O ICNOGÊNERO *ARTHROPHYCUS* DE DEPÓSITOS SUBLITORÂNEOS DA FORMAÇÃO NHAMUNDÁ (SILURIANO INFERIOR) DA BACIA DO AMAZONAS, REGIÃO DE PRESIDENTE FIGUEIREDO

AFONSO CÉSAR RODRIGUES NOGUEIRA*, WERNER TRUCKENBRODT** E EMÍLIO ALBERTO AMARAL SOARES** ***

ABSTRACT, *THE ICNOGENUS ARTHROPHYCUS IN SUBLITTORAL DEPOSITS OF NHAMUNDÁ FORMATION (LOWER SILURIAN), AMAZON BASIN, PRESIDENTE FIGUEIREDO REGION* The trace fossil *Arthropycus alleghaniensis* is reported from siliciclastic rocks of the Nhamundá Formation (Lower Silurian, Amazon Basin) near the town of Presidente Figueiredo, north of Manaus. Facies analysis of this formation and data from literature about *A. alleghaniensis* suggest sublittoral conditions, particularly a periglacial shoreface environment, for this ichnofossil in the Amazon Basin.

Keywords: *Arthropycus*, Ichnofossil, Shoreface, Nhamundá Formation, Lower Silurian, Amazon Basin

RESUMO O icnofóssil *Arthropycus alleghaniensis* foi registrado em rochas siliciclásticas da Formação Nhamundá (Siluriano inferior da Bacia do Amazonas) nos arredores da cidade de Presidente Figueiredo, ao norte de Manaus. A análise faciológica desta unidade e dados bibliográficos disponíveis sobre *A. alleghaniensis* sugerem condições sublitorâneas, particularmente o ambiente de *shoreface* periglacial, para este icnofóssil na Bacia do Amazonas.

Palavras-chave: *Arthropycus*, Icnofóssil, *Shoreface*, Formação Nhamundá, Siluriano inferior, Bacia do Amazonas

INTRODUÇÃO As primeiras citações sobre o icnogênero *Arthropycus* (HARLAN) HALL 1852 na Bacia do Amazonas partiram de Derby (1879) que o encontrou no sopé do Outeiro do Cachorro, margem direita do rio do Cachorro, afluente do Rio Trombetas (PA). Este autor considerou o icnofóssil como restos de plantas marinhas (*Fucoides* ou algas), comparando-o com a icnoespécie norte-americana *Arthropycus harlani* CONRAD, de idade siluriana. Katzner (1903), entretanto, interpretou-o como impressões fósseis; enquanto Maury (1929), revisando a fauna siluriana do Rio Trombetas a partir das descrições de Clarke (1899) e com base em novas coleções, corroborou as observações de Derby (1879). Albuquerque (1922) identificou este icnogênero na Cachoeira do Moreno, localizada no rio Uatumã (AM). Décadas mais tarde, Silva (1951) registrou *Arthropycus* no flanco sul da Bacia do Amazonas, no rio Tapajós (PA), enquanto Lange (1967) e Cunha & Tarapanoff (1985) reconheceram-no, respectivamente, em estratos arenosos do poço I-AM-1-AZ, localizado perto da confluência dos rios Negro e Solimões (AM), e em afloramentos no Município de Mazagão (AP). Todos estes registros do icnogênero *Arthropycus* na Bacia do Amazonas estão restritos aos depósitos do Grupo Trombetas, de idade ordoviciana final a devoniana inicial, que reúne as formações siliciclásticas Autás-Mirim (base), Nhamundá, Pitinga e Manacapuru (topo) (Cunha *et al.* 1994).

Este trabalho descreve pela primeira vez o icnogênero *Arthropycus* nos arredores da cidade de Presidente Figueiredo, norte de Manaus, onde ocorre em arenitos da Formação Nhamundá (Siluriano inferior), expostos principalmente em cachoeiras dos afluentes do rio Urubu (Fig. 1). A análise de fácies destes depósitos e dados bibliográficos disponíveis sobre esse icnofóssil permitiram esboçar seu *habitat* sublitorâneo, sob a influência de clima glacial, na Bacia do Amazonas.

CONTEXTO GEOLÓGICO-ESTRATIGRÁFICO Os Sedimentos Nhamundá, anteriormente considerados como membro da Formação Trombetas (Lange 1967), depois que Breitbach (1957) tinha proposto informalmente este termo, foram elevados por Caputo (1984) à categoria de formação e inseridos no Grupo Trombetas. Este grupo representa a primeira sequência transgressiva-regressiva na Bacia do Amazonas e está truncada pela discordância decorrente da Orogenia Caledoniana. Mas segundo Castro *et al.* (1988), é possível que nas partes centrais da bacia a sedimentação marinha tenha persistido e evoluído para a sequência Urupadi e Curuá (Devoniano inferior a Carbonífero inferior).

A Formação Nhamundá é a unidade mais expressiva na região de Presidente Figueiredo (Fig. 1). Constituída por quartz-arenitos, folhelhos e diamictitos, suas melhores exposições encontram-se em numerosas cachoeiras de rios e igarapés e chegam até 10 m de espessura. Depósitos mais jovens têm uma distribuição mais restrita e pertencem às formações Pitinga e Manacapuru do Grupo Trombetas e à Formação Alter do Chão (Cretáceo superior a Terciário). Ao norte da cidade de Presidente Figueiredo, a Formação Nhamundá é sobreposta bruscamente pelos folhelhos marinhos da Formação Pitinga enquanto que

depósitos fluviais da Formação Alter do Chão recobrem-na discordantemente em uma faixa contínua W-E ao sul de Presidente Figueiredo e em restos isolados ao norte e leste desta cidade (Fig. 1). O contato brusco entre as formações Nhamundá e Pitinga, interpretado como superfície de inundação marinha, é um importante marco estratigráfico no Grupo Trombetas (Fig. 2). Não foi observada a interdigitação entre ambas as formações, sugerida por Grahm & Paris (1992) em função da similaridade entre as assembleias de quitinozóários do topo da Formação Nhamundá e da base da Formação Pitinga. Folhelhos muito semelhantes aos da Formação Pitinga afloram na margem esquerda do rio Urubu, na altura do km 99 da rodovia BR-174 (Fig. 1). Análises bioestratigráficas desta ocorrência permitiram identificar uma assembleia de quitinozóários que indica o andar Pridoliano do Siluriano correspondente à base da Formação Manacapuru (Coelho 1994). Esta ocorrência está provavelmente em contato tectônico com a Formação Nhamundá. A Formação Autás-Mirim, a unidade mais antiga do Grupo Trombetas, não aflora na região de estudo.

As primeiras informações mais precisas sobre a idade do Grupo Trombetas basearam-se na identificação do graptólito *Climacograptus innotatus* NICHOLSON var. *brasiliensis* RUEDEMANN, indicador da idade eossiluriana (Llandoveryano inferior; Maury 1929, Lange 1967). Antes desta datação, Derby (1879) já tinha considerado os fósseis do Rio Trombetas como pertencentes ao Siluriano inferior, quando comparou os exemplares de *Arthropycus* com a forma *A. harlani* CONRAD do Andar Medina (Llandoveryano inferior) da América do Norte. Já Clarke (1899) estendeu a idade desta fauna até o Llandoveryano superior-Wenlockiano, enquanto que Schuchert (1906), com base nos trabalhos de Derby (1879), Ulrich (1893) e Clarke (1899) posicionou-a no Ordoviciano superior em função da sua semelhança com a fauna do Richmond superior ou Cincinnatiano da América do Norte. Análises bioestratigráficas mais recentes (Grahm & Melo 1990, Quadros *et al.* 1990, Grahm 1991, 1992, Grahm & Paris 1992) definiram as idades Ordoviciano superior a Lochkoviano inferior para o Grupo Trombetas e Llandoveryano a Wenlockiano inferior para a Formação Nhamundá.

LITOFÁCIES DA FORMAÇÃO NHAMUNDÁ Três principais litofácies da Formação Nhamundá foram reconhecidas na região de Presidente Figueiredo (Fig. 3) e as características são descritas resumidamente a seguir.

Foreshore Os depósitos *de foreshore* têm ocorrência restrita, sendo encontradas as melhores exposições na localidade de Portal das Cachoeiras, km 15 da rodovia AM-240. São quartz-arenitos médios a grossos, bem selecionados e arredondados, que exibem estratificação plano-paralela com truncamentos de baixo ângulo (Figs. 3 e 4A); estratos cruzados ocorrem subordinadamente. Localmente, os depósitos de *foreshore* são pouco bioturbados (bioturbação < 10%) por *Skolithos* isp. (Figs. 3 e 4D).

A estratificação plano-paralela é atribuída à ação de fluxo e refluxo na zona de espraiamento de onda (*wave swash*) enquanto o trun-

* Departamento de Geociências, Universidade do Amazonas, Av. Gal. Rodrigo O. J. Ramos, 3000, Campus Universitário, CEP 69.077-000, Manaus - AM, Fax: 644-1510, e-mail: afonso@fua.br / acmogue@usp.br

** Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Campus Universitário do Guamá, CEP 66.075-900, Belém - Pará.

*** Curso de Pós-Graduação em Geologia Geoquímica / Universidade Federal do Pará, Campus Universitário do Guamá, CEP 66.075-900, Belém - Pará.

Figura 1 - Mapas de localização e geológico da região de Presidente Figueiredo (norte de Manaus) (Modificado de Schobbenhaus et al. 1984 e Nogueira et al. 1997a).

Figura 2- Superfície de inundação marinha marcando o contato entre as formações Nhamundá (arenitos) e Pitinga (folhelhos) Km 108 da rodovia BR-174.

camento de baixo ângulo é interpretado como ajuste da praia a mudanças no regime de ondas ou no fornecimento de sedimento (ver Galloway & Hobday 1996).

Shoreface Petrograficamente, os depósitos de *shoreface* são muito semelhantes aos de *foreshore*. Os quartzos-arenitos finos a grossos, com grânulos dispersos, apresentam estratificações cruzada tabular (Figs. 3 e 4E), plano-paralela, maciça e, localmente, estratificação cruzada *hummocky* (Figs. 3, 4B e 4C). Pouco frequentes são pelitos, cujos estratos não ultrapassam alguns centímetros de espessura. Com exceção da estratificação cruzada *hummocky*, as demais estruturas caracterizam a parte superior de *shoreface* (Fig. 3). A parte inferior, no

entanto, é pouco aflorante. Dados de paleocorrente obtidos da estratificação cruzada tabular (lâminas de *foresets* mergulhando para NE) são consistentes com a orientação NE-SW da paleocosta da bacia e sugerem para a origem da estratificação a migração de barras por correntes litorâneas. O acamamento maciço é devido à forte bioturbação (> 60%) que em grande parte é atribuída à ação de *Skolithos*. O icnogênero *Arthropycus*, que ocorre na interface arenito/folhelho, é tratado em detalhe mais adiante.

Depósitos de *shoreface* inferior são indicados pela presença de arenitos finos com estratificação cruzada *hummocky*. Esta estrutura, gerada por fluxo oscilatório/combinação (Cheel & Leckie 1993),

Figura 3 - Correlação lioestratigráfica e ambientes sedimentares da Formação Nhamundá na região de Presidente Figueiredo. As letras A até F, indicadas nos perfis 1 a 6, correspondem, respectivamente, às figuras 2, 4B a 4E e 5. O mapa à direita localiza os perfis 1 a 6.

mostra a passagem de tempestades durante a deposição da Formação Nhamundá.

Fácies subglacial costeira O ambiente subglacial é evidenciado pela presença de estruturas glaciectônicas, que incluem planos de cavalgamento de baixo ângulo e foliação subhorizontal desenvolvidos em diamictitos de constituição pelítico-arenosa (Nogueira *et al.* 1997b). Estas estruturas desenham um padrão anastomosado inflitando-se com mergulhos altos quando contornam porções ou blocos de quartzo-arenito fino, os quais chegam a ter comprimento métrico (Fig. 5). Boudinagem e dobras recumbentes ocorrem localmente.

As estruturas sub-horizontais, compatíveis com um campo de tensões tangenciais, sua natureza intraformacional e o fato de serem desenvolvidas em diamictitos sugerem um ambiente subglacial (Berthelsen 1979) com a geleira avançando sobre o litoral. Esta posição litorânea da fácies glacial é compatível com as demais fácies deposicionais (*foreshore* e *shoreface*) já que estas se sobrepõem em contato direto aos diamictitos.

Eventos glaciais na Formação Nhamundá foram recentemente datados por Grahn & Paris (1992) como *early middle Llandovery*, *early late Llandovery* and *latest Llandovery* to *earliest Wenlock* através de quitinozóários em diamictitos, previamente identificados como tilitos por Carozzi *et al.* (1973) em testemunhos de sondagem.

ICNOGÊNERO ARTHROPHYCUS *Arthropycus alleghaniensis* (HARLAN) HALL, 1852 **Descrição e material estudado** Os exemplares deste icnofóssil representam tubos em hiporelevo positivo (*hipicnia*), concordantes a subconcordantes aos planos de acamamento e preenchidos com quartzo-arenito fino. Os tubos são simples e podem mostrar ramificações laterais (Fig. 6A). Já ramificações terminais, múltiplas, de até 4 tubos, são raras (Fig. 6B). Os icnofósses alcançam até 1 m de comprimento e cruzam-se em ângulos retos ou agudo. Em seção transversal, os tubos principais são elípticos a subquadráticos, com diâmetro variando de 2 a 6 cm. Apresentam sulcos anelares

transversais, espaçados regularmente (3 sulcos por cm) que, localmente, mostram-se desgastados (Figs. 6B e C). Em alguns casos, os tubos são bilobados com sulco longitudinal mediano incipiente, denunciado por sulcos anelares parcialmente deslocados. Associadas com *Arthropycus* ocorrem esporadicamente pequenas protuberâncias amendoadas (*hipicnia* convexa), com comprimento de até 1,5 cm e largura de no máximo 0,3 cm (Fig. 6C), similares ao icnogênero *Pelecypodichnus* Seilacher, 1953.

As melhores ocorrências de *Arthropycus alleghaniensis* na Formação Nhamundá estão localizadas a leste da cidade de Presidente Figueiredo, na região entre as cachoeiras da Santa Cláudia (perfil 3 da Figura 3) e das Orquídeas (perfil 5 da Figura 3), incluindo um aflente esquerdo do Igarapé Veado (mapa da Figura 3). Nessas localidades foram coletadas 8 amostras de quartzo-arenito fino a médio que foram analisadas e incluídas na coleção de rochas sedimentares do Laboratório de Sedimentologia da Universidade do Amazonas sob as siglas CD-73, CD-74, CD-75, CD-76, CD-142, CD-145, CD-148 e CD-162. As amostras estão silicificadas ou mostram-se friáveis e geralmente são esbranquiçadas e vermelho-castanhas devido à pigmentação por óxidos/hidróxidos de ferro.

Interpretação paleoambiental Ao contrário dos tubos verticais de *Skolithos*, o icnofóssil *Arthropycus* é encontrado na sola de camadas de arenito e marcando a interface arenito/pelito. Enquadrado na icnofácies *Cruziana* (Tabela 1), *Arthropycus* é considerado monoicnoespecífico, produzido por artrópodes ou vermes (Häntzschel 1975) que escavavam túneis sub-horizontais revolvendo sedimentos à procura de alimento (*feeding burrows*). O potencial de conservação destas estruturas, em forma de hiporelevo, se deve sobretudo a sua geração em sedimentos argilosos e posterior preenchimento por areia. A relação icnofóssil/pelito indica períodos calmos de deposição em um ambiente que era caracterizado principalmente por níveis altos de energia de corrente ou onda denunciados por arenitos com estratifi-

Figura 4 - Estruturas sedimentares da Formação Nhamundá. A) Estratificação plano-paralela com truncamentos de baixo ângulo. B e C) Estratificação cruzada hwmnmocky (detalhe do perfil 3 da figura 3). D) *Skolitios isp.* (detalhe do perfil 2 da figura 3). E) Estratificação cruzada tabular (detalhe do perfil 3 da figura 3).

cações cruzada e plano-paralela e marcas onduladas. A associação de *Arthropycus* a níveis descontínuos de arenito fino a médio com marcas onduladas intercalados a arenitos com estratificação cruzada sotopostos à fácies de *foreshore*, indica um ambiente de *shoreface* (sublitoral), provavelmente superior, para este icnofóssil. Esta interpretação é de acordo com a maioria dos dados bibliográficos disponíveis (Tabela 1), mas que mostram também a ocorrência de *Arthropycus* em baixios de *offshore* (Selley 1970, 1985), depósitos de *crevasse splay* em baía interdistributária (Eagar 1985) e em ambiente fluvial *braided* distal (Cotter 1983). Mesmo que um ambiente não marinho possa ser posto em dúvida, já que segundo Pickerill *et al.* (1991) *Arthropycus* é sempre registrado em sucessões marinhas e demarca a linha de costa no Paleozóico, sendo relacionado a condições litorâneas rasas (Boucot 1975), os organismos que produziram este icnofóssil suportavam a influência de água doce em ambientes litorâneos (Legg 1985, Eagar 1985). Condições de salinidade reduzida são igualmente sugeridas pelo menos para a parte de *shoreface* da Formação Nhamundá, com base na ausência de corpos fósseis e da presença de *Pelecypodichnus isp.* que segundo Hakes (1985) e Pienkowski (1985) é conhecido em sedimentos de água salobre. O recuo do gelo eossiluriano da área de estudo poderia ter contribuído no fornecimento de grandes volumes de água doce.

A posição do polo Sul na região meridional do Brasil durante o Eossiluriano (Caputo 1984, Grahn & Caputo 1992) implica em condições periglaciais para o ambiente sublitorâneo de *Arthropycus*. Um clima frio na Bacia do Amazonas é também corroborado pela ausência de sedimentação carbonática durante todo o EoPaleozóico.

Amplitude estratigráfica Embora *Arthropycus alleghaniensis* seja conhecida na Bacia do Amazonas apenas em depósitos siluri-

anos, sua distribuição estratigráfica a nível global é mais ampla e estende-se do Cambriano até o Carbonífero (Tabela 1). Na Bacia do Paraná, este icnofóssil além de ocorrer na Formação Vila Maria do Siluriano inferior (Burjack & Popp 1981, Borghi *et al.* 1996), foi recentemente registrado também em depósitos sotopostos à Formação Vila Maria, atribuídos ao Ordoviciano (Fernandes & Borghi 1996).

CONCLUSÕES O icnofóssil *Arthropycus alleghaniensis* na Formação Nhamundá (Siluriano inferior), região de Presidente Figueiredo, ocorre como hiporelevo positivo na base de camadas de arenito e marcando a interface arenito/pelito. A análise faciológica destes depósitos indica o ambiente de *shoreface*, provavelmente, *shoreface* superior, para este traço-fóssil. Além disso, a ausência de corpos fósseis e a presença de *Pelecypodichnus*, conhecido em sedimentos de água salobre, sugerem para *Arthropycus* um ambiente de *shoreface* com salinidade reduzida. Indicativos climáticos periglaciais para o *habitat* deste icnofóssil são fornecidos pela associação dos depósitos de *shoreface* com os diamictitos subglaciais caracterizados por planos sub-horizontais de cavalgamento e foliação.

Embora *Arthropycus* seja registrado na Bacia do Amazonas apenas em depósitos silurianos, sua distribuição estratigráfica a nível mundial é mais ampla e estende-se do Cambriano até o Carbonífero. Na Bacia do Paraná, *Arthropycus* ocorre tanto em sedimentos silurianos como ordovicianos.

Agradecimentos À Universidade do Amazonas pelo apoio financeiro e ao estudante Jackson Douglas Paz pelo acompanhamento no campo, bem como a Leonardo Borghi, Mário Vicente Caputo e aos dois relatores anônimos da Revista Brasileira de Geociências pelas críticas e sugestões ao texto original.

Figura 5 - Estruturas glacioteclônicas na Formação Nhamundá. Foliação e planos de cavalgamento, desenvolvidos em diamictito, envolvendo blocos de quartzo-arenito s fino (detalhe do perfil 6 da figura 3).

Figura 6 - *Arthropycus alleghaniensis*. A) Aspecto geral mostrando tubos ramificados em hiporelevo. B) Ramificação múltipla do traço. C) Estruturas anulares transversais e, localmente, sulco mediano incipiente no traço; as pequenas protuberâncias hipicniais amendoadas (setas) são atribuídas a *Pelecypodichnus isp.*

Tabela 1 - Interpretações estratigráfica e paleoambiental para *Arthropycus*.

UNIDADE ESTRATIGRÁFICA	LITOTIPO (S)	ICNOCENOSE	PALEOAMBIENTE	AUTORES
Arenitos e folhelhos de Ovilte (Cambriano Médio)	Arenito siltico	<i>Cruziana, Phycodes</i>	Delta com influência de maré	LEGG (1985)
Sucessão paleozóica da Bacia de Kufra (Cambriano-Devoniano)	Siltitos e arenitos finos, eventualmente arenitos médios.	<i>Cruziana</i>	Plataforma, submaré e canais de submaré, transição fluvial <i>braided</i> a submaré.	TURNER & BENTON (1983)
Formação La Tinta (Ordoviciano)	Siltito e arenito	<i>Cruziana</i>	Sublitoral	ACEÑOLAZA (1978)
Formação Um Sahm (Ordoviciano)	Arenitos e folhelhos	<i>Cruziana, Skolithos</i>	Baixos de offshore, litorâneo e delta.	SELLEY (1970, 1985)
Formação Vila Maria (Siluriano Inferior)	Siltito e arenito	<i>Skolithos, ?Planolites, ?Chondrites</i>	Sublitoral relativamente raso; glácio-marinho sob ação de tempestades	BURLACK & POPP (1981); BORGHİ & MOREIRA (1996)
Clinch Sandstone, Formação Rockwood, (Siluriano Inferior)	Interface arenito fino e pelitos (<i>mud drapes</i>).	<i>Planolites, Palaeophycus</i>	Shoreface, com períodos de baixa energia	DRIESE <i>et al.</i> (1991)
Grupo Medina (Siluriano Inferior)	Arenitos e pelitos intercalados	<i>Daedalus, Planolites</i>	Baixos arenosos de submaré a intermaré	DUKE <i>et al.</i> (1991)
Formação Tuscarora (Siluriano Inferior)	Arenito fino e folhelhos (interface)	<i>Monocraterion, Rusophycus, Chondrites, Skolithos</i>	Fluvial <i>braided</i> distal, sandwaves de plataforma marinha, estuário, planície de maré?	COTTER (1983)
Marsdeniano (Carbonífero Médio)	Arenito quartzoso intercalado com siltitos e pelitos	<i>Palaeophycus, Planolites, Paleocypodichnus, Phycodes</i>	Crevasse splay em bacia interdistributária	EAGAR (1985)

Referências

- Albuquerque, R. 1922. Reconhecimentos geológicos no Vale do Amazonas: *Serv. Geol. Min. Boletim*, 3:1-84.
- Aceffolaza, F.G. 1978. El Paleozóico Inferior de Argentina segun sus trazas fosiles. *Ameghiniana*, 15:15-64.
- Borghī, L. & Moreira, M.I.C. 1996. A ocorrência inédita de sistema ordoviciano na Bacia do Paraná, em afloramentos de seu bordo noroeste. 1996. In: SBG, Cong. Brás. Geol., 39, Salvador, Anais, 1:145-147.
- Borghī, L.; Moreira, I.C.; Fernandes, A.C.S. 1996. A ocorrência do icnogênero *Arthropycus* Hall, 1852 em Chapada dos Guimarães, Estado de Mato Grosso. *An. Acad. Brás. Ci.* 68:274-275.
- Berthelsen, A. 1979. Recumbent folds and boudinag structures formed by subglacial shear: an example of gravity tectonics. *Geol. Mijnbouw*, 58:253-260.
- Breibach, J. W. 1957. Geology of Rio Cajari, Paleozoic outcrop belt, lower Amazon. Belém, Petrosbras. *(Relatório Inédito 210-A)*.
- Boucot, A.J. 1975. *Evolution and extinction rate contrais: Developments in palaeontology and stratigraphy*. Amsterdam, Elsevier, 427 p.
- Burjack, M.I.A. & Popp, M.T.B. 1981. A ocorrência do icnogênero *Arthropycus* no Paleozóico da Bacia do Paraná. *Pesquisas*, 14:163-168.
- Caputo, M.V. 1984. *Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and paleogeography of norttem basins of Brazil*. University of California, Santa Barbara, PhD Thesis, 583 p.
- Carozzi, A.V.; Pamplona, H.R.P.; Castro, J.C.; Contreiras, C.J.A. 1973. Ambientes deposicionais e evolução tectono-sedimentar da seção elástica paleozóica da Bacia do Médio Amazonas. In: SBG, Cong. Brás. Geol., 27, São Paulo, Anais, 3:279-314. Castro, J.C.; Eiras, J.F.; Caputo, M.V. 1988. Paleozóico do Rio Tapajós. In: SBG, Cong. Brás. Geol., 35, Belém, Anais, p. 27-44. *Roteiro das Excursões*.
- Cheel, R.J. & Leckie, D.A. 1993. Hummocky cross-stratification. *Sedimentology Review*, 1:103-122.
- Clarke, J.M. 1899. A fauna siluriana superior do rio Trombetas, estado do Pará, Brasil. *Arch. Mus. Nac.*, 10:1-48.
- Cotter, E. 1983. Shelf, paralic, and fluvial environments and eustatic sea-level fluctuations in the origin of the Tuscarora Formation (Lower Silurian) of Central Pennsylvanian. *J. Sed. Petrol.*, 53:25-49.
- Coelho, G.L. 1994. Relatório final de estágio na área de palinologia. PETROBRAS -CENPES/DIVEX/SEBIPE, 22p. *Relatório interno*.
- Cunha, P.R.C.; Gonzaga, F.G.; Coutinho, L.F.C.; Fcijo, F.J. 1994. Bacia de Amazonas. *B. Geoc. PETROBRAS*, 8:47-55. Cunha, B.C.C. & Tarapanoff, I. 1985. A mesopotâmia Preto Cajari (AP) e a seção siluro-devoniana na Bacia do Baixo Amazonas. In: SBG, Simp. Geol. Amaz., 2, Anais, 1:106-120.
- Derby, O.A. 1879. Contribuições para a geologia do baixo Amazonas. *Arch. Mus. Afac.* 2:77-104.
- Driese, S.G.; Fischer, M.W.; Easthouse, K.A.; Marks, G.T.; Gogola, A.R.; Schoner, A.E. 1991. Model for genesis of shoreface and shelf sandstone sequences, southern Appalachians: paleoenvironmental reconstruction of an Early Silurian shelf system. *Spec. Pabis. Int. Ass. Sediment.*, 14:309-338.
- Duke, W.L.; Fawcett, P.J.; Brusse, W.C. 1991. Prograding shoreline deposits in the Lower Silurian Medina Group, Ontario and New York: storm-and tide- influenced sedimentation in a shallow epicontinental sea, and the origin of enigmatic shore-normal channels encapsulated by open shallow-marine deposits. *Spec. Pabis. Int. Ass. Sediment.*, 14:339-375.
- Eagar, R.M.C.; Baines, J.G.; Collinson, J.D.; Hardy, P.G.; Okolo, S.A.; Pollard, J.E. 1985. Trace fossil assemblages and their occurrence in Silurian (Mid-Carboniferous) deltaic sediments of the Central Pennine Basin, England. In: H.A. Curran (ed.) *Biogenic structures: their use in interpreting depositional environments*. Tulsa, Soc. Econ. Paleont. Mineral., Spec. Publ. 35, p. 99-149.
- Fernandes, A.C.S. & Borghī, L. 1996. Comentários sobre o icnogênero *Arthropycus* Hall 1852 e seu registro nas bacias sedimentares brasileiras. In: SBG, Simp. Sul Americano do Siluro-Devoniano, Ponta Grossa, 1:131-139.
- Galloway, W.E. & Hobday, D.K. 1996. *Terrigenous clastic depositional systems*. 2 ed. Berlin, Springer, 489 p.
- Grahn, Y. 1991. Ordovician chitinozoa and biostratigraphy of Brazil. *Geobios*, 6: 703-723.
- Grahn, Y. 1992. Revision of Silurian and Devonian strata of Brazil. *Palinology*, 16:35-61. Grahn, Y. & Caputo, M.V. 1992. Early Silurian glaciations in Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 99:9-15.
- Grahn, Y. & Melo, J.H.G. 1990. Bioestratigrafia dos quitinozoários do Grupo Trombetas nas Faixas Marginais da Bacia do Amazonas (área dos rios Trombetas e Xingu). *Relatório Interno da PETROBRAS*, 11 p.
- Grahn, Y. & Paris, F. 1992. Age and correlation of the Trombetas Group, Amazonas Basin, Brazil. *Rev. Micropaleontologie*, 35:197-209.
- Hakes, W.G. 1985. Trace fossils from brackish-marine shales, Upper Pennsylvanian of Kansas, U.S.A. In: H.A. CURRAN (ed.) *Biogenic structures: their use in interpreting depositional environments*. Tulsa, Soc. Econ. Paleont. Mineral., Spec. Publ. 35, p. 21-35.
- Häntzschel, W. 1975. Trace fossil and problemática. In: C. TEICHERT (ed.) *Treatise on invertebrate palaeontology*. Boulder, Geol. Soc. Am., (Part W, Miscellaneous), 269p.
- Katzer, F. 1903. *Grundzüge der Geologie des unteren Amazonasgebietes*, Leipzig, Verlag Max Wg, 296-p.
- Lange, F.W. 1967. Subdivisão bioestratigráfica e revisão da coluna siluro-devoniana da Bacia do Baixo Amazonas. *Atas do simpósio sobre a Biota Amazônica (Geociências)*, 1:215-326.
- Legg, I.C. 1985. Trace fossils from a Middle Cambrian deltaic sequence, north Spain. In: H.A. CURRAN (ed.) *Biogenic structures: their use in interpreting depositional environments*. Tulsa, Soc. Econ. Paleont. Mineral., Spec. Publ. 35, p. 151-165.
- Maury, C.J. 1929. Uma zona de graptólitos do Llandovery Inferior no Rio Trombetas, Estado do Pará, Brasil. *Serv. Geol. Min.: Monogr.*, 7:1-53.
- Nogueira, A.C.R.; Souza, V.; Soares, E.A.A. 1997a. Contribuição à tectônica cenozoica da região de Presidente Figueiredo, norte de Manaus. In: SBG, Simp. Nac. Estudos Tectônicos, 6, Pirinópolis., *Boi. resumos expandidos*, p.123-125.
- Nogueira, A.C.R.; Soares, E.A.A.; Souza, V.; Trukenbrodt, W.; Caputo, M.V. 1997b. Estruturas glaciocêntricas na Formação Nhamundá, Siluriano da Bacia do Amazonas. In: SBG, Simp. Nac. Estudos Tectônicos, 6, Pirinópolis., *Boi. resumos expandidos*, p. 153-155.
- Pickcrill, R.K.; Fillon, D.; Brnchley, P.J. 1991. A note on the occurrence of *Arthropycus* in the Bell Island Group of eastern Newfoundland. *Atl. Geol.*, 27: 73-77.
- Pienkowski, G. 1985. Early Liassic trace fossil assemblages from the Holy Cross Mountains, Poland: Their distribution in continental and marginal marine environments. In: H.A. Curran (ed.) *Biogenic structures: their use in interpreting depositional environments*. Tulsa, Soc. Econ. Paleont. Mineral., Spec. Publ. 35, p. 37-51.
- Quadros, L.P.; Melo, J.H.G.; Grahn, Y. 1990. Carta bioestratigráfica da Bacia do Amazonas. In: G. Beurlen & L.P. Quadros (eds.) *Bioestratigrafia das bacias paleozóicas brasileiras*. Rio de Janeiro, PETROBRAS. Scho
- Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Dercz, G.R.; Asmus, H.E. 1984. Geologia do Brasil. DNP, Brasília, 501 p.
- Schuchert, C. 1906. Geology of the lower Amazon region. *J. Geol.*, 14:722-746.
- Selley, R.C. 1970. Ichnology of Paleozoic sandstones in the southern desert of Jordan: a study of trace fossils in their sedimentologic context. In: T.P. Crimes & J.C. Harper (eds.) *Trace fossils*. Liverpool, Geological Society, p.477-488.
- Selley, R.C. 1985. Ancient sedimentary environments. London, Chapman & Hall, 317 p.
- Silva, S.O. 1951. Siluriano no Rio Tapajós. *Rev. da Escola de Minas*, 16(5):9-11.
- Turner, B.R. & Benton, M.J. 1983. Palaeozoic trace fossils from the Kufra Basin, Lybia. *J. Paleont.*, 57:447-460.
- Ulrich, A. 1893. Palaeozoische Versteinerungen aus Bolivien. *Neues Jb. Min. Geol. Pab. Beil. Bd.*, 8:5-116.

Manuscrito A-987

Recebido em 4 de junho de 1998

Revisão dos autores em 15 de fevereiro de 1999

Revisão aceita em 20 de fevereiro de 1999