



Glaciações neodevonianas e eocarboníferas na América do Sul

M.V. Caputo¹, M. Stree², J.H.G. Melo³ & L.F. Vaz⁴

1 Universidade Federal do Pará, Belém-PA, caputo@ufpa.br

2 Université de Liège, Liège, Belgique, maurice.stree@ulg.ac.be

3 Petrobras/Cenpes/Pdexp/Bpa, Rio de Janeiro-RJ, jhmelo@petrobras.com.br

4 Themag Engenharia e Gerenciamento Ltda., São Paulo-SP, vaz@themag.com.br

Abstract Four discrete glacial episodes are recorded with varied degrees of certainty in the Upper Devonian and Lower Carboniferous of Brazil and other South American regions, on the basis of lithological and paleontological evidence. Their ages are: Frasnian/Famennian boundary (doubtful), and latest Famennian, middle to late Tournaisian, and late Viséan (all proven, yet with different magnitudes). The lithology, dating and correlation of the various glaciogenic rock units are reviewed and discussed, with emphasis on those related to the Early Carboniferous ice ages.

Palavras-chave: Glaciações, Devoniano Superior, Carbonífero Inferior, Bacias Paleozóicas, América do Sul.

Assinalam-se três pulsos glaciais confirmados e um duvidoso em seções neodevonianas-eocarboníferas da América do Sul. Em outras partes do mundo, eles também são detectados com base em evidências paleontológicas, geoquímicas, sedimentológicas e em variações globais do nível do mar. No Brasil, vários horizontes com diamictitos possuem documentação deficiente em subsuperfície, por não terem sido ainda testemunhados e nem estudados.

O registro glacial duvidoso refere-se ao limite Frasniano/Fameniano na Bacia do Parnaíba. Aqui, a Formação Pimenteira, composta principalmente de folhelhos e siltitos cinza escuros com arenitos subordinados, apresenta em subsuperfície (*e.g.*, no poço 1-IZ-2-MA) um pacote de arenito no limite Frasniano/Fameniano, que sugere um breve pulso regressivo numa seção predominantemente transgressiva. Na área de afloramentos dessa unidade na borda oeste da bacia, ocorrem alguns níveis de conglomerados polimícticos com seixos e matacões intercamados em espessa seção de siltitos. Eles se assemelham aos tilitos neofamenianos de origem glacial, mas apresentam cerca de 70% de clastos.

A se confirmar a hipótese de uma origem glacial para esses conglomerados, tais características indicariam uma condição deposicional de supra-till, onde a concentração de clastos normalmente é maior do que nos tilitos de alojamento, observadas na Formação Cabeças, os quais apresentam típicas estruturas de cisalhamento horizontal. Esse material pode estar relacionado com eventos de esfriamento climático e glaciação em pequena escala, que teria alcançado a borda da oeste da bacia do Parnaíba.

O problema principal é que a erosão causada pela subsequente glaciação neofameniana, mais vigorosa, removeu vários estratos da parte superior da Formação Pimenteira. Com isso, talvez tenham sido

eliminadas evidências decisivas da possível glaciação no limite Frasniano/Fameniano, tanto na atual faixa oeste de afloramentos como nos poços mais próximos da margem da bacia (1-CL-1-MA e 1-TM-1-MA), enquanto que os poços mais afastados possivelmente estiveram fora do alcance do suposto evento glacial.

Além disso, na vizinha Bacia do Amazonas, onde as condições marinhas eram mais francas, inexistem quaisquer registros confirmados de glaciação em sedimentos dessa idade. Aqui, segundo as datações palinológicas de Melo & Loboziak (2001, 2003), o limite Frasniano/Fameniano situa-se em algum nível da Zona *Teichertospora torquata-Auroraspora pseudocrista* (TP), na parte superior da seção de folhelhos negros, orgânicos e radiativos (diagnósticos de ambiente marinho distal e anóxico), que caracteriza o intervalo inferior da Formação Barreirinha. Esse intervalo radiativo é interpretado como o produto de sedimentação marinha altamente condensada e de longa duração, que persistiu de forma descontínua desde o Eofrasniano não-inicial (palinozona BPi de Melo & Loboziak 2003) até o Eo- ou Mesofameniano, *i.e.*, no mínimo entre 383 Ma e 371 ou 365 Ma, considerando-se a calibração das biozonas pela escala de Gradstein *et al.* (2004).

Na Bolívia, seixos pingados foram descritos na Formação Colpapucho, de idade neofrasniana-eofameniana, sugerindo a existência de uma possível fonte glacial para esse material (Isaacson *et al.* 1999). No registro geológico, ocorre importante extinção biótica de caráter global no limite Frasniano/Fameniano, que poderia talvez estar ligada a esse suposto esfriamento climático.

Um segundo pulso, indiscutivelmente de origem glacial e glácio-lacustre, é observado no Fameniano terminal nas bacias do Solimões, Amazonas, Parnaíba e Paraná (Caputo 1985, Caputo & Crowell 1985). Seu registro litológico abrange seixos estriados, facetados



e polidos, ritmitos, alguns dos quais com seixos pingados, matacões erráticos, pavimentos estriados, e rochas sedimentares glacialmente deformadas (arenitos e tilitos de alojamento). As camadas glaciogênicas foram datadas como neofamenianas, a partir de evidências palinológicas (Daemon 1974, 1976, Andrade & Daemon 1974). Loboziak *et al.* (1992, 1993, 1994a-b, 2000) posicionam os tilitos dentro de um intervalo bioestratigráfico correlacionável às biozonas LE–LN da Europa Ocidental (*i.e.*, palinozonas R1e e LVa, segundo o zoneamento gondwânico de Melo & Loboziak 2001, 2003), que em conjunto, correspondem ao último milhão de anos do Devoniano.

Na Bacia do Parnaíba, essas rochas situam-se estratigraficamente na parte superior da Formação Cabeças, conforme evidenciado em muitos poços perfurados pela Petrobras. Em afloramentos do flanco oeste da bacia, os tilitos neofamenianos repousam discordantemente sobre formações mais velhas e o embasamento cristalino, indicando forte erosão glacial. Nas regiões sudoeste e sudeste da bacia, esses tilitos, bastante alterados, capeiam as chapadas e são confundidos com depósitos terciários. O assentamento erosivo de diamictitos de mesma idade sobre estratos paleozóicos mais antigos é também verificado nas bacias do Amazonas e Solimões, onde constituem partes das formações Curiri/Oriximiná e Jandiutuba (Membro Jaraqui), respectivamente. Na subsuperfície da Bacia do Paraná, Loboziak *et al.* (1995a) registram uma palinoflora neofameniana (zona LN) aparentemente *in situ*, em diamictitos depositados diretamente sobre folhelhos frasnianos da parte superior da Formação Ponta Grossa. A ausência de grãos de pólen associados aos esporos sugere que esses sedimentos seriam mais antigos que os diamictitos neocarboníferos do Grupo Itararé, ao passo que a elevada frequência de palinomorfos retrabalhados do Givetiano-Frasniano confirma a natureza erosiva do contato inferior.

Na Bolívia e no Peru, foram identificados diamictitos glácio-marinhos e folhelhos com seixos pingados na Formação Cumaná, de idade neofameniana (Díaz-Martínez & Isaacson 1994). A evidência glacial inclui clastos estriados e facetados, como seixos pingados em camadas estratificadas e dentro de depósitos de fluxo de detritos, com matacões que atingem cerca de 4 metros de diâmetro. Sotoposta aos diamictitos namurianos ou mais jovens da Formação Tupambi, a Formação Saipuru, em sua porção inferior, apresenta também diamictitos de idade neofameniana aferida com base em datações palinológicas (Zona *Retispora lepidophyta*), segundo Suárez-Soruco & Lopez-Pugliesi (1983). Embora com pouca ênfase, a literatura científica registra uma

severa crise biótica próximo ao final do Fameniano, no intervalo bioestratigráfico LE (Streel *et al.* 2000). A glaciação teria promovido notável queda eustática associada ao resfriamento climático, contribuindo para a eliminação de cerca de 20% dos gêneros e 20% das famílias de invertebrados da época.

O terceiro pulso glacial, referente já ao Eocarbonífero, é bem documentado na Bacia do Solimões, onde ocorrem abundantes registros de diamictitos neodevonianos e eocarboníferos (Caputo & Silva 1990). Esses últimos foram datados palinologicamente em testemunhos e amostras laterais de poços da Sub-bacia do Juruá (Membro Jaraqui da Formação Jandiutuba), revelando idade meso- a neotournaisiana, correspondente às biozonas BP–PC da Europa Ocidental (Loboziak *et al.* 1994a-b, 1995b) e às suas equivalentes gondwânicas, as palinozonas BL e PD *sensu* Melo & Loboziak (2001, 2003). Os diamictitos tournaisianos, de grande variedade petrográfica, são muito semelhantes aos devonianos que lhes são sotopostos, não raro em contato direto. Ambos ocorrem somente na subsuperfície da bacia, uma vez que ali, todas as formações paleozóicas estão encobertas pela Formação Solimões de idade terciária. Seria difícil admitir um outro mecanismo, que o não glacial, para colocar esse material heterogêneo com matriz argilosa em partes mais profundas da bacia, bastante afastadas do embasamento, considerando que mesmo atualmente o mergulho regional das formações eocarboníferas é mínimo, *i.e.*, de cerca de um (1) grau.

No poço 1-TM-1-MA, na Bacia do Parnaíba, Andrade & Daemon (1974) registram diamictitos na Formação Poti, situados apenas 35 m acima das camadas de topo da Formação Longá, as quais foram datadas e atribuídas por Loboziak *et al.* (1994a) à Zona PC (transição meso/neotournaisiano). Apesar dessa proximidade estratigráfica aparente e da ausência de datações palinológicas nos diamictitos em questão, os mesmos devem ser mais jovens (neoviseanos), e relacionados já ao próximo evento glacial, discutido a seguir. Portanto, um contato discordante da Formação Poti com a seqüência tournaisiana subjacente é bastante provável, tanto nesse como em outros poços da Bacia do Parnaíba.

Com efeito, um quarto pulso glacial, também de idade eocarbonífera, foi recentemente documentado na Formação Poti (Caputo *et al.* 2006), que mostra evidências de deposição glacial e periglacial em afloramentos e subsuperfície na parte oeste da Bacia do Parnaíba. A Formação Poti, com espessuras de cerca de 170m na faixa de afloramentos ocidental e até 320m no depocentro da bacia, é constituída de duas unidades.

A unidade inferior compõe-se de arenitos róseo-esbranquiçados, quartzosos e feldspáticos, micáceos,

bastante friáveis, os quais variam granulometricamente desde muito finos até médios, às vezes grossos. Possuem grãos subarredondados, bem classificados, além de grande variedade de matações de quartzo e quartzito, gnaiss e granito disseminados na massa arenosa. Essa unidade inclui na sua parte média um pacote de siltito e folhelho siltico róseo, micromicáceo, laminado, que passa lateralmente a arenito (Andrade 1968, 1972).

A unidade superior é formada por folhelhos e siltitos cinza-cremes, róseo-arroxeados, micáceos, calcíferos, com fraturas conchoidais, ocasionais intercalações de calcário cinza-creme, róseo-arroxeadado, microcristalino, duro, e arenitos róseos, quartzosos, de granulometria fina a média e grãos subarredondados, às vezes calcíferos, micáceos, com ocorrências locais de leitos conglomeráticos. Restos carbonizados de plantas ocorrem nos siltitos e folhelhos. Esse conjunto exibe gradação lateral, na base e parte média da unidade superior, para diamictito róseo-arroxeadado, esverdeado, portador de grãos de quartzo, seixos de micaxistos e de gnaiss dispersos numa matriz compacta siltico-argilosa, sem estratificação, blóquea, micácea, às vezes calcífera, com intercalações de arenito róseo-arroxeadado, muito fino, subangular, maciço e micáceo (Andrade 1968, 1972).

Melo & Loboziak (2000) situam a Formação Poti nas partes inferior e média do Viséano Superior (equivalentes aos andares Holkeriano e Asbiano das Ilhas Britânicas), correlacionando-a com o intervalo das palinozonas européias *Perotrilites tessellatus* – *Schultzospora campyloptera* (TC) e *Raistrickia nigra* – *Triquitrites marginatus* (NM). Melo & Loboziak (2001, 2003) referem essa formação à palinozona neoviseana Mag (Zona *Cordylosporites magnidictyus*), por eles erigida na Formação Faro da Bacia do Amazonas. Iannuzzi & Pfefferkorn (2002) confirmam uma idade neoviseana para a megaflora fóssil da Formação Poti, que é dominada por pteridospermas, com algumas licópsidas arbóreas e esfenópsidas associadas.

Testemunhos de sondagens rasas (Fig. 1), perfuradas pela firma Themag Engenharia e Gerenciamento Ltda. para a construção de uma barragem no Rio Tocantins, na altura de Itapititins (TO), apresentam siltitos, folhelhos e diamictitos cinza escuros, cuja idade é viseana, segundo determinações palinológicas efetuadas na Bélgica por Maurice Streel (dados inéditos). Os testemunhos mostram diamictitos semelhantes aos do Devoniano Superior (Formação Cabeças), porém sua idade viseana permite correlacioná-los com os da Formação Poti, observados em afloramentos.



Figura 1. Testemunho de furo raso da Themag, cortado em diamictitos da Formação Poti na região de Itapititins (TO), apresentando clastos de natureza diversa

A litofácies e a megaflora terrestre sugerem ambiente predominantemente continental a transicional (flúvio-deltáico) para grande parte da Formação Poti nos afloramentos do oeste da bacia. Contudo, também ocorreram ingressões marinhas, caracterizadas por fácies tempestíticas na base e topo da formação (Della Favera 1990) e pela presença de bivalvíos marinhos do gênero *Edmondia* (Kegel 1954), nas partes centrais e leste da bacia. Apesar disso, não se registram palinomorfos marinhos nessa unidade, nem em seções síncronas nas bacias do Amazonas e Solimões (Melo & Loboziak 2000, 2003).

A interpretação paleoambiental da Formação Poti, na sua área de afloramentos em Itacajá (TO), sugere ambiente flúvio-glacial para os arenitos da unidade inferior. A presença de seixos (principalmente de quartzo e quartzito) nos arenitos, observada nessa área e em pontos afastados centenas de quilômetros do embasamento que os originou, sugere que eles tenham sido transportados por jangadas de gelo por meio de corpos aquosos até o sítio deposicional. Na área de afloramentos, os folhelhos intermediários dessa unidade teriam se formado em ambiente deltáico a marinho raso, e os diamictitos da unidade superior seriam de origem glacial, depositados sobre lobos deltáicos. Os folhelhos do topo da unidade argilosa teriam sido depositados em ambientes interglaciais de planície deltáica (pelitos e arenitos com fósseis vegetais associados) até marinho raso (folhelhos e tempestitos). A presença da megaflora de “tipo Paracá” na parte superior da formação é indicativa de melhoria climática (Iannuzzi & Pfefferkorn 2002) em intervalos interglaciais e pós-glaciais.

Outras evidências litológicas da presença de glaciações eocarboníferas no norte do Brasil incluem observações de Kegel (1954), segundo quem a Formação Poti apresenta deformações sinsedimentares no membro inferior em vários locais da bacia. As



mesmas poderiam ter se originado pelo colapso de corpos arenosos, quando camadas subjacentes de gelo derreteram. Próximo à cidade de Floriano (PI), na estrada para Teresina, Della Favera & Uliana (1979) documentam um bloco de quartzito, relativamente anguloso, com 25 cm de diâmetro, associado aos depósitos de suspensão na Formação Poti, sugerindo a deposição de seixos pingados em ambiente periglacial. Outro bloco menor foi observado por Mário V. Caputo (inédito) na mesma estrada.

O contato superior com a Formação Piauí (neocarbonífera) é discordante. Essa última apresenta localmente conglomerado basal, constituído por grande quantidade de matações de quartzo, quartzito e arenitos residuais, provavelmente oriundos da erosão dos diamictitos do topo da Formação Poti.

Na Bacia do Amazonas, a Formação Faro, de idade eocarbonífera, distribui-se no depocentro e flancos da bacia, sem, contudo atingir as faixas de afloramentos. Próximo à sua base, ela contém diamictitos de possível origem glacial (*e.g.*, no testemunho nº 27 do poço 1-MA-1-PA), os quais apresentam a mesma idade que os da Formação Poti. A Formação Faro repousa discordantemente sobre a Formação Oriximiná, e é inteiramente recoberta pelas formações Monte Alegre e Itaituba em discordância erosiva subparalela. Nessa unidade, no folhelho inferior, ocorre um diamictito cinza escuro, com clastos de areia, grânulos e seixos dispersos em uma matriz siltica-argilosa micácea. Tal como na sua equivalente na Bacia do Parnaíba, a Formação Faro contém grande quantidade de fragmentos de plantas carbonizadas, bem como filmes de carvão. Porém, esses registros paleobotânicos limitam-se à subsuperfície da bacia e ainda carecem de estudos sistemáticos. A idade da Formação Faro é neoviseana (palinozona Mag, equivalente às biozonas européias TC – NM), segundo Melo & Loboziak (2003), que ratificam, com pequenas modificações, a datação neoviseana anterior de Loboziak *et al.* (1998). A Zona Mag corresponde ao “intervalo bioestratigráfico XII” do antigo zoneamento paleozóico da Petrobras (Daemon & Contreiras, 1971; Daemon, 1974), o qual esteve em uso regular naquela companhia até os anos 1980.

Na Bacia do Solimões (Sub-Bacia de Jandiatuba) foram descritos diamictitos com grânulos e seixos de quartzo imersos em abundante matriz silto-argilosa escura, situados no topo da Formação Jandiatuba, na base do testemunho nº 1 do poço 1-JD-1-AM. Aqui, Melo & Loboziak (2003) identificam uma associação palinoflorística de indubitável idade neoviseana (biozona Mag), num intervalo que se estende, poço abaixo, desde a base do testemunho 1 (2185,25 m, logo abaixo da discordância neocarbonífera com a

Formação Juruá) até o intervalo de amostras de calha entre 2208/2217 m, onde repousa em discordância sobre folhelhos neodevonianos atribuídos à mesma Formação Jandiatuba. Portanto, essa seção neoviseana está situada no mesmo intervalo bioestratigráfico das formações Poti e Faro (Melo & Loboziak 2000, 2003). Seria muita coincidência se outro ambiente, que não o glacial, originasse diamictitos de mesma idade em regiões tão amplamente separadas.

No Brasil, a glaciação neoviseana foi bem menos evidente que a neodevoniana, pois a maioria das formações que potencialmente a registram limitam-se à subsuperfície, *e.g.*, nas bacias do Amazonas e Solimões. Apenas na Bacia do Parnaíba ela é bem documentada no campo. Há registros duvidosos, ainda pouco estudados e mal datados, de supostos tilitos eocarboníferos em outras partes do Brasil, *e.g.*, na Formação Pimenta Bueno da Bacia dos Parecis. Dali, têm sido reportados sedimentos glaciais e periglaciais (Nahass *et al.* 1974, *apud* Siqueira 1989), cuja origem e idade ainda requerem confirmação. Afinal, vários sedimentos que antes se supunham paleozóicos nessa bacia, segundo a literatura geológica anterior (*e.g.*, Siqueira 1989), tiveram depois sua idade proterozóica determinada por métodos radiométricos e palinológicos (Mizusaki *et al.* 1994).

No Peru e Bolívia ocorrem algumas seções eocarboníferas repletas de diamictitos, *e.g.*, no Grupo Ambo e na parte superior da Formação Saipuru (Bolívia). Esses sedimentos foram datados palinologicamente como neoviseanos (*Zona Reticulatisporites magnidictyus*), segundo Suárez-Soruco & López-Pugliesi (1983). Díaz-Martínez (1995) conclui que o membro superior da Formação Kasa, de possível idade viseana, contém diamictitos intercamados com seqüências deltáicas, resultantes de fluxos gravitacionais, contudo sem descartar a possibilidade de influência glacial na sedimentação.

Na África, têm sido assinaladas algumas formações glaciais de idade eocarbonífera, *e.g.*, na Bacia do Congo e no Bloco Zambezi (Chappell & Humphreys 1970), na região dos Montes Air no Niger (Lang *et al.* 1991), e na África do Sul (Plumstead 1964). Porém, essas unidades ainda carecem de datações mais detalhadas, de modo a poder definir se as mesmas seriam de idade tournaissiana ou viseana.

Saltzman (2002), com base em estudos de isótopos estáveis de O¹⁸ e C¹³ em seções mississippianas de Idaho e Nevada (EUA), observa um significativo rebaixamento do nível do mar que atribui a uma glaciação no Continente Gondwana, ocorrida entre o Mesotournaissiano e início do Neotournaissiano. Além disso, evidências indiretas de glaciação, preservadas em seqüências de quarta ordem em rampa carbonática na Bacia de Illinois (EUA), sugerem que outra fase



glacial se desenvolveu no Gondwana durante o Neoviseano, originando vales incisos profundos de mesma idade na América do Norte (Smith Jr. & Read 2000). Estudos de composição isotópica de oxigênio e carbono em conchas de braquiópodos do Dinantiano (Carbonífero Inferior) da Europa Ocidental também indicam variações do nível do mar que poderiam refletir o crescimento e declínio de massas de gelo,

particularmente nos intervalos Neotournaisiano e Meso/Neoviseano (Bruckschen & Veizer 1997). Portanto, essas evidências indiretas de glaciação, constatadas no Hemisfério Norte, apresentam boa correlação com registros litológicos mais concretos, observados na América do Sul e discutidos no presente trabalho.

Referências

- ANDRADE S.M. 1968. *Geologia do sudeste de Itacajá*. Petrobras, Belém, relat. nº 293, inédito.
- ANDRADE S.M. 1972. *Geologia do sudeste de Itacajá, Bacia do Parnaíba (Estado de Goiás)*. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. 87 p.
- ANDRADE S.M. & DAEMON R.F. 1974. Litoestratigrafia e bioestratigrafia do flanco sudoeste da Bacia do Parnaíba (Devoniano e Carbonífero). In: SBG, Congr. Brasil. Geol., 28, Porto Alegre, *Anais*, p. 129-137.
- BRUCKSCHEN P. & VEIZER J. 1997. Oxygen and carbon isotopic composition of Dinantian brachiopods: paleoenvironmental implications for the Lower Carboniferous of Western Europe. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **132**: 243-264.
- CAPUTO M.V. 1984. *Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and paleogeography of northern basins of Brazil*. Tese de Doutorado. Universidade da Califórnia – Santa Barbara, Califórnia, 583 p.
- CAPUTO M.V. 1985. Late Devonian glaciation in South America. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **51**: 291-317.
- CAPUTO M.V. & CROWELL J.C. 1985. Migration of glacial centers across Gondwana during Palaeozoic Era. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **96**:1020-1036.
- CAPUTO M.V. & SILVA O.B. 1990. Sedimentação e tectônica da Bacia do Solimões. In: G.P. RAJA GABAGLIA & E.J. MILANI (eds.) *Origem e evolução de bacias sedimentares*. Rio de Janeiro, Petrobras, pp.: 169-193.
- CAPUTO M.V., STREEL M., Melo J.H.G., Vaz, L.F. 2006. Glaciações eocarboníferas no norte do Brasil. In: SBG, Simp. Geol. Amazônia, 9, Belém, *Bol. Resumos*. CD-Rom, Sessões Temáticas – Bacias Sedimentares Fanerozóicas.
- CHAPPELL J. & HUMPHREYS M. 1981. Glacial sedimentation in the Lower Karroo, Mid-Zambezi Valley, Rhodesia. In: M.J. HAMBREY & W.B. HARLAND (eds.) *Earth's pre-Pleistocene glacial record*. Cambridge, Cambridge Univ. Press, pp.: 113-121.
- DAEMON R.F. 1974. Palinomorfos-guias do Devoniano Superior e Carbonífero Inferior das bacias do Amazonas e Parnaíba. *An. Acad. Brasil. Ciênc.*, **46**: 49-587.
- DAEMON R.F. 1976. Correlação bioestratigráfica entre os sedimentos do Siluriano, Devoniano e Carbonífero Inferior das bacias do Amazonas, Parnaíba e Paraná. In: SBG, Congr. Brasil. Geol., 29, Ouro Preto, *Anais*, v. 2, p. 189-194.
- DAEMON R.F. & CONTREIRAS C.J.A. 1971. Zoneamento palinológico da Bacia do Amazonas. In: SBG, Congr. Brasil. Geol., 25, São Paulo, *Anais*, p. 79-88.
- DELLA FAVERA J.C. 1990. *Tempestitos da Bacia do Parnaíba*. Tese de doutorado. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2 v.
- DELLA FAVERA J.C. & ULIANA M.A. 1979. *Bacia do Maranhão – possibilidades de treinamento em fácies e ambientes sedimentares*. Petrobras, Relat. inéd. s/n.
- DÍAZ-MARTÍNEZ E. 1995. Regional correlation with late Paleozoic events in Bolívia. In: Simp. Cronoestrat. Bac. Paraná, 2, Porto Alegre, *Bol. Res. Expand.*, p. 98-100.
- DÍAZ-MARTÍNEZ E. & ISAACSON P.E. 1994. Late Devonian glacially-influenced marine sedimentation in Western Gondwana: the Cumaná Formation, Altiplano, Bolivia. In: A. EMBRY, B. BEAUCHAMP, D.G. Glass (eds.) *Pangea: global environments and resources*. *Can. Soc. Petrol. Geol. Memoir*, **17**: 511-522.
- DÍAZ-MARTÍNEZ E., VAVRDOVA M., ISAACSON P.E. 1999. Late Devonian (Famennian) glaciation in Western Gondwana: evidence from central Andes. In: R. FEIS, J.A. TALENT, A. DURER (eds.) *North Gondwana: mid-Paleozoic terranes, stratigraphy and biota*. *Jahrb. Geol. Bundesanst. (Wien)*, **54**:238-247.
- GRADSTEIN F., OGG J., SMITH A. 2004. *A geologic time scale*. Cambridge, Cambridge Univ. Press, 589 pp.
- IANNUZZI R. & PFEFFERKORN H.W. 2002. A pre-glacial, warm-temperate floral belt in Gondwana (Late Visean, Early Carboniferous). *Palaios*, **17**:571-590.
- ISAACSON P.E., HLADIL J., SHEN J.-W., KALVODA J., DÍAZ-MARTÍNEZ E., GRADER G. 1999. Late Devonian glaciation in Gondwana: setting the stage for Carboniferous eustasy. *Subcomm. Devon. Strat. Newsl.*, **16**:37-46.
- KEGEL W. 1954. Lamelibrânquios da Formação Poti (Carbonífero Inferior) do Piauí. *DNPM. Div. Geol. Mineral., Notas Prelim. Est.*, **88**:1-14.
- LANG J., YAHAYA M., EL HAMET M.O., BESOMBES J.C., CAZOULAT M. 1991. Dépôts glaciaires du Carbonifère inférieur à l'Ouest de L'Aïr (Niger). *Geol. Rund.*, **80** (3):611-622.
- LOBOZIAK S., STREEL M., CAPUTO M.V., MELO J.H.G. 1992. Middle Devonian to Lower Carboniferous miospore stratigraphy in the central Parnaíba Basin (Brazil). *An. Soc. Géol. Belg.*, **115** (9):215-226.



- LOBOZIAK S., STREEL M., CAPUTO M.V., MELO J.H.G. 1993. Middle Devonian to Lower Carboniferous miospores from selected boreholes in Amazonas and Parnaíba Basins (Brazil): additional data, synthesis, and correlation. *Doc. Lab. Géol. Lyon*, **125**:277-289.
- LOBOZIAK S., MELO J.H.G., QUADROS L.P., DAEMON R.F., BARRILARI I.M.R. 1994a. Biocronoestratigrafia dos palinórfos do Devoniano Médio – Carbonífero Inferior das bacias do Solimões e Parnaíba: estado da arte. In: Petrobras. Sintex II – Semin. Interpret. Expl., 2, Rio de Janeiro, Atas, p. 51-56.
- LOBOZIAK S., MELO J.H.G., QUADROS L.P., DAEMON R.F., BARRILARI I.M.R., STREEL M. 1994b. *Devonian-Dinantian miospore biostratigraphy of the Solimões and Parnaíba Basins (with considerations on the Devonian of the Paraná Basin)*. Petrobras/Cenpes, Rio de Janeiro, 2 v. (relat. inéd.).
- LOBOZIAK S., MELO J.H.G., STEEMANS P., BARRILARI I.M.R. 1995a. Miospore evidence for pre-Emsian and latest Famennian sedimentation in the Devonian of the Paraná Basin, south Brazil. *An. Acad. Brasil. Ciênc.*, **67**:391-392 (Resumo das comunicações).
- LOBOZIAK S., MELO J.H.G., QUADROS L.P., DAEMON R.F., BARRILARI I.M.R., STREEL M. 1995b. Biocronoestratigrafia de miósporos do Devoniano Médio – Carbonífero Inferior das bacias do Solimões e Parnaíba (estado da arte). *An. Acad. Brasil. Ciênc.*, **67**:394-395 (Resumo das comunicações).
- LOBOZIAK S., MELO J.H.G., STREEL M. 1998. Reassessment of Viséan miospore biostratigraphy in the Amazon Basin, northern Brazil. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, **104**:143-155.
- LOBOZIAK S., CAPUTO M.V., MELO J.H.G. 2000. Middle Devonian – Tournaisian miospore biostratigraphy in the southwestern outcrop belt of the Parnaíba Basin, north-central Brazil. *Rév. Micropaléont.*, **43** (4):301-318.
- MELO J.H.G. & LOBOZIAK S. 2000. Viséan miospore biostratigraphy and correlation of the Poti Formation (Parnaíba Basin, northern Brazil). *Rev. Palaeobot. Palynol.*, **112**:147-165.
- MELO J.H.G. & LOBOZIAK S. 2001. New miospore zonation of Devonian – Early Carboniferous strata in the Amazon Basin: a preliminary account. In: J.H.G. MELO & G.J.S. TERRA (eds.) *Correlação de seqüências paleozóicas sul-americanas. Ci.-Téc.-Petról., Seç. Expl. Petról.*, **20**:99-107.
- MELO J.H.G. & LOBOZIAK S. 2003. Devonian – Early Carboniferous miospore biostratigraphy of the Amazon Basin, northern Brazil. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, **124**:131-202.
- MIZUSAKI A.M.P., ARAÚJO C.V., ALVES D.B., HENZ G.I., MELO J.H.G., QUADROS L.P., BABINSKY N.A., AZAMBUJA F. N.C., CÊSERO P. DE, SANTOS R.C.R. 1994. *Resultados das análises dos testemunhos e das amostras de calha e laterais do poço 2-FI-1-MT, Bacia do Parecis*. Petrobras/Cenpes/Divex, Rio de Janeiro, relat. inéd.
- NAHASS *et al.* 1974.
- PLUMSTEAD E.P. 1964. Gondwana floras, geochronology and glaciation in South Africa. In: International Geological Congress, 22, New Delhi, *Proc.*, Pt. 9. Sec. 9, p. 303-319.
- SALTZMAN M.R. 2002. Carbon and oxygen isotope stratigraphy of the Lower Mississippian (Kinderhookian – Lower Osagean), western United States: implications for seawater chemistry and glaciation. *GSA Bull.*, **114**(1):96-108.
- SIQUEIRA L.P. 1989. Bacia dos Parecis. *Bol. Geoc. Petrobras*, **3**(1/2):2-16.
- SMITH Jr. L.B. & READ J.F. 2000. Rapid onset of late Paleozoic glaciation on Gondwana: evidence from Upper Mississippian strata of the Midcontinent, United States. *Geology*, **28**(3):279-282.
- STREEL M., CAPUTO M.V. LOBOZIAK S., MELO J.H.G. 2000. Late Frasnian – Famennian climates based on palynomorph analyses and the question of the Late Devonian glaciations. *Earth-Sci. Rev.*, **52**:121-173.
- SUÁREZ-SORUCO R. & LÓPEZ-PUGLIESSI M. 1983. Formación Saipuru, nuevo nombre formacional para representar a los sedimentos superiores del Ciclo Cordillerano (Devónico Superior – Carbónico Inferior) - Bolivia. *Rev. Téc. YPFB*, **9**(1-4):189-202.