes foram medidos nas nuvens de pontos e em seguida hierarquizados. Os folhelhos mais contínuos apresentaram extensão lateral entre 450 e 500m e os menores de 50 a 70 m, sendo então relacionados às média e altas frequências respectivamente. A Figura 71 mostra parte da bancada leste 4 para ilustrar a quantificação das medidas a partir da nuvem de pontos.

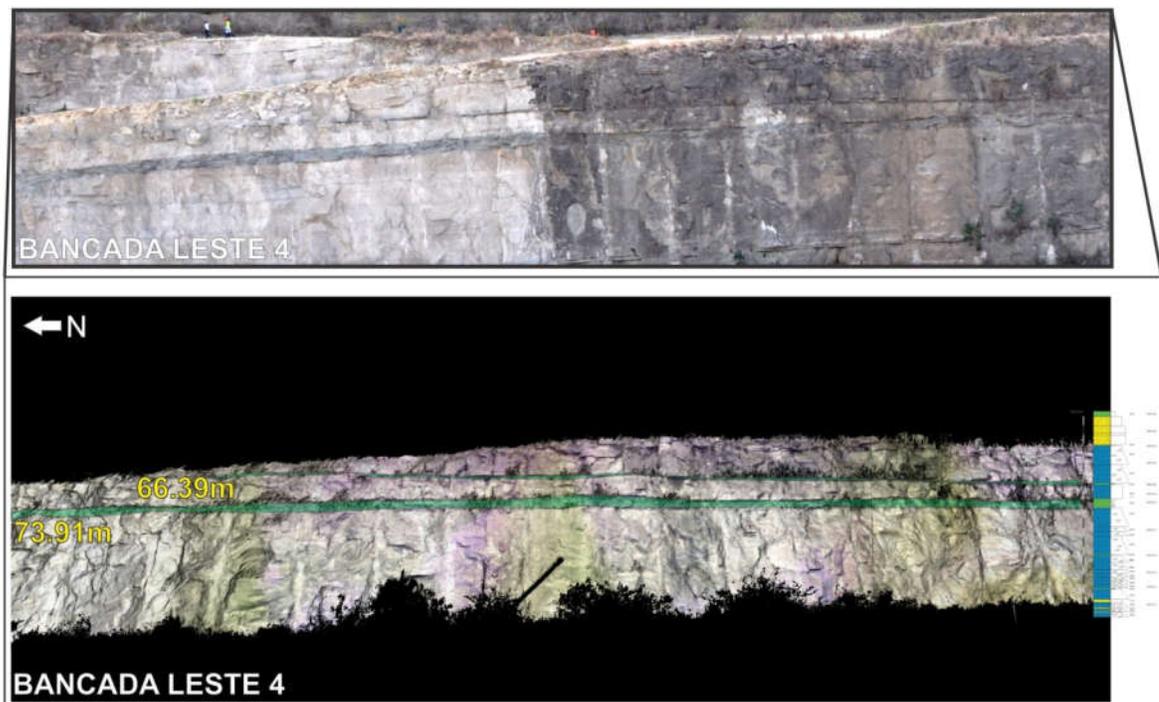


Figura 71- Montagem do perfil litológico com parte da bancada leste 4 (para ilustração). As medidas 79.91m e 66.39m (em amarelo) foram adquiridas durante o processamento da nuvem de pontos para análise da continuidade lateral.

Embora os perfis litológicos forneçam informações de espessura das camadas, o *laser scanner* também auxiliou na identificação das variações laterais de espessura, principalmente nas barras coquinóides. As camadas que puderam ser identificadas na nuvem de pontos apresentaram variações laterais de espessura entre 50cm e 1m para os folhelhos, e 50cm a 5m para os *grainstones/rudstones*, podendo em locais específicos atingir até 10m de espessura, atingindo até 700m extensão lateral em exposição na lavra das minas I e II. A Figura 73 ilustra estas variações medidas. Por fim a ferramenta também possibilitou a melhor visualização em 3D das geometrias encontradas no afloramento (que como já relatado, são tabulares, lenticulares e sigmoidais) uma vez que o efeito de corte e/ou basculamentos localizados podem obliterar a geometria deposicional, sendo necessário então uma conferência em 3D sem necessidade de retorno imediato ao afloramento.

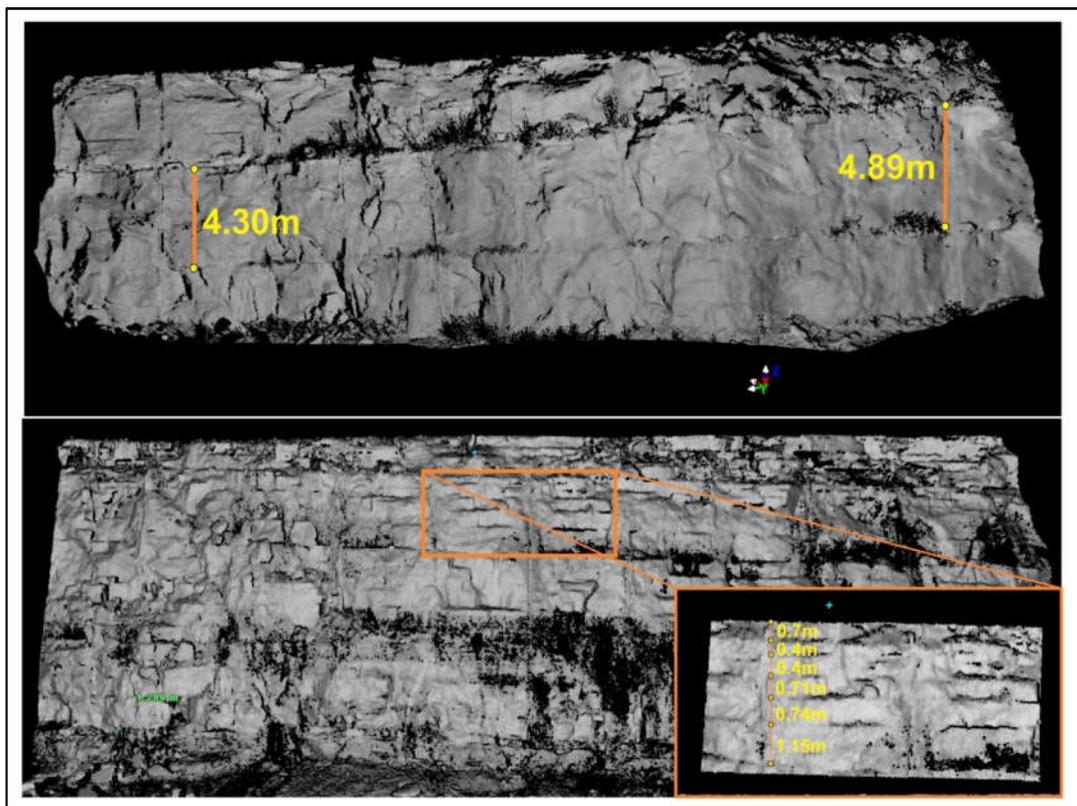


Figura 72- Medições de espessura e variação lateral de camadas a partir da nuvem de pontos.

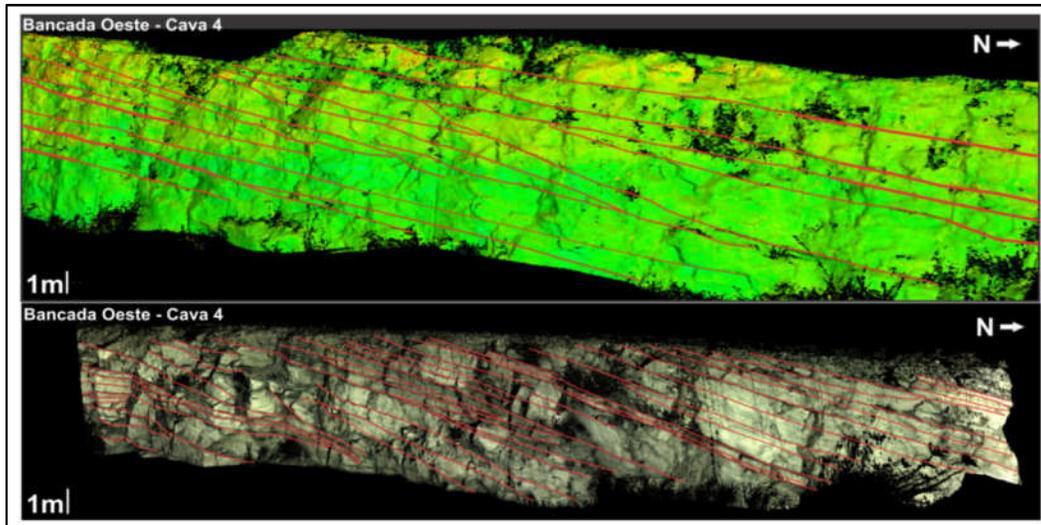


Figura 73- Geometria tabular, lenticular e sigmoidal mapeadas nas malhas de nuvens de pontos, auxiliando a melhor visualização da geometria deposicional em ambiente 3D e prevenindo erros devidos a corte e/ou basculamentos.

De acordo com Thompson (2015), a pouca ocorrência de reservatórios carbonáticos lacustres no registro geológico provocou uma carência de pesquisa voltada a carbonatos não marinhos e conseqüentemente aos seus ambientes deposicionais, os quais, segundo o mesmo, também tem sido pouco entendidos. Pautado no conceito de que “o presente é a chave do passado”, Thompson (2015) acrescenta que a busca é por análogos modernos que guiem nosso entendimento sobre as condições deposicionais (neste caso das coquinas) de forma a aumentar a previsibilidade do comportamento destas fácies como reservatórios de hidrocarbonetos.

Para Tavares *et. al.* (2015) rochas carbonáticas lacustres representam importantes reservatórios de hidrocarbonetos no Brasil, muitos dos quais relacionados a campos em coquinas. Segundo os mesmos, a complexidade e a heterogeneidade dessas rochas as tornam um desafio em termos de modelagem de reservatório. Por isso, os mesmos recomendam que para a correta classificação e interpretação paleoambiental das coquinas, é necessário avaliar critérios biológicos (produtividade carbonática), sedimentológicos (energia do ambiente, transporte dos bioclastos, aporte sedimentar),

tafonômicos (grau de fragmentação de conchas, abrasão) e diagenéticos. Nesse contexto, trabalhos como Nogueira *et. al*(2003), Kinoshita (2007), Chinelatto (2013) Tavares *et. al.* (2015), Melo (2016), Garcia (2016), entre outros, tem-se voltado aos depósitos coquinóides da Formação Morro do Chaves aflorante em São Miguel do Campos, Alagoas. Os estudos têm realizado desde análises faciológicas e microfaciológicas, até tafonômicas e diagenéticas, havendo inclusive alguns voltados à simulação de reservatório como, por exemplo, Rocha (2015) e Lima (2016).

Neste trabalho são apresentados alguns resultados de análises de porosidade e permeabilidade. Foram analisadas 28 amostras pertencentes aos perfis 9 e 10 levantados na Mina IV, e 24 amostras do Furo-249. Os testes foram realizados pelo LabPetrON (Laboratório de Petrofísica do Observatório Nacional), e mediram as propriedades de porosidade e permeabilidade. Os maiores valores de porosidade atingiram os 25,9% (Figura 74) e maiores permeabilidades alcançando 2110mD (Figura 75). Quando comparadas as fácies calcarenitos e calcirruditos é possível perceber que de forma geral as fácies calcirruditos apresentam ligeiramente melhores valores (Figura 76 e Figura 77).



Figura 74: Detalhe da amostra P10Am23H a qual apresentou maior porosidade.



Figura 75: Detalhe da amostra P10Am22 a qual apresentou maior permeabilidade.

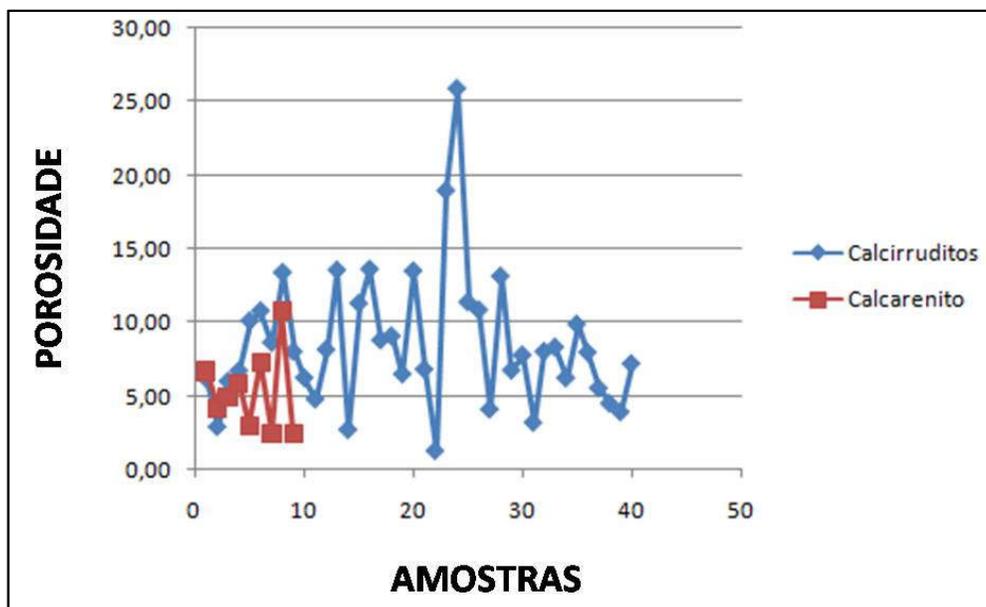


Figura 76 Dispersão dos dados de porosidade para as amostras testadas neste trabalho.

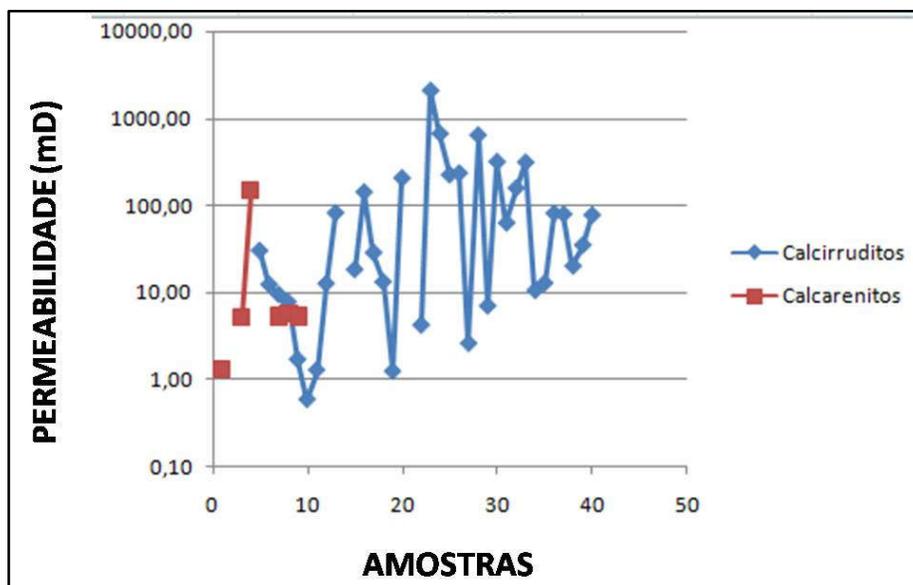


Figura 77 Dispersão de dados de permeabilidade nas amostras testadas neste trabalho.

Quando comparados os dados em um perfil específico, neste caso o F249, e em relação à associação de fácies, percebe-se que em um típico ciclo de raseamento as amostras de *Foreshore* possuem valores ligeiramente melhores do que as de *Shoreface*(*o*). Assim é possível inferir que a maior presença de uma matriz argilosa no *Shoreface* provoque valores menores de porosidade e permeabilidade, quando comparadas às amostras dos calcirruditos, principalmente àqueles puros e com grandes tamanhos de constituíndes (grandes conchas). Apesar disso, não é possível afirmar que há um padrão claro de separação (em valores de porosidade e permeabilidade) entre estas zonas, carecendo, portanto, estas concepções, de estudos mais aprofundados na temática de análise de diagenética, uma vez que os efeitos da diagênese local e semi-regional podem promover grandes diferenças destas propriedades. Algo relevante a ser mencionado é que (segundo informações verbais da indústria) em diversos poços da sub-bacia de Alagoas, a Formação Morro do Chaves aparece quase que completamente fechada, ou seja, com baixíssimas porosidades e permeabilidades.

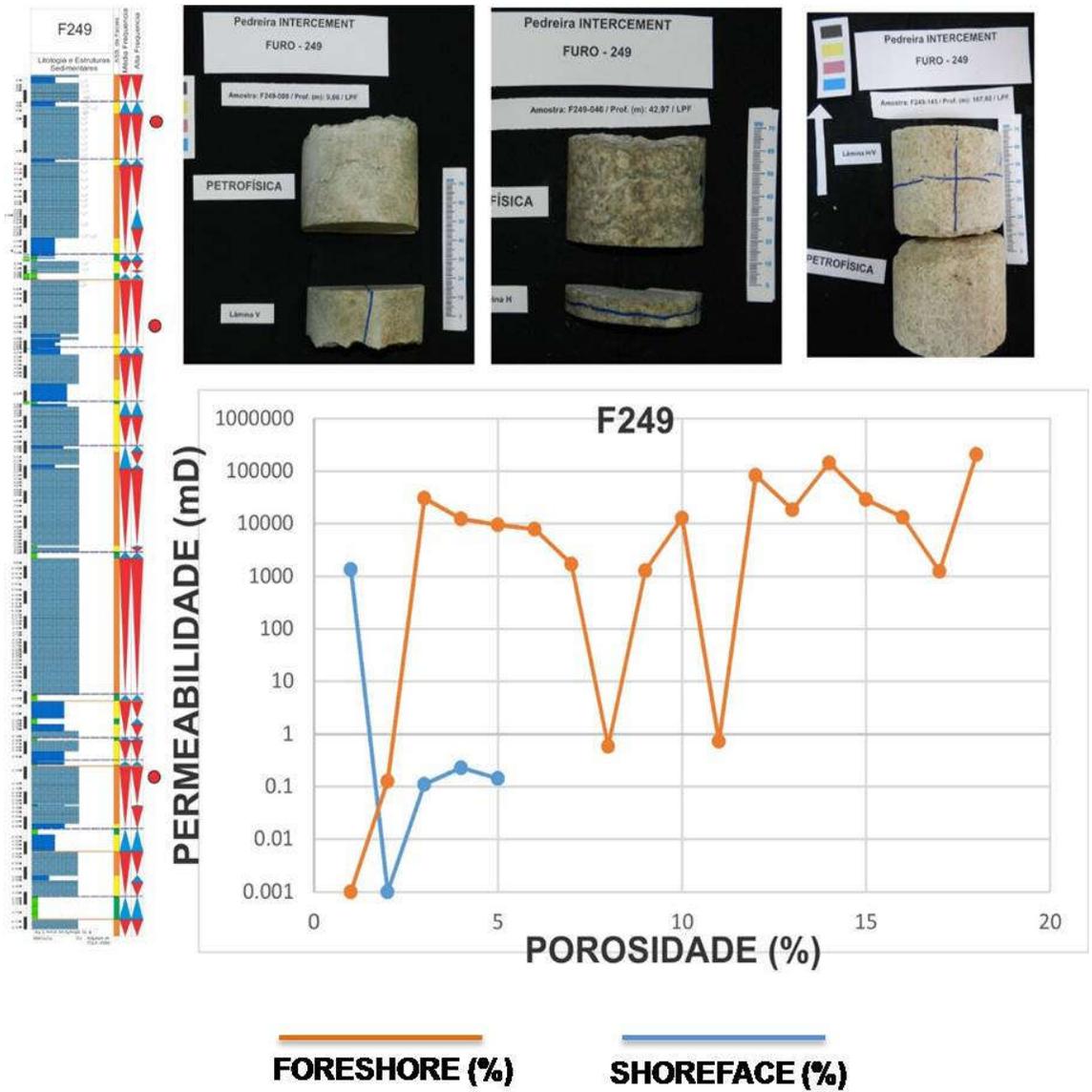


Figura 78 Dispersão dos dados petrofísicos testados nas amostras do perfil 249 da mina Intercement. As maiores porosidade e permeabilidades no *Foreshore* e menores no *Shoreface* refletem possíveis tendências ao longo de ciclos de raseamento.

7. CONCLUSÕES

À luz das concepções revisadas, juntamente com os resultados aportados por este trabalho conclui-se que:

A) O ambiente deposicional das coquinas da Formação Morro do Chaves foi interpretado como lacustre onde num contexto de desenvolvimento a termino de rifte, bancos de coquinas se desenvolveram em altos estruturais rasos próximos à margem flexural, permitindo a açãodinâmica costeira similar a situações de ambiente marinho raso. O lago também apresenta indícios de ter sofrido em alguns momentos de sua evolução influências de ingressões marinhas, provavelmente por mares epicontinentais.

B) As litofácies encontradas e descritas na sucessão, foram agrupadas em associações de fácies de *Foreshore*, *Shoreface* e *Offshore*, as quais por sua vez refletem a dinâmica costeira observada nas geometrias e nos respectivos padrões de empilhamento.

C) O principal padrão de empilhamento registrado nos perfis litológicos de afloramento e nos furos de sondagem, reflete o caráter progradacional, o qual é caracterizado pelo avanço das associações proximais (*Foreshore* e *Shoreface*) sobre associações distais (*Shoreface* inferior e *offshore*) ao longo de ciclos de raseamento.

D) Foram delimitadas seqüências (15 na maior seção no furo ANP) de média frequência internamente divididas em 2 hemisíclos (um transgressivo e um regressivo) e marcadas na base e no topo pela Superfície Regressiva Máxima (SRM).

E) Os hemisíclos regressivos foram caracterizados como ciclos de raseamento que predominam nas zonas de *Foreshore* e *Shoreface* e retratam deposição de alta energia com padrões de empilhamento progradacional e agradacional.

F) Os hemicíclios transgressivos foram caracterizados a partir do aumento dos finos na sucessão, a qual também se refletiu na inversão da curva de raio gama. São ciclos de afogamento que registram o avanço do *Shoreface* inferior e *offshore* sobre o proximal. O padrão de empilhamento foi definido como agradacional no início e em seguida retrogradacional atingindo seu máximo nos maiores picos de camadas de folhelho.

G) Ambos os hemicíclios (regressivos e transgressivos) são caracterizados pelo aumento e diminuição das espessuras das camadas, caracterizando respectivamente ciclos de *thickening upward* e *thinning upward*.

H) Em relação às espessuras das camadas e suas variações laterais identificou-se que estas são entre 50cm e 1m nos folhelhos, e 50cm a 5m para os *grainstones/rudstones*, podendo em situações específicas atingir até 10m de espessura e 700m de extensão lateral (mina principal).

I) As geometrias mapeadas nos corpos (em meso-escala) são representadas por formas Tabulares, Sigmoidais e Lenticulares, levando a definição de 3 radarfácies distintas.

J) Os padrões geométricos identificados representam a progradação de barras carbonáticas coquinóides no sentido norte. Nos eventos regressivos são registrados refletores de padrão sigmoidal e tabular, que ao longo da sucessão se mostram intercalados com refletores paralelos a subparalelos e contínuos que representam os eventos de afogamento, representados pelos folhelhos caracterizados no afloramento. Estes, por sua vez, foram identificados nas nuvens de pontos do *laser scanner* e sugerem uma hierarquização conforme suas extensões representando diferentes magnitudes de eventos. Dessa forma, os folhelhos mais contínuos apresentaram

extensão lateral entre 450 e 500m e os menos contínuos de 50 a 70 m, sendocorrelacionados respectivamente às média e alta frequência definidas neste trabalho.

K) Estudos tafonômicos e diagenéticos devem ser levados adiante nesta sucessão para melhor caracterização de suas propriedades como análogo de reservatório.

8. REFERÊNCIAS

Andrade, O. R. P., Interpretação De Dados de GPR com Base na Hierarquização de Superfícies Limitantes e na Adaptação de Critérios Sismoestratigráficos. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2005.

Antonioli, L.; Dino, R.; Gallo, V. Palinologia de amostras da Pedreira Atol, Formação Coqueiro Seco, Membro do Chaves, Bacia de Sergipe-Alagoas (NE), Brasil. XI Reunião de Paleobotânicos e Palinológicos – Livro de Resumos. 2004.

Antonioli, L.; Dino, R.; Gallo, V. Palinomorfos barremianos e peixes associados em sedimentos da Formação Morro do Chaves, Bacia de Sergipe-Alagoas, Nordeste do Brasil. XXI Congresso Brasileiro de Paleontologia – Livro de Resumos. 2004.

Arai, M. 2009. Paleogeografia do Atlântico Sul no Aptiano: um novo modelo a partir de dados micropaleontológicos recentes. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 17(2): 331-351.

Arai, M., Hashimoto, A.T., Uesugui, N., Significado Cronoestratigráfico da Associação Microflorística do Cretáceo Inferior do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, 3 (1/2), 87-103. 1989.

Azambuja, N.C.; Arienti, L.M.; Cruz, F.E.G. *Guidebook to the Rift-Drift Sergipe-Alagoas passive margin basin, Brazil*. AAPG International Conference & Exhibition. Petrobras. Rio de Janeiro, 1992.

Azambuja Filho, N. C. de.; Arienti, L. M.; Mello, M. R. *Sedimentological and geochemical evidence of high frequency climatic cycles controlling the deposition of source and reservoir rocks in Lower Cretaceous rift lake of the Sergipe-Alagoas Basin, Brazil*. Extended Abstract. AAPG Annual Convention, Salt lake City, 1998.

Azevedo, R. L. M. 2004. Paleoceanografia e a evolução do Atlântico Sul no Albiano. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 12(2): 231–249.

Barnett, J. A. M., Mortimer, J. H, Rippon, J. H, Walsh, J. J., Watterson, J. Displacement geometry in volume containing a single normal fault. *AAPG Bulletin*, V.71, n8, p.925-937, 1987.

Beres, M., Haeni, F. P., 1991. *Application of ground penetrating radar methods in hidrogeologic studies*. *Ground Water*, 29 (3): 375-386.

Blackwelder, E. The Valuation of Unconformities. *Journal of Geology*. v. 17: p. 289-299. 1909.

Borba, C. Estratigrafia de Alta Resolução aplicada à Modelagem de Reservatórios do Início do Rifte da Bacia de Sergipe-Alagoas. Tese de Doutorado. Universidade do Vale do Rio Sinos. 2009. 206 p.

Borba, C.; Paim, P. S. G.; Garcia, A. J. V. 2011. Estratigrafia dos Depósitos Iniciais do Rifte no Campo de Furado, Região de São Miguel dos Campos, Bacia de Sergipe-Alagoas. *Revista Brasileira de Geociências*, volume 41 (1), 2011.

Bonatti, E., Ligi, M., Borsetti, A.M., Gasperini, L., Negri, A., Sartori, R., 1996. *Lower Cretaceous deposits trapped near the equatorial Mid-Atlantic Ridge*. *Nature* 380, 518–520.

Bosence, D.W.J., 1998. *Stratigraphic and sedimentological models of rift basins*. In: Purser, B.H., Bosence, D.W.J. (Eds.), *Sedimentation and Tectonics of Rift Basins, Red Sea—Gulf of Aden*. Chapman & Hall, London. 630 p.

Bosence, D. W. J. & Wilson, C. L. 2003, Carbonate depositional systems. In: Coe, A. L. ed. 2005, *The sedimentary record of sea-level change*. Cambridge University Press, Cambridge. p. 209 - 233.

Brito Neves. B. B, Glossário de Geotectônica. 2011.

Buckley, S.J., Howell, J.A., Enge, H.D., Leren, B.L.S. and Kurz, T.H., 2006. *Integration of Terrestrial Laser Scanning, Digital Photogrammetry And Geostatistical Methods For High-Resolution Modelling Of Geological Outcrops*. *International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Science*. Dresden. Vol. 36. Part b5. *Proceedings Of Isprs Commission V Symposium*, 2006.

Campos Neto. O. P.; Souza-Lima. W.; Cruz. F. E. G. Bacia de Sergipe-Alagoas. *Boletim de Geociências da Petrobras*. Rio de Janeiro. V. 15, n. 2, p. 405-415, 2007.

Castro, I. S. Estudo Petrográfico Comparativo Entre a Formação Morro Do Chaves Da Bacia (Se/Al) E O Grupo Lagoa Feia Da Bacia De Campos e seu Potencial como Reservatório de Hidrocarbonetos. Salvador. Monografia. Universidade Federal da Bahia. 2011. 97p.

Catuneanu, O. *Principles of Sequence Stratigraphy*, New York: Elsevier, 2006. 386 p.

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., Miall, A.D., Neal, J.E., Nummedal, D., Pomar, L., Posamentier, H.W., Pratt, B.R., Sarg, J.F., Shanley, K.W., Steel, R.J., Strasser, A., Tucker, M.E., Winker, C., 2009. Towards the standardization of sequence stratigraphy. *Earth-Science Reviews* 92, 1–33.

Catuneanu, O., Galloway, W. E., Kendall, C. G., Miall, A. D., Posamentier, H. W., Strasser, A., Tucker, M. E. *Sequence Stratigraphy: Methodology and Nomenclature*. *Newsletters on Stratigraphy*, v. 44/3, p. 173-245. 2011.

Chiossi, D.S.N. Estratigrafia de Sequências e condicionamento tectono-climático num rifte continental (Bacia de Sergipe-Alagoas). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. 204p.

Chinelatto, G. F., Caracterização permo-porosa a partir da análise de imagens das Coquinas da Formação Morro do Chaves, Bacia de Sergipe-Alagoas, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2013.

Cruz, R. L. Caracterização Tectono-Estratigráfica da Sequência Transicional na Sub-Bacia de Sergipe. Natal. Tese de Doutorado/PPGG/UFRN.2008.195p.

Dias, J. L. Tectônica, estratigrafia e sedimentação no Andar Aptiano da margem leste brasileira. Boletim de Geociências da Petrobras. Rio de Janeiro, v.13, n. 1, p. 7-25, nov. 2004/maio 2005.

Dias-Brito, D. *Global stratigraphy, paleobiogeography and paleoecology Of Albian-Masstrichtian pithonellid calcisphere: impact on Tethy Configuration. Cretaceous Research. V. 21, p 315-349, 2000.*

Dunham R.J. 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham W.E. (ed.). *Classification of carbonate rocks*. Tulsa: AAPG, AAPG Memoir 1, p.108–122.

Embry, A. F., Johannessen, E. P. T-R Sequence Stratigraphy, Facies Analysis and Reservoir distribution in the Upper Most Triassic-Lower Jurassic Succession, western Sverdup Basin, Arctic. In: Vorren, T. O., Bergsager, E., Dahl-Stamnes, A., Holter, E., Johansen, B., Lie, E. Lund, T. B. (eds). *Arctic Geology and Petroleum Potential. Special Publication, 2: 121-146. 1993.*

Embry, A. F. Sequence Boundaries and Sequence Hierarchies: Problems and Proposals. In: Steel, V. L., Johannessen, E. P., Mathieu, C. (eds). *Sequence Stratigraphy: Advances and Applications for Exploration and Production in Northwest Europe. 1-11. 1995.*

Embry, A. F., Klovan, J. E. *A Late Devonian Reef Tract On Northeastern Banks Island. N.W.T. Bulletin Canadian Petrology and Geology, 1971.*

Embry, A. F. Practical Sequence Stratigraphy. Canadian Society of Petroleum Geologists. The Reservoir Magazine. 79 p. 2009.

Feijó, f. J. Bacias de Sergipe e Alagoas. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p 149-16, jan./mar. 1994.

Figueiredo A.M.F. 1981. *Depositional systems in the lower Cretaceous Morro do Chaves and Coqueiro Seco Formations, and their relationship to petroleum accumulations, middle rift sequence, Sergipe Alagoas Basin, Brazil.* PhD Thesis, The University of Texas, Austin, 275 p.

Folk, R.L. 1962. Spectral subdivision of limestone types. In: Ham, W.E. (ed.). *Classification of carbonate rocks*. Tulsa: AAPG, AAPG Memoir 1, p.62-85.

Garcia, G. G. Análise do Conteúdo Palinológico da Formação Morro Do Chaves, Bacia De Sergipe-Alagoas E Seu Significado Bioestratigráfico E Paleoambiental. Porto Alegre: Trabalho de Conclusão de Curso em Geologia. Universidade Federal do Rio Grande Do Sul. P. 123, 2012.

Garcia, G.G., 2016. Análise palinológica em folhelhos da Formação Morro do Chaves e implicações na evolução paleogeográfica da fase rifte da Bacia de Sergipe-Alagoas. (Unpubl. Master thesis). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 113 pp.<http://hdl.handle.net/10183/134664>.

Gallo, V.; Silva, h. M. A.; Petra, pagnoncelli, d. & antonioli l(sarcopterygii, actinistia) na formação da Sergipe-Alagoas, NE do brasil. Livro de resumos 2009a.

Gallo, v. A paleoictiofauna marinha. Brasileiro de paleontologia – livro de resumos

Galloway, W. E. 1975. *Process framework for describing the morphological and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems*. In: Broussard, M.L. (Ed.). *Deltas*, Geol. Soc., Texas. p. 87-98.

Gawthorpe, Collier, Alexander, Bridge, Leeder. *Ground Penetrating Radar: Application to Sandbody Geometry and Heterogeneity Studies, Characterization of Fluvial and Aeolian Reservoirs, Geological Society Special Publication No 73*, p. 421-432.

Gawthorpe R. L. & Leeder M. R. 2000. *Tectono-sedimentary evolution of active extensional basins*. Basin Research, p.195 – 218.

Góes, R.O.; Magalhães, C.A.P.; Alves Filho, H.P.A.; Gonçalves, J.R.; Costa, M.N.C.; Cortes, M.H.; Campos Neto, O.P.A.; Valverde, R.S e Formoso, S. Mapeamento de detalhe dos campos de Furado, Cidade de São Miguel dos Campos e São Miguel dos Campos. Anais do XXXIV Congresso Brasileiro de geologia, Goiânia-GO, v.4, p. 1701-1714, 1986. Góes et. al., 1986.

Grabau, A. Types of Sedimentary Overlap. GSA Bulletin. v. 17, p. 567-636. 1906.

Handford, C. R., Loucks, R. G. Carbonate Depositional Sequences and Systems Tracts – Response of Carbonate Platforms to Relative Sea Level Changes. Carbonate Sequence Stratigraphy – Recent Developments and Applications. AAPG Memoir 57 (reprint). 1993.

Hodgetts, D. *Laser scanning and digital outcrop geology in the petroleum industry: A review*. Marine and Petroleum Geology. Julho. 2013.

Holz, M. 2012. Estratigrafia de Sequências: Histórico, Princípios e Aplicações. 1.a.ed. Interciência.

Holz, M., Bono. V. B., Troccoli, E. B., Santana., V. C., Vidigal-Souza. P. A. *Conceptual Models for Sequence Stratigraphy of Continental Rift Successions. Stratigraphy and Time Scale*. v. 2. Elsevier. 2017.

Hunt, D., Tucker, M. E. *Stranded Parasequences and the Forced Regressive Wedge Systems Tract: during base-level fall*. *Sedimentary Geology*, 81: 1-9. 1992.

Inden E Moore, C.H. 1983. *Beach environment*. In: P.A. Scholle, D.G. Bebout and C.H. Moore (Editors), *Carbonate Depositional Environments*. Am. Assoc. Petrol. Geologist, Mem, 33:211-265.

James e Dalrymple (2010) (James, N.P. & Dalrymple, R. W. (Eds.) (2010) *Facies Models*. Labrador (CA), *Geological Association Canada*, 586p.).

Jervey, M. T. Quantitative Geological Modelling of Siliciclastic Rock Sequence and Their Seismic Expression. In: Wilgus, C. K., Hastings, B. S., Kendall, C. G., Posamentier, H. W., Ross, C. A., Van Wagoner, J. C., (eds). *Sea Level Changes: An Integrated Approach*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Special Publication, 42: 47-69. 1988.

Karagodin, Y.N. Relações mútuas entre os complexos ciclos sedimentares em seções de bacias contendo petróleo e gás. *Dokl. Akad. Nauk., URSS*, n. 220, p. 1414-1416 (traduzido do russo por FUCS, A.), 1975.

Kendall G. C., Moore. P., Viparelli E., Keyser L. T., Abdulrahman A., Cameron K. Analysis of Sequence Stratigraphic Models for the Jurassic Cretaceous Sedimentary Fill of the Intraself Basins of the Eastern Margin the Arabian Plate. AAPG Annual Convention and Exhibition, Houston, Texas, April 6-9, 2014.

Kinoshita, E. M. Modelagem Sísmica-Geométrica de Fácies dos Carbonatos Lacustres do Mb. Morro do Chaves, Bacia de Sergipe-Alagoas. Curitiba. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. 2007. 97p.

Kinoshita, E. M. Modelagem Sísmica-Geométrica de Fácies dos Carbonatos Lacustres da Formação Morro do Chaves, Bacia de Sergipe-Alagoas. *Boletim de Geociências da Petrobras*. Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 249-269, maio/nov. 2010.

Koutsoukos, E. A. M, Mello, M. R., Azambuja Filho, N. C, Hart, M. B. & Maxwell, J. R. *The upper Aptian-Albian succession of the Sergipe Basin, Brazil: an integrated paleoenvironmental assessment*. *Bulletin of American Association of Petroleum Geologist*, 1991.

Lambiase, J. J. A model for tectonic control of lacustrine stratigraphic sequences in continental rift basins. In: Katz, N. J. Ed. *Lacustrine Basin Exploration: case studies and modern analogues*. AAPG Memoir. 50, p.265-276, 1990.

Leeder, M. R., Collier, L. S., Aziz, L. H. A., Trout, M., Ferentinos, G., Papatheodorou, G. & Lyberis, E. Tectono - sedimentary processes along an active marine/lacustrine hal-graben margin: Alkyonides Gulf; E Gulf of Corinth, Greece. *Basin Research*, 14; p.25-41, 2002.

Melo, T. M. S. Caracterização Microfaciológica e dos Aspectos Porosos Do Intervalo Carbonático Da Formação Morro Do Chaves, Sub-Bacia De Alagoas. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Geologia. Universidade Federal de Sergipe.2016.

Muniz M.C. 2013. *Tectono-Stratigraphic evolution of the Barremian-Aptian Continental Rift Carbonates in Southern Campos Basin, Brazil*. PhD Thesis, Royal Holloway University of London, Londres, 301 p.

Nogueira, M. S.; Lemos, V. B.; Terra, G. J. S. As “Coquinas” Do Membro Morro Do Chaves, Cretáceo Inferior Da Bacia De Alagoas, E Seu Potencial Para Reservatório De Petróleo. In: Congresso Brasileiro De P&D Em Petróleo & Gás. 2. Anais. Rio de Janeiro, 2003.

Neumann, V.H. *et al.* Ambientes Lacustres. In: Silva, A.J.C.L.P.; Aragão, M.A.N.F.; Magalhães, A.J.C. (Org.). Ambientes de sedimentação siliciclástica do Brasil. São Paulo: Beca, 2008, p. 133-169.

Neumann, A. C., and I. Macintyre, 1985, *Reef response to sea level rise: keepup, catch up or give-up: Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress*, Tahiti, V. 3, p. 105-110.

Oliveira, E. R. Contexto deposicional da Sequência Balbuena III (maastrichtiano/daniano) da Formação Yacoraite na Sub-bacia Metán-Alemania, na região de salta, Argentina. Rio Claro. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista. 2014. 181p.

Oslon, P.E. *Tectonic, climatic and biotic modulation of lacustrine ecosystems – Examples from Newark Supergroup of Eastern North America*. In: Katz, B.J. Ed. *Lacustrine Basin Exploration: Case Studies And Modern Analogues*. AAPG Mem. 50, 1990. p. 209-224.

Paim, Paulo Sergio Gomes *et al.* Geometria, Arquitetura e Heterogeneidades de Corpos Sedimentares. São Leopoldo: Ed. Ponto e Vírgula Assessoria Editorial, 2003. 236 p., Publicação do Programa de Pós-Graduação em Geologia/Unisinos. ISBN 85-7431-205-3.

Payton, C. E. ed., 1977, *Seismic Stratigraphy – Applications to Hydrocarbon Exploration*. American Association of Petroleum Geologists Memoir 26, p. 516.

Platt, N. H & Wright, V. P. *Lacustrine carbonates: Facies Models, Facies Distribution and Hydrocarbon aspects*: In: Anádon, P. Cabrera, L., and Kelts, K. eds., *Lacustrine Facies Analysis. Special Publication International Association of Sedimentologists*, 13, p. 57-74.

Platt N. H. & Wright V. P. 1991, *Lacustrine carbonates: facies models, facies distributions and hydrocarbon aspects*. In: Anadón, P., Cabrera L., and Kelts, K. eds., *Lacustrine Facies Analysis. Special Publication International Association of Sedimentologists*, 13, p. 57-74.

- Plummer e Gostin. 1981. Shrinkage Cracks: Dessication or Synaeresis. University of Adelaide. Australia. 1980.
- Pontes, N.V. 2013. Análise Estratigráfica E Geoquímica Através De Isótopos De Enxofre Em Sequências Pelíticas E Mistas Na Formação Morro Do Chaves Da Bacia Sergipe-Alagoas. Dissertação de Mestrado: Universidade Federal de Sergipe, Programa de Pós-Graduação Geociências e Análise de Bacias. SE, Brasil.
- Prosser, S. 1993, Rift-related linked depositional systems and their seismic expression Geological Society, London, Special Publications, vol. 71. p. 35-66.
- Posamentier, H. W., Vail, P. R., 1988. *Eustatic controls on clastic deposition. II. Sequence and systems tract models*. In: Wilgus, C. K., Hastings, B. S., Kendall, C. G. St. C., Posamentier, H. W., Ross, C. A., Van Wagoner, J. C. (Eds.), *Sea Level Changes – An Integrated Approach. SEPM Special Publication 42*, 125–154.
- Prosser, S., 1993. Rift-related linked depositional systems and their seismic expression. In: Williams, G.D., Dobb, A. (Eds.), *Tectonics and seismic sequence stratigraphy*. Geological Society Special Publication No 71, pp. 35–66.
- Riccomini, C., Sant'anna, L. G., Tassinari. C. C. G. Pré-Sal: Geologia e Exploração. Revista USP, São Paulo, v. 95, p. 33-42, Nov. 2012.
- Rosendahl, B.R.; Reynolds, D.J.; Lorber, P.M.; Burgess, C.F; McGill, J.; Scott, D.; Lambiase, J.J. & Derksen, S.J., 1986 – *Structural expressions of rifting: Lessons from Lake Tanganika, África*. In: Frostick, L.E. (ed.) 1986. *Sedimentation in the African Rifts. Geological Society Special Publication. 25*, p. 29-43.
- Sarg. F. J. Carbonate Sequence Stratigraphy. SEPM Book. Vol 42. 155 – 179 p.
- Schlager, W. *Sedimentology and Sequence Stratigraphy of Carbonate Rocks*. 146 p. 2002.
- Schlager, W. *Carbonate Sedimentology and Sequence Stratigraphy. Principles of carbonate production*. p. 13-38. 2005.
- Scholle, P. A.; Ulmer-Scholle, D. S. *A color guide to the petrography of carbonate rocks: grains, textures, porosity, diagenesis*. AAPG Memoir 77, 2003.
- Scotese C.R. 2001. *Atlas of Earth History*, Volume 1, Paleogeografia. Projeto PALEOMAP. Arlington, Texas, 52 p.
- Scholz, C. A., Johnson, T. C., Cohen, A. S., Kinge, J. W., Peck, J. A., Overpeck, J. T., Talbot, M. R., Brown, E. T., Kalindekaffe, L., Amoako, P. Y. O., Lyons, R P., Shanahan, T. M., Castañeda, I. S., Heil, C.W., Forman, S.L., McHargue, L.R., Beuning, K.R., Gomez, J., Pierson, J. 2007, East African mega droughts between 135 and 75 thousand years ago and bearing on early-modern human origins. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104, p.16416–16421.

Schilische, R. W. Half-graben filling models: implications for the evolution of continental extensional basins. *Basin Research*, v.3., p. 123-141, 1991.

Sloss, L. L. *Sequences in the Cratonic Interior of North America*. *GSA Bulletin*. v. 74, p. 93-113. 1963.

Schaller, H. Revisão estratigráfica da Bacia de Sergipe / Alagoas. *Boletim Técnico da Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 21-86, 1969.

Soares, A. P. J. Aplicação de Microemulsão na recuperação de Petróleo de Reservatórios Carbonáticos. Natal. Dissertação de Mestrado/PPFG/UFRN. 2012. 97p.

Souza, A. M. Proposta Metodológica para o Imageamento, Caracterização, Parametrização e Geração de Modelos Virtuais de Afloramentos. Natal. Tese de Doutorado/PPGG/UFRN. 2013. 168p.

Souza – Lima, W., Andrade, E. de J., Bengston, P. E Galm, P. C. A Bacia Sergipe Alagoas: evolução geológica, estratigrafia e conteúdo fóssil. Fundação Paleontológica Phoenix, edição especial, 2002.

Takayama, P. Modelagem Geofísica 3D de Dados GPR em Análogos a Reservatórios Carbonáticos com a utilização de Atributos Geométricos. Estudo de caso na Formação Coqueiro Seco, Bacia de Sergipe-Alagoas. Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado/PPFG/UERJ. 2008. 70p.

Tavares, A. C., Borghi L., Corbett, P., Nobre-Lopes, J., CÂMARA, R. Análise de fácies nas coquinas da Formação Morro do Chaves, Bacia de Sergipe-Alagoas, sob enfoque tafonômico e composicional. *Brazilian Journal of Geology*, 45(3), 415-429, September, 2015.

Teixeira B.F.L. 2012. Coquinas da Formação Morro do Chaves (Cretáceo Inferior), seção Rife da Bacia Sergipe-Alagoas. Trabalho de conclusão de curso, Graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 107 p.

Terra, G.J.S. *et al.* Classificação de rochas carbonáticas aplicáveis as bacias sedimentares brasileiras. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, p. 9-29, 2010.

Tucker, M. E. *Sedimentary Rocks in the Field*, 3rd ed. *The Geological Field Guide*, Series. University of Durham, UK, Ed. Wiley, 2003.

Thompson D. L. *The stratigraphic architecture and depositional environments of non-marine carbonates from Barremian-Aptian Pre-Salt strata of the Brazilian continental margin*. PhD Thesis, Monash University, Melbourne, Victoria, Australia, 277 p, 2013.

Thompson, D.L., Sitwell., J.D., Hall, M., 2015. *Lacustrine carbonate reservoirs from Early Cretaceous rift lakes of Western Gondwana, Pre-Salt Coquinas of Brazil and West Africa*. *Gondwana Research*, 28, 26–51.

Tucker, M. E.; Wright, V. P.; with a chapter by Dickson J. A. D. *Carbonate Sedimentology*. United Kingdom: Ed. Blackwell Science. 1990. 252 p., ISBN 0-632-01472-5.

Vail, P. R., Mitchum, R. M., Thompson, S. Seismic Stratigraphy and Global Changes in Sea Level. *In*: Payton, C. (ed.). *Seismic stratigraphy: applications to hydrocarbon exploration*, AAPG Memoir 26. p. 49-212. 1977.

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

Van Wagoner, J. C., Posamentier, H. W., Mitchum, R. M., Vail, P. R., Sarg, J. F., Loutit, S., Hardenbol, J. An Overview of Sequence Stratigraphy and Key Definitions. *In* Wilgus, C. K., Hastings, B. S., Kendall, C. G. St. C., Posamentier, H. W., Ross, C. A., Van Wagoner, J. C. (eds). *Sea Level Changes: An Integrated Approach*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Special Publication, 42: 39-45. 1988.

Zecchin, M. and Catuneanu, O., 2013, *High-resolution sequence stratigraphy of clastic shelves I: units and bounding surfaces*: *Journal of Marine and Petroleum Geology*, 39, 1-25.

NORMAS PARA PUBLICAÇÃO DE TRABALHOS

GEOCIÊNCIAS é uma revista trimestral *on-line*, do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista (Unesp), campus de Rio Claro, que divulga trabalhos sobre temas de Geologia e Geografia Física, básicos e de aplicação, de autores da Unesp e de outras instituições, do país e do exterior, de interesse para a comunidade geocientífica, e a coletividade em geral.

A partir do ano de 2009, a revista passou a ser editada apenas no formato eletrônico, com o ISSN 1980-900X, seguindo a tendência das revistas internacionais.

1. TIPO DE TRABALHO PUBLICADO

A revista publica Artigos com dados e resultados originais e inéditos de pesquisas científicas e técnicas, redigidos em português, inglês ou espanhol.

2. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

a) O trabalho deve ter:

- 1) Título, coerente com o conteúdo.
 - 2) Nomes do(s) autor(es), completos e por extenso, **encaminhados em separado do texto do artigo**.
 - 3) Instituição(ões)/empresa(s) a que se vincula(m), com endereço(s): logradouro, CEP, cidade, estado, endereço eletrônico, completos e sem abreviaturas ou siglas.
 - 4) Sumário dos itens e subitens, mostrando a hierarquia deles.
 - 5) Resumo de até 200 palavras, em parágrafo único, sem incluir citações bibliográficas, seguido de até cinco palavras-chave que reflitam a natureza e conteúdo do trabalho e escritos na língua utilizada no artigo.
 - 6) Título, resumo e palavras-chave vertidos para outra língua dentre as indicadas acima.
- b) A estrutura do artigo deve ter, ressalvada a natureza do trabalho que exija explanação diferente e mais adequada à boa exposição das informações:
- 1) Introdução, contextualizando o trabalho e definindo o objetivo do artigo.
 - 2) Materiais, métodos e técnicas.
 - 3) Apresentação de dados.
 - 4) Discussões, interpretações e resultados.
 - 5) Conclusões ou considerações finais.
 - 6) Agradecimentos.
 - 7) Lista das referências bibliográficas citadas.
- c) A hierarquia de itens e subitens deve ser feita em até 5 níveis:
- 1) Nível 1: negrito, em maiúsculas, centrado. Ex.: **INTRODUÇÃO**.
 - 2) Nível 2: negrito, caixa alta, alinhado à esquerda. Ex.: **LITOLOGIA**.
 - 3) Nível 3: negrito, primeiras letras em maiúsculas e as demais em minúsculas, alinhado à esquerda. Ex.: **Aspectos do Relevô**.
 - 4) Nível 4: itálico, negrito, primeiras letras em maiúsculas e as demais em minúsculas, alinhado à esquerda. Ex.: ***Xistos do Grupo São Roque***.
 - 5) Nível 5: itálico, não-negrito, primeiras letras em maiúsculas e as demais em minúsculas, alinhado à esquerda. Ex.: *Características Texturais dos Sedimentos*.

3. SUBMISSÃO DO ARTIGO

- a) O texto deve ser elaborado em tamanho A4, margens de 2 cm, espaço duplo, recuos (parágrafos) de 0,5 cm, fonte Times New Roman de 12 pontos, sem formatação, sem hifenização, utilizando o editor de textos Microsoft Word. Extensão: até 30 páginas, incluindo texto, ilustrações e referências bibliográficas. Não são aceitos textos escaneados.
- 1) Unidades e símbolos de medidas devem seguir o sistema de padronização internacional (exs.: M para milhão, G para bilhão, m, cm, km, kb, MPa etc.). Símbolos não-usuais e abreviaturas, quando utilizados, devem ter os significados explicitados quando da primeira citação no texto.
 - 2) Equações e fórmulas devem ser inseridas no texto em formato **JPG**. Todos os símbolos e abreviaturas utilizados devem ter seus significados explicitados. Se forem citadas no texto podem ser numeradas com algarismos arábicos sucessivos, colocados à direita.
 - 3) Palavras estrangeiras e citações, se usadas, devem aparecer em itálico.
 - 4) Notas de rodapé não são aceitas (inclusive para indicação dos nomes de instituições ou empresas). Eventuais notas complementares podem ser inseridas no fim do texto, referidas como APÊNDICES, limitados à exposição de detalhes imprescindíveis à compreensão do texto (p. ex., minúcias de ensaios, deduções de equações).
 - 5) A redação deve ser impessoal (terceira pessoa).

4. ILUSTRAÇÕES

a) As ilustrações e suas legendas devem ser apresentadas em separado do texto, com as respectivas legendas.

b) São ilustrações:

- 1) TABELAS (sem molduras verticais das células) e QUADROS (com molduras horizontais e verticais das células) elaboradas no Winword ou Excel, dispostas em formato Retrato.
- 2) FIGURAS, que são mapas, perfis, diagramas e assemelhados, em preto & branco, tons de cinza ou coloridas, numeradas sequencialmente com algarismos arábicos, na ordem de inserção no texto. As figuras devem ser apresentadas em formato *tif*. No texto devem ser apontados os locais de inserção em uma linha logo após o parágrafo em que é feita a primeira citação.
- 3) FOTOS, FOTOMICROGRAFIAS, IMAGENS e assemelhados, e PRANCHAS, que são quadros de tais documentos. Devem se apresentadas em tons de cinza, em formato *jpg*, com resolução mínima de 300 dpi. Não são aceitas cópias xerográficas. Inserir escala gráfica, se necessário. Indicações devem ter tamanhos ou espessuras que comportem redução e visibilidade no tamanho de largura máxima entre 8 a 17 cm (largura útil da página impressa).

c) Ilustrações coloridas podem ser utilizadas.

5. CITAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS

a) Citações no texto:

- 1) de um autor – ex.: Adams (1989), (Adams, 1996);
- 2) de dois autores – exs.: Cox & Singer (1986), (Cox & Singer, 1986);
- 3) de trabalhos de mais de 2 autores – exs.: Lopes et al. (1992), (Lopes et al., 1992);
- 4) de mais de um trabalho do mesmo autor e do mesmo ano ou de anos distintos

- exs.: Johnson (1995a, b, c); Roberts (1996, 1997); (Johnson, 1995a, b; Roberts, 1996a, b, 1997);
- 5) Para citações indiretas, usar **segundo** em vez de **apud** – ex.: Lucas (1975, segundo Silva, 1993).
 - 6) Evitar o uso de **op. cit.** – ex.: Martins (1998) em vez de Martins (op. cit.).

b) Lista de REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- 1) Seguir a ordem alfabética dos nomes dos autores e numerar consecutivamente. Se houver mais de um trabalho do(s) mesmo(s) autor(es) num ano, indicar no final (a), (b), (c)...
- 2) Entrada de um autor – ex.: SILVA, A.L. DA.
- 3) Entrada de dois autores – ex.: SILVA, J.L. & RUIZ, A. DA S.
- 4) Entrada de três ou mais autores – citar todos. Ex.: LIMA, E.S.; MARQUES, J.S.; CAMPOS, A.
- 5) Exemplos de citação de publicações:

Livros, monografias, relatórios

COSTA, M.C. da & ANGÉLICA, R.S. (Coordenadores). **Contribuições à Geologia da Amazônia**. Belém: Financiadora de Estudos e Projetos e Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo Norte, 446 p., 1997.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Jacupiranga-Guaraú- geologia, levantamento geoquímico, processamento aerogeofísico e metalogenia das folhas SG22-X-8-VI-2 (Jacupiranga) e SG22-X-B-VI-4 (Rio Guaraú), Estado de São Paulo, Escala 1 :50.000**. São Paulo: Convênio Secretaria de Estado de Energia / Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil, 245 p., 1999.

Capítulos de livros

ROOSEVELT, A.C. The influence of geology on soils, biota and the human occupation of Amazonia. In: COSTA, M.C. da & ANGÉLICA, R.S. (Coordenadores), **Contribuições à Geologia da Amazônia**. Belém: Financiadora de Estudos e Projetos e Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo Norte, p. 1-14, 1997.

Dissertações e Teses

SANTOS, M. DOS. **Serra da Mantiqueira e Planalto do Alto Rio Grande: a bacia terciária de Aiuruoca e evolução morfotectônica**. Rio Claro, 1999. 134 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

Artigos de periódicos

FERREIRA, M.C. Análise espacial da densidade de drenagem em Sistema de Informação Geográfica através de um modelo digital de distâncias interfluviais. **Geociências**, v. 18, n. 1, p. 7-22, 1999.

Resumos (estendidos ou não) publicados em eventos técnico-científicos

ROY, P. Estuaries and coastal valley-fills in Southeast Australia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 6, 1997, Curitiba. **Resumos Expandidos...** São Paulo: Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 1997, p. 12-13.

c) Outros

- 1) Programas de computação (*softwares*) citados no texto devem ser referenciados como trabalhos, com dados de autoria, versão, local, data.
- 2) Documentos consultados na Internet: citar a URL e data de acesso. Ex.: C.M.L. da Cunha & I.A. Mendes. **Proposta de análise integrada dos elementos físicos da paisagem: uma abordagem geomorfológica**. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/grad/geografia/revista/Sumario0301.htm>. Acessado em: 25jan2006.
- 3) Trabalhos aceitos para publicação ou no prelo: citar, com indicação da situação.
- 4) Comunicações pessoais e trabalhos em preparação ou submetidos para publicação não devem ser citados na listagem bibliográfica, mas apenas no texto.
- 5) Não devem ser citados documentos (relatórios e outros) confidenciais ou inacessíveis aos leitores.

6. ANÁLISE DOS TRABALHOS E PROCEDIMENTOS DA EDITORIA

- 1) O autor ou primeiro autor será comunicado da recepção do trabalho, dos resultados das avaliações pelos Consultores e aceitação para publicação.
- 2) Os trabalhos receberão avaliação crítica do mérito por um ou dois membros do Conselho Editorial e/ou Corpo Consultivo tendo em vista a publicação na revista. O prazo para avaliação é de 30 dias.
- 3) Trabalhos não recomendados serão devolvidos. Aqueles cuja aceitação dependa de modificações ou ajustes serão devolvidos ao(s) autor(es) para adequação.
- 4) Revisões de aspectos formais dos trabalhos, antes da impressão final, serão efetuadas pelo Conselho Editorial.
- 5) Os dados, informações e conceitos emitidos nos trabalhos são de inteira responsabilidade dos autores. O autor ou primeiro autor do trabalho responde pela autorização de sua publicação e cessão de direitos autorais à revista.

7. ENCAMINHAMENTO

Os trabalhos devem ser enviados exclusivamente por meio eletrônico pelo sistema SEER através do endereço:

<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias>

ANEXO B – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO

08/10/2018

Gmail - [Geociencias] Agradecimento pela Submissão



samuel silva <samuelgeoufs@gmail.com>

[Geociencias] Agradecimento pela Submissão

1 mensagem

Prof. Dr. Norberto Morales <revigeoc@rc.unesp.br>
Para: Samuel Figueiredo <samuelgeoufs@gmail.com>

8 de outubro de 2018 22:32

Samuel Figueiredo,

Agradecemos a submissão do seu manuscrito "ANÁLISE GEOMÉTRICA E ARQUITETURAL EM AFLORAMENTO DE COQUINAS DA FORMAÇÃO MORRO DO CHAVES, BACIA DE SERGIPE- ALAGOAS, E SUA APLICAÇÃO NA CARACTERIZAÇÃO DE RESERVATÓRIOS" para Geosciences = Geociências. Através da interface de administração do sistema, utilizado para a submissão, será possível acompanhar o progresso do documento dentro do processo editorial, bastando logar no sistema localizado em:

URL do Manuscrito:

<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/author/submission/13640>

Login: samuelgeoufs

Em caso de dúvidas, envie suas questões para este email. Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de transmitir ao público seu trabalho.

Prof. Dr. Norberto Morales
Geosciences = Geociências

Geosciences = Geociências

<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias>