



**Caracterização Faciológica dos Reservatórios e Depósitos
Associados do Campo de Frade, Bacia de Campos, Rio de Janeiro**
Facies Characterization of the Frade Field Reservoirs and
Associated Deposits, Campos Basin, Rio de Janeiro State

Pablo Lacerda Silva¹ & Leonardo Fonseca Borghi de Almeida²

¹ Chevron Brasil Petróleo Ltda., 6001 Bollinger Canyon Road, D1004, San Ramon, CA EUA 94583-2324

² Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências/Departamento de Geologia.

UFRJ/CCMN /IGEO/Departamento de Geologia/Laboratório de Geologia Sedimentar. Prédio do CCMN, bl. J1, s/011.

Ilha do Fundão, 21949-900 - Rio de Janeiro, RJ, Brasil

E-mails: pablols@chevron.com; lborghi@geologia.ufrj.br

Recebido em: 06/03/2013 Aprovado em: 8/07/2013

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2013_2_45_60

Resumo

O Campo de Frade, localizado no norte da Bacia de Campos, corresponde a reservatórios oligo-miocênicos de águas profundas balizados entre os marcos Azul e Cinza. Estes sistemas deposicionais são de grande importância econômica, correspondendo a grande parte das reservas e produção de hidrocarbonetos do Brasil. Este trabalho apresenta uma caracterização faciológica dos reservatórios do Campo de Frade e seus depósitos associados, através da análise de 154 m lineares de testemunhos de três poços, representativos dos quatro principais reservatórios do campo. Foram reconhecidas doze fácies, das quais duas são rudíticas, quatro arenosas, uma de composição mesclada areno-lamosa e três heterolíticas. A interpretação dessas fácies sugere um sistema deposicional dominado pela interação entre diversos processos, tais como fluxos de detritos, fluxos turbulentos, correntes de fundo e escorregamentos. As fácies reservatório são areias de fluxos bipartidos e turbidíticos, enquanto as não reservatório compreendem aventais de transporte de massa e conglomerados rodolíticos cimentados, ambas muito comuns nas sequências descritas. Se não levadas em consideração, essas fácies podem levar a superestimativa do volume de hidrocarbonetos. Entretanto, quando intercaladas com fácies reservatório, elas geralmente não apresentam continuidade lateral suficiente para impedir a comunicação hidráulica do reservatório.

Palavras-chave Campo de Frade; Bacia de Campos; Oligo-Mioceno

Abstract

The Frade Field, located in the northern Campos Basin, corresponds to Oligo-Miocene deep-water reservoirs bracketed between the Azul and Cinza regional markers. Such depositional systems are of great economic significance, representing a large percentage of Brazilian hydrocarbon reserves and production. This paper presents the characterization of the facies that comprise the Frade Field reservoirs and associated deposits. The study included the analysis of 154 m of core from three wells, which are representative of four main field reservoirs. Twelve facies are recognized, of which two are conglomeratic, four are sandy, one is of mixed sand-mud composition and three are heterolithic. The interpretation of these facies indicates a depositional system dominated by the interaction of processes as diverse as debris flows, turbulent flows, bottom currents and slides. The reservoir facies are predominantly bipartite and turbiditic flow sands, whereas the non reservoir facies include mass-transport aprons and cemented debris flow rhodolithic conglomerates, both being very common in the described sequences. Overestimation of hydrocarbon volumes may occur should such facies be inadequately represented. However, when present as interbedded units within the reservoir facies, they generally do not have enough lateral continuity to significantly impair hydraulic connectivity of the reservoir.

Keywords Frade Field; Campos Basin; Oligo-Miocene

seqüência completa. Esse trabalho busca caracterizar faciológicamente os depósitos observados no Campo de Frade através da análise de testemunhos, com o objetivo de aumentar o entendimento da relação entre as fácies de sucessões de ambientes de águas profundas e aumentar o nível de confiança nas predições de geometrias e extensão a partir de dados limitados de subsuperfície.

2 Contexto Geológico

A Bacia de Campos localiza-se no litoral norte do Estado do Rio de Janeiro e a sul do Estado do Espírito Santo, limitada a norte pelo Arco de Vitória e, a sul pelo Arco de Cabo Frio, possuindo uma área aproximada de 100.000 km². O seu preenchimento assenta-se sobre os gnaisses da Província Proterozóica Ribeira, e é dividido em três fases tectônicas, denominadas Superseqüência Rifte, Superseqüência Pós-Rifte e Superseqüência Drifte (Winter *et al.*, 2007) ou segundo as megaseqüências deposicionais de Cainelli & Mohriak (1999), continental, transicional e marinha.

Os reservatórios do Campo de Frade estão inseridos na Superseqüência Marinha Aberta, que inicia-se no Turoniano e corresponde ao Grupo Campos, marcando a fase em que condições franco-oceânicas passaram a dominar a bacia (Cainelli & Mohriak, 1999). Os estratos dessa seqüência podem ser individualizados em duas fases, uma retrogradante até o fim do Cretáceo, e uma progradante, vigente a partir do Paleógeno, quando o soerguimento da Serra do Mar fez com que a taxa de suprimento sedimentar superasse a taxa de subsidência (Winter *et al.*, 2007). A partir do meso-Eoceno, estabeleceu-se uma margem de plataforma mista clástica-carbonática (Cainelli & Mohriak, 1999), com calcarenitos e calcirruditos bioclásticos quartzosos, contendo algas vermelhas e matriz micrítica, gradando para sedimentos clásticos

em direção ao continente, e depósitos de fluxos hiperpicnais, folhelhos e conglomerados rodolíticos de fluxo de detritos nas porções distais (Figura 2). Essa configuração de plataforma assemelha-se a atual (Machado *et al.*, 2004; Winter *et al.*, 2007).

O Campo de Frade corresponde a quatro reservatórios principais em arenitos oligomiocênicos, pertencentes a Formação Carapebus do Grupo Campos e encaixados em calhas erosivas observadas em sísmica (Figura 3). Os horizontes balizadores desses reservatórios são a discordância logo acima do Marco Azul, sobre o qual assenta-se o reservatório mais antigo, e o horizonte correlato ao limite de seqüência do estágio Serravaliano (Lan2/Ser1), que na região apresenta-se relativamente concordante, marcando o saneamento do relevo negativo e com isso, o fim da deposição de areia na região. Este horizonte localiza-se logo abaixo do Marco Cinza. O Marco Azul constitui marco regional e representa uma superfície de inundação máxima na bacia.

Estruturalmente, o campo segue o estilo da bacia, que de acordo com Milani & Araújo (2003) está sujeita predominantemente a um regime distensivo nos 100 a 200 km mais rasos da plataforma e talude, causando falhamento normal com geometria lítrica associado à tectônica salina. Ele é dividido em dois blocos principais por uma falha normal com direção de *strike* NW-SE e mergulho sentido SW, ocasionada pelo movimento de um diápiro salino que soergueu o bloco NW em relação ao bloco SE (Figura 3). Blocos secundários ocorrem devido às falhas subordinadas sintéticas e antitéticas à falha principal, dispostas em padrão *en echelon*. Os quatro reservatórios principais do Campo de Frade são denominados, do mais antigo para o mais recente, N540, N545, N560 e N570, de acordo com biozonas locais de nanofósseis calcários.

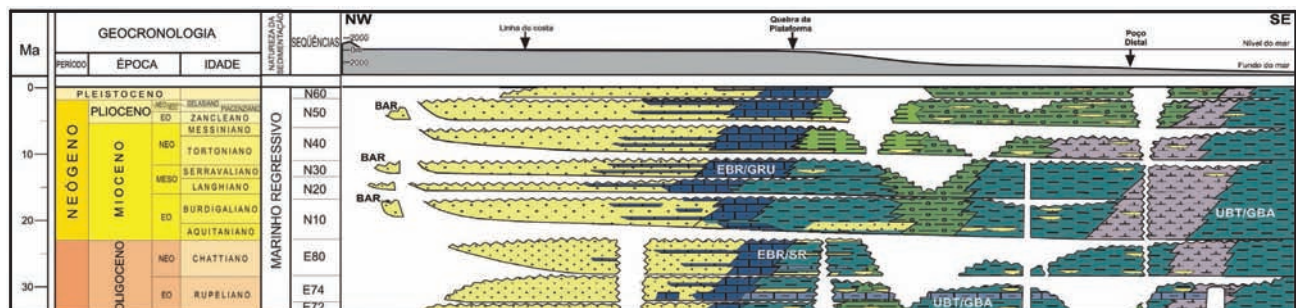


Figura 2 Diagrama crono-estratigráfico da seção compreendida entre o Oligoceno e o recente do Grupo Campos da Bacia de Campos, ilustrando as principais litologias encontradas ao longo de uma seção *dip* (Adaptado de Winter *et al.*, 2007).

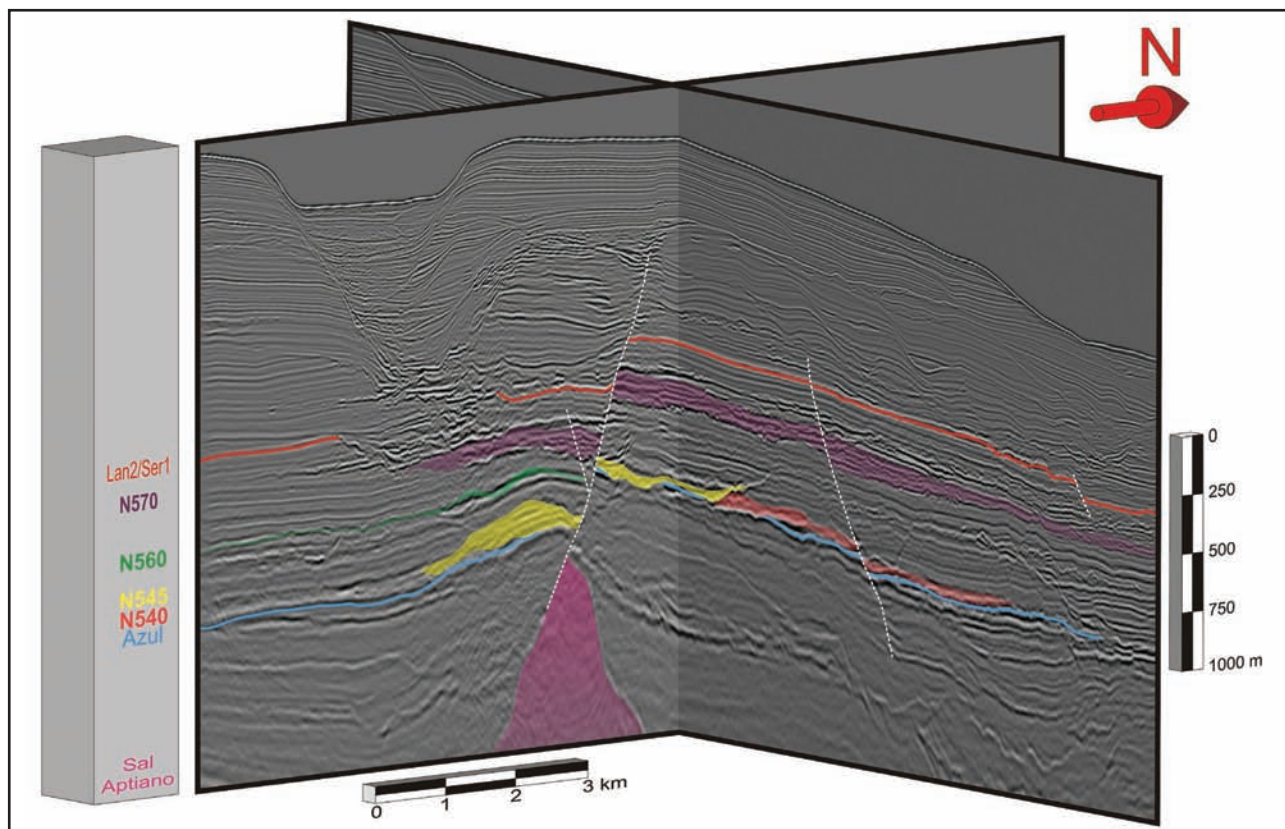


Figura 3 Seções sísmicas *strike* (esquerda) e *dip* (direita) deposicionais do Campo de Frade, ilustrando os horizontes balizadores do intervalo de estudo, os principais reservatórios e o diápiro salino responsável pela estrutura.

3 Material e Método

O material de estudo é composto de três poços testemunhados, totalizando 154 metros lineares de testemunho com análises de difração de raios X (DRX), granulométricas por peneiramento e Laser Particle Size Analyzer (LPSA), petrofísicas (porosidade e permeabilidade), e petrográficas, todas elas realizadas a partir de plugues. Todos os poços dispõem também de curvas de perfilagem petrofísica de densidade total (RHOB), porosidade neutrônica (NPHI), raios gama (GR) e mineralogia por espectroscopia de captura de elementos (Elemental Capture Spectroscopy, ECS). Dois poços possuem ainda perfil de imagem Oil-Base MicroImager (OBMI).

A análise faciológica foi realizada a partir da descrição macroscópica dos testemunhos em escala 1:40, utilizando como parâmetros, litologia (mineralogia), textura (granulometria, seleção, argilosidade), estruturas sedimentares, fósseis e icnofósseis. O recurso de visualização sob luz ultravioleta, foi utilizado para ressaltar contatos

litológicos em rochas saturadas de óleo e concreções carbonáticas. Os perfis sedimentográficos resultantes dessas descrições foram digitalizados através do programa WellCAD® v.4.3, onde foram também carregadas as fotos dos testemunhos em luz natural e ultravioleta, curvas de perfilagem e análises granulométricas e mineralógicas, estas utilizadas para calibração da descrição.

O processo de calibração da profundidade dos testemunhos com os perfis dos poços foi realizado a partir de fotografias digitais de alta resolução do testemunho (300 dpi) compostas em seções de um metro de comprimento. Estas fotografias foram importadas para a mesma plataforma onde foram digitalizados os perfis sedimentográficos, sendo então estabelecidas correlações entre o testemunho e os perfis através dos perfis de imagem OBMI, e secundariamente, na ausência de OBMI ou nas seções de testemunho abaixo do contato óleo-água, as curvas RHOB, NPHI, GR e mineralogia derivada de ECS.

Fácies foram identificadas e caracterizadas segundo definição de Selley (1970), de que

uma fácies é uma massa de sedimento ou rocha sedimentar caracterizada e distinguida das demais pela litologia, geometria estratal, estruturas sedimentares, petrotrama, cores, fósseis e por atributos direcionais. Observando-se, obviamente, que em testemunho a geometria estratal pode ser apenas inferida, uma vez que os atributos direcionais raramente podem ser extraídos de imagens de poço. Além dos perfis sedimentográficos, foram integrados à caracterização de fácies, resultados das análises petrográficas e a mineralogia por DRX, MEV e ECS. Ensaio petrofísicos de porosidade e permeabilidade foram correlacionados com a classificação resultante da caracterização faciológica, uma vez que essas propriedades têm relação com a petrotrama e são atributos fundamentais na caracterização de reservatórios. A seguir foi realizada uma tentativa de sinonímia entre as fácies descritas e as fácies dos esquemas de águas-profundas mais consagrados da literatura (Lowe, 1982; Pickering *et al.*, 1986; Mutti *et al.*, 1999; Stow *et al.*, 2002). As fácies da Sequência de Bouma foram evitadas, pois nelas já está incutida uma pré-interpretação arraigada de processos turbidíticos, de acordo com o exposto por Shanmugam (1997).

4 Processos e Fácies de Águas Profundas

Os processos sedimentares atuantes em águas profundas podem ser divididos em três categorias principais, sendo elas a decantação pelágica, correntes de fundo semipermanentes e processos de ressedimentação episódicos (Figura 4), além de processos químicos autigênicos (Stow *et al.*, 1996). A decantação pelágica, também chamada de sedimentação de fundo, é o processo primário (Evans *et al.*, 1998), sendo virtualmente ininterrupta e ocorrendo a taxas de sedimentação relativamente baixas. Os sedimentos finos que chegam ao assoalho oceânico estão sujeitos a retrabalhamento por correntes de fundo semipermanentes, que têm potencial erosivo e podem redistribuir depósitos pré-existent (Faugères & Stow, 1993; Stow *et al.*, 1996). Existem diversos processos de ressedimentação episódica com diferentes reologias e mecanismos de transporte e suporte de grãos, que formam um continuum desde escorregamentos submarinos a correntes de turbidez (Stow *et al.*, 1996; Posamentier & Martinsen, 2011).

A seguir são apresentados alguns dos esquemas de fácies de utilização corrente para depósitos de

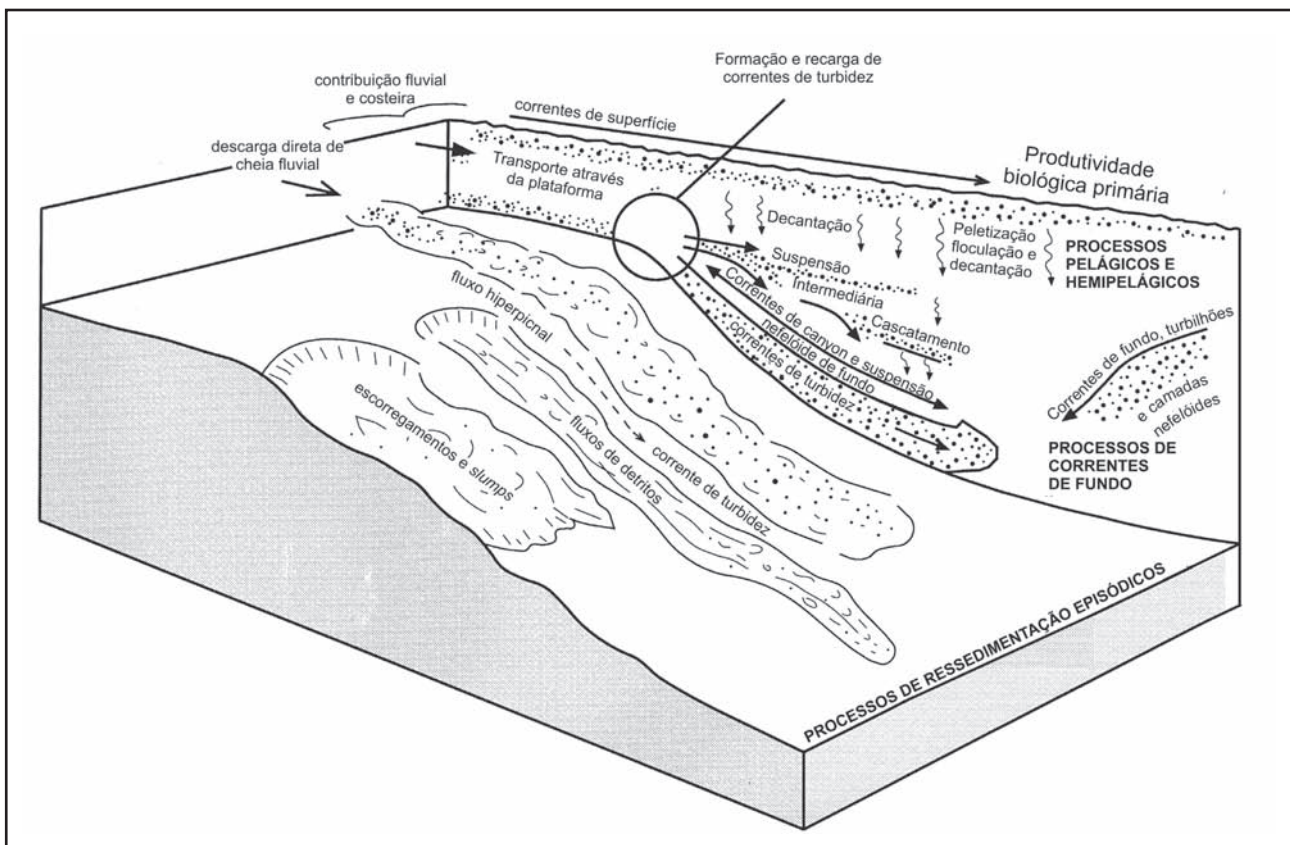


Figura 4 Processos sedimentares atuantes em águas profundas (Modificado de Stow & Mayall, 2000).

águas profundas. Pickering *et al.* (1986) apresentam uma classificação abrangente para fácies de águas profundas, que compreende não só depósitos de correntes de turbidez, mas também depósitos de transporte de massa, hemipelágicos, pelágicos e quimiogênicos. Embora ofereça interpretações de processos para cada uma das fácies, sua classificação é fundamentalmente descritiva, consistindo de três níveis hierárquicos, classe, grupo e fácies.

Para fácies produzidas por correntes de fundo, Stow *et al.* (2002) sugerem uma divisão da sequência ideal de um contornito em cinco níveis gradacionais, de C1 a C5, todos bioturbados. O nível basal lamoso com laminação indistinta, denomina-se C1, e grada para o nível silteoso mosqueado C2, à medida que a velocidade da corrente aumenta, culminando com o nível arenoso maciço C3, que pode apresentar contatos superior e inferior abruptos. Do nível arenoso C3, a sequência grada inversamente para um nível silteoso mosqueado C4 e finalmente para o nível lamoso C5, que representa a velocidade mínima. Uma sequência de contornito, no entanto, ao contrário da sequência turbidítica, que é praticamente instantânea, leva alguns milhares de anos (5 a 40 ka) para formar-se (Faugères & Stow, 1993; Stow *et al.*, 2002).

Embora uma distinção seja feita entre fluxos gravitacionais de sedimento, caracterizados pela perda total da organização interna original, e fluxos gravitacionais de massa, caracterizados pela baixa deformação interna e preservação da organização original (D'Ávila & Paim, 2003), os dois processos formam um *continuum* e um único evento deposicional pode dar origem a depósitos de ambos grupos (Posamentier & Martinsen, 2011). Depósitos originados por fluxos gravitacionais de massa são denominados depósitos de transporte de massa (MTDs, *mass-transport deposits*), termo genérico que abriga um continuum de depósitos formados por processos deformacionais de talude, com velocidades progressivamente maiores que vão desde rastejamento (*creep*), passando por escorregamento e *slump*, até fluxo de detritos coesivos (Posamentier & Martinsen, 2011). Escorregamentos e *slumps* são movimentos em que uma massa de sedimentos coerente é transportada talude abaixo com baixa reorganização das estruturas internas. O deslocamento é relativamente baixo e o depósito é limitado por planos de falha que geralmente seguem os planos de estratificação (Mulder & Cochonat, 1996). Diagnósticos de fácies de fluxo de detritos e *slump* são a composição textural mesclada de

lamas arenosas e areias lamosas, contatos superior e inferior abruptos, e padrão de caixas espessas (10 a 300 m) em perfis geofísicos.

A transição do comportamento plástico, característico de fluxos gravitacionais de massa, para o comportamento fluido, que define fluxos gravitacionais de sedimento, está associada a redução da concentração de sedimento (Shanmugam, 1996; Mulder & Alexander, 2001; Gani, 2004). Correntes de turbidez, fluxos nos quais a turbulência do fluido é o principal mecanismo de suporte de sedimento (Sanders, 1965), têm sido o paradigma entre fluxos gravitacionais de sedimento. Porém, foi demonstrado experimentalmente que fluxos gravitacionais fluidos com concentração de sedimento suficientemente alta desenvolvem uma camada basal de mais alta concentração e com turbulência suprimida (Baas *et al.*, 2004), cujos principais mecanismos de suporte são coesão da matriz, pressão dispersiva e empuxo (Shanmugam, 1996). Apesar da intensa discussão acerca do reconhecimento de fácies depositadas por correntes de turbidez e da própria definição de turbidito, a maior parte dos trabalhos parece convergir no conceito de fluxos bipartidos.

Mutti *et al.* (1999) e Lowe (1982) apresentam esquemas genéticos de classificação de fácies para depósitos de fluxos bipartidos. Ambos esquemas utilizam a textura como critério primário, distinguindo diferentes populações granulométricas, que tendem a ser transportadas e depositadas como entidades distintas. Mutti *et al.* (1999) divide as fácies em quatro grupos de acordo com as classes granulométricas (A) bloco a seixo; (B) seixo fino a areia grossa; (C) areia média a fina; e (D) areia fina a lama. Dependendo do grau de eficiência do fluxo essas populações dão origem a algumas ou todas as fácies da sequência ideal, que é formada pela fácies F3, de blocos e seixos; F5, de seixo fino a areia grossa em camadas maciças e mal selecionadas, fácies; F6, que consiste em leitos de granulometria grossa com acamamento plano-paralelo e megaripples 3D, recobertos por ripples de menor escala; F7, que corresponde à carpetes de tração, é depositada através de processos trativos que agem na areia grossa simultaneamente a decantação de areia média e fina; F8, que devido à alta taxa de sedimentação e obliteração das estruturas pela liquefação, é composta de areia fina sem estruturas trativas; e a distal F9, representando o estágio final da corrente de turbidez, sendo composta de intercalações de areia fina por tração e suspensão, e lama por suspensão (Mutti *et al.*, 1999).

O esquema genético de fácies de Lowe (1982) é dividido em fácies cascalhosas (R1, R2 e R3) e fácies arenosas com baixo conteúdo de grânulo e seixo fino (S1, S2 e S3). Se o espectro granulométrico do fluxo original for suficientemente amplo, uma sequência ideal pode ser formada, ou mais provavelmente uma variação dela, devido a flutuações no fluxo. A fácies trativa R1, composta de cascalho grosso com estratificações cruzadas de grande porte, ocorre somente em circunstâncias muito raras. As fácies R2 e R3, correspondentes a cascalho com gradação inversa e cascalho com gradação normal ou maciça respectivamente, são formadas quando a velocidade torna-se insuficiente para manter a pressão dispersiva, provocando o congelamento do carpete de tração e a decantação do cascalho suspenso. A deposição das fácies arenosas inicia-se então com a fácies S1, composta de areia com estratificação plano-paralela ou cruzada, seguida de carpetes de tração arenosos da fácies S2, e areias maciças e com estruturas de escape de água da fácies S3. O sedimento fino da porção superior turbulenta do fluxo é então depositado inicialmente por tração nas fácies Tt, que incluem os níveis de Bouma Tb e Tc, por um regime misto no nível Td, e finalmente por suspensão em Te. Entretanto, essas fácies não são normalmente encontradas sobrepostas, uma vez que transformações de fluxo e o transpasse de sedimento tende a segregá-las lateralmente (Lowe, 1982).

Código	Diagnose	Processo
Ro	Ortoconglomerado rodolítico	Transporte através de longas distâncias por fluxo de detritos e eventual congelamento friccional
Rp	Paraconglomerado rodolítico	Transporte através de longas distâncias por fluxo de detritos e eventual congelamento friccional
Aid	Areia média a grossa com intraclastos dispersos	Transporte através de longas distâncias na camada basal de um fluxo turbulento e deposição rápida em massa
Aia	Areia média estratificada com intraclastos alinhados	Desaceleração de fluxo turbulento, com congelamento dos carpetes de tração cascalhosos e deposição da areia inicialmente por processos trativos e posteriormente por decantação
Am	Areia média a grossa maciça	Deposição em massa a partir da carga suspensa residual de um fluxo turbulento concentrado e liquefação e fluidização de estruturas primárias
Ae	Areia fina a média estratificada	Estágios finais de sedimentação por tração de um fluxo turbulento desacelerante que já depositou sua fração mais grossa anteriormente
Al	Areia lamosa	Fluxo de detritos fluidizado formado a partir de escorregamento areno-lamoso
H	Heterolitos	Alternância de processos trativos em regime de fluxo inferior e decantação de lama na periferia de canais
Hd	Heterolitos com estruturas deformacionais	Alternância entre processos trativos em regime de fluxo inferior e decantação de lama na periferia de canais, com deformação sindeposicional por carga sedimentar
Hb	Heterolitos bioturbados	Depósitos formados pela alternância entre processos trativos em regime de fluxo inferior e decantação de lama na periferia de canais, associados a hiatus significativos
Lc	Lamito com laminação convoluta	Depósitos de escorregamento ou <i>slump</i> de borda de plataforma ou flanco de canyon
Lb	Lamito bioturbado	Depósitos de escorregamento ou <i>slump</i> de borda de plataforma ou flanco de canyon

Quadro 1 Resumo das diagnoses e interpretações das litofácies observadas em testemunho

5 Análise Faciológica

Foram reconhecidas e caracterizadas doze litofácies, sendo apresentada para cada uma uma diagnose concisa e uma interpretação de processo de transporte e deposição (Quadro 1), além de uma sinonímia com esquemas existentes na literatura (Quadro 2), quando pertinente. Cabe ressaltar que a interpretação das sinonímias não é necessariamente a mesma interpretação das fácies deste trabalho. As descrições completas, são apresentadas a seguir.

5.1 Fácies Rudíticas

Foram reconhecidas duas fácies rudíticas (Figura 5), ortoconglomerado rodolítico (Ro) e paraconglomerado rodolítico (Rp), as quais ocorrem em estreita associação e são interpretadas como tendo sido depositadas pelos mesmos processos. As principais diferenças entre as duas fácies são a razão entre matriz e clastos, e o tamanho destes.

Fácies	Lowe (1982)	Pickering et al. (1986)	Mutti et al. (1999)	Stow et al. (2002)
Ro	R ₃ *1	A1.1	F3*3	-
Rp	R ₃ *1	A1.4	F3*3	-
Aid	-	-	F5*4	-
Aia	S ₂	A2.8	F7	-
Am	S ₃	B1.1	F8*5	-
Ae	T ₁	B2.1	-	-
Al	-	C1.1	-	-
H	-	C2.3	F9	C3-C5*6
Hd	-	-	-	C3-C5*6
Hb	-	-	-	C3-C5
Lc	-	F2.1*2	-	-
Lb	-	F2.1*2	-	-

Quadro 2 Sinonímias de fácies descritas no presente trabalho com esquemas de fácies existentes

- *1 Tanto a fácies Ro quanto a Rp enquadram-se na definição da R3, uma vez que esta não especifica a proporção entre clasto e matriz
- *2 Tanto a fácies Lc quanto a Lb enquadram-se na definição da F2.1, sendo o diferencial da Lb a presença de bioturbação
- *3 Tanto a fácies Ro quanto a Rp enquadram-se na definição da F3, uma vez que esta não especifica a proporção entre clasto e matriz
- *4 A fácies Aid difere da F5 por conter clastos maiores do que seixo fino
- *5 A fácies Am difere da F8 por ser composta de areia média em vez de fina
- *6 As fácies H e Hd correspondem à sequência C3-C5, porém diferem desta pela mínima ou ausência de bioturbação

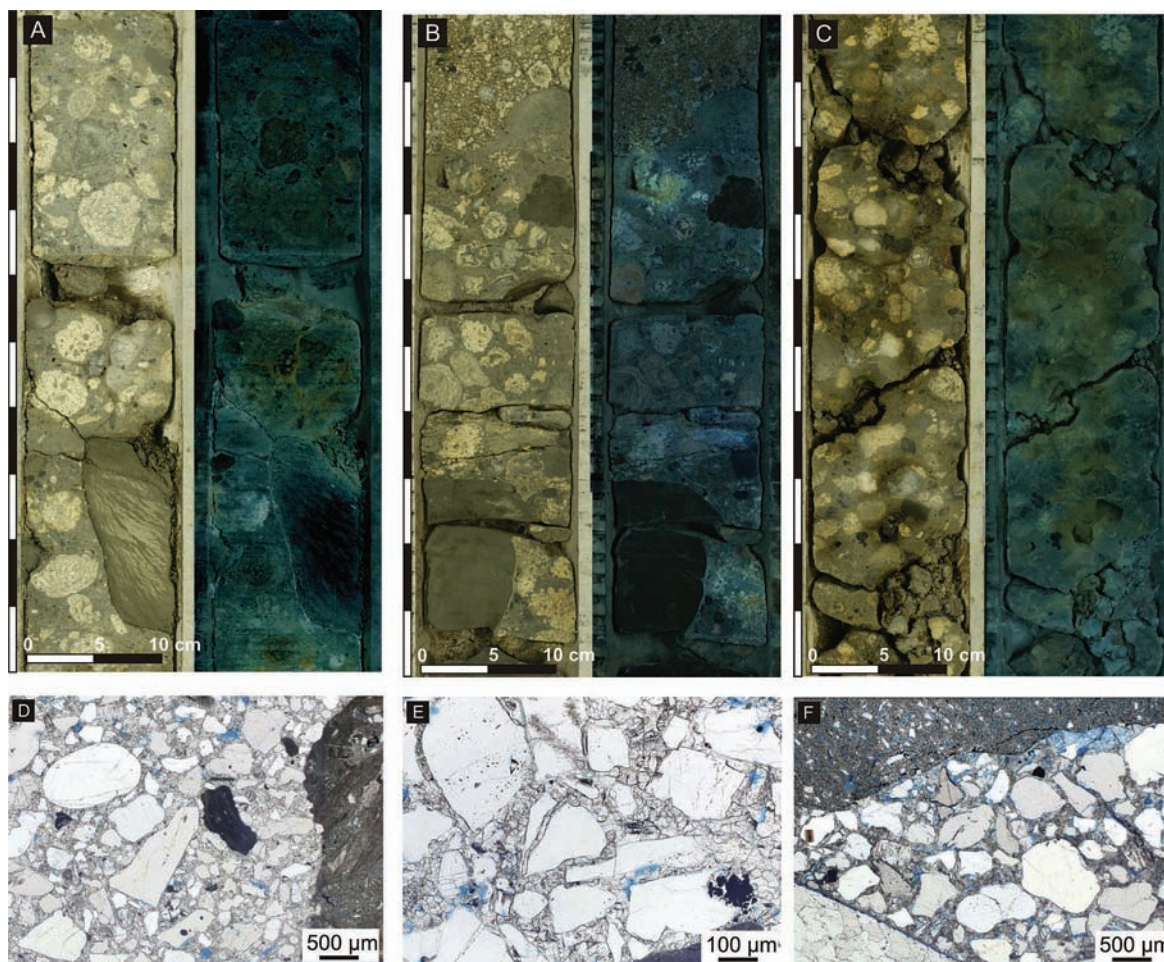


Figura 5 - Fácies rudíticas em testemunho sob luz natural e ultra violeta e fotomicrografias sob luz natural (A) Fácies Ro. Observar a predominância de intraclastos rodolíticos e a ocorrência de intraclastos de lamito na porção basal (B) Fácies Ro. Observar o contato irregular entre uma matriz siliciclástica acinzentada e um intraclasto de calcarenito com matriz mais esbranquiçada no topo (C) Fácies Rp. Observar composição dos clastos, que são predominantemente de rodólitos, mas também incluem intraclastos de arenito cimentado (D) Fácies Ro. Observar fragmentos de rodólitos, má seleção e grãos angulosos e arredondados (E) Fácies Ro. Observar a cimentação carbonática quase total da porosidade intergranular original e de fraturas em grãos (F) Fácies Rp. Observar litoclastos de dolomita no topo e de quartzito abaixo.

5.1.1 Ortoconglomerado Rodolítico

Descrição: Caracterizada por clastos de rodólitos predominantemente de 3 a 5 cm de diâmetro em uma matriz arenosa, cimentada por calcita, muito mal selecionada que inclui grãos de quartzo angulosos a arredondados, fragmentos de rodólitos e litoclastos de quartzito e dolomita. Seixos e blocos de lamito e arenito cimentado, bioclastos de bivalves e grânulos também compõem os clastos dessa fácies, incluindo blocos de uma geração anterior de calcarenito conglomerático. Nenhuma organização ou gradação interna é observada. Possui espessura variando de 30 cm a 3 m e apresenta contatos inferior e superior irregulares e aparentemente gradacionais, embora uma gradação bastante abrupta dessa

fácies para um arenito maciço não cimentado com rodólitos (fácies Aid).

Interpretação: Transporte através de longas distâncias por fluxo de detritos e eventual congelamento friccional.

5.1.2 Paraconglomerado Rodolítico

Descrição: Caracterizada por clastos de rodólitos predominantemente de 1 a 3 cm de diâmetro flutuantes em uma matriz arenosa, cimentada por calcita, muito mal selecionada que inclui grãos de quartzo subangulosos a subarredondados, fragmentos de rodólitos e litoclastos de quartzito e

dolomita. Também estão presentes como clastos nessa fácies, intraclastos de arenito cimentado, grânulos e bioclastos de bivalves. Nenhuma organização ou gradação interna é observada. Possui espessura variando de 40 cm a 1,3 m e apresenta contatos inferior e superior irregulares, ora abruptos, ora aparentemente gradacionais para um arenito maciço não cimentado com rodólitos e intraclastos dispersos (fácies Aid) ou para um ortoconglomerado rodolítico (fácies Ro).

Interpretação: Transporte através de longas distâncias por fluxo de detritos e eventual congelamento friccional.

5.2 Fácies Arenosas

Foram reconhecidas cinco fácies arenosas (Figura 6), sendo uma de areia média a grossa maciça com intraclastos dispersos (Aid), areia média estratificada com intraclastos alinhados (Aia), areia média a grossa maciça (Am), areia fina a média estratificada (Ae) e areia lamosa (Al). Essas fácies, com exceção da areia lamosa, que é interpretada como a porção fluidizada de um escorregamento, representam diferentes estágios de deposição de fluxos bipartidos.

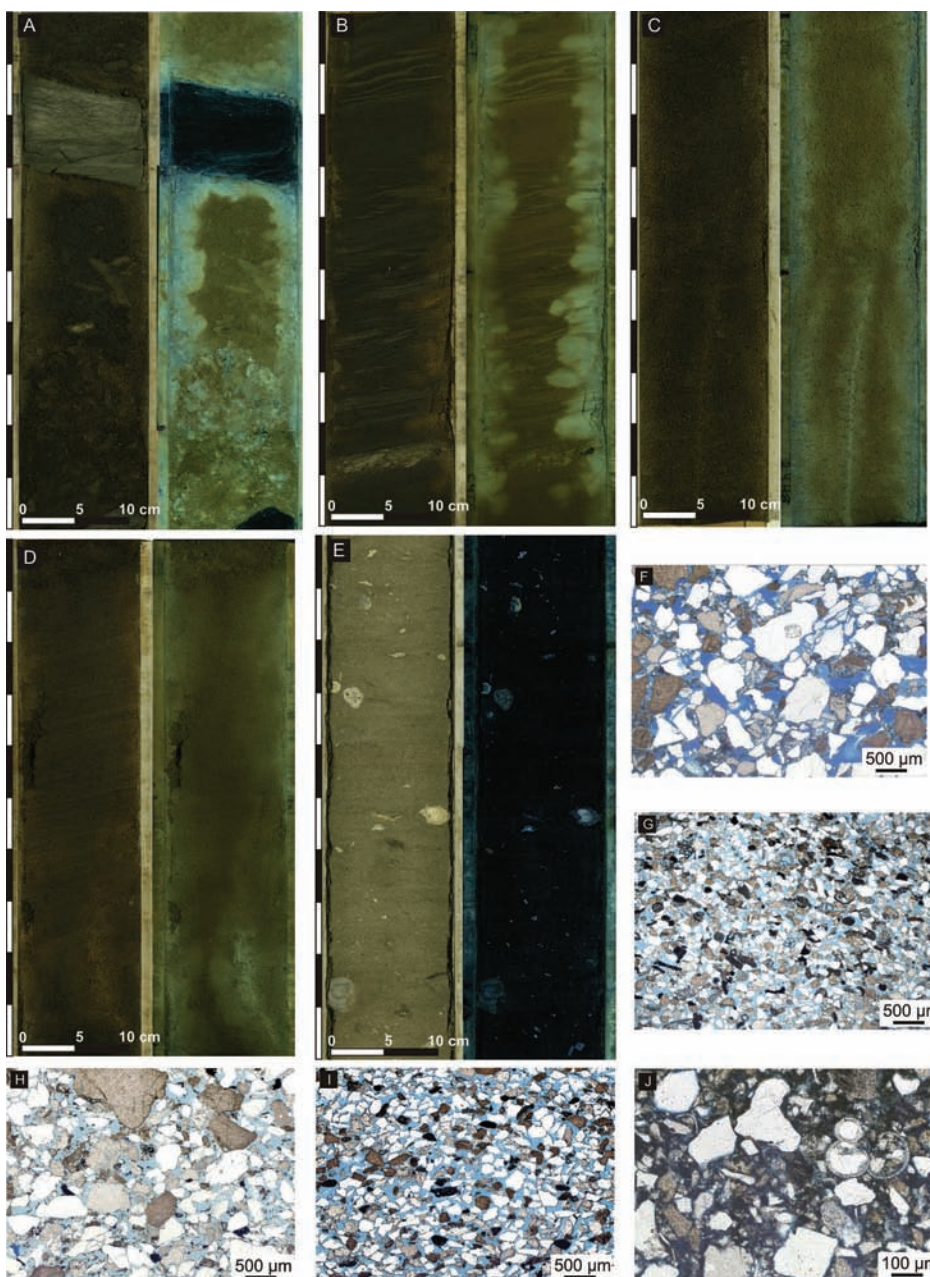


Figura 6 Fácies arenosas em testemunho sob luz natural e ultra violeta e fotomicrografias sob luz natural (A) Fácies Aid. Observar intraclastos alongados de argila tamanho seixo na porção inferior sem orientação preferencial, intraclasto de rodólito e bloco planar flutuante de argila acima. (B) Fácies Aia. Observar a transição da areia com intraclastos para laminação plano-paralela e laminação cruzada (C) Fácies Am. Observar estrutura em pilar na porção inferior. (D) Fácies Ae. Observar laminação incipiente na base do intervalo (E) Fácies Al. Observar rodólitos e fragmentos de rodólitos de dimensões milimétricas a centimétricas dispersos em todo o intervalo (F) Fácies Aid. Observar o baixo grau de seleção e baixo grau de arredondamento dos grãos (G) Fácies Aia. Observar o alto grau de seleção granulométrica (H) Fácies Am. Observar o baixo grau de seleção e arredondamento dos grãos (I) Fácies Ae. Observar o alto grau de seleção granulométrica (J) Fácies Al. Observar abundante distribuição de fragmentos de microfósseis.

5.2.1 Areia Média a Grossa Maciça com Intraclastos Dispersos

Descrição: Caracterizada por matriz arenosa inconsolidada, de granulometria média a grossa, muito mal selecionada a mal selecionada, contendo intraclastos de arenito cimentado e lamito, de tamanho seixo a bloco, além de grânulos, rodólitos milimétricos a centimétricos e ocasionais bioclastos indiferenciados. Os seixos tendem a ocorrer na base de ciclos, porém sem organização ou orientação preferencial, enquanto blocos de arenito de forma irregular ou planares de folhelho são encontrados flutuando na porção intermediária a superior de ciclos. Geralmente os ciclos possuem maior concentração de grânulos na base e melhora de seleção para o topo, gradando para areia maciça (fácies Am) ou areia com laminação plano-paralela (Ae). Os níveis dessa fácies possuem espessura média de 2 m, que pode corresponder a um único ciclo ou amalgamações de ciclos menores de aproximadamente 30 cm.

Interpretação: Transporte através de longas distâncias na camada basal de um fluxo turbulento e deposição rápida em massa.

5.2.2 Areia Média Estratificada com Intraclastos Alinhados

Descrição: Caracterizada por ciclos contendo na base seixos de intraclastos pelíticos e grânulos alinhados em matriz de areia média bem selecionada, frequentemente formando carpetes de tração, que gradam para areia média com laminação plano-paralela. Compõem também a matriz uma quantidade relativamente grande de fragmentos de microfósseis. Em alguns ciclos, a laminação plano-paralela passa a laminação cruzada e plano-paralela novamente, gradando para areia fina estratificada (fácies Ae) e heterolitos (fácies H). Na porção basal, logo acima dos níveis de intraclastos, a laminação pode apresentar-se incipiente ou mesmo de aspecto maciço. Os *sets* de laminações cruzadas são muitas vezes marcados por níveis de flocos de lama peletizada. Os ciclos possuem espessura de 30 cm a 1 m, formando camadas compostas de até 1,5 m de espessura, sendo que o nível basal de intraclastos não ultrapassa 10 cm de espessura.

Interpretação: Desaceleração de fluxo turbulento, com congelamento dos carpetes de tração cascalhosos e deposição da areia inicialmente por processos trativos e posteriormente por decantação.

5.2.3 Areia Média a Grossa Maciça

Descrição: Caracterizada por níveis maciços de areia de granulometria média a ocasionalmente grossa, com grau de seleção moderado a mal selecionado. Apesar de não possuir nenhuma estratificação, essa fácies frequentemente apresenta feições de escape de fluidos como estruturas em prato, chama e pilar. Os ciclos geralmente caracterizam-se por maior concentração de areia muito grossa e grânulos na base, com melhora do grau de seleção para o topo, sendo esses grânulos frequentemente mais arredondados do que os demais grãos. Ocorrem raramente na matriz fragmentos de microfósseis e litoclastos. Cada ciclo dessa fácies apresenta de 50 cm a 3 m de espessura, podendo empilhar-se em pacotes de até 11 m.

Interpretação: Deposição em massa a partir da carga suspensa residual de um fluxo turbulento concentrado e liquefação e fluidização de estruturas primárias.

5.2.4 Areia Fina a Média Estratificada

Descrição: Caracterizada por níveis de areia média bem selecionada, com laminação predominantemente plano-paralela, às vezes passando a cruzada no topo dos ciclos, que podem apresentar uma granodrecrescência sutil de areia média para fina. Alguns ciclos, principalmente os mais delgados, podem ser inteiramente compostos de areia fina, em cujo caso pode nem estar presente o intervalo de laminação plano-paralela. A matriz pode conter uma quantidade relativamente alta de fragmentos de microfósseis, bem como raros litoclastos. A estratificação é ocasionalmente marcada por lâminas de flocos de lama peletizada, podendo ser incipiente na base dos ciclos. Raramente apresenta estruturas em pilar e chama, e ocorrem raros icnofósseis, sendo identificado o icnogênero *Thalassinoides*. Os ciclos têm normalmente de 10 a 20 cm de espessura, muito raramente chegando a 1,5 m. O topo dessa fácies, quando não truncado por níveis de areias com intraclastos (fácies Aia), é marcado por uma gradação para areia muito fina, silte a argila, transicionando para heterolitos (fácies H).

Interpretação: Estágios finais de sedimentação por tração de um fluxo turbulento desacelerante que já depositou sua fração mais grossa anteriormente.

5.2.5 Areia Lamosa

Descrição: Essa fácies consiste de uma matriz de areia fina a muito fina extremamente mal selecionada e com alta argilosidade (20 a 30%). A matriz também contém grãos de areia dispersos de granulometria média a grossa, rodólitos milimétricos a centimétricos, bioclastos indiferenciados no intervalo N570, e intraclastos circulares, planares e contorcidos de lamito, com até 30 cm no intervalo N545. Além de ocorrerem na forma de bioclastos e rodólitos, carbonatos ocorrem na matriz lamosa e como cimento, perfazendo de 10 a 25% do volume. Os clastos não apresentam nenhuma gradação e a fácies varia de aspecto convoluto a maciço, apresentando ocasionais superfícies de cisalhamento. Ela pode ocorrer em intervalos de apenas 20 cm de espessura como transição entre as areias com intraclastos dispersos (Aid) e lamitos com laminação convoluta (Lc), ou em pacotes de 20 m de espessura, sem definição clara de unidades internas distintas.

Interpretação: Fluxo de detritos fluidizado formado a partir de escorregamento areno-lamoso.

5.3 Fácies Heterolíticas

Foram reconhecidas três fácies heterolíticas (Figura 7), sendo uma simplesmente denominada de heterolitos (H), outra de heterolitos com estruturas de deformação (Hd) e por fim, uma de heterolitos bioturbados (Hb). As três fácies possuem interpretação similares no que se refere a estruturas sedimentares primárias, apresentando diferenças importantes para a interpretação de hiatos e pulsos sedimentares.

5.3.1 Heterolitos

Descrição: Intercalação de níveis de areia fina e níveis de lama em acamamento heterolítico, com espessuras variando de 2 mm a 6 cm, mais tipicamente entre 1 e 3 cm. Essa fácies ocorre interdigitada com camadas mais espessas de areia estratificada (fácies Ae), de maneira que o limite entre as fácies foi estabelecido na espessura mínima de 6 cm de areia. O acamamento pode ser ondulado, entremeadado ou riscado, e possui aspecto cíclico,

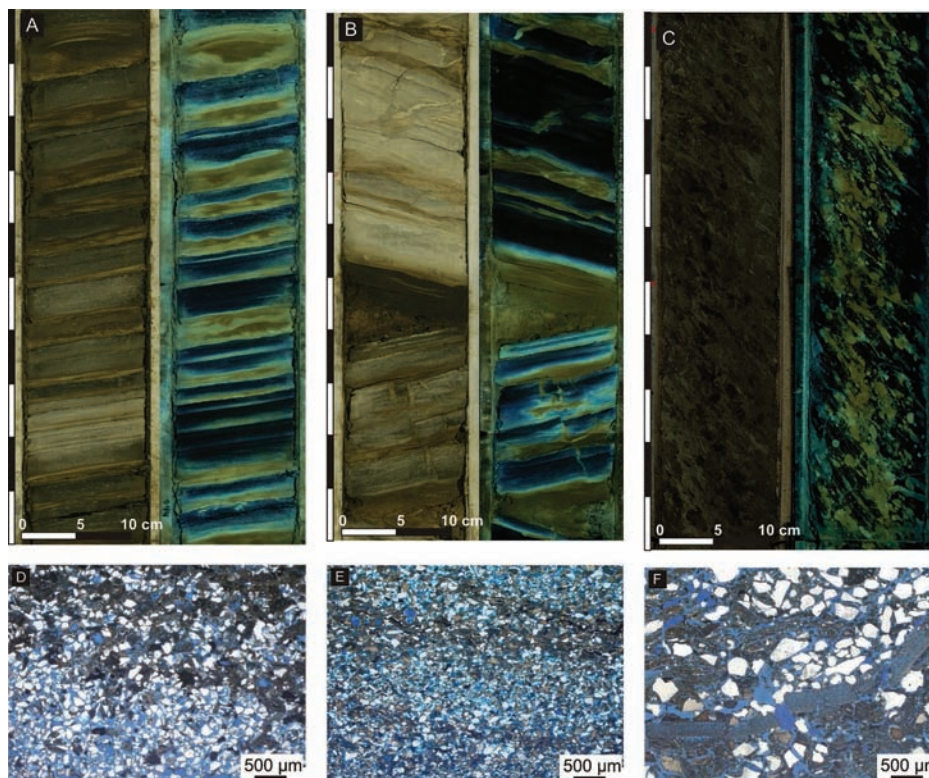


Figura 7 Fácies heterolíticas em testemunho sob luz natural e ultra violeta e fotomicrografias sob luz natural (A) Fácies H. Observar a presença de *Terebellina* na camada de argila no topo da imagem (B) Fácies Hd. Observar injeção de areia em camada de lama no topo e camadas de lama fraturadas com diques de areia verticais e horizontais na base (C) Fácies Hb. Observar traços identificáveis de *Thalassinoides* em intervalo de lama e areia, parcialmente homogeneizadas, sendo esta facilmente reconhecível sob luz UV (D) Fácies H. Observar a boa seleção granulométrica e a laminação distinta, com uma lâmina de maior concentração de bioclastos (E) Fácies Hd. Observar caráter laminado com rompimento de lâminas na porção superior da imagem (F) Fácies Hb. Observar abundância de fragmentos de microfósseis e ruptura da organização original dos grãos por atividade biológica

embora haja variação na espessura das camadas ao longo da sucessão e mesmo entre cada par de areia e lama. A proporção de areia para lama é extremamente variada, contendo intervalos de 10% a 90% de areia, e depende em grande parte da espessura das camadas de areia, uma vez que a espessura das camadas de lama é mais constante.

A areia varia de fina a muito fina, bem a muito bem selecionada, e grada em direção ao topo para silte e argila. Ocorrem fragmentos de microfósseis dispersos na matriz arenosa, bem como em lâminas distintas no topo das camadas de areia. A laminação das camadas de areia é plano-paralela e cruzada, com ocasionais *ripples* famintas, e a das camadas de lama, plano-paralela. São observados icnofósseis correspondentes principalmente a estruturas de alimentação e moradia, como os icnogêneros *Thalassinoides*, *Terebellina*, *Planolites*, *Scolicia*, além de mais raros *Palaeophycus*. Apesar da presença de icnofósseis, o grau de bioturbação é baixo e as estruturas sedimentares primárias encontram-se preservadas.

Interpretação: Alternância entre processos trativos em regime de fluxo inferior e decantação de lama na periferia de canais.

5.3.2 Heterolitos com Estruturas Deformacionais

Descrição: Muito semelhante aos heterolitos sem estruturas deformacionais (fácies H) no que concerne aos aspectos texturais e estruturas sedimentares primárias. Entretanto, as camadas são marcadas por estruturas deformacionais como diques clásticos, lâminas rompidas e estruturas em chama. São identificadas laminações plano-paralela e cruzada nas camadas de areia, apesar de muitas das estruturas sedimentares encontrarem-se obliteradas convolvidas. São observados icnofósseis dos icnogêneros *Thalassinoides* e *Terebellina*, com grau de bioturbação baixo.

Interpretação: Alternância entre processos trativos em regime de fluxo inferior e decantação de lama na periferia de canais, com deformação sindeposicional por carga sedimentar.

5.3.3 Heterolitos Bioturbados

Descrição: Essa fácies é caracterizada por heterolitos com bioturbação intensa, porém com superfícies de acamamento ainda distinguíveis, e heterolitos homogeneizados, cujas estruturas

sedimentares primárias foram totalmente obliteradas. As espessuras das camadas, quando identificáveis, são semelhantes aos heterolitos sem bioturbação (fácies H). A matriz é composta de areia fina com fragmentos de microfósseis e lama; que ocorre como camadas, resquílios de camadas e dispersa entre a areia. Os icnofósseis observados correspondem principalmente a estruturas de alimentação e moradia, sendo identificados os icnogêneros *Terebellina*, *Scolicia*, *Planolites* e *Thalassinoides*.

Interpretação: Depósitos formados pela alternância entre processos trativos em regime de fluxo inferior e decantação de lama na periferia de canais, associados a hiatos significativos.

5.4 Fácies Lamosas

Foram reconhecidas duas fácies lamosas (Figura 8), sendo uma de lamito com laminação convoluta (Lc) e outra de lamito bioturbado (Lb). As duas compartilham a mesma interpretação de processo deposicional, diferindo somente em relação aos seus atributos descritivos.

5.4.1 Lamito com Laminação Convoluta

Descrição: Essa fácies corresponde a depósitos lamosos com matriz silto-argilosa calcária, contendo bivalves, fragmentos de microfósseis indiferenciados e ocasionalmente intraclastos de lamito calcário. O conteúdo de argila pode variar entre 30% a 80%, e o de carbonatos, entre 10 a 40%, abrangendo siltitos argilosos, argilitos siltosos e margas. Pode apresentar bioturbação, porém o reconhecimento de icnogêneros geralmente não é possível com exceção de poucas ocorrências de *Terebellina*. Possui laminação convoluta e pode apresentar aspecto brechado com diques clásticos de lama. A espessura desses depósitos é registrada em até 6 m, com contatos de base e topo inclinados e sem superfícies internas distintas, porém apresentando variação composicional gradual a difusa.

Interpretação: Depósitos de escorregamento ou *slump* de borda de plataforma ou flanco de *canyon*.

5.4.2 Lamito Bioturbado

Descrição: Essa fácies corresponde a depósitos lamosos altamente bioturbados, com matriz

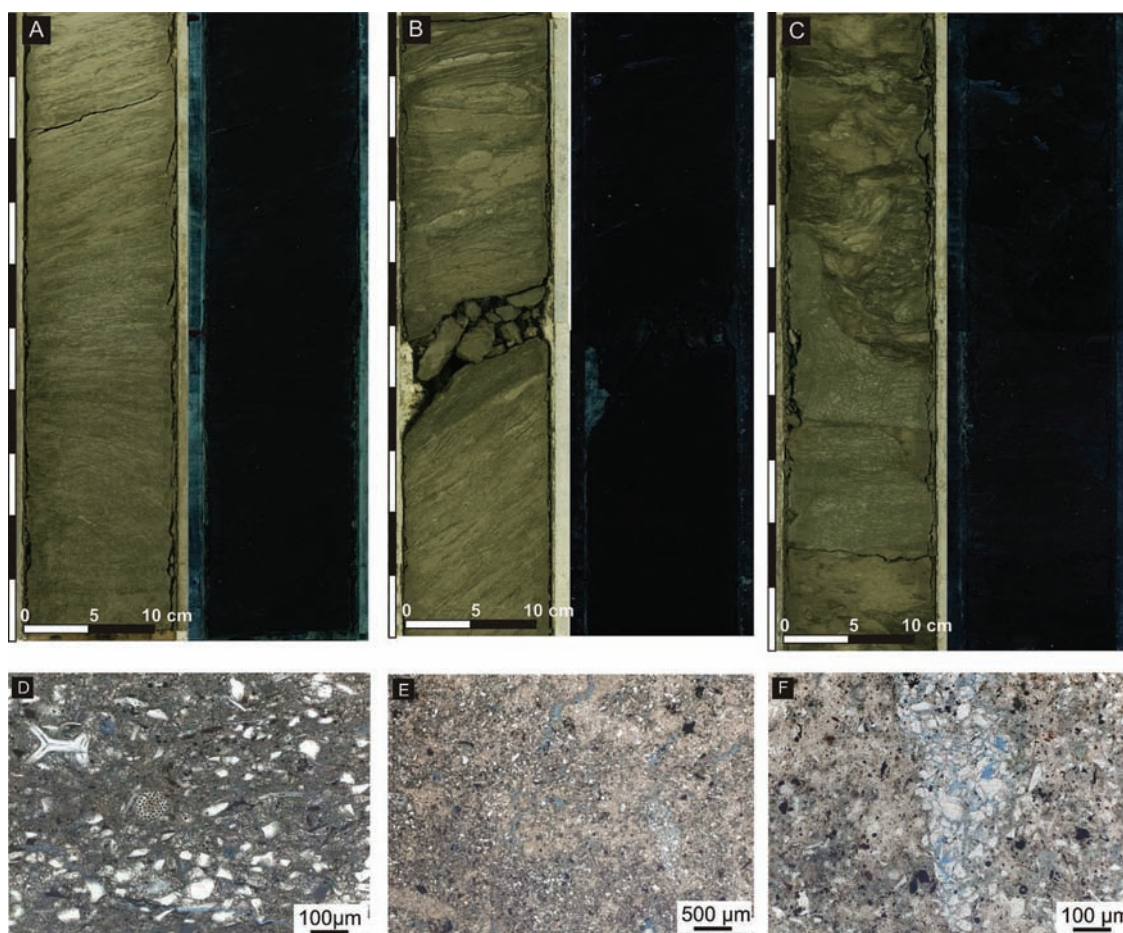


Figura 8 Fácies lamosas em testemunho sob luz natural e ultra violeta e fotomicrografias sob luz natural (A) Fácies Lc. Observar a laminação convoluta com inversão gradual de mergulho, do lado direito da imagem na base, para o lado esquerdo no topo (B) Fácies Lb. Observar laminação convoluta no topo, bem como bioturbação indistinta na base. (C) Fácies Lb. Observar a presença de contatos irregulares na porção intermediária, provavelmente indicando colagem de blocos, além de traços de *Thalassinoides* na base. (D) Fácies Lc. Observar abundância de fragmentos de microfósseis (E) Fácies Lb. Observar o aspecto caótico, bem como porosidade causados pela bioturbação. (F) Fácies Lb. Observar escavação preenchida por areia muito fina.

silto-argilosa calcária, contendo fragmentos de microfósseis e conteúdo variável de areia muito fina, dispersa e concentrada em escavações. O conteúdo de argila varia entre 40 a 70%, e o de carbonatos, entre 15 a 30%, abrangendo siltitos argilosos e argilitos siltosos. A laminação primária é ausente, tendo sido completamente obliterada pela bioturbação. São registradas estruturas de alimentação e moradia, sendo identificados os icnogêneros *Thalassinoides*, *Planolites*, *Chondrites*, *Zoophycos*, *Rhizocorallium* e *Terebellina*. Os depósitos dessa fácies registram espessura de até 6 m, com contatos de base e topo irregulares, bem como superfícies internas de contornos também irregulares.

Interpretação: Depósitos de escorregamento ou *slump* de borda de plataforma ou flanco de *canyon*.

5.5 Propriedades de Reservatório

A relação entre os valores de porosidade e permeabilidade, obtidos a partir de ensaios petrofísicos em plugues de testemunho, observada em um gráfico (Figura 9), revela coerência entre as amostras no que concerne às suas propriedades de reservatório. As fácies podem ser agrupadas grosseiramente em reservatório (Am, Aid, Aia, Ae, H, Hb, Hd) e não reservatório (Ro, Rp, Al, Lc, Lb), embora ocorram exceções quando amostras de fácies não reservatório apresentam propriedades de reservatório. As fácies reservatório possuem ampla variação quanto à qualidade.

Na ponta inferior do espectro, as fácies cimentadas Ro e Rp possuem porosidades inferiores a 10% e permeabilidades inferiores a 1 md, o que

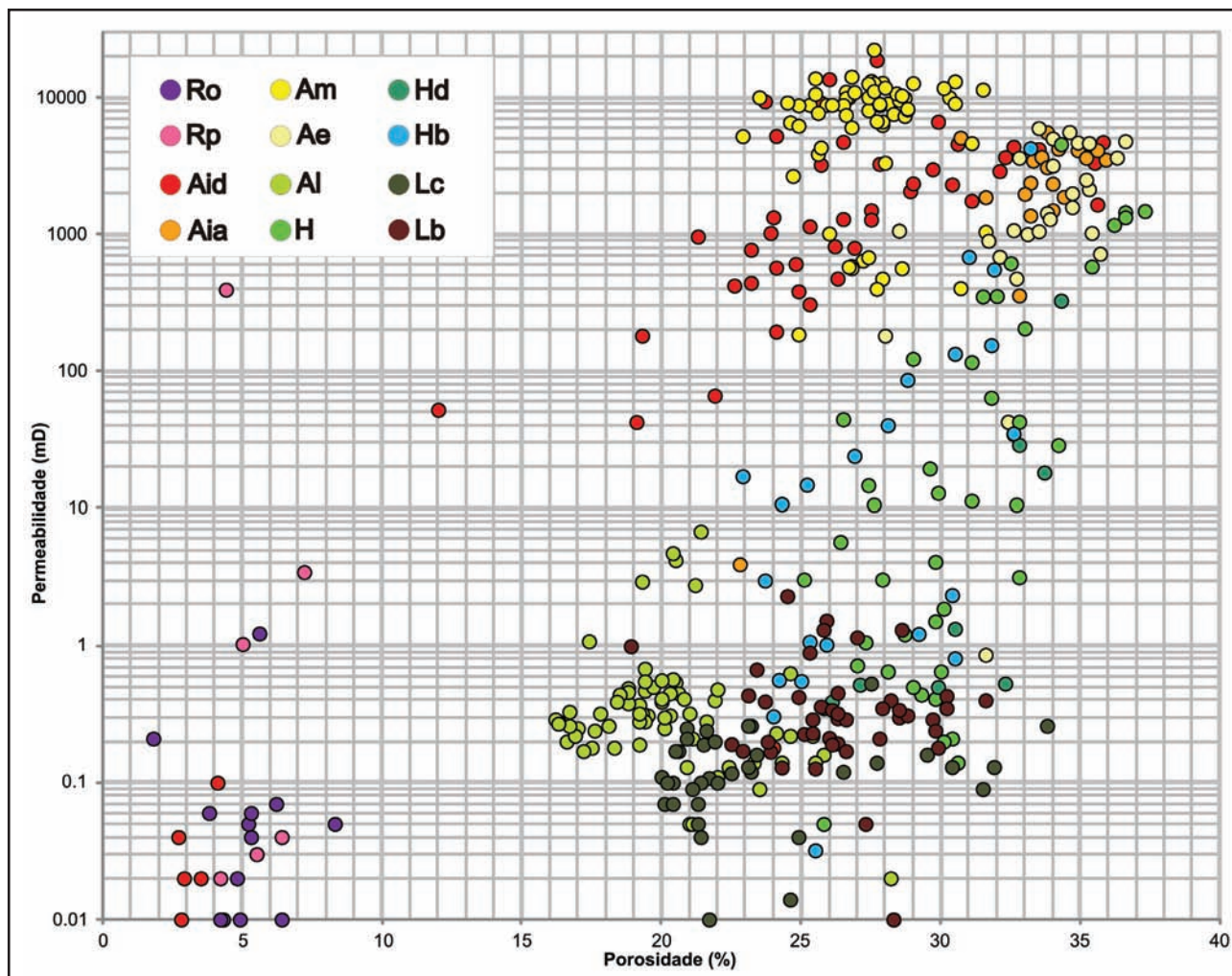


Figura 9 Gráfico de porosidade e permeabilidade das fácies descritas em testemunho, revelando que fácies podem ser agrupadas em não reservatório e reservatório, estas com ampla variação quanto sua qualidade.

faz delas rochas não reservatório. A fácies Aid também apresenta alguns valores nessa mesma faixa, porém somente quando a amostra corresponde a um intraclasto cimentado, característico da fácies. A maior parte dos ensaios da fácies Aid tem um razoável potencial de reservatório, ligeiramente prejudicado pela pobre seleção granulométrica, possuindo porosidades entre 20% e 36% e variação de permeabilidade de centenas de mD até poucos darcy, raramente dezenas de darcy.

A fácies Am, com seu grau de seleção relativamente alto, representa o melhor reservatório de todas as fácies descritas, possuindo uma faixa de porosidade relativamente estreita, entre 23% e 32% e permeabilidades de multidarcy chegando a dezenas de darcy, com apenas algumas amostras inferiores a 1 d. As fácies Aia e Ae, não por

acaso, além da similaridade sedimentológica, possuem características permoporosas similares, com as porosidades mais altas entre os intervalos analisados, de 32% a 37%, porém permeabilidades comparativamente mais baixas, variando de 1 d a alguns darcy. As fácies H, Hb e Hd, devido a sua natureza heterolítica, apresentam uma ampla distribuição de porosidades, entre 23% e 37%, e permeabilidades, variando de menos de 1 mD até pouco mais de 1 d, dependente de a amostra estar localizada na camada de areia ou na camada de lama. Apesar da porosidade relativamente alta das fácies heterolíticas, as camadas de lamito causam baixa transmissividade e permeabilidade. As areias das fácies heterolíticas apresentam permeabilidades muito superiores aos lamitos, porém devido a granulometria fina a muito fina, sua permeabilidade é baixa comparada a outras fácies arenosas. Este fato somado a baixa permeabilidade vertical resultante

das delgadas e descontínuas camadas de areia, faz das fácies H, Hb e Hd reservatórios medíocres.

As fácies não reservatório Al, Lc e Lb apresentam permeabilidades ínfimas, abaixo de 2 md e chegando a 0,01 md. Os valores de porosidade da fácies Al se concentram em torno de 16% e 22%, já a composição predominantemente lamosa das fácies Lc e Lb faz com que elas apresentem valores de porosidade um pouco mais elevados, variando de 20% a 31%. Não obstante, a porosidade das fácies Al, Lc e Lb possui baixa transmissividade devido à argilosidade, o que é refletido nas permeabilidades baixíssimas observadas.

6 Conclusão

Foram reconhecidas doze litofácies, caracterizadas por seus atributos descritivos em escala macroscópica e levando em consideração atributos microscópicos verificados em lâminas petrográficas. As fácies foram denominadas segundo seus aspectos texturais e estruturas sedimentares, evitando-se assim a utilização de esquemas faciológicos existentes que sugerissem uma interpretação *a priori*. Dessa forma, foram reconhecidas duas fácies rudíticas; cinco fácies arenosas, sendo uma delas areno-lamosa; duas fácies lamosas, e três fácies heterolíticas. As interpretações dessas fácies revelaram a existência de interação entre processos sedimentares tão diversos quanto fluxos de detritos, fluxos turbulentos, correntes de fundo e escorregamentos. A análise dos ensaios de porosidade e permeabilidade permitiu classificar as fácies em reservatório e não reservatório. As fácies não reservatório correspondem a conglomerados rodolíticos cimentados e depósitos de transporte de massa lamosos e areno-lamosos. As demais fácies, arenosas e heterolíticas, são consideradas reservatório, embora possuam ampla variação quanto a sua qualidade.

Aventais de transporte de massa são ubíquos nas sucessões analisadas e devem ser levados em consideração na caracterização de reservatórios de águas profundas. Caso contrário, as grandes espessuras desses elementos podem resultar na superestimativa dos volumes iniciais de hidrocarbonetos contidos em um reservatório. Entretanto, apesar do alto impacto volumétrico, quando estes elementos ocorrem intercalados com fácies reservatório, eles provavelmente não possuem continuidade lateral suficiente para impedir a comunicação hidráulica do reservatório.

As fácies conglomeráticas rodolíticas também são comuns nas sequências descritas, intercalando-se tipicamente com areias durante as fases iniciais de sedimentação. A existência destas fácies atesta a hipótese de Peres (1993) de exposição e incisão da plataforma durante os ciclos de rebaixamento do nível do mar, e também sugere que os sistemas de águas profundas tenham sido alimentados por fluxos submarinos hiperpicnais. As fácies rodolíticas, de porosidade quase nula, também degradam a capacidade de armazenamento de hidrocarbonetos em um reservatório, embora sua natureza irregular e descontínua não deva causar impacto na capacidade de comunicação hidráulica.

As fácies heterolíticas provavelmente são as que mais dão margem a discussões quanto a sua interpretação. Estas fácies, que ocorrem em associação com camadas um pouco mais espessas de areia fina estratificada, formam uma sucessão de fácies para qual é possível conceber duas interpretações de elementos arquiteturais, depósitos de intracanal e lençóis contorníticos. Segundo Shanmugam (2002), a ocorrência de intercamamento de areia e folhelho implica necessariamente em múltiplos episódios de sedimentação, ou seja, um para cada par de areia-folhelho.

A ocorrência de pacotes heterolíticos de dimensões métricas, conforme observado neste estudo, significaria centenas de episódios de sedimentação, durante os quais o poço onde eles ocorrem, estaria localizado em posição marginal aos canais. A posição estratigráfica desses depósitos em relação a sequência e a ausência de camadas espessas de areia correlatas sugerem que, em vez de uma mudança autocíclica como migração lateral do canal, eles representem uma modificação nos processos deposicionais atuantes. Ou seja, no final da sequência, durante a subida do nível do mar haveria interrupção ou diminuição no fornecimento de clásticos para o talude por fluxos gravitacionais episódicos, possibilitando o retrabalhamento por correntes de fundo com periodicidade sazonais ou de maior frequência. A intensa bioturbação associada a alguns depósitos heterolíticos, sugere que trata-se de retrabalhamento por correntes de fundo, e nas fases finais de preenchimento do espaço de acomodação.

7 Referências

- Amy, L. A.; Talling, P. J.; Peakall, J.; Wynn, R. B. & Arzola Thynne, R.G. 2005. Bed geometry used to test recognition criteria of turbidites and (sandy) debrites.

- Sedimentary Geology*, 179:163-174.
- Baas, J. H.; Van Kesteren, W. & Postma, G. 2004. Deposits of depletive high-density turbidity currents: a flume analogue of bed geometry, structure and texture. *Sedimentology*, 51:1053-1088.
- Bruhn, C. H. L.; Gomes, J. A. T.; Del Lucchese Jr., C. & Johann, P. R. S. 2003. Campos Basin: Reservoir characterization and management - Historical overview and future challenges. In: OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, 2003, Houston, 1992. *Anais*, Houston: OTC, p. 1-14.
- Cainelli, C. & Mohriak, W. U. 1999. Some remarks on the evolution of sedimentary basins along the eastern Brazilian continental margin. *Episodes*, 22(3):206-216.
- Candido, A. & Cora, C. A. G. 1992. The Marlim and Albacora giant fields, Campos Basin, offshore Brazil. In: *Giant oil and gas fields of the decade 1978-1988*, Tulsa, AAPG, p. 123-135. (AAPG Memoir, n.54).
- D'Ávila, R. S. F & Paim, P. S. G. 2003. Mecanismos de transporte e deposição de turbiditos. In: PAIM, P. S. G.; FACCINI, U. F. & NETTO, R. G. (ed.). *Geometria, arquitetura e heterogeneidade de corpos sedimentares: estudos de casos*, São Leopoldo, Unisinos, p. 93-121.
- Della Fávera, J. C. 2000. History of interpretation of deep-water sandstones in Brazil. In: APPI C. J. (eds.). *Deep-water sedimentation: technological challenges for the next millennium*, Rio de Janeiro, ABGP, p. 12-15.
- Evans D.; Stoker, M. S. & Cramp, A. 1998. Geological processes on continental margins: sedimentation, mass wasting and stability: an introduction. In: STOKER, M. S.; EVANS D. & CRAMP A. (eds.). *Geological processes on continental margins: sedimentation, mass wasting and stability*, London, Geological Society, p. 1-4. (Special Publication v.129)
- Faugères, J. C. & Stow, D. A. V. 1993. Bottom-current-controlled sedimentation: a synthesis of the contourite problem. In: STOW, D. A. V. & FAUGÈRES, J. C. (eds.). *Contourites and bottom currents*, p.287-297. (*Sedimentary Geology* v.82)
- Galloway, W. E. 1998. Siliciclastic slope and base-of-slope depositional systems: component facies, stratigraphic architecture, and classification. *AAPG Bulletin*, 82(4):569-595.
- Gani, M. R. 2004. From turbid to lucid: a straightforward approach to sediment gravity flows and their deposits. *The Sedimentary Record*, 2(3):4-8.
- Lowe, D. R. 1982. Sediment gravity flows II: depositional models with special reference to the deposits of high density turbidity currents. *Journal of Sedimentary Petrology*, 52:279-297.
- Machado, L. C. R.; Kowsmann, R. O.; Almeida Jr., W.; Murakami, C. Y.; Schreiner S.; Miller, D. J. & Piauilino, P. O. V. 2004. Geometria da porção proximal do sistema deposicional turbidítico moderno da Formação Carapebus, Bacia de Campos: modelo para heterogeneidades de reservatório. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 12:287-315.
- Milani, E. J. & Araújo, L. M. 2003. Recursos minerais energéticos: petróleo. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M. & GONÇALVES, J. H. (eds.). *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil*, Brasília, CPRM, p. 541-576.
- Mulder, T. & Cochonat, P. 1996. Classification of offshore mass movements. *Journal of Sedimentary Research*, 66:43-57.
- Mulder, T. & Alexander, J. 2001. The physical character of subaqueous sedimentary density flows and their deposits. *Sedimentology*, 48:269-299.
- Mutti, E.; Tinterri, R.; Remacha, E.; Mavilla, N.; Angella, S. & Fava, L. 1999. *An introduction to the analysis of ancient turbidite basins from an outcrop perspective*. Tulsa, AAPG, *AAPG Course Notes*, v.39, 93 p.
- Peres, W. E. 1993. Shelf-fed turbidite system model and its application to the Oligocene deposits of the Campos Basin, Brazil. *AAPG Bulletin*, 77(1):81-101.
- Pickering, K.; Stow, D.; Watson, M. & Hiscott, R. 1986. Deep-water facies, processes and models: a review and classification scheme for modern and ancient sediments. *Earth-Science Reviews*, 23:75-174.
- Posamentier, H. W. & Martinsen, O. 2011. The character and genesis of submarine mass-transport deposits: insights from outcrop and 3D seismic data. In: SHIP, R. C.; WEIMER, P. & POSAMENTIER, H. W. (eds.). *Mass-transport deposits in deepwater settings*, Tulsa, SEPM, p. 7-38. (Special Publication, v.96)
- Sanders, J. E. 1965. Primary sedimentary structures formed by turbidity currents and related re-sedimentation mechanisms. In: MIDDLETON, G. V. (ed.). *Primary sedimentary structures and their hydrodynamic interpretation*, Tulsa, SEPM, p. 192-219. (Special Publication v.12).
- Selley, R. C. 1970. *Ancient Sedimentary Environments: a brief survey*. London, Chapman & Hall, 237 p.
- Shanmugam, G. 1996. High-density turbidity currents: are they sandy debris flows? *Journal of Sedimentary Research*, 66:2-10.
- Shanmugam, G. 1997. The Bouma Sequence and the turbidite mind set. *Earth-Science Reviews*, 42:201-229.
- Shanmugam, G. 2000. 50 years of the turbidite paradigm (1950's-1990's): deep-water processes and facies models - a critical perspective. *Marine and Petroleum Geology*, 17:285-342.
- Stow, D. A. V.; Reading, H. G. & Collinson J. D. Deep seas. 1996. In: READING, H. G. (ed.). *Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy*, 3ª ed. Oxford, Blackwell, p. 395-453.
- Stow, D. A. V. & Mayall, M. 2000. Deep-water sedimentary systems: new models for the 21st century. *Marine and Petroleum Geology*, 17:125-135.
- Stow, D. A. V.; Faugères, J. C.; Howe, J. A.; Pudsey, C. J. & Viana, A. R. 2002. Bottom currents, contourites and deep-sea sediment drifts: current state-of-the-art. In: STOW, D. A. V.; PUDSEY, C. J.; HOWE, J. A.; FAUGÈRES, J. C. & VIANA, A. R. (eds.). *Deep-water contourite systems: modern drifts and ancient series, seismic and sedimentary characteristics*, London Geological Society, p. 7-20. (Memoirs, v.22).
- Winter, W. R.; Jahnert, R. J. & França, A. B. 2007. Bacia de Campos. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15(2):511-529.