MODELO DE PREENCHIMENTO DE VALES INCISOS POR ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES ESTUARINAS, FORMAÇÃO RIO BONITO NO NORTE DO ESTADO DO PARANÁ

ANGÉLICA A. ZACHARIAS¹ & MARIO LUIS ASSINE²

Abstract *FACIES ASSOCIATIONS OF AN ESTUARINE INCISED-VALLEY FILL, EARLY PERMIAN RIO BONITO FORMATION OF THE PARANA BASIN, BRAZIL* The Rio Bonito Formation is the lowermost unit of the Guatá Group, Early Permian of the Paraná Basin. It comprises from bottom to top, the Triunfo, Paraguaçu and Siderópolis Members. In the State of Paraná, the thickness of the Rio Bonito Formation decreases northwards, mainly because of the thinning and wedging out of the Triunfo Member, which disappears in the south of the State of São Paulo. The thickness and facies variations in the Rio Bonito Formation in the northeast of the State of Paraná was the main focus in the present work because of good outcrops, and the existence of important coal beds. Vertical stratigraphic profiles, stratigraphic sections, paleocurrent data and sedimentary facies were analysed, and five facies associations were characterized in the study area. The thickness variation of the Rio Bonito Formation in the northeast of the State of Paraná resulted from sedimentation on an irregular depositional surface. Due to the existence of paleovalleys, bipolar paleocurrents towards the north and south and sedimentary structures produced by tide currents, the lower portion of the Rio Bonito Formation was interpreted as a product of incised-valleys filled-up by estuarine facies associations. The lower alluvial and tidal channels deposits (facies associations 1 and 2, Triunfo Member) are overlain by mudstones, coal beds and sandstones of tidal-channels from the innermost portion of the estuary (facies association 3), and by coastal to marine systems facies (facies association 4). Facies associations 3 and 4 correspond to the Paraguaçu Member. This vertical stratigraphic succession is interpreted as an estuary dominated by tides and waves. A valley fill facies model was proposed to explain this transgressive depositional systems tract. Regressive coastal sandstones of the facies association 5 (Siderópolis Member) occur discontinuously at the upper portion of the Rio Bonito Formation.

Keywords: estuarine sedimentation, incised-valley, Rio Bonito Formation, Permian, Paraná Basin.

Resumo A Formação Rio Bonito é a unidade inferior do Grupo Guatá, Eopermiano da Bacia do Paraná. Compreende, da base para o topo, os membros Triunfo, Paraguaçu e Siderópolis. A espessura da Formação Rio Bonito diminui para norte no Estado do Paraná, principalmente em consequência do acunhamento do Membro Triunfo, que desaparece no sul do Estado de São Paulo. Para investigar estas variações de espessura e de fácies na Formação Rio Bonito, foi escolhida uma área no nordeste do Estado do Paraná onde a unidade apresenta bons afloramentos, além de existirem importantes ocorrências de carvão. Perfis estratigráficos verticais foram levantados, seções estratigráficas confeccionadas, dados de paleocorrentes levantados e associações de fácies sedimentares caracterizadas, com o objetivo de interpretar os paleoambientes de sedimentação. Cinco associações de fácies foram caracterizadas, permitindo constatar que a parte inferior da Formação Rio Bonito no nordeste do Estado do Paraná apresenta espessuras variáveis por ser o produto de preenchimento sedimentar sobre superfície deposicional irregular. Devido à existência de paleovales na superfície do topo do Grupo Itararé, de estruturas sedimentares produzidas por correntes de maré e de paleocorrentes bipolares para norte e sul, a parte inferior da Formação Rio Bonito foi interpretada como produto de preenchimento de vales incisos por associações de fácies estuarinas. Depósitos aluviais e de canais de maré (associações de fácies 1 e 2, Membro Triunfo) são sobrepostos retrogradacionalmente por arenitos de canais de maré por lamitos e carvões da zona central do estuário (associação de fácies 3), e por fácies de sistemas costeiros e marinhos (associação de fácies 4). As associações de fácies 3 e 4 compõem o Membro Paraguaçu. Esta sucessão estratigráfica foi interpretada como resultado do preenchimento de um estuário misto, dominado por marés e ondas, em contexto de trato de sistemas transgressivo. Para o preenchimento do estuário foi proposto um modelo de fácies. Arenitos costeiros regressivos da associação de fácies 5, classificados como Membro Siderópolis, ocorrem descontinuamente na parte superior da Formação Rio Bonito.

Palavras-chave: sedimentação estuarina, vales incisos, Formação Rio Bonito, Permiano, Bacia do Paraná.

INTRODUÇÃO A Formação Rio Bonito compõe a seção inferior do Grupo Guatá da Bacia do Paraná, que sobrepõe diretamente as seqüências glaciais do Grupo Itararé. Por conter expressivas jazidas de carvão distribuídas irregularmente nos estados do Rio Grande do Sul, de Santa Catarina e do Paraná, depósitos de urânio no Estado do Paraná (Figueira), e rochas-reservatório com boas características de porosidade e permeabilidade, a Formação Rio Bo-

nito é, em termos econômicos, uma das unidades estratigráficas mais importantes da bacia.

De idade Eopermiana (Daemon & Quadros 1970), a Formação Rio Bonito é composta predominantemente por arenitos, siltitos, folhelhos e, subordinadamente, por camadas de carvão e calcário (Schneider *et al.* 1974). A subdivisão tripartite em membros Triunfo (base), Paraguaçu e Siderópolis (topo), proposta para a seção

1 - UNESP - Universidade Estadual Paulista, Curso de Pós-Graduação em Geologia Regional, Bolsista ANP/PRH-05 Avenida 24-A, 1515, CEP 13506-900, Rio Claro - SP. E-mail: agelizazacharias@yahoo.com.br

2 - UNESP - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Departamento de Geologia Aplicada, Rio Claro, E-mail: assine@rc.unesp.br

Figura 1: Distribuição dos membros da Formação Rio Bonito nos Estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo (Schneider *et al.* 1974).

comumente referida como Formação Tatuí.

A Formação Rio Bonito apresenta adelgaçamento para norte devido ao acunhamento do Membro Triunfo (Fig. 1), que desaparece no sul de São Paulo (Schneider *et al.* 1974, Daemon & Aboarrage 1976, Aboarrage & Lopes 1986, Milani 1997, Castro 1999).

Ao contrário do observado no Estado de Santa Catarina e no sul do Estado do Paraná, o contato basal da Formação Rio Bonito com o Grupo Itararé é uma desconformidade no norte do Estado do Paraná. Paleovales alinhados na direção NE, presentes na superfície de topo do Grupo Itararé, foram constatados por Soares & Cava (1982) que propuseram para os arenitos do Membro Triunfo, que os preenchem, um modelo deposicional constituído por sistemas de rios entrelaçados (*braided*) e, secundariamente, de leques deltaicos. Irregularidades no paleorelevo do topo do Grupo Itararé foram também constatadas por Rebelo *et al.* (1984) na área de Harmonia.

Buscando caracterizar o padrão de empilhamento estratigráfico da Formação Rio Bonito e a natureza do seu contato com o Grupo Itararé, bem como fornecer subsídios para a reconstrução paleogeográfica da Bacia do Paraná no Eopermiano, foi estudada uma área representativa da unidade na faixa aflorante do nordeste do Estado do Paraná (Fig. 2). Para tal, as associações de fácies

Figura 2 - Mapa geológico simplificado da área estudada (modificado de Aboarrage & Lopes 1986), com indicação dos pontos referidos no texto.

sedimentares foram descritas em detalhe, diversos perfis estratigráficos verticais levantados e correlacionados, paleocorrentes coletadas segundo as associações de fácies identificadas, e os ambientes de sedimentação interpretados dentro da ótica da estratigrafia de seqüências. Os dados e as interpretações apresentados neste trabalho constituem uma síntese dos resultados alcançados em Zacharias (2004).

ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES SEDIMENTARES Nos 35 afloramentos descritos em detalhe foram discriminadas 18 fácies sedimentares, definidas como corpos de rocha com litologia, geometria e estruturas sedimentares características. As fácies foram definidas com base em critérios descritivos, conforme aceção de Walker (1984), e denominadas segundo um código de fácies (Tabela 1) baseado nos códigos propostos por Miall (1978) e Eyles *et al.* (1983). As melhores exposições da Formação Rio Bonito ocorrem entre os municípios de Ibaiti e Figueira, onde foram concentrados os trabalhos de campo (Fig. 2).

Na análise estratigráfica realizada foi possível individualizar cinco associações de fácies geneticamente relacionadas, que se sucedem numa sucessão lógica vertical. As associações puderam ser rastreadas lateralmente em diferentes seções estratigráficas, o

que permitiu delinear o arranjo estratigráfico da Formação Rio Bonito na área estudada (Fig. 3 e 4).

Associação de fácies 1 De ocorrência muito restrita na área e raramente apresentando mais de 10 m de espessura, esta associação ocorre na porção basal da Formação Rio Bonito, nos locais em que a unidade apresenta suas maiores espessuras.

Conglomerados polimíticos maciços (fácies Gm) sustentados por seixos subarredondados a arredondados são comuns na base da associação. Calhaus e matações de granito e de rochas metamórficas, algumas vezes facetados e estriados, indicam proveniência a partir do retrabalhamento de diamictitos subjacentes da Formação Chapéu do Sol Grupo Itararé (Vesely & Assine 2004).

Os conglomerados basais são sobrepostos por arenitos finos a grossos, feldspáticos e micáceos, que estão dispostos em camadas com 0,5 a 2,0 m de espessura, em muitos casos apresentando padrão textural de granodrecrescência ascendente. Medidas de paleocorrentes efetuadas nos arenitos, que apresentam estratificação cruzada tabular planar (fácies Sp) ou acanalada (fácies St), revelaram paleofluxo predominante para sudoeste (vetor médio para o azimute 230°).

Associação de fácies 2 Apresentando espessura máxima constatada de 24 m na faixa de afloramentos, esta associação é composta predominantemente por arenitos médios a muito grossos, com estratificação cruzada planar (fácies Sp) e acanalada (fácies St), que se apresentam em camadas (*sets*) de 0,3 a 1,0 m de espessura. As camadas formam conjuntos (*cosets*) sem significativa variação textural na vertical, às vezes com sutil afinamento textural para o topo.

Lâminas de argila podem ocorrer como *drapes* milimétricos a sub-milimétricos acompanhando os *foresets* dos estratos cruzados dos arenitos, que por isso recebem a denominação de fácies Sp_(d) e St_(d). Nestes arenitos acham-se presentes também clastos angulosos de argila verde, que ocorrem dispersos ou acompanhando os *foresets* dos estratos cruzados. Entre as camadas de arenitos ocasionalmente ocorrem lamitos verdes com 20 a 40 cm de espessura (fácies Fl), mas mais comum é a presença de níveis com concentração de grânulos e seixos (quartzo, granito e quartzito), em alguns casos formando delgadas camadas de conglomerados da fácies Gm. Tais fácies estão ilustradas na figura 5, onde também é mostrado o diagrama em rosa de paleocorrentes efetuadas nos planos frontais dos estratos cruzados dos arenitos, que indicam paleofluxo principal para sudoeste, cujo vetor médio de 244° foi calculado com base em 150 medidas efetuadas.

Quando a associação 1 não está presente, a associação 2 assenta-se diretamente em contato erosivo sobre diamictitos e/ou arenitos maciços do Grupo Itararé, que apresentam nestes casos cores com tonalidades freqüentemente avermelhadas.

Associação de fácies 3 Esta associação é caracterizada pela predominância de lamitos laminados (fácies Fl) e maciços (fácies Fm), que apresentam cores verde e vermelha, formando camadas contínuas com espessura de até 5 m.

Os lamitos sobrepoem em contato abrupto fácies da associação 2. Em alguns casos, fácies desta associação ocorrem diretamente sobre a desconformidade com o Grupo Itararé. No Parque da Mina Velha em Ibaiti (ponto 7), camadas de carvão e folhelhos cinza escuros sobrepoem diretamente diamictitos glaciais do Grupo Itararé. Os carvões e lamitos, que apresentam paleo-raízes indicativas de acumulação de matéria orgânica "in situ", são recobertos por arenitos finos com laminação cruzada cavalgante

Tabela 1 - Fácies sedimentares da Formação Rio Bonito.

FÁCIES	CARACTERÍSTICAS
Gm	Conglomerados maciços, sustentados por clastos arredondados a subarredondados, polimíticos (seixos de quartzo, granito, quartzito)
Sp St	Arenitos médios a muito grossos com estratificações cruzadas planares (fácies Sp) ou acanaladas (fácies St), feldspáticos ou quartzosos
Sp _(d) St _(d)	Arenitos finos a muito grossos, com recobrimentos (<i>drapes</i>) de argila milimétricos nos <i>foresets</i> das estratificações cruzadas planares (fácies Sp _(d)) ou acanaladas (fácies St _(d)). Clastos de argila ocorrem dispersos ou, às vezes, nos concentrados nos <i>foresets</i> .
Sm	Arenitos maciços, finos a médios
Sr	Arenitos muito finos a médios, com laminação ou estratificação cruzada cavalgante com formas de leito de pequeno (ondulações) a grande (mega-ondulações) porte
Sr _(w)	Arenitos finos a muito finos com acamamento ondulado (<i>wavy</i>) e presença de lâminas de argila entre as camadas
Sh	Arenitos muito finos a médios, quartzosos, com laminação plano-paralela.
Shc	Arenitos muito finos a médios, com estratificação cruzada <i>hummocky / swaley</i>
Ss	Arenitos finos a muito grossos, dispostos em corpos geometria sigmoidal. Podem apresentar <i>drapes</i> de argila acompanhando os estratos cruzados
Fl	Lamitos laminados e folhelhos de cores verde e vermelha, micáceos.
Fl _(o)	Folhelhos cinza-escuros laminados, ricos em matéria orgânica vegetal.
Fm	Lamitos maciços de cores verde e vermelha.
H	Fácies heterolítica, caracterizada pela alternância de lâminas de lamitos e lâminas de arenitos finos a muito finos, com acamamento ondulado (<i>wavy</i>) ou lenticular (<i>linsen</i>).
L	Calcários cinza esbranquiçados, maciços
L _(s)	Calcários silicificados cinza claros, maciços. Localmente podem ser reconhecidas estruturas primárias, como oóides e laminações algálicas.
C	Carvão caracterizado pela alternância de lâminas de vitrinita e inertinita

Figura 3 - Seção estratigráfica A-B, mostrando as associações de fácies da Formação Rio Bonito. Nos diagramas em rosa estão indicadas as fácies em que as paleocorrentes foram medidas, bem como o número de medidas (N). Código de fácies: ver tabela 1.

Figura 4 - Seção estratigráfica C-D, mostrando as associações de fácies da Formação Rio Bonito. Nos diagramas em rosa estão indicadas as fácies em que as paleocorrentes foram medidas, bem como o número de medidas (N). Código de fácies: ver tabela 1.

Figura 5: Associação de fácies 2: A) Camadas de lamitos laminados (fácies Fl) intercalados em arenitos (fácies Sp; B/C/D) Arenitos médios a muito grossos com clastos e drapes de argila (fácies Sp_(d)), exibindo camadas conglomeráticas (fácies Gm) no limite dos sets; E) Detalhe de conglomerado com clastos angulosos de argila; F) Diagrama em rosa da somatória das paleocorrentes medidas nas camadas frontais de estratos cruzados dos arenitos.

recobertos por arenitos finos com laminação cruzada cavalgante da fácies Sr. No parque da Mina, ocorrem também arenitos com megaondulações (fácies Sr_(w)), cujos eixos estão orientados na direção NW/SE.

Nem sempre, porém, os carvões representam acumulações de restos vegetais "in situ". Na mina subterrânea da Carbonífera Cambuí em Figueira (ponto 20), o carvão é constituído, pelo menos em parte, por detritos vegetais redepositados, haja vista que os depósitos se apresentam ondulados, com truncamento de laminações de baixo ângulo sugestivas da ação de ondas. Assim, há que se considerar que a gênese do carvão na área é complexa, compreendendo acumulações de restos vegetais de naturezas autóctone e alóctone.

Camadas métricas de arenitos finos a grossos ocorrem também na associação, sendo representados pelas fácies Sm, Ss, St e Sp. A presença de *drapes* milimétricos de argila, acompanhando os *foresets* das estratificações cruzadas planares ou acanaladas, permitem caracterizar as fácies St_(d) e Sp_(d). Os *drapes* de argila podem exibir localmente pares de argila (camadas duplas) formando *mud couplets*. Níveis de conglomerados maciços da fácies Gm, sustentados por clastos de tamanho (grânulos a calhaus) e composição variados (quartzo, granito, quartzito e clastos de argila), arredondados a subarredondados, ocorrem localmente intercalados nos arenitos. Estas camadas de conglomerados constituem depósitos de corrente de alta energia, que erodiram e incorporaram clastos derivados dos diamictitos do Grupo Itararé.

Embora menos comuns, acham-se presentes também arenitos com ondulações de corrente (fácies Sr e Sr_(w)) ou com geometria

sigmóide (fácies Ss). Os arenitos com ondulações podem ocorrer interlaminais com lamitos, compondo a fácies heterolítica quando a intercalação é milimétrica a centimétrica. Menos frequente ainda é a presença de calcários, embora já tenham sido objeto de lavra (ponto 14).

Diversas das fácies pertencentes a esta associação estão ilustradas na figura 6. Na mesma figura estão apresentados diagramas em rosa da somatória das paleocorrentes medidas, que delineiam padrão bipolar de fluxo para as fácies da associação 3. A bipolaridade não é tão pronunciada nos arenitos finos a muito finos com estratificação cruzada cavalgante (fácies Sr), que apresentam fluxo preferencial para norte (vetor médio de 13°). Eixos de ondulações com direção noroeste-sudeste, medidos na fácies Sr_(w), são compatíveis com as direções de fluxo deduzidas das medidas nos *foresets*.

Figura 6 - Fácies sedimentares da associação de fácies 3: A) Contato dos folhelhos ricos em matéria orgânica (fácies Fl_(o)) e camadas de carvão (fácies C) da Formação Rio Bonito com diamictitos (fácies Dms) do Grupo Itararé; B) Arenitos com mega-ondulações (fácies Sr) sobrepondo as camadas de carvão (A e B = Parque da Mina Velha, ponto 7); C) Arenito com estratificações cruzadas acanalada e planar (fácies St e Sp, ponto 1); D) Conglomerados com matacões de granito (ponto 28); E) Arenitos finos a muito finos com acamamento ondulado (fácies Sr, ponto 13); F) Arenitos calcíferos e bancos de calcários argilosos em pedra antiga (ponto 14); G, H e I) Diagramas em rosa da somatória de paleocorrentes medidas, discriminadas segundo diferentes fácies.

A existência de fácies de arenitos com *drapes* de argila nos *foresets* e de paleofluxos com reversão de correntes são sugestivos da atuação de processos de transporte e deposição relacionadas a correntes de maré.

Associação de fácies 4 A base desta associação é caracterizada pela existência de corpos de arenitos quartzosos médios a grossos (fácies Sp ou St, Ss, Sm e Sh), que sobrepõem em contato abrupto fácies da associação 3 (Fig 7-A/B). *Drapes* de argila acompanhando os *foresets* dos estratos cruzados podem ocorrer, assim como clastos de argila angulosos e dispersos. Ocasionalmente há a presença de delgados níveis conglomeráticos com grânulos e seixos de quartzo.

Quando não ocorrem as associações inferiores, fácies da associação 4 sobrepõem diretamente dimictitos e/ou arenitos do Grupo Itararé. Sobre a desconformidade podem estar presentes camadas de alguns decímetros de conglomerados maciços sustentados por clastos (fácies Gm), constituídos por seixos (quartzo, quartzito, granito e rochas metamórficas) derivados do retrabalhamento das fácies glaciais sotopostas.

Os arenitos basais são sobrepostos por seção lamítica que domina a associação, caracterizando padrão típico de granodecrescência ascendente, o que pode ser visualizado nas figuras 3 e 4. Intercalados na seção lamítica ocorrem arenitos finos a muito finos (fácies Sh, Shc, Sr, Ss) e fácies heterolíticas com acamamento ondulado (*wavy bedding*) e lenticular (*linsen*) (Fig. 7-C). Arenitos médios a grossos, às vezes com níveis

conglomeráticos na base dos estratos, também podem ocorrer intercalados a seção lamítica da parte superior.

Nos planos dos estratos cruzados da fácies Ss podem existir ondulações de corrente com sentido contrário ao do fluxo principal, revelando fluxo bipolar com moda principal para norte e secundária para sul. Fluxo preferencial para noroeste, com vetor médio de 304°, é confirmado por medidas de paleocorrentes efetuadas nos arenitos da base da associação (Fig. 7).

Na parte superior da associação predominam amplamente lamitos cinza claros/esverdeados, com recorrência de arenitos finos a muito finos (fácies Sm e Sr), que freqüentemente apresentam cimento carbonático. Bancos de calcários, que podem atingir até dois metros de espessura, e que se apresentam em superfície na maioria das vezes silicificados, ocorrem com freqüência. Por serem mais resistentes e lateralmente contínuos, os calcários formam quebras de relevo positivas no alto das colinas, desta forma originando vertentes escarpadas nas áreas onde a Formação Rio Bonito ocorre.

Associação de fácies 5 É constituída por arenitos médios a finos, limpos, quartzosos, bem selecionados e de boa porosidade (Fig. 8), sobrepostos por folhelhos da Formação Palermo. A es-

Figura 7 - Fácies sedimentares da associação de fácies 4: A) Arenitos médios a grossos com estratificação cruzada planar (fácies Sp, ponto 2); B) Arenitos médios com drapes de argila acompanhando os *foresets* (fácies Sp) sobrepostos aos lamitos da associação de fácies 3 (ponto 3); C) Arenitos finos a muito finos com geometria sigmóide (ponto 3); D, E e F) Diagramas em rosa da somatória de paleocorrentes medidas, discriminadas segundo diferentes fácies.

Figura 8 - Arenitos da associação de fácies 5: A/B) Arenitos médios a finos, quartzosos, limpos, com textura sacaróide e estratificação cruzada planar e horizontal (fácies Sp e Sh, pontos 16 e 31); C) Arenitos com estratificação cruzada hummocky/swaley (fácies Shc, ponto 6); E) Diagrama em rosa de paleocorrentes, composto pelas camadas frontais de estratos cruzados de arenitos da fácies Sp (pontos 6, 18 e 21), E) Moldes de bivalves e F) Estruturas de pit and mound no topo de ondulação de onda (ponto 6).

nitos com laminação horizontal (fácies Sh), que se encontram dispostos em camadas tabulares de 0,5 m a 1,0 m de espessura. Medidas de paleocorrentes efetuadas nos planos frontais dos estratos cruzados dos arenitos apresentam paleofluxo principal para leste, sendo obtido o vetor médio de 99° a partir de 35 medidas.

Na área de Joaquim Távora ocorrem também arenitos com estratificação cruzada de baixo ângulo, truncada por ondulações com calhas bem preservadas (Fig. 8-C). Estas características permitiram a caracterização de estratificação cruzada como do tipo *hummocky* (fácies Shc), ou *swaley* conforme Walker & Flint (1992). Moldes de conchas de bivalves e estruturas *pit and mound* (pequenas elevações com cavidade central), originadas pelo escape de bolhas de gases ou de fluidos (Reineck & Singh 1980), são encontrados nas superfícies onduladas Fig. 8-E/F)

LITOESTRATIGRAFIA O contato com o Grupo Itararé é discordante, muitas vezes registrando-se a presença de camadas de conglomerados basais na Formação Rio Bonito.

Na área estudada, o Membro Triunfo é representado pelas associações de fácies 1 e 2, com espessura máxima de 35 m (ponto 3). O limite superior foi marcado no topo dos arenitos médios a grossos e conglomerados da seção basal da Formação Rio Bonito, abaixo da seção de lamitos do Membro Paraguaçu, critério este proposto por Schneider *et al.* (1974) e utilizado em diversos trabalhos, tais como o de França & Caldas (1983) e Castro (1999). O Membro Triunfo tem como característica sua ocorrência irregular e descontínua, encontrando-se ausente em muitas das seções visitadas, especialmente as da parte norte da área.

O Membro Paraguaçu é constituído pelas associações de fácies 3 e 4. Possaça máxima de 82 m foi constatada no ponto 16, mas sua espessura é variável devido a variação acentuada de espessura da associação de fácies 3. A associação 4, por sua vez, apresenta ampla distribuição lateral em toda a área.

A associação 3 apresenta muitos litotipos e grande variedade de fácies. A recorrência de arenitos, que ocorrem entremeados nos lamitos, muitas vezes tem sido argumento para estender o Membro Triunfo até o topo destes arenitos, que apresentam características faciológicas distintas daqueles das associações 1 e 2. Como as camadas de carvão ocorrem sotopostas ou dispostas lateralmente a estes arenitos, são por isso muitas vezes consideradas pertencentes ao Membro Triunfo (Soares & Cava 1982, Branco 1997). Esta concepção não é aqui adotada, de forma que se considera que os depósitos de carvão existentes na área estudada pertencem à seção basal do Membro Paraguaçu.

Os arenitos quartzosos e bem selecionados da associação 5, existentes no topo da Formação Rio Bonito, foram classificados como a expressão do Membro Siderópolis na área norte do Estado do Paraná. Arenitos do Membro Siderópolis foram reconhecidos em diversos pontos nas proximidades de Ibaiti e de Joaquim Távora, encontrando-se ausentes em grande parte da área. A espessura máxima constatada foi de 22 m na faixa de afloramentos. O contato com o Membro Paraguaçu foi considerado concordante porque não foram observadas feições indicativas de erosão ou falta significativa de seção do Membro Paraguaçu.

INTERPRETAÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES

Considerando que as associações 1 e 2 (Membro Triunfo) estão embutidas em vales esculpidos na superfície de topo do Grupo Itararé, que os lamitos, folhelhos e calcários das associações 3 e 4 (Membro Paraguaçu) são considerados marinhos (Ramos 1967, Northfleet *et al.* 1969, Medeiros & Thomaz Filho 1973, Schneider

et al. 1974, França & Caldas 1983, Popp 1983, Castro 1999), que nos arenitos e nas fácies heterolíticas das associações 2, 3 e 4 existem fácies produzidas por correntes de marés, e que no geral o empilhamento estratigráfico é transgressivo até os lamitos da porção intermediária da associação 4, concluiu-se que a porção inferior/média da Formação Rio Bonito na área foi produto do preenchimento retrogradacional de paleovales por associações de fácies estuarinas.

As associações litológicas identificadas foram interpretadas, buscando-se estabelecer comparação com associações descritas nos modelos de fácies existentes na literatura geológica, que estão apresentados de forma sistemática em livros texto (Walker & James 1992, Reading 1996)

Associação de fácies 1 Os conglomerados clasto-sustentados e arenitos feldspáticos, faciologicamente similares aos descritos por Cant (1982) e Miall (1992), representam depósitos fluviais. Nenhuma evidência de influência de processos marinhos foi constatada nesta associação.

Associação de fácies 2 A presença de *drapes* de argila acompanhando os *foresets* dos estratos cruzados dos arenitos indicam atuação de processos deposicionais em que correntes com transporte por tração são sucedidas por redução e dissipação do fluxo, permitindo a decantação de argilas. Estes processos são característicos de correntes de maré, em que são formados os recobrimentos de sedimentos finos por decantação durante os períodos de marés alta e baixa (Nio & Yang 1991, Reinson 1992, Dalrymple 1992).

A associação de fácies 2 apresenta paleocorrentes com padrão unimodal para sudoeste, semelhante à da associação fluvial 1, mostrando o predomínio de correntes fluviais e de maré vazante.

Associação de fácies 3 Esta associação apresenta grande diversidade faciológica e significativas mudanças laterais de fácies. Na parte inferior predominam lamitos que passam lateralmente para folhelhos ricos em matéria orgânica vegetal e camadas descontínuas de carvão. A presença de tais fácies sugere ambiente costeiro de baixa energia como depósitos de planícies de maré com áreas pantanosas marginais.

A associação comporta também descontínuas camadas de carvão, existentes em diversas localidades como Ibaiti, Carvãozinho, Figueira e Sapomema. O carvão apresenta altos teores de enxofre (maiores que 6%, segundo Paraná 1985), o que indica ambiente sedimentar com influência marinha, já que em ambientes flúvio-lacustres os depósitos de carvão apresentam teores de enxofre menor que 1% (Soares & Cava 1982, Paraná 1985). Outras feições que sugerem influência marinha são as megaondulações com fluxo para norte, existentes em arenitos que sobrepõem as camadas de carvão do Parque da Mina Velha. Fácies produzidas pela ação de ondas foram também constatadas na sucessão estratigráfica portadora do carvão na mina subterrânea da Carbonífera Cambuí em Figueira.

Arenitos grossos encontrados na parte intermediária da associação são interpretados como depósitos resultantes da migração de canais de maré (tidal inlets) no interior de estuários. Pares de argila existentes nos *foresets* de arenitos com estratificação cruzada, atribuídos à flutuação periódica de correntes originados pelos ciclos diurnos e semidiurnos de marés (Allen 1980, Nio & Yang 1991, Dalrymple 1992), permitem concluir que tais arenitos

representam sandwaves de maré dos tipos III e IV de Allen (1980).

Lamitos, bancos de calcário e arenitos com acamamento ondulado completam o quadro da associação de fácies 3, ocorrendo principalmente sobrepostos aos arenitos e depósitos de carvão. A interpretação para este conjunto de fácies é de ambiente marinho raso, dominante na fase de colmatagem do estuário

Associação de fácies 4 Os arenitos da associação de fácies 4 frequentemente apresentam-se em camada decimétricas com estratificação cruzada planar e foresets com ângulos baixos, entre 10 e 15°, interpretados como fácies de depósitos litorâneos, semelhantes aos descritos em McCubbin (1982) e Reading & Collinson (1996).

Arenitos com geometria sigmóide ocorrem subordinadamente. Apresentam *drapes* de argila acompanhando os *foresets* da estratificação e paleocorrentes com reversão de fluxo, mas com fluxo predominante para noroeste. Neste caso, são interpretados como depósitos de canais de maré, associados aos deltas de maré enchente.

Os lamitos e calcários que predominam na parte superior da associação são interpretados como depósitos marinhos rasos, de ambientes de plataforma siliciclástico-carbonática. Os dados levantados corroboram as interpretações de Soares & Cava (1982), que interpretaram depósitos costeiros transgressivos para a parte média do Membro Paraguaçu

Associação de fácies 5 Os arenitos quartzosos, limpos e bem selecionados desta associação constituem três fácies distintas, pois ora apresentam-se com estratificação plano-paralela, ora com estratificação cruzada planar, ou ainda com estratificação cruzada *hummocky/swaley*. A associação é típica de ambientes marinho costeiros, composta por depósitos de antepaia (*foreshore*) e face praial superior (*shoreface*), semelhante as fácies litorâneas descritas por McCubbin (1982) e Reading & Collinson (1996).

Esta associação de topo da Formação Rio Bonito corresponde

ao Membro Siderópolis, cujo formato em perfis de raios-gama é caracteristicamente de granocrescência ascendente (França & Caldas 1983, Popp 1983), o que indica que se correspondem a depósitos litorâneos regressivos.

MODELO DE FÁCIES Dalrymple *et al.* (1992) classificaram os estuários em dois tipos básicos, conforme o processo atuante na desembocadura do estuário: a) dominados por ondas e b) dominados por marés (Fig. 9). A expressão das fácies fluviais é variável e dependente do porte do rio.

A análise comparativa com as associações de fácies características de cada um dos modelos permitiu verificar que as associações de fácies descritas apresentam características tanto de estuários dominados por ondas quanto de estuários dominados por marés, de forma que o caso estudado pode ser considerado um estuário misto. Estuários mistos, dominados por onda e maré, ocorrem em regiões onde a energia da onda é alta e o prisma da maré também é alto, sendo exemplos recentes os estuários Gironde na França (Allen 1991, Allen & Posamentier 1993), St. Laurence no Canadá (D'Anglejan & Brisebois 1978) e Isabena na Espanha (Yang & Nio 1989).

No estuário Gironde, exemplo clássico de estuários dominados por onda e maré, a ilha barreira (desembocadura) é dissecada com freqüentes entrada das correntes de maré, que produzem areias grossas com estruturas de ondas. Neste tipo de estuário, podem-se desenvolver barras arenosas alongadas na região ocupada previamente pelo complexo ilha-barreira. Areias marinhas são transportadas por longas distâncias para a cabeceira do estuário e geralmente a bacia central argilosa apresenta-se cortada por canais de maré. Nestes canais formam-se barras de areias de maré rodeadas por pântanos e depósitos de planície de maré (lamas e areias finas com ondulações de corrente, acamamento ondulado e lenticular). Na cabeceira do estuário desenvolve-se o delta de cabeceira de baía ou canais de maré/fluviais. Como nos estuários dominados por onda, as areias são finas a grossas com

Figura 9 - Modelos de estuários: A) dominados por ondas e B) dominados por marés (modificado de Dalrymple *et al.* 1992).

abundância de clastos e recobrimentos (*drapes*) de argila.

Sedimentação estuarina mista foi recentemente interpretada por Holz (2003) para explicar o preenchimento do estuário Candiota por fácies da Formação Rio Bonito, em área situada na porção sul da Bacia do Paraná (Estado do Rio Grande do Sul).

Para explicar o preenchimento dos vales incisos no Estado do Paraná, é proposto neste trabalho um modelo evolutivo baseado nas associações de fácies descritas (Fig. 10). De acordo com o modelo, a associação de fácies 1 corresponde aos depósitos fluviais continentais, localizados acima do limite da influência da maré. Os arenitos da associação de fácies 2 também encontram-se confinados no vale, porém apresentam influência tanto das correntes de maré como das correntes fluviais, representando os depósitos de cabeceira do estuário.

Os lamitos da porção inferior da associação de fácies 3 representam os depósitos da zona central do estuário, conforme concepção apresentada por Dalrymple *et al.* (1992). Neste contexto, fácies de granulação fina ricas em matéria orgânica vegetal e camadas descontínuas de carvão representam depósitos de borda da zona central, ou seja, depósitos das planícies de inundação dentro do vale inciso. Em tais áreas podem se desenvolver planícies de maré argilosas (*muddy tidal flat*) e pântanos (Fig. 10-C).

A maioria das camadas de carvão teve origem concomitante

com o início da transgressão marinha, quando a zona central do estuário já se encontrava invadida por águas marinhas. O carvão foi originado de turfeiras existentes em planícies adjacentes aos canais existentes na porção central do estuário. A presença de canais de direção aproximada NS também foi constatada em subsuperfície a oeste da faixa de afloramentos, mais precisamente na jazida de Sapopema, sendo evidente no mapa de isópacas do carvão apresentado por Silva (1984). Em algumas áreas, como em minas da Carbonífera Cambuí nos arredores de Figueira, o carvão é constituído por detritos vegetais alóctones, retrabalhados e concentrados por agentes marinhos, tais como ondas.

Os arenitos grossos da porção intermediária desta associação, interpretadas como *sandwaves* (tipo III a IV de Allen 1980), representam barras de maré depositadas pela migração dos canais de maré (*tidal inlets*) dentro da zona central.

A interpretação de estuários mistos, dominado também por ondas, encontra suporte na existência dos arenitos da base da associação de fácies 4, que são interpretados como depósitos de ilhas-barreira, que protegeram a zona central (Fig. 10-D).

Apesar da influência da maré persistir na seção lamítica-carbonática da associação de fácies 4, suas fácies não pertencem ao complexo estuarino, representando depósitos não mais confinados ao vale inciso (Fig. 10-E/F). Os arenitos limpos da associ-

Figura 10 – Modelo de evolução do preenchimento sedimentar proposto para a seção aflorante da Formação Rio Bonito no norte do Estado do Paraná (números correspondem às associações faciológicas descritas).

ação de fácies 5 também não fazendo parte do sistema estuarino, constituindo depósitos costeiros litorâneos em contexto regressivo. A direção NS dos cordões foi deduzida das paleocorrentes para leste (Fig. 8), o que está de acordo com a interpretação regional de França & Caldas (1983).

Depósitos marinhos com características semelhantes encontram-se documentados no trabalho de Zaitlin & Schultz (1990), que descreveram acima das fácies do complexo estuarino uma associação de fácies composta por folhelhos, siltitos, arenitos com estratificação cruzada de baixo ângulo e arenitos com estratificação cruzada hummocky.

CONSIDERAÇÕES FINAIS O contato entre os Grupos Guatá e Itararé no norte do Estado do Paraná é uma desconformidade, constituindo portanto limite natural entre seqüências deposicionais. O topo do Grupo Itararé é irregular, delineando uma paleotopografia gerada antes da deposição da Formação Rio Bonito.

Paleocorrentes medidas por Vesely & Assine (2004) em arenitos e conglomerados do Grupo Itararé revelaram sentido de fluxo para norte, indicando proveniência sedimentar de sul durante a glaciação permocarbonífera. Com a deglaciação e recuo das geleiras para sul, a área norte da Bacia do Paraná foi submetida à erosão com formação de vales fluviais. O aprofundamento dos talwegues foi acentuado devido ao soerguimento glácio-istostático (*rebound*) em consequência da retirada das geleiras.

Na faixa de afloramentos, a Formação Rio Bonito foi subdividida em cinco associações de fácies geneticamente relacionadas, que se sucedem na vertical delineando um empilhamento estratigráfico lógico e repetitivo em toda a área. As três associações inferiores foram depositadas em estuários mistos, dominados por ondas e marés, formados em vales incisos escavados no topo do Grupo Itararé e alinhados na direção NNE/SSW.

Devido à existência dos vales incisos a Formação Rio Bonito mostra grandes variações de espessura na área, sobretudo devido à não ocorrência das duas associações de fácies inferiores, que constituem o Membro Triunfo. Os arenitos e conglomerados da associação de fácies 1 constituem depósitos de canais fluviais, que são sucedidos por arenitos da associação 2 nos quais são freqüentes *drapes* e clastos de argila no *foresets* dos estratos cruzados, denotando a atuação de correntes de maré. As paleocorrentes são unimodais para sudoeste, concordantes com o alongamento dos depocentros da Formação Rio Bonito na área, relatados por Soares & Cava (1982).

O preenchimento sedimentar é retrogradacional, em contexto de trato de sistemas transgressivo. Assim, as associações 1 e 2

são cobertas por fácies tipicamente estuarinas da associação 3 (parte inferior do Membro Paraguaçu), que também tem área de ocorrência descontínua, condicionada pelos paleovales. Paleocorrentes medidas em diversas fácies mostram padrão de fluxo bipolar, embora predomine sentido de transporte de maré enchente para norte, oposto às paleocorrentes das associações 1 e 2.

Os depósitos de carvão existentes na área ocorrem principalmente na base da associação 3 e são associados ao início da transgressão que afogou os vales incisos, criando condições anóxicas nas planícies adjacentes aos canais de maré na zona central do estuário.

A associação 4 (parte superior do Membro Paraguaçu) apresenta ampla extensão lateral e recobre os paleovales em uma superfície de *onlap* costeiro de sul para norte, como comprovam as paleocorrentes para noroeste medidas em arenitos presentes na base da associação. O empilhamento é tipicamente retrogradacional nesta associação. Não foi possível estabelecer com precisão a superfície de inundação máxima, mas a mesma está situada na parte superior desta associação, abaixo dos níveis de calcários que representam o início das condições regressivas que caracterizam a parte superior da Formação Rio Bonito.

A associação 5 comprova a ocorrência do Membro Siderópolis no nordeste do Estado do Paraná. Sua ocorrência é descontínua e sua espessura é reduzida (cerca de duas dezenas de metros), mas o Membro pode ser reconhecido em toda a área. Suas areias limpas e bem selecionadas são produto de deposição em sistemas litorâneos regressivos, provavelmente parte de trato de sistemas de mar alto.

Espera-se que o modelo de preenchimento por fácies estuarinas apresentado neste trabalho possa ser testado em outras áreas de ocorrência da unidade e que possa ser útil na prospecção de recursos hídricos e energéticos, uma vez que existem vários depósitos de carvão e de urânio na Formação Rio Bonito, além do que seus arenitos são bons reservatórios para água e hidrocarbonetos.

Agradecimentos À Agência Nacional do Petróleo (ANP/PRH-05) pelo apoio financeiro e pela bolsa de mestrado a Angélica A. Zacharias; à FAPESP pelo apoio de parte dos trabalhos de campo (processo 98/02183-3); à CPRM (Superintendência Regional de São Paulo) e à Mineração Cambuí Ltda. (Figueira-PR) pela permissão de consulta a relatórios internos e acesso às litotecas; ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa a M.L. Assine. Aos colegas Fábio M. de Lima, Fernando F. Vesely, Francisco M. W. Tognoli e Márcia E. Longhim pela colaboração nos trabalhos de campo. Aos revisores da RBG pelas sugestões.

Referências

- Aboarrage A.M. & Lopes R.C. 1986. *Projeto borda leste da Bacia do Paraná: integração geológica e avaliação econômica: relatório final*. Porto Alegre. CPRM, v.1, 40p.
- Allen J.R.L. 1980. Sandwaves: a model of origin and internal structure. *Sed. Geol.*, 26:281-328.
- Allen G.P. 1991. Sedimentary processes and facies in the Gironde estuary: a recent model for macrotidal estuarine systems. In: R.A. Rahmani (ed.) *Clastic Tidal Sedimentology*. Calgary, Canadian Soc. Petrol. Geologists (Memoir 16), p. 29-39.
- Allen G.P. & Posamentier H.W. 1993. Sequence stratigraphy and facies model of an incised valley fill: the Gironde estuary, France. *J. Sed. Pet.*, 63:378-391.
- Branco F.S.R.T. 1997. *Tafoflora gondvânica do Membro Triunfo Formação Rio Bonito (Eopermiano), no Município de Figueira, PR*. Tese de Doutorado, IG/USP, 182p.
- Cant D.J. 1982. Fluvial facies models. In: P.A. Scholle & D. Spearing (eds.) *Sandstone Depositional Environments*. Tulsa, AAPG Memoir 31, p.115-137.
- Castro J.C. 1999. *Estratigrafia de Seqüências das Formações Campo Mourão (Parte Superior) e Taciba, Grupo Itararé, e do Membro*

- Triunfo, Formação Rio Bonito, no Leste da Bacia do Paraná. Tese de Livre Docência, IGCE/UNESP, Rio Claro, 64p.
- Daemon R.F. & Aborridge A.M. 1976. *Relatório integrado dos projetos: Carvão no extremo norte de Santa Catarina - Prospeção de carvão no Paraná II - Carvão no Estado de São Paulo*. São Paulo. CPRM, v.1, 83p.
- Daemon R.F. & Quadros L.P. 1970. Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 24, *Anais*, p.359-412.
- Dalrymple R.W. 1992. Tidal depositional systems. In: R.G. Walker & N.P. James (eds.) *Facies Models: Response to Sea Level Change*. Geol. Ass. Canada, p.195-218.
- Dalrymple R.W., Zaitlin B.A., Boyd R. 1992. Estuarine facies models: conceptual basis and stratigraphic implications. *J. Sed. Pet.*, 62:1130-1146.
- D'Anglejan B. & Brisebois M. 1978. Recent sediments of the St. Lawrence middle estuary. *J. Sed. Pet.*, 48:951-964.
- Eyles N., Eyles C.H., Miall A.D. 1983. Lithofacies types and vertical profile models: an alternative approach to the description and environmental interpretation of glacial diamict and diamictite sequences. *Sedimentology*, 30:393-410.
- França A.B. & Caldas A.F.F.D. 1983. Diferenciação e evolução dos sistemas deltaicos na parte superior do Grupo Tubarão, Bacia do Paraná. *Rev. Bras. Geoc.*, 13:56-68.
- Holz M. 2003. Sequence stratigraphy of a lagoonal estuarine system - an example from the early Permian Rio Bonito Formation, Parana Basin, Brazil. In: 3rd Latinamerican Congr. Sedimentologists, Belém Abstracts, p.125-126.
- McCubbin D.G. 1982. Barrier - island and strand plain facies. In: Scholle, P. A. & Spearing, D. (ed.) *Sandstone Depositional Environments*. AAPG Memoir 31, p.247-280.
- Medeiros R.A. & Thomaz Filho A. 1973. Fácies e ambientes deposicionais da Formação Rio Bonito. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 24, *Anais*, 3:3-12.
- Miall A.D. 1978. Lithofacies types and vertical profile models of braided river deposits, a summary. In: Miall, A. D. (ed.) *Fluvial Sedimentology*. Calgary, Canadian Soc. Petrol. Geologists, Memoir 5, p.597-604.
- Miall A.D. 1992. Alluvial deposits. In: R.G. Walker & N.P. James (eds.) *Facies Models: Response to Sea Level Change*. Geol. Ass. Canada, p.119-142.
- Milani E. J. 1997. *Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozoica do Gondwana Sul-ocidental*. Tese de Doutorado, IG/UFRGS, 2v, 255p.
- Nio S.D. & Yang C. 1991. Diagnostic attributes of clastic tidal deposits: a review. In: D.G. Smith, G.E. Reinson, B.A. Zaitlin, R.A. Rahmani (eds.) *Clastic Tidal Sedimentology*. Calgary, Can. Soc. Petrol. Memoir 16, pp. 3-28.
- Northfleet A., Medeiros R.A., Muhlmann H. 1969. Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná. *Bol. Téc. Petrobras*, 12:291-346.
- Paraná. 1985. *Potencial e Perspectiva para Carvão Mineral do Estado do Paraná*. Curitiba, Mineropar, 135p.
- Popp J.H. 1983. Fácies, ambientes e carvões na Formação Rio Bonito no sul do Estado do Paraná: uma análise estratigráfica. *Rev. Bras. Geoc.*, 13:27-36.
- Ramos A.N. 1967. Análise estratigráfica da Formação Rio Bonito e suas possibilidades petrolíferas. *Bol. Téc. Petrobras*, 10:357-407.
- Reading H.G. 1996. *Sedimentary Environments: Process, Facies and Stratigraphy*. 3^a ed. Blackwell Science, 688p.
- Reading H.G. & Collinson J.D. 1996. Clastic coasts. In: H.G. Reading (ed.) *Sedimentary Environments: Process, facies and Stratigraphy*. 3^a ed. Blackwell Science, p.154-231.
- Rebello A.M.A., Silva C.M.T., Daemon R.F. 1984. Sistemática utilizada pela nuclebrás para mapemanetos faciológico no Estado do Paraná. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 33, Rio de Janeiro, *Anais*, v3, p.1223-1237.
- Reineck H.E. & Singh I.B. 1980. *Depositional Sedimentary Environments*. New York, Springer-Verlag, 549p.
- Reinson G.E. 1992. Transgressive barrier island and estuarine systems. In: R.G. Walker & N.P. James (ed.) *Facies Models: Response to Sea Level Change*. Geol. Ass. Canada, p.179-194.
- Schneider R.L., Muhlmann H., Tommasi E., Medeiros R.A., Daemon R.A., Nogueira A.A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: SBG, Congr. Bras. Geo., 28, Porto Alegre, *Anais*, v.1, p.41-65.
- Silva L.M. 1984. *Projeto Sapopema: relatório final de pesquisa*. São Paulo. CPRM, v.1, 52p.
- Soares P.C. & Cava L.T. 1982. Faciologia e potencial carbonífero da Formação Rio Bonito no norte do Estado do Paraná. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 32, Salvador. *Anais*, v3, p.1120-1134.
- Vesely F.F. & Assine M.L. 2004. Sequências e tratos de sistemas deposicionais do Grupo Itararé, norte do Estado do Paraná. *Rev. Bras. Geoc.*, 34:219-230.
- Walker R. G. 1984. General introduction: facies, facies sequences and facies models. In: R.G. Walker (ed.) *Facies Models*. Toronto, Geoscience Canada (Reprint Series 1), p.1-9.
- Walker R.G. & James N.P. 1992. *Facies Models: Response to Sea Level Change*. Geol. Ass. Canada, 454p.
- Walker R.G. & Plint A.G. 1992. Wave- and storm-dominated shallow marine systems. In: R.G. Walker & N.P. James (eds.) *Facies Models: Response to Sea Level Change*. Geol. Ass. Canada, p.219-238.
- Yang C.S. & Nio S.D. 1989. An ebb-tide delta depositional model - a comparison between the modern eastern scheldt tidal basin (southwest Netherlands) and the Lower Eocene roda sandstone in the southern Pyrenees (Spain). *Sedimentay Geology*, 64:175-196.
- Zacharias A. A. 2004. Preenchimento de vales incisos por associações de fácies estuarinas, Formação Rio Bonito, nordeste do Paraná. Dissertação de Mestrado, IGCE/UNESP, 101p.
- Zaitlin B.A. & Schultz B.C. 1990. Wave-influenced estuarine sand bodys, Senlac heavy oil pool. Saskatchewan, Canada. In: J.H. Barwis, J.G. McPherson, J.R.J. Studlick (eds.) *Sandstone Petroleum Reservoirs*. New York, Springer-Verlag, p.363-387.

Manuscrito A-1543

Recebido em 20 de setembro de 2004

Revisão dos autores em 24 de agosto de 2005

Revisão aceita em 01 de setembro de 2005