

FÁCIES SEDIMENTARES GRAVITACIONAIS E DEFORMACIONAIS DA FORMAÇÃO MARACANGALHA EM AFLORAMENTO E SUA IMPORTÂNCIA NA EXPLORAÇÃO DA BACIA DO RECÔNCAVO

Gabriel Soares GUERRA¹ & Leonardo BORGHI²

¹ Shell Brasil Ltda.

Praia de Botafogo, 440/19.º andar, 22250-040 Rio de Janeiro, RJ (gabriel.guerra@shell.com.br)

² Departamento de Geologia, IGeo, CCMN, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

21949-900 Rio de Janeiro, RJ (lborghi@ufrj.br)

Resumo – A Formação Maracangalha (bacia do Recôncavo, Eocretáceo) apresenta uma série de fácies gravitacionais e deformacionais (camadas Caruaçu e Membro Pitanga), que se constituem em reservatórios de gás no sistema petrolífero Candeias–Maracangalha(!). Descrevem-se 10 fácies sedimentares dessa natureza na formação – dentre elas, 3 definidas por Mutti (*Turbidite sandstones*, 1992) e 2 por Mutti *et alii* (*Estr. Mem. Sci. Geol.*, **28**, 1996) – organizadas em associações de fácies de “rampa” e “plataforma–talude”. A associação de fácies de rampa subdivide-se em tratos de fácies de “turbiditos” e “inunditos”, enquanto que a associação de plataforma–talude subdivide-se nos tratos “arenáceo” e “heterolítico”. O paleoambiente deposicional proposto envolve deltas lacustres dominados por inundações fluviais que evoluem de uma morfologia em rampa para plataforma e talude. Sugerem-se feições de perfis elétricos e de sismofácies para as associações de fácies.

Palavras-chave: bacia do Recôncavo; Formação Maracangalha; Membro Caruaçu; Membro Pitanga; Cretáceo

Abstract – The Maracangalha Formation (Recôncavo Basin, Early Cretaceous) shows gravitational and deformational facies (Caruaçu beds and Pitanga Member), which constitute gas reservoirs in the Candeias–Maracangalha(!) petroleum system. Ten sedimentary facies of this nature were described in this formation – 3 previously defined by Mutti (*Turbidite sandstones*, 1992), and 2 by Mutti *et alii* (*Estr. Mem. Sci. Geol.*, **28**, 1996) – which were organized in “ramp” and “shelf–slope” facies associations. The ramp facies association divides itself in “turbidite” and “inundite” facies tracts, and the shelf–slope facies association is divided into “sandy” and “heterolithic”. The proposed depositional paleoenvironment involves lacustrine deltas dominated by river flooding, which evolves from a ramp morphology to a shelf and slope one. Electrical logs and seismofacies patterns are suggested for the facies associations.

Keywords: Recôncavo Basin; Maracangalha Formation; Caruaçu Member; Pitanga Member; Cretaceous

1. Introdução

A bacia do Recôncavo, localizada no Estado da Bahia, é classificada como um aulacógeno cuja origem é associada à abertura do oceano Atlântico Sul durante o Cretáceo. Nela, a Formação Maracangalha (Eocretáceo) é contêm os arenitos Pitanga e os folhelhos Maracangalha, antigos integrantes da Formação Candeias do Grupo Santo Amaro, e as camadas Caruaçu, arenitos anteriormente pertencentes à Formação Marfim do Grupo Ilhas (Caixeta *et alii*, 1994). A formação faz parte do grupo dos reservatórios da fase rifte e tem como principal modelo de migração e acumulação armadilhas de inversão estrutural geradas por falhas de crescimento e estruturas de *rollover*. Segundo Figueiredo *et alii* (1994), a Formação Maracangalha contém a principal acumulação de gás não-associado da bacia, apresentando 5,2 bilhões m³ (183,6 bcf) o que representa 35% do volume total de gás da bacia, participando do sistema petrolífero Candeias–Maracangalha(!).

Sob a ótica de estudos facirológicos, Mello *et alii* (1971) realizaram um estudo integrado dos, então, Membro Pitanga e camadas Caruaçu, dividindo o primeiro em 3 fácies e o segundo em 12 fácies sedimentares. Destas fácies, foram estabelecidas 3 associações de fácies, denominadas de (i) “associação de planície deltáica”, (ii) “associação de escorregamento da parte superior das calhas da frente deltáica” e (iii) “associação de sedimentos resultantes de fluxo granular e de lama, da parte inferior das calhas da frente deltáica”. Definiu-se então o paleoambiente como deltáico.

As camadas Caruaçu e o Membro Pitanga e foram estudados por Caixeta (1988) dentro do âmbito do campo de Jacuípe. Tais unidades foram divididos em 6 fácies sedimentares, que foram agrupadas em 5 “Unidades Faciológicas” (associações de fácies). Estas associações de fácies representam, em termos paleoambientais, os sub-ambientes de (i) frente deltaica *in situ*, (ii) frentes deltaicas remobilizadas por deslizamentos e escorregamentos, (iii) turbiditos canalizados, (iii) turbiditos em lobos e (iv) depósitos de fluxos-de-detritos.

Rodrigues (1988, *apud* Raja Gabaglia, 1990) estudou os sedimentos das camadas Caruaçu e do Membro Pitanga no âmbito do campo de Miranga Profundo e, inspirado nos modelos de turbiditos de R.G. Walker, interpretou-os como originados por complexos de canal–dique marginal em posição proximal e mediana, respectivamente, cortados por vários canais migrantes em um leque sublacustrino. Todo o conjunto caracterizaria um sistema de leque progredante, onde as fácies proximais (camadas Caruaçu) superpor-se-iam às fácies medianas (Membro Pitanga).

Raja Gabaglia (1990) aborda os sedimentos das camadas Caruaçu e do Membro Pitanga e sob o enfoque de sismos como mecanismos deformadores e disparadores dos fluxos gravitacionais. Para tanto, a formação foi dividida em 3 grupos de fácies: (i) fácies deposicionais de origem indefinida, onde o caráter deformativo ou de ausência de estruturas acentuam a dificuldade de estabelecimento de sua origem, se deposicional ou sismogênica; (ii) fácies deposicionais sismogênicas, para as quais se pode aventar, com certa segurança a possibilidade de origem sismogênica direta ou indireta; e (iii) fácies deposicionais *stricto sensu*, onde os caracteres deposicionais estão integralmente preservados.

2. Objetivo, finalidade e material de estudo

O objetivo deste trabalho é o de caracterizar e reanalisar as fácies gravitacionais e deformacionais da Formação Maracangalha (camadas Caruaçu e Membro Pitanga), que permitam contribuir para a discussão de modelos deposicionais que auxiliem as atividades exploratórias de seus reservatórios de gás associados.

Foram descritos faciologicamente em atividade de campo 7 afloramentos em localidades nas ilhas de Itaparica (praia de Bom Despacho), dos Frades e de Maré, na baía de Todos os Santos; além da localidade de Ponta da Sapoca e proximidades do terminal de Madre de Deus, na Cidade de Salvador.

3. Fácies sedimentares

Foram identificadas 10 fácies sedimentares e 6 subfácies, cuja diagnose e interpretação são sumarizados na Tabela 1.

A fácies F5 (Estampa I, Figura 1) apresenta-se frequentemente em camadas de porte médio, lenticulares, com base irregular erosiva, incorporando intraclastos. No trato de fácies turbidíticas de Mutti (1992), ao qual pertence, ocupa uma posição mais proximal do que as fácies F8 e F9, as quais lhe derivam por transformações de fluxo, sucessivamente. A fácies F8 (Estampa I, Figura 2) apresenta-se em camadas tabulares de porte pequeno com base plana erosiva. Camadas da fácies F9 (Estampa I, Figura 2), semelhantes às da F8, tratam da clássica Sequência de Bouma de turbiditos, na qual há abundância de detritos vegetais (cutículas e pequenos lenhos carbonificados). O afloramento da praia de Bom Despacho apresenta a melhor exposição dessas fácies, onde ainda septárias podem ocorrer associados às fácies F5 e F8 como clastos

A fácies 5 (Estampa I, figuras 2–4) ocorre em conjuntos de camadas tabulares de porte médio a grande com base plana a ondulada, levemente erosiva. Distintamente da fácies F9, com a qual se assemelha, não mostra clara gradação granulométrica nem seqüenciamento próprio de estruturas. Algumas das laminações cruzadas da fácies 5, cavalgantes, apresentam convexidades e ângulos baixos de repouso das lâminas frontais, o que sugere a ação de ondas. A fácies 6 (Estampa I, Figura 4), derivada dela em posição distal, trata de um expressivo intervalo T_c de Bouma,

assemelhando-se à fácies F9 *pro parte*. Ambas estas fácies resultam de inundações fluviais, via fluxo hiperpicnal, pertencendo ao modelo deposicional de inunditos de Mutti *et alii* (1996). Ocorrem tipicamente na praia de Bom Despacho e na Ponta da Sapoca.

Nos afloramentos das ilhas dos Frades e de Maré, podem se observar as melhores exposições das fácies Ad, O, Am e Ae. As fácies Ad e Am ocorrem em litossomas pouco definidos em afloramento e retratam um *continuum* de situações de deformações dúcteis (Estampa I, Figura 5) e rúpteis (Estampa I, Figura 6) de camadas originalmente organizadas de arenitos e heterolíticas (arenito/lutito) evoluindo para a completa homogenização do depósito em fluxos gravitacionais do tipo fluxo-de-detritos (Estampa I, Figura 7). Grandes volumes destas fácies, principalmente da Am, constituem olistostromas. A fácies O (Estampa I, Figura 8) representa litossomas volumosos de camadas organizadas preservadas pouco deformadas, imersas nas fácies Am ou Ad, os quais são olistólitos. A fácies Am ainda pode ocorrer em camadas tabulares a lenticulares, com base irregular erosiva, amalgamadas; neste contexto, a fácies Ae é sua variante, apresentando escape de fluidos. Todavia, os processos que resultam na fácies Ae (Estampa I, Figura 9) envolvem fluxos mais plásticos, ricos em água. Todas essas fácies contém freqüentes a abundantes detritos vegetais, principalmente lenhos carbonificados.

Apenas a fácies Lp (Estampa I, Figura 10) não tem gênese relacionada a processos gravitacionais ou deformacionais, reelecionando-se à sedimentação de *background* lacustre. Esta foi observada muito pouco freqüente em relação às fácies congêneres de grã muito fina (fácies F9 e 6) nos afloramentos estudados, na maior parte das vezes presente como camadas de porte muito pequeno (mm). Apresenta distintamente cor escura. Os afloramentos da praia de Bom Despacho e da Ponta da Sapoca contém exposições dessas fácies.

Tabela 1 – Fácies sedimentares identificadas nos afloramentos estudados.

Fácies	Diagnose	Interpretação
Mutti (1992)	F5 Arenito médio, maciço.	Decantação súbita (<i>en masse</i>) a partir de um fluxo turbidítico de densidade alta.
	F8 Arenito fino a muito fino, maciço.	Decantação a partir de um fluxo turbidítico de densidade alta.
	F9 Arenito fino a siltito, gradado, com laminações plano-paralelas e cruzadas de pequeno porte (Bouma: T _{b-c} , T _{c-e} , T _{d-e}).	Fluxo turbidítico de densidade baixa.
Mutti et alii (1996)	5 Arenito fino a muito fino (subordinadamente siltito), com laminação cruzada cavalgante [subfácies 5(T _c)] ou laminação plano-paralela [subfácies 5(T _d)].	Tração e decantação por um fluxo turbulento (hiperpicnal) de densidade baixa.
	6 Lutito maciço ou laminado de cor cinza ou acastanhada clara.	Decantação a partir de um fluxo turbulento (hiperpicnal) de baixa densidade, <i>quasi</i> -estático.
Ad	Arenito muito fino a fino, com estruturas deformacionais (d) tais como laminação convoluta [subfácies Ad(d)] ou falhas sinsedimentares [subfácies Ad(r)]. Pode conter até pequenos matacões de rocha sedimentar intraformacional.	Escorregamento (<i>slump</i>) ou solifluxão (<i>creep</i>), com caráter dúctil [(d)] ou rúptil [(r)].
O	Grandes matacões (decamétricos) de rocha sedimentar intraformacional.	Deslizamento (<i>slide</i>). Olistólito (O).
Am	Arenito muito fino [subfácies Am(a)], maciço, por vezes silto-argiloso [subfácies Am(h)]. Pode conter até pequenos matacões (métrico) de rocha sedimentar intraformacional.	Fluxo-de-detritos do tipo <i>sand debris</i> .
Ae	Arenito muito fino, síltico, maciço e com estruturas de escape (e) de fluido (estrutura-em-prato e estrutura-em-pilar).	Fluxo liquefeito / fluidizado
Lp	Argilito ou folhelho argiloso de cor escura. Pode apresentar-se deformado (laminação convoluta, dobras, planos de laminação encerrados <i>etc.</i>)	Decantação de sedimentos pelágicos (p)

4. Associações de fácies e modelo deposicional exploratório

4.1 Associação de fácies do tipo “rampa”

Esta associação de fácies é composta pelas fácies F5, F8 e F9 e fácies 5(T_c), organizada em 2 tratos (sucessões laterais) de fácies, conforme a Figura 11. Sua interpretação paleoambiental é a de frentes deltaicas progradantes em um lago de rifte (paleolago Maracangalha) com uma geomorfologia de fundo em rampa; isto é, não existindo a diferenciação brusca entre uma “plataforma” e “talude” tectônicos.

O primeiro trato, denominado de trato de turbiditos, é composto pelas fácies F5, F8 e F9 e representa parte do modelo de fácies descrito por Mutti (1992) e Mutti *et alii* (1999). O segundo, denominado de trato de inunditos, contém apenas as fácies 5 e 6 de Mutti *et alii* (1996); porém interpreta-se para este trato uma derivação das fácies de 1 a 4, não observadas nos afloramentos estudados, mas possivelmente identificadas pela literatura (*e.g.*, fácies χ e ω de Melo *et*

alii, 1971). O aporte significativo de sedimentos via inundações fluviais, sobretudo de finos da fácies 6 parece ocorrer em contexto de água rasa, apesar desta constituir o caráter “distal” do modelo juntamente com a fácies 5. A instabilização superficial e momentânea da frente deltaica construída por inundações dá origem ao trato de turbiditos. Essa instabilização pode ocorrer por ação puramente gravitacional, induzida pelo aumento brusco de sobrecarga de sedimentos aportados através das inundações. São turbiditos de “franjas” ou frente deltaica.

Esta associação de fácies é típica das camadas Caruaçu e pode apresentar padrão do tipo funil (sino invertido) nas curvas de Raios-Gama (GR) e potencial espontâneo (SP), refletindo um padrão de granocrescência ascendente, típico de seqüências deltaicas. Em termos sismoestratigráficos, esperar-se-iam sismo fácies organizadas tais como paralelas ou oblíquas.

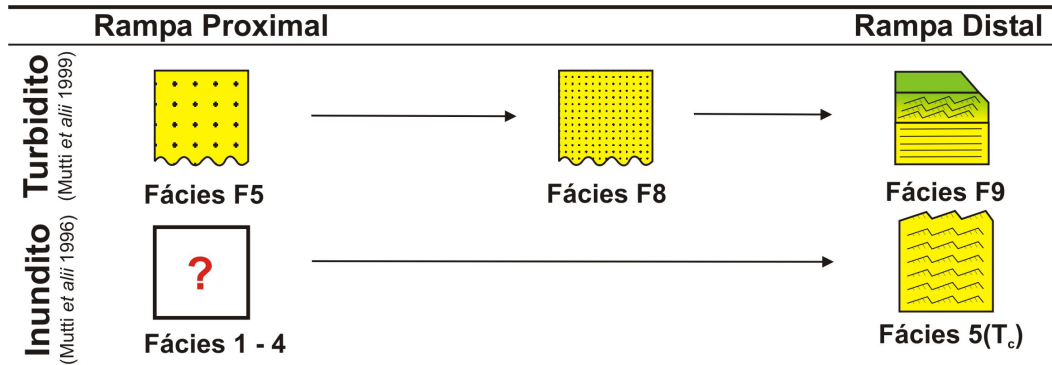


Figura 11 – Trato de fácies do tipo “rampa”, típico das camadas Caruaçu.

3.2 Associação de fácies do tipo “plataforma–talude”

Esta associação é composta pelas fácies Am, O, Ad, Ae, F8, 5 e 6, organizada conforme dois tratos apresentados na Figura 12. Reflete um cenário tectônico mais avançado no desenvolvimento de deltas prográdantes no paleolago Maracangalha, no momento em que a bacia apresenta uma geomorfologia de fundo mais complexa que a de uma rampa, compondo um sistema “plataforma–talude”. Essa mudança na configuração dar-se-ia pelo desenvolvimento da planície e da frente deltaica preferencialmente na plataforma (região proximal), enquanto que, no talude (região distal), desenvolver-se-iam frentes deltaicas e prodeltas. A subdivisão em tratos “arenáceo” e “heterolítico” obedece à característica petrográfica mais e ou menos argilosa dos arenitos desorganizados (fácies Ad e Am), resultante da natureza da fonte imediata dos sedimentos, oriundos da planície e frente deltaicas. A presença de argila (matriz) nas areias condiciona a evolução dos processos gravitacionais e, sobretudo, a eficiência de fluxos turbidíticos (cf. Mutti, 1992).

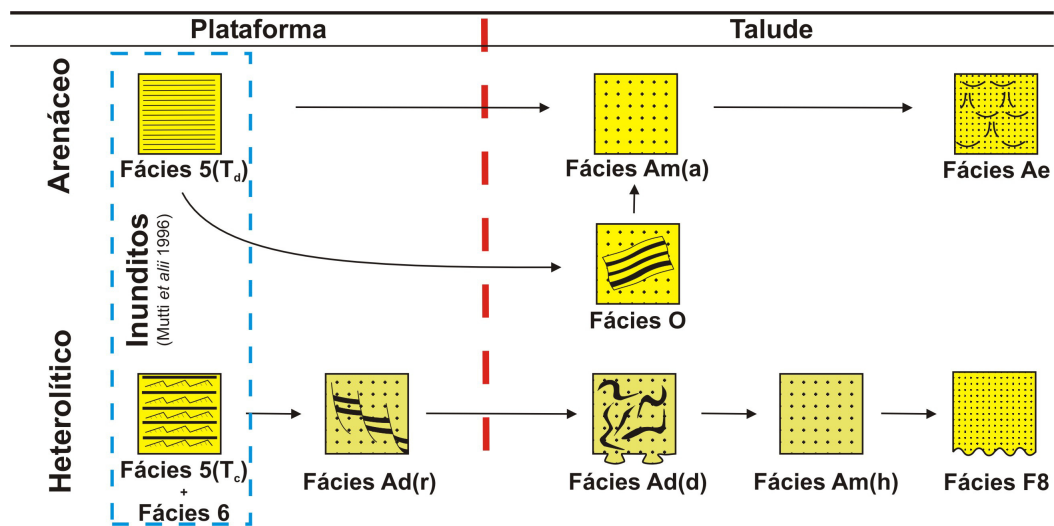


Figura 3 – Trato de fácies do tipo “plataforma–talude”, típico do Membro Pitanga.

O primeiro trato, arenáceo, é composto pelas fácies 5(T_a), O, Am(a) e Ae, e representa uma associação genética de fácies com uma fonte no delta essencialmente arenácea na frente deltaica, possivelmente uma barra de desembocadura de um canal principal ou distributário. O segundo trato, heterolítico é composto pelas fácies 5(T_c), 6, Ad(r), Ad(d), Am(h) e F8, e representa fácies com origem em uma fonte heterolítica, ou seja, uma região com um maior aporte de sedimentos finos, possivelmente uma região de baía interdistributária.

Esta associação de fácies é típica do Membro Pitanga e pode apresentar padrão do tipo caixote ou serrilhado nas curvas de Raios-Gama (GR) e potencial espontâneo (SP), refletindo um padrão textural complexo. Em termos sismoestratigráficos, esperar-se-iam sismo fácies desorganizadas tais como caótica e *hummocky*.

5. Conclusão

O modelo deposicional apresentado levanta questionamentos sobre o contexto deposicional de águas lacustres profundas para muitas das fácies observadas, além do caráter de homogenitos sísmicos de muitas das fácies deformacionais. Sugere que a inundação fluvial e o excesso de carga de sedimentos acumulados em frente deltaica, instabilizados pela declividade de um talude – somado ou não a abalos sísmicos – tenha contribuído efetivamente para a acumulação dos arenitos que se constituem nas potenciais rochas-reservatório da Formação Maracangalha.

6. Agradecimentos

Os autores expressam seus agradecimentos à Agência Nacional do Petróleo (ANP), pelo apoio ao estudo através de seu Programa de Recursos Humanos em Geologia do Petróleo da UFRJ (PRH-ANP-18).

7. Referências bibliográficas

- CAIXETA, J.M. 1988. *Estudo faciológico e características de reservatório dos arenitos produtores de gás do Campo de Jacuípe (Cretáceo inferior) Bacia do Recôncavo-Brasil*. Ouro Preto, UFOP, 300p. (Dissertação de Mestrado)
- CAIXETA, J.M.; BUENO, G.V.; MAGNAVITA, L.P.; FEIJÓ, F.J. 1994. Bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá. *Bol. Geoci. PETROBRAS*, Rio de Janeiro, **8**:163–172.
- FIGUEIREDO, A.M.F.; BRAGA, J.A.E.; ZABALAGA, J.C.; OLIVEIRA, J.J.; AGUIAR, G.A.; SILVA, O.B.; MATO, L.F.; DANIEL, L.M.F.; MAGNAVITA, L.P.; BRUHN, C.H.L. 1994. Recôncavo Basin, Brazil: a prolific intracontinental rift basin. In: S.M. Landon (ed.) *Interior Rift Basins*. Tulsa, AAPG, p.157-203. (Memoir 59)
- GUERRA, G.S. 2002. *Fácies sedimentares dos membros Pitanga e Caruaçu da Formação Maracangalha (Cretáceo), bacia do Recôncavo*. Rio de Janeiro, IGeo/UFRJ, 72p. (Monografia de Graduação)
- MELLO, U.; DELLA FÁVERA, J.C.; KLEING, G.D. 1971. Processos gravitacionais subaquosos e rochas sedimentares na parte frontal de um delta cretáceo. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 25, São Paulo, *Anais*, **3**:159-177.
- MUTTI, E. 1992. *Turbidite sandstones*. Parma, Istituto de Geologia, Università di Parma, AGIP, 225p.
- MUTTI, E.; DAVOLI, G.; TINTERRI, R.; ZAVALA, C. 1996. The importance of ancient fluvio-deltaic systems dominated by catastrophic flooding in tectonically active basins. *Estratto da Memorie di Scienze Geologiche*, Padova, **48**:233-291.
- MUTTI, E.; TINTERRI, R.; REMACHA, E.; MAVILLA, N.; ANGELLA, S.; FAVA, L. 1999. *An introduction to the analysis of ancient turbidite basin from an outcrop perspective*. Tulsa, AAPG, 61p. + figs. (Continuing Education Course Note Series, 39)
- RAJA GABAGLIA, G.P. 1990. *Paleossismicidade e sedimentação – contribuição à geologia do compartimento Sul da bacia do Recôncavo – BA*. Rio de Janeiro, IGeo/UFRJ, 108p. (Dissertação de Mestrado)

Estampa I

Figura 1 – Fácies F5, praia de Bom Despacho, ilha de Itaparica. Observar a base irregular erosiva. / Figura 2 – Fácies F8, F9 e 5, praia de Bom Despacho, ilha de Itaparica. Observar o porte e a tabularidade das camadas de arenito. / Figura 3 – Fácies 5, praia de Bom Despacho, ilha de Itaparica. / Figura 4 – Fácies 5 e 6, Ponta da Sapoca, Salvador. / Figura 5 – Fácies Ad(d), ilha de Maré. Observar as laminações convolutas. / Figura 6 – Fácies Ad(r), ilha de Maré. Observar as microfalhas sinsedimentares. / Figura 7 – Fácies Am, ilha de Maré. Observar o bloco de arenito/lutito intraformacional, reminescente em uma “matriz” de arenito maciço. / Figura 8 – Fácies O, ilha de Maré. Observar o olistólito. / Figura 9 – Fácies Ae, ilha dos Frades. Observar as estruturas-em-pilar, deformadas. / Figura 10 – Fácies Lp, praia de Bom Despacho, ilha de Itaparica.

ESTAMPA I



Fig. 1

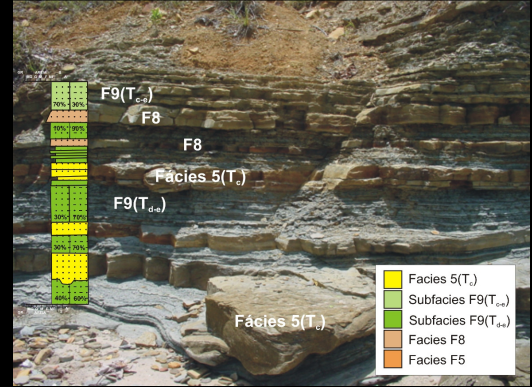


Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4



Fig. 5

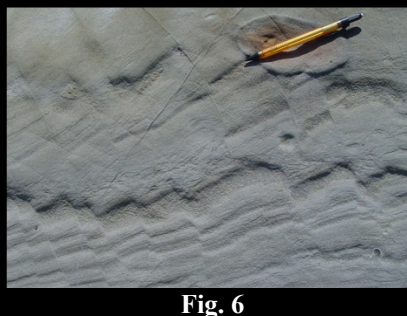


Fig. 6



Fig. 8



Fig. 7



Fig. 9



Fig. 10