PALINOLOGIA (GRÃOS DE PÓLEN DE ANGIOSPERMAS) DAS FORMAÇÕES SOLIMÕES E IÇÁ (BACIA DO SOLIMÕES), NAS REGIÕES DE COARI E ALTO SOLIMÕES, AMAZONAS

ROSEMERY ROCHA DA SILVEIRA

Departamento de Geociências, Instituto de Ciências Exatas, UFAM, Av. General Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 3000, 69077-000, Manaus, AM, Brasil. rrsilveira@ufam.edu.br

PAULO ALVES DE SOUZA

Programa de Pós-Graduação em Geociências, Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo, Instituto de Geociências, UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500, 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. paulo.alves.souza@ufrgs.br

ABSTRACT – PALYNOLOGY (ANGIOSPERM POLLEN GRAINS) FROM SOLIMÕES AND IÇÁ FORMATIONS (SOLIMÕES BASIN), IN COARI AND ALTO SOLIMÕES REGIONS, AMAZONAS. A total of 93 samples collected at 12 outcrops from Solimões and Içá formations, in the region of Coari (five outcrops) and Alto Solimões (seven outcrops), Amazonas State, was conducted for pollen analysis. Palynomorphs recovered comprise sporomorphs (representatives of fungi, ferns, gymnosperms and angiosperms), algae cysts and scolecodont. In general, the specimens are well preserved, rarely presenting corrosion or breaking, resulting in an exceptional photomicrographic record. This paper presents the 48 angiosperm pollen grains, appropriately illustrated and described, when needed. The composition of palynofloras in both areas presents contrasts; those ones from Alto Solimões show less diversity, but have higher abundance in comparison with the Coari ones. In the Alto Solimões the most common taxa are *Crotidaepollenites reticulatus*, *Grimsdalea magnaclavata*, *Monoporites annulatus*, *Multimarginites vanderhammeni*, *Retitrescolpites irregularis*, *Perforiccolpites digitatus*, *Corsinipollenites undulatus*, *Bombacacidites nacimientoensis*, *B. simpliciriloensis* and *Perisyncolporites pokornyi*. The most common taxa in Coari are *Fenestrites* sp. 2, *Mauritiidites franciscoi*, *Monoporites annulatus*, *Retitrescolpites irregularis*, *Corsinipollenites undulatus* and *Bombacacidites nacimientoensis*. Recognition of Asteraceae indicates for deposits of the Solimões Formation, in the region of Coari, Late Miocene-Pliocene age; and to the Içá Formation, Pleistocene age, based on the presence of *Alnipollenites verus*. The presence of *Grimsdalea magnaclava* indicates Middle Miocene age for the region Alto Solimões. The biostratigraphy significance is preliminary discussed based on the recognition of certain guide species. Comparisons are performed taking into account coeval records in the basin.

Key words: palynological descriptions, pollen grains, Neogene, Pleistocene.

RESUMO – Um total de 93 amostras de 12 afloramentos das formações Solimões e Içá, na região de Coari (cinco afloramentos) e Alto Solimões (sete afloramentos), no Estado do Amazonas, foram coletadas para análise palinológica. Os palinómorfs recuperados compreendem esporómorfs (representantes de fungos, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas), cistos de algas e escolecodonte. De forma geral, os espécimes apresentam boa conservação, com raros elementos quebrados ou corroídos, resultando em um registro fotomicrográfico excepcional. Este trabalho documenta 48 espécies de grãos de pólen de angiospermas, devidamente ilustradas e descritas, quando necessário. A composição da palinoflora em ambas as áreas apresenta contrastes, sendo aquelas de Alto Solimões as de menor diversidade, mas com maior abundância, em comparação com as de Coari. Na região do Alto Solimões os táxons mais comuns são *Crotidaepollenites reticulatus*, *Grimsdalea magnaclavata*, *Monoporites annulatus*, *Multimarginites vanderhammeni*, *Retitrescolpites irregularis*, *Perforiccolpites digitatus*, *Corsinipollenites undulatus*, *Bombacacidites nacimientoensis*, *B. simpliciriloensis* e *Perisyncolporites pokornyi*. Os táxons mais comuns em Coari são *Fenestrites* sp. 2, *Mauritiidites franciscoi*, *Monoporites annulatus*, *Retitrescolpites irregularis*, *Corsinipollenites undulatus* e *Bombacacidites nacimientoensis*. O reconhecimento de Asteraceae indica para os depósitos da Formação Solimões, na região de Coari, idade Neomiocena-Pliocena; e para a Formação Içá, idade Pleistocena, com base na presença de *Alnipollenites verus*. A presença de *Grimsdalea magnaclava* indica idade Mioceno Médio para a região do Alto Solimões. O significado bioestratigráfico é preliminarmente discutido com base no reconhecimento de determinadas espécies guias. Comparações são realizadas com registros palinológicos na bacia, de idades coevas.

Palavras-chave: descrições palinológicas, grãos de pólen, Neógeno, Pleistoceno.

INTRODUÇÃO

O conhecimento palinológico dos depósitos neógenos a pré-holocenos da América do Sul está em fase de franco aprimoramento. Embora haja contribuições conhecidas já desde meados do século XX (Germeraad *et al.*, 1968; Regali, 1971; Regali *et al.*, 1974a,b), foi somente nas últimas décadas que um número considerável de trabalhos foi publicado, revelando associações palinológicas diversificadas, cuja composição e padrões quantitativos tem contribuído de forma significativa na resolução de problemas bioestratigráficos, interpretações paleoambientais e paleoecológicos.

No Brasil, as contribuições mais numerosas sobre a palinoflora são oriundas das bacias do Rift Continental do Sudeste Brasileiro (**RCSB**), com representação palinológica nas bacias de São Paulo (Lima *et al.*, 1991; Yamamoto, 1995; Santos, 2005; Santos *et al.*, 2006a,b; Garcia *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2010), Bonfim (Lima & Dino, 1984), Itaboraí (Lima & Cunha, 1986), Resende (Lima & Amador, 1985; Lima & Melo, 1994), Tanque (Garcia *et al.*, 2008), Gandarela e Fonseca (Lima & Salard-Cheboldaeff, 1981; Maizatto, 2001).

Estudos sobre as paleofloras neógenas e pleistocenas do norte da América do Sul são, via de regra, baseados em informações palinológicas (Germeraad *et al.*, 1968; Cruz, 1984; Lorente, 1986; Muller *et al.*, 1987; Hoorn, 1993, 1994a,b, 2006; Carvalho, 1996; Leite *et al.*, 1997a,b, 2004, 2006; Silveira, 2005; Dino *et al.*, 2006, 2012; Silva-Caminha *et al.*, 2010; Nogueira *et al.*, 2013; Boonstra *et al.*, 2015), onde são verificados contrastes na composição da vegetação.

Os depósitos meso-neomiocenos da porção oeste do Amazonas foram interpretados em um contexto paleoambiental continental, com influência marinha episódica (Hoorn, 1993; Leite, 2006; Linhares *et al.*, 2011; Boonstra *et al.*, 2015; Silveira, 2015), o que é contestado por levantamento palinológico mais recente para o Neomioceno-Plioceno por Silva-Caminha *et al.* (2010). Depósitos neomiocenos-pliocenos (Cruz, 1984; Silveira, 2005; Dino *et al.*, 2006, 2012; Silveira & Nogueira, 2007, 2008; Silva-Caminha *et al.*, 2010; Linhares *et al.*, 2011; Nogueira *et al.*, 2013; Guimarães *et al.*, 2015) e do Pleistoceno (Silveira, 2005; Nogueira *et al.*, 2013) da Amazônia ocidental e central, na bacia do Solimões, foram estudados em maior detalhe apenas nos últimos anos, revelando palinomorfos exclusivamente continentais.

Neste trabalho são apresentados os grãos de pólen de angiospermas recuperados em seções da região de Coari e Alto Solimões, contribuindo para o entendimento da diversidade da flora entre o Mesomioceno e o Pleistoceno ali registrada, como parte do estudo preliminar abordado em Silveira (2015).

CONTEXTO GEOLÓGICO

A bacia do Solimões abrange uma área de aproximadamente 440.000 km², totalmente compreendida no Estado do Amazonas, sendo subdividida pelo Arco de Carauari nas sub-bacias Juruá, a leste, e Jandiatuba, a oeste. Apresenta limite

ao norte com o Escudo das Guianas, a sul com o Escudo Brasileiro, a oeste o Arco de Iquitos a separa da bacia do Acre e demais bacias andinas e a leste é separada da bacia do Amazonas pelo Arco de Purus (Caputo, 1984; Eiras *et al.*, 1994; Wanderley Filho *et al.*, 2007) (Figura 1A).

A Formação Solimões está inserida na última sequência deposicional da bacia, correspondente ao Grupo Javari, que compreende rochas do Cretáceo Superior (Formação Alter do Chão). Esta última unidade é separada por discordância erosiva da sobrejacente Formação Solimões, do Mioceno-Plioceno. Terraços fluviais quaternários mais jovens recobrem localmente as unidades neógenas (Caputo, 1984; Eiras *et al.*, 1994; Wanderley Filho *et al.*, 2007).

A idade da Formação Solimões foi primeiramente proposta por Daemon & Contreiras (1971), que posicionaram a unidade entre o Paleoceno e o Pleistoceno. Cruz (1984) admitiu, para a unidade na porção central da Amazônia, idade entre Eomioceno e Plioceno. As análises palinológicas de Hoorn (1993) revelaram conjuntos palinológicos do Eomioceno ao limite Meso-Neomioceno, que é vislumbrado em trabalhos de superfície, onde é identificada uma associação palinológica relacionada à passagem Serravaliano-Tortoniano (Silveira, 2015). Trabalhos mais recentes desenvolvidos nas porções ocidental e central da Amazônia brasileira (Silveira, 2005; Leite, 2006; Silveira & Nogueira, 2007; Silva-Caminha *et al.*, 2010; Nogueira *et al.*, 2013) apontam idades compatíveis àquela estabelecida por Cruz (1984).

Melo & Villas Boas (1993) adotaram a denominação de Maia *et al.* (1977) para a Formação Içá, que corresponde à cobertura quaternária, constituída de arenitos amarelo-avermelhados, finos a conglomeráticos, friáveis, tipicamente continentais, que se estendem por grande parte da área do Alto Rio Negro, e que na região de Coari tem sua idade representada por associação palinológica correspondente ao Pleistoceno (Silveira, 2005; Silveira & Nogueira, 2007, 2008; Nogueira *et al.*, 2013). Essa unidade também é reportada na bacia do Amazonas (Soares *et al.*, 2010).

MATERIAL E MÉTODOS

A amostragem é advinda de cinco afloramentos designados P2, P9, P11, P12 e P13, localizados às margens do Rio Solimões (Figura 1B), da região de Coari, bem como sete afloramentos, nomeados de P1, P3, P4, P5, P6, P7 e P8, às margens dos rios Javari e Solimões, nomeados aqui de região do Alto Solimões, correspondentes às áreas adjacentes às cidades de Atalaia do Norte e Tabatinga, Estado do Amazonas (Figura 1C). As amostras foram coletadas durante o período de vazante, entre setembro e outubro de 2003 (na região de Coari) e entre outubro e novembro de 2009 (região do Alto Solimões). As 93 amostras foram inicialmente tratadas (secagem, pesagem e trituração) no Laboratório de Paleontologia da Universidade Federal do Amazonas. Após tratamento mecânico, 52 amostras foram encaminhadas ao Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello - **CENPES/PETROBRAS**, onde seguiram o tratamento químico de acordo com Uesugui (1979);

Para a sistemática foram adotados os sistemas de classificação de H. Potonié (1893), R. Potonié (1931, 1934) e Iversen & Troels-Smith (1950). Fotomicrografias de espécies selecionadas são apresentadas nas Figuras 2 a 6. Informações sobre proveniência dos espécimes ilustrados constam no Apêndice 1. As ocorrências dos espécimes são apresentadas na Tabela 1, de acordo com os afloramentos e unidades investigadas.

Divisão POLLENITES Potonié, 1893

Classe INAPERTURATAE Iversen & Troels-Smith, 1950

Clavainaperturites van der Hammen & Wymstra, 1964

Espécie tipo. *Clavainaperturites clavatus* van der Hammen & Wymstra, 1964.

Clavainaperturites sp.
(Figura 2A)

Ocorrência. Formação Solimões (Alto Solimões: P6, P7 e P8).

Descrição. Grão de pólen mônade, médio, isopolar, circular; inaperturado, intectado, exina de 1 µm de espessura; clavado, clavas com comprimento de 1,0-1,5 µm.

Dimensões. (três espécimes). Diâmetro 25(31)37 µm.

Afinidade botânica. Desconhecida.

Crotonoidaepollenites Rao & Ramanujam, 1982

Espécie tipo. *Crotonoidaepollenites euphorbioides* Rao & Ramanujam, 1982.

Crotonoidaepollenites reticulatus Silva-Caminha *et al.*, 2010
(Figura 2B)

Ocorrência. Formação Solimões (Alto Solimões: P1, P3, P4, P6, P7 e P8).

Dimensões. (75 espécimes). Diâmetro 38(42)46 µm.

Registros prévios. Brasil (Silva-Caminha *et al.*, 2010).

Afinidade botânica. Euphorbiaceae.

Proxapertites van der Hammen, 1954

Espécie tipo. *Proxapertites humbertoides* van der Hammen, 1954.

Proxapertites tertiaria van der Hammen & García de Mutis, 1966

(Figura 2C)

Ocorrência. Formações Solimões (Coari: P2, P9, P12 e P13; Alto Solimões: P1, P3, P4, P5, P7 e P8) e Içá (Coari: P2).

Dimensões. (Nove espécimes). Maior eixo 82-113 µm, menor eixo 52-73 µm.

Registros prévios. Brasil (Hoorn, 1993; Silveira, 2005; Leite, 2006) e Colômbia (van der Hammen & García de Mutis, 1966).

Afinidade botânica. Annonaceae (*Crematosperma*).

Informações ecológicas. Annonaceae ocorre como árvores ou arbustos, comum em florestas de planícies em áreas centrais da região amazônica e Guianas.

Proxapertites sp.
(Figura 2D)

Ocorrência. Formações Solimões (Coari: P2, P9 e P12) e Içá (Coari: P2).

Descrição. Grão de pólen mônade, muito grande, anisopolar, triangular a circular; sulco dividindo o grão em dois; tectado, exina 2 µm de espessura, nexina 1 µm de espessura, columela com 1 µm de comprimento, extremidades muito distintas e visíveis, *tectum* com 1 µm de espessura; escultura faveolada.

Dimensões. (três espécimes). Maior eixo 130-135 µm, menor eixo 76-81 µm.

Afinidade botânica. Annonaceae.

Grimsdalea Germeraad *et al.*, 1968

Espécie tipo. *Grimsdalea magnaclavata* Germeraad *et al.*, 1968.

Grimsdalea magnaclavata Germeraad *et al.*, 1968
(Figura 2E)

Ocorrência. Formação Solimões (Alto Solimões: P1, P3, P4, P5, P6, P7 e P8).

Dimensões. (528 espécimes). Diâmetro 40(52)64 µm.

Registros prévios. Brasil (Regali *et al.*, 1974a,b; Hoorn, 1993, 1994b; Dino *et al.*, 2006, 2012; Guimarães *et al.*, 2015), Colômbia (Jaramillo *et al.*, 2011) e Venezuela (Germeraad *et al.*, 1968).

Afinidade botânica. Desconhecida.

Informações ecológicas. Possivelmente uma palmeira extinta de vegetação costeira (Hoorn, 1994b).

Classe FENESTRATAE van der Hammen, 1956

Fenestrites van der Hammen, 1956

Espécie tipo. *Fenestrites spinosus* van der Hammen, 1956.

Fenestrites spinosus (van der Hammen, 1956)
Germeraad *et al.*, 1968
(Figura 2F)

Ocorrência. Formações Solimões (Coari: P2 e P9) e Içá (Coari: P2).

Dimensões. (13 espécimes). Diâmetro 30-38 µm (incluindo a crista e excluindo espinhos).

Registros prévios. Brasil (Leite, 2006); região do Caribe (Germeraad *et al.*, 1968) e Colômbia (Jaramillo *et al.*, 2011).

Afinidade botânica. Asteraceae, semelhança com *Elephantopus angustifolia*, *Rolandia fruticosa*, *Vernonia canescens* e *V. remotiflora*.

Tabela 1. Distribuição dos grãos de pólen de angiospermas nos diferentes afloramentos das unidades investigadas.**Table 1.** Distribution of Angiosperms pollen grains in different outcrops of the investigated units.

Táxon	Coari						Alto Solimões							
	Formação Içá		Formação Solimões						Formação Solimões					
	P2	P2	P9	P11	P12	P13	P1	P3	P4	P5	P6	P7	P8	
<i>Alnipollenites verus</i>	X													
<i>Bombacacidites baculatus</i>								X						
<i>Bombacacidites nacimientoensis</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Bombacacidites simpliciriloensis</i>		X					X	X						
<i>Clavainaperturites</i> sp.											X	X	X	
<i>Corsinipollenites undulatus</i>			X		X		X	X	X	X	X	X	X	
<i>Couperipollis</i> sp.					X									
<i>Crotonoidaepollenites reticulatus</i>							X	X	X		X	X	X	
<i>Crototricolpites annemariae</i>				X		X								
<i>Echiperiporites akanthos</i>	X	X	X		X	X	X							
<i>Echiperiporites estelae</i>			X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Echitricolporites spinosus</i>	X	X												
<i>Fenestrites longispinosus</i>					X									
<i>Fenestrites</i> sp.1		X												
<i>Fenestrites</i> sp.2	X	X	X											
<i>Fenestrites spinosus</i>	X	X	X											
Grão de pólen tricolpado indeterminado							X							
<i>Grimsdalea magnaclavata</i>							X	X	X	X	X	X	X	
<i>Jandufouria seamrogiformis</i>							X							
<i>Mauritiidites franciscoi</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	
<i>Monoporites annulatus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	
<i>Multimarginites vanderhammeni</i>								X			X	X		
<i>Pachydermites diderixi</i>		X												
<i>Paleosantalaceaeapites cingulatus</i>			X											
<i>Perfotricolpites digitatus</i>							X	X	X	X		X		
<i>Perisyncolporites pokorny</i>	X	X		X		X								
<i>Persicarioipollis</i> sp.			X											
<i>Polyadopollenites</i> sp.			X		X	X								
<i>Proteacidites triangulatus</i>		X												
<i>Proxapertites</i> sp.	X	X	X		X									
<i>Proxapertites tertiaria</i>		X	X		X	X	X	X	X	X		X	X	
<i>Psilaperiporites minimus</i>						X								
<i>Psilastephanoporites tesseroporus</i>								X						
<i>Psilatricolpites</i> sp.					X									
<i>Psilatricolporites caribbiensis</i>												X		
<i>Psilatricolporites</i> sp. 1	X													
<i>Psilatricolporites</i> sp. 2	X													
<i>Retistephanocolpites gracilis</i>	X	X												
<i>Retitrescolpites baculatus</i>												X		
<i>Retitrescolpites irregularis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		
<i>Retitrescolpites magnus</i>								X						
<i>Retitricolpites</i> sp.							X	X	X		X	X	X	
<i>Retitricolporites guianensis</i>												X		
<i>Retitricolporites simplex</i>	X													
<i>Retitricolporites</i> sp. 1	X	X			X									
<i>Retitriporites dubiosus</i>					X									
<i>Stephanocolpites evansii</i>	X	X	X	X	X	X								
<i>Striatricolpites catatumbus</i>		X						X						

Fenestrites longispinosus Lorente, 1986
(Figura 2G)

Ocorrência. Formação Solimões (Coari: P12).

Dimensões. (Três espécimes). Diâmetro 22-25 µm.

Registros prévios. Brasil (Silva-Caminha *et al.*, 2010), Venezuela (Lorente, 1986) e Colômbia (Jaramillo *et al.*, 2011).

Afinidade botânica. Segundo Lorente (1986), este táxon apresenta semelhanças com as formas atuais de *Hieracium* e *Hypochoeris*.

Fenestrites sp. 1
(Figura 2H)

Ocorrência. Formação Solimões (Coari: P2).

Descrição. Grão de pólen mônade, simples, pequeno, radialmente simétrico, isopolar, esférico, colpo e poro indistintos, fenestrados, fenestras assimétricas, crista simplibaculada.

Dimensões. (18 espécimes). Diâmetro 27-30 µm, lofos 2-4 µm, muro 1-2,5 µm, exina 5 µm.

Registros prévios. Brasil (Leite, 2006).

Afinidade botânica. Amaranthacea (*Gomphrena*).

Fenestrites sp. 2
(Figura 2Ia,b)

Ocorrência. Formações Solimões (Coari: P2 e P9) e Içá (Coari: P2).

Descrição. Grão de pólen mônade, simples, médio, radialmente simétrico, isopolar, esférico, colpo e poro indistintos, exina diferenciada dentro de um padrão fenestrado, as cristas tendem a formar hexâmeros, as fenestras variam de 8-11 µm de largura, com crista tectada-columelada.

Dimensões. (33 espécimes). Diâmetro 30-36 µm, columela 4,5 µm de comprimento, 0,5 µm de espessura, crista 1-1,5 µm de largura, 2 µm de altura.

Afinidade botânica. Asteraceae.

Classe MONOCOLPATAE Iversen & Troels-Smith, 1950

Mauritiidites van Hoeken-Klinkenberg, 1964

Espécie tipo. *Mauritiidites crassibaculatus* Hoeken-Klinkenberg, 1964.

Mauritiidites franciscoi (van der Hammen)
van Hoeken-Klinkenberg, 1964
(Figuras 2Ja,b)

Ocorrência. Formações Solimões (Coari: P2, P9, P11, P12 e P13; Alto Solimões: P1, P3, P4, P6, P7 e P8) e Içá (Coari: P2).

Dimensões. (389 espécimes). Diâmetro 27-38 µm.

Registros prévios. Brasil (Hoorn, 1993, 1994b; Silveira, 2005; Dino *et al.*, 2006, 2012; Leite, 2006; Silva-Caminha *et al.*, 2010; Guimarães *et al.*, 2015), Venezuela (Rull, 2001) e Colômbia (Jaramillo *et al.*, 2011).

Afinidade botânica. Arecaceae (*Mauritia*).

Informações ecológicas. *Mauritia* ocorre principalmente em terras baixas, permanentemente inundadas, correspondentes a áreas pantanosas (Lorente, 1986; Hoorn, 1993; Jaramillo *et al.*, 2010).

Classe MONOPORATAE Iversen & Troels-Smith, 1950

Monoporites Cookson, 1947

Espécie tipo. *Monoporites annulatus* van der Hammen, 1954.

Monoporites annulatus van der Hammen, 1954
emend. Jaramillo *et al.*, 2011
(Figura 3A)

Ocorrência. Formações Solimões (Coari: P2, P9, P11, P12 e P13; Alto Solimões: P1, P3, P4, P6, P7 e P8) e Içá (Coari: P2).

Dimensões. (1.266 espécimes). Diâmetro 32-47 µm, exina 0,5 µm.

Registros prévios. Brasil (Regali, 1971; Hoorn, 1993; Carvalho, 1996; Silveira, 2005; Leite, 2004, 2006; Silva-Caminha *et al.*, 2010), Bornéu, Caribe e Nigéria (Germeraad *et al.*, 1968) e Colômbia (Jaramillo *et al.*, 2011).

Afinidade botânica. Poaceae.

Informações ecológicas. Ampla distribuição, desde o nível do mar até altas altitudes. Faz parte de vegetação aberta e cresce em diversos ambientes, de úmidos a secos (Germeraad *et al.*, 1968).

Classe DICOLPORATAE Iversen & Troels-Smith, 1950

Multimarginites Germeraad *et al.*, 1968

Espécie tipo. *Multimarginites vanderhammeni* Germeraad *et al.*, 1968.

Multimarginites vanderhammeni Germeraad *et al.*, 1968
(Figura 3B)

Ocorrência. Formação Solimões (Alto Solimões: P3, P6 e P7).

Dimensões. (11 espécimes). Diâmetro equatorial 34(39)44 µm.

Registros prévios. Brasil (Regali, 1971; Regali *et al.*, 1974a,b; Hoorn, 1993; Carvalho, 1996; Leite, 2006).

Afinidade botânica. Acanthaceae (*Trichanthera gigantea* ou *Bravaisia integerrima*).

Informações ecológicas. Acanthaceae ocorre principalmente em floresta de várzea (Hoorn, 1993).

Classe TRICOLPATAE Iversen & Troels-Smith, 1950

Psilatricolpites van der Hammen, 1956

Espécie tipo. *Psilatricolpites clarissimus* van der Hammen, 1956.

Figura 2. Fotomicrografias de grãos de pólen de angiospermas selecionados. **A**, *Clavainaperturites* sp., VP, FD; **B**, *Crotonidaepollenites reticulatus*, VP, FP; **C**, *Proxapertites tertiaria*, VO, FD; **D**, *Proxapertites* sp., VP, FD; **E**, *Grimsdalea magnaclavata*, VO, FD; **F**, *Fenestrites spinosus*, VP, FP; **G**, *Fenestrites longispinosus*, VP, FD; **H**, *Fenestrites* sp. 1, VP, FD; **I**, *Fenestrites* sp. 2, (a) VP, FD; (b) VP, FP; **J**, *Mauritiidites franciscoi*, (a) VO, FP, (b) VO, FD. **Abreviações:** VP, vista polar; FD, foco distal; FP, foco proximal; VO: vista oblíqua. Escalas = 25 µm.

Figure 2. Photomicrographs of selected Angiosperm pollen grains. **Abbreviations:** VP, polar view; FD, distal focus; FP, proximal focus; VO, oblique view. Scale bars = 25 µm.

Psilatricolpites sp.
(Figura 3C)

Ocorrência. Formação Solimões (Coari: P12).

Descrição. Grão de pólen mônade, simples, simetria radial, isopolar, psilado, tricolpado, exina grossa, variando de 3-4,5 µm, colpos amplos em vista polar.

Dimensões. (Nove espécimes). Diâmetro equatorial 32(37)42 µm.

Afinidade botânica. Desconhecida.

Crototricolpites Leideimyer, 1966

Espécie tipo. *Crototricolpites annemariae* Leideimyer, 1966.

Crototricolpites annemariae Leideimyer, 1966
(Figura 3D)

Ocorrência. Formação Solimões (Coari: P11 e P13).

Dimensões. (Cinco espécimes). Diâmetro equatorial 37(40)43 µm.

Registros prévios. Brasil (Regali, 1971; Regali *et al.*, 1974a,b; Hoorn, 1993; Leite, 2004, 2006; Silveira, 2005; Latrubesse *et al.*, 2007; Silva-Caminha *et al.*, 2010; Guimarães *et al.*, 2015).

Afinidade botânica. Euphorbiaceae (*Croton*).

Informações ecológicas. Comum desde planícies até grandes altitudes; ocorre como ervas e trepadeiras, podendo, ainda que raro, assumir porte arbóreo (Hoorn, 1993).

Retitrescolpites Sah, 1967

Espécie tipo. *Retitrescolpites typicus* Sah, 1967.

Retitrescolpites baculatus Jaramillo & Dilcher, 2001
(Figura 3E)

Ocorrência. Formação Solimões (Alto Solimões: P7).

Dimensões. (Um espécime). Diâmetro polar 32 µm.

Registros prévios. Colômbia (Jaramillo & Dilcher, 2001).

Afinidade botânica. Desconhecida.

Retitrescolpites magnus (González-Guzmán, 1967)
Jaramillo & Dilcher, 2001
(Figuras 3Fa,b)

Ocorrência. Formação Solimões (Alto Solimões: P3).

Dimensões. (Um espécime). Maior comprimento 47 µm, menor comprimento 27 µm.

Registros prévios. Colômbia (Jaramillo & Dilcher, 2001; Jaramillo *et al.*, 2011).

Afinidade botânica. Desconhecida.

Retitrescolpites irregularis (van der Hammen & Wymstra, 1964) Jaramillo & Dilcher, 2001
(Figura 3G)

Ocorrência. Formações Solimões (Coari: P2, P9, P11, P12 e P13; Alto Solimões P1, P3, P4, P6 e P7) e Içá (Coari, P2).

Dimensões. (109 espécimes). Diâmetro equatorial 32(35)38 µm.

Registros prévios. Brasil (Regali, 1971; Regali *et al.*, 1974a,b; Hoorn, 1993; Maizatto, 2001; Leite, 2004, 2006; Silveira, 2005), Caribe (Germeraad *et al.*, 1968).

Afinidade botânica. Euphorbiaceae (*Amanoa*).

Informações ecológicas. Euphorbiaceae é muito comum entre planícies e região de montanha; ocorre como ervas e trepadeiras, raramente como árvores. *Amanoa* é uma árvore comum ao longo de riachos e rios turfosos, em solos lamacentos (Hoorn, 1993).

Striatricolpites van der Hammen, 1956

Espécie tipo. *Striatricolpites virgulatus* van der Hammen, 1956.

Striatricolpites catatumbus González-Guzmán, 1967
(Figuras 3Ha,b)

Ocorrência. Formação Solimões (Coari: P2; Alto Solimões: P3).

Dimensões. (21 espécimes): 32 µm de comprimento.

Registros prévios. Brasil (Regali, 1971; Regali *et al.*, 1974a,b; Hoorn, 1993; Yamamoto, 1995; Leite, 2006), Caribe (Germeraad *et al.*, 1968) e Colômbia (Jaramillo *et al.*, 2011).

Afinidade botânica. Leguminosae, Caesalpinoideae (*Crudia-Macrobium-Isobertlinia*).

Informações ecológicas. Arbóreo ou arbusto, raramente erva ou liana, que ocorre em bancos de rios e pântanos de água doce (Germeraad *et al.*, 1968; Lorente, 1986; Hoorn, 1993, 2006; Rull, 1999).

Perfotricolpites González-Guzmán, 1967

Espécie tipo. *Perfotricolpites digitatus* González-Guzmán, 1967.

Perfotricolpites digitatus González-Guzmán, 1967
(Figura 3I)

Ocorrência. Formação Solimões (Alto Solimões: P1, P3, P4, P5 e P7).

Dimensões. (76 espécimes). Comprimento maior 47(56)65 µm, comprimento menor 44(52)60 µm.

Registros prévios. Brasil (Regali, 1971; Regali *et al.*, 1974a,b; Hoorn, 1993, 1994b; Lima *et al.*, 1991; Carvalho, 1996; Santos *et al.*, 2010), Venezuela (Germeraad *et al.*, 1967; Rull, 2001), Nigéria e Bornéu (Germeraad *et al.*, 1968).

Afinidade botânica. Convolvulaceae (*Merremia*).

Retitricolpites van der Hammen, 1956

Espécie tipo. *Retitricolpites* sp. (van der Hammen, 1956) van der Hammen & Wymstra, 1964.

Retitricolpites sp.
(Figura 3J)

Figura 3. Fotomicrografias de grãos de pólen de angiospermas selecionados. **A**, *Monoporites annulatus*, VO, FD; **B**, *Multimarginites vanderhammeni*, VE, FD; **C**, *Psilatricolpites* sp., VP, FD; **D**, *Crototricolpites annemariae*, VP, FP; **E**, *Retitrescolpites baculatus*, VP, FD; **F**, *Retitrescolpites magnus*, (a) VE, FD, (b) VE, FP; **G**, *Retitrescolpites irregularis*, VP, FP; **H**, *Striatricolpites catatumbus*, (a) VE, FD, (b) VE, FP; **I**, *Perfotricolpites digitatus*, VE, FD; **J**, *Retitricolpites* sp., VE, FP; **K**, *Couperipollis* sp., VE, FP. **Abreviações:** VO, vista oblíqua; FD, foco distal; VE, vista equatorial; VP, vista polar; FP, foco proximal. Escalas = 25 µm.

Figure 3. Photomicrographs of selected Angiosperm pollen grains. **Abbreviations:** VO, oblique view; FD, distal focus; VE, equatorial view; VP, polar view; FP, proximal focus. Scale bars = 25 µm.

Ocorrência. Formação Solimões (Alto Solimões: P1, P3, P4, P6, P7 e P8).

Descrição. Grão de pólen mônade, médio, simetria radial, isopolar, prolado, tricolpado, colpos longos e retos, reticulado, exina com 3 µm de espessura, com columela bem desenvolvida, com 2 µm de espessura.

Dimensões. (41 espécimes). Maior comprimento 46(52)58 µm, menor comprimento 27(31)35 µm.

Afinidade botânica. Desconhecida.

Couperipollis Venkatachala & Kar, 1969

Espécie tipo. *Couperipollis brevispinosus* Venkatachala & Kar, 1969.

Couperipollis sp.
(Figura 3K)

Ocorrência. Formação Solimões (Coari: P12).

Dimensões. (Seis espécimes). Comprimento máximo 32(33)35 µm.

Registros prévios. Nova Guiné (Playford, 1982).

Afinidade botânica. Esta forma parece estar associada à família Liliaceae, *Astelia* e *A. cunninghamii* (Playford, 1982).

Grão de pólen tricolpado indeterminado
(Figura 4A)

Ocorrência. Formação Solimões (Alto Solimões: P1).

Descrição. Grão de pólen mônade, simples, simetria radial, isopolar, esférico em vista polar, tricolpado, colpos longos, exina reticulada.

Dimensões. (Um espécime). Diâmetro polar 27 µm.

Afinidade botânica. Desconhecida.

Classe TRIPORATAE Iversen & Troels-Smith, 1950

Corsinipollenites Nakoman, 1965

Espécie tipo. *Corsinipollenites oculusnoctis* Nakoman, 1965.

Corsinipollenites undulatus González-Guzmán, 1967
(Figura 4B)

Ocorrência. Formação Solimões (Coari: P9 e P12; Alto Solimões: P1, P3, P4, P5, P6, P7 e P8).

Dimensões. (189 espécimes). Diâmetro equatorial 32(43)54 µm.

Registros prévios. Brasil (Regali *et al.*, 1974a,b; Lima & Salard-Cheboldaef, 1981; Lima & Dino, 1984; Pinto & Regali, 1990; Lima *et al.*, 1991; Yamamoto, 1995; Carvalho, 1996; Maizatto, 2001; Leite, 2004).

Afinidade botânica. Onagraceae (*Ludwigia*).

Informações ecológicas. Onagraceae ocorre desde planícies até vegetação aberta de montanhas. *Ludwigia* ocorre como erva ou arbusto, em condições pantanosas, como margens de rios, banhados e lagoas (Irgang & Gastal Jr., 1996).

Proteacidites Cookson emend. Couper, 1953

Espécie tipo. *Proteacidites adenanthoides* Cookson, 1950.

Proteacidites triangulatus Lorente, 1986
(Figura 4C)

Ocorrência. Formação Solimões (Coari: P2).

Dimensões. (Dois espécimes). Maior comprimento 28 a 32 µm.

Registros prévios. Brasil (Hoorn, 1993; Leite, 2004; Guimarães *et al.*, 2015) e Venezuela (Lorente, 1986), Colômbia (Hoorn, 2006).

Afinidade botânica. Sapindaceae-Proteaceae (*Protea*, *Panopsis*, *Niveni* e *Paullinia*).

Informações ecológicas. Diferentes espécies de Proteaceae crescem em florestas tropicais secas e úmidas e encostas secas de montanhas na Venezuela (Lorente, 1986).

Retitriporites González-Guzmán, 1967

Espécie tipo. *Retitriporites dubiosus* González-Guzmán, 1967.

Retitriporites dubiosus González-Guzmán, 1967
(Figura 4D)

Ocorrência. Formação Solimões (Coari: P12).

Dimensões. (Um espécime). Diâmetro equatorial maior 72 µm.

Registros prévios. Brasil (Hoorn, 1993; Leite, 2006) e Colômbia (Hoorn, 2006; Jaramillo *et al.*, 2011).

Afinidade botânica. Desconhecida.

Classe TRICOLPORATAE Iversen & Troels-Smith, 1950

Bombacacidites Couper, 1960

Espécie tipo. *Bombacacidites bombaxoides* Couper, 1960.

Bombacacidites nacimientoensis Elsik, 1968
(Figura 4E)

Ocorrência. Formação Solimões (Coari: P2, P9, P11, P12 e P13; Alto Solimões: P1, P3, P4, P5, P6, P7 e P8).

Dimensões. (1.233 espécimes). Diâmetro equatorial 34(38)42 µm.

Registros prévios. Brasil (Silva-Caminha *et al.*, 2010).

Afinidade botânica. Bombacaceae (*Pseudobombax munguba*).

Informações ecológicas. Bombacaceae ocorre desde rios ou áreas inundadas (Jaramillo *et al.*, 2010) até em áreas mais secas (Lorenzi, 1992).

Bombacacidites simpliciriloensis
Silva-Caminha *et al.*, 2010
(Figura 4F)

Ocorrência. Formação Solimões (Coari: P2; Alto Solimões: P1 e P3).

Dimensões. (35 espécimes). Diâmetro equatorial 34-42 µm.

Registros prévios. Brasil (Silva-Caminha *et al.*, 2010; Guimarães *et al.*, 2015).

Afinidade botânica. Bombacaceae.

Bombacacidites baculatus Muller *et al.*, 1987
(Figura 4G)

Ocorrência. Formação Solimões (Alto Solimões: P3).

Dimensões. (Três espécimes). Diâmetro 38-44 µm.

Registros prévios. Brasil (Muller *et al.*, 1987; Leite, 2006), Colômbia (Muller *et al.*, 1987; Hoorn, 1994a,b), Venezuela (Muller *et al.*, 1987).

Afinidade botânica. Bombacaceae, *Pachira aquatica*.

Psilatricolporites van der Hammen, 1956 ex van der Hammen & Wymstra, 1964

Espécie tipo. *Psilatricolporites operculatus* van der Hammen & Wymstra, 1964.

Psilatricolporites caribbiensis Muller *et al.*, 1987
(Figura 4Ha,b,c)

Ocorrência. Formação Solimões (Alto Solimões: P7).

Registros prévios. Brasil (Leite, 2006; Silva-Caminha *et al.*, 2010), Venezuela (Lorente, 1986).

Dimensões. (Cinco espécimes). Diâmetro equatorial 45(47)49 µm.

Afinidade botânica. Desconhecida.

Psilatricolporites sp. 1
(Figura 5A)

Ocorrência. Formação Içá (Coari: P2).

Descrição. Grão de pólen mônade, pequeno, oblato esferoidal, psilado, tricolporado, colpos longos e poros distintos, exina de 0,5 µm.

Dimensões. (Um espécime). Diâmetro polar 23,5 µm, colpos 20 µm de comprimento e poros de 1,5 µm de diâmetro.

Afinidade botânica. Desconhecida.

Psilatricolporites sp. 2
(Figura 5B)

Ocorrência. Formação Içá (Coari: P2).

Descrição. Grão de pólen mônade, pequeno, oblato esferoidal, tricolporado, psilado, colpos médios e poros distintos, exina 0,5 µm.

Dimensões. (Sete espécimes). Diâmetro polar 25(27)29 µm, colpos 17(18)19 µm de comprimento e poros de 2-2,5 µm de diâmetro.

Afinidade botânica. Desconhecida.

Retitricolporites van der Hammen, 1956
ex van der Hammen & Wymstra, 1964

Espécie tipo. *Retitricolporites guianensis* van der Hammen & Wymstra, 1964.

Retitricolporites guianensis
van der Hammen & Wymstra, 1964
(Figura 5Ca,b)

Ocorrência. Formação Solimões (Alto Solimões: P7).

Dimensões. (Um espécime). Diâmetro equatorial 43 µm.

Registros prévios. Brasil (Hoorn, 1993; Leite *et al.*, 1997a), Caribe (Germeraad *et al.*, 1968), Colômbia (Hoorn, 1994b, 2006).

Afinidade botânica. *Firmiania colorata* e *Hildegardia barteri* (Sterculiaceae) (Germeraad *et al.*, 1968).

Retitricolporites simplex Gonzalez, 1967
(Figura 5D)

Ocorrência. Formação Içá (Coari: P2).

Dimensões. (Um espécime). Diâmetro polar 36(38)40 µm, diâmetro equatorial 22(24)26 µm.

Registros prévios. Brasil (Hoorn, 1994b, 2006; Silva-Caminha *et al.*, 2010), Venezuela (Lorente, 1986).

Afinidade botânica. Desconhecida.

Retitricolporites sp. 1
(Figura 5E)

Ocorrência. Formações Solimões (Coari: P2 e P12) e Içá (Coari: P2).

Descrição. Grão de pólen mônade, médio, simetria radial, isopolar, prolato, tricolporado, reticulado, colpos longos e poros distintos.

Dimensões. (Sete espécimes). Diâmetro polar 34,5(35,5)37 µm, diâmetro equatorial 17(17,5)18 µm, colpo de mesma medida do diâmetro polar, poros de 3-4 µm de diâmetro.

Afinidade botânica. Desconhecida.

Echitricolporites van der Hammen emend.
Germeraad *et al.*, 1968

Espécie tipo. *Echitricolporites spinosus* van der Hammen, 1956.

Echitricolporites spinosus van der Hammen, 1956
(Figura 5Fa,b)

Ocorrência. Formações Solimões (Coari: P2) e Içá (Coari: P2).

Dimensões. (Sete espécimes). Diâmetro polar 25 µm, diâmetro equatorial 18 µm.

Registros prévios. Brasil (Regali *et al.*, 1974a,b; Hoorn, 1993; Silveira, 2005; Leite, 2006), Venezuela (Germeraad *et al.*, 1968; Muller *et al.*, 1987; Lorente, 1986), Colômbia (Hoorn, 1994), Caribe (Germeraad *et al.*, 1968).

Figura 4. Fotomicrografias de grãos de pólen de angiospermas selecionados. **A**, grão de pólen tricolpado indeterminado, VP, FD; **B**, *Corsiniipollenites undulatus*, VP, FD; **C**, *Proteacidites triangulatus*, VP, FP; **D**, *Retitriporites dubiosus*, VP, FP; **E**, *Bombacacidites nacimientoensis*, VP, FD; **F**, *Bombacacidites simpliciriloensis*, VP, FD; **G**, *Bombacacidites baculatus*, VP, FD; **H**, *Psilatricolporites caribbiensis*, (a) VE, FM, (b) VE, FD, (c) VE, FP. **Abreviações:** VP, vista polar; FD, foco distal; FP, foco proximal; VE, vista equatorial). Escalas = 25 μm.

Figure 4. Photomicrographs of selected Angiosperm pollen grains. **Abbreviations:** VP, polar view; FD, distal focus; FP, proximal focus; VE, equatorial view. Scale bars = 25 μm.

Afinidade botânica. Asteraceae (*Senecio*).

Informações ecológicas. Plantas herbáceas, arbustivas ou arvoretas, de porte variado, anuais ou perenes.

Paleosantalaceapites Biswas, 1962
emend. Dutta & Sha, 1970

Espécie tipo. *Paleosantalaceapites distinctus* Biswas, 1962.

Paleosantalaceapites cingulatus Jaramillo *et al.*, 2011
(Figura 5G)

Ocorrência. Formação Solimões (Coari: P9).

Dimensões. (Um espécime). Diâmetro polar 39 μm, diâmetro equatorial 27 μm.

Registros prévios. Colômbia (Jaramillo *et al.*, 2011).

Afinidade botânica. Euphorbiaceae.

Classe STEPHANOCOLPATAE
Iversen & Troels-Smith, 1950

Retistephanocolpites Leideimyer, 1966

Espécie tipo. *Retistephanocolpites angeli* Leideimyer, 1966.

Retistephanocolpites gracilis Regali *et al.*, 1974
(Figura 5H)

Ocorrência. Formações Solimões (Coari: P2) e Içá (Coari: P2).

Dimensões. (19 espécimes). Diâmetro equatorial 24(27)30 µm.
Registros prévios. Brasil (Regali *et al.*, 1974a,b; Hoorn, 1993; Garcia *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2011).
Afinidade botânica. Rubiaceae.

Stephanocolpites van der Hammen,
 1954 ex Potonié, 1960

Espécie tipo. *Stephanocolpites costatus* van der Hammen, 1954.

Stephanocolpites evansii Muller *et al.*, 1987
 (Figura 5I)

Ocorrência. Formações Solimões (Coari: P2, P9, P11, P12 e P13) e Içá (Coari: P2).

Dimensões. (23 espécimes). Diâmetro equatorial 30(33)36 µm.

Registros prévios. Brasil (Hoorn, 1993), Colombia (Hoorn, 1994b), Venezuela (Muller *et al.*, 1987).

Afinidade botânica. Rubiaceae.

Psilastephanoporites van der Hammen, 1956

Espécie tipo. *Psilastephanoporites fornicatus* van der Hammen, 1956.

Psilastephanoporites tesseroporus Regali *et al.*, 1974a,b
 (Figura 5J)

Ocorrência. Formação Solimões (Alto Solimões: P3).

Dimensões. (Um espécime). Diâmetro equatorial 38 µm.

Registros prévios. Brasil (Regali *et al.*, 1974a,b; Leite, 2006), Colômbia (Jaramillo *et al.*, 2011).

Afinidade botânica. Desconhecida.

Pachydermites Germeraad *et al.*, 1968

Espécie tipo. *Pachydermites diederixi* Germeraad *et al.*, 1968.

Pachydermites diederixi Germeraad *et al.*, 1968
 (Figura 6A)

Ocorrência. Formação Solimões (Coari: P2).

Dimensões. (Três espécimes). Diâmetro equatorial 32-46 µm.

Registros prévios. Brasil (Regali, 1971; Regali *et al.*, 1974a,b; Carvalho, 1996), Venezuela (Germeraad *et al.*, 1968).

Afinidade botânica. Clusiaceae (*Symphonia globulifera*).

Informações ecológicas. Ampla distribuição, compondo mata de várzea da região amazônica, da mata pluvial atlântica (Lorenzi, 1992) e da restinga brasileira (Marchant *et al.*, 2002); normalmente encontrada em igapós ou terras firmes, em solos arenosos úmidos.

Classe STEPHANOCOLPORATAE
 Iversen & Troels-Smith, 1950

Jandufouria Germeraad *et al.*, 1968

Espécie tipo. *Jandufouria seamrogiformis* Germeraad *et al.*, 1968.

Jandufouria seamrogiformis Germeraad *et al.*, 1968
 (Figura 6B)

Ocorrência. Formação Solimões (Alto Solimões: P1).

Dimensões. (Um espécime). Diâmetro equatorial 27 µm.

Registros prévios. Brasil (Regali, 1971; Regali *et al.*, 1974a,b), Venezuela (Germeraad *et al.*, 1968) e Colômbia (Hoorn, 1994b, 2006; Jaramillo *et al.*, 2011).

Afinidade botânica. Bombacaceae (*Catostemma*).

Classe PERIPORATAE Iversen & Troels-Smith, 1950

Alnipollenites Potonié, 1931

Espécie tipo. *Alnipollenites verus* Potonié, 1931.

Alnipollenites verus Potonié, 1931
 (Figura 6C)

Ocorrência. Formação Içá (Coari: P2).

Dimensões. (Dois espécimes). 25-27 µm.

Registros prévios. Brasil (Silveira, 2005; Silveira & Nogueira, 2007, 2008; Nogueira *et al.*, 2013), Venezuela (Germeraad *et al.*, 1968), Estados Unidos e México (Potonié, 1931).

Afinidade botânica. Betulaceae (*Alnus*).

Informações ecológicas. *Alnus* corresponde a árvores e arbustos de clima temperado que ocorrem no sudeste da Ásia e Cordilheira dos Andes (Mabberley, 1997).

Psilaperiporites Regali *et al.*, 1974

Espécie tipo. *Psilaperiporites ronustus* Regali *et al.*, 1974.

Psilaperiporites minimus Regali *et al.*, 1974
 (Figura 6D)

Ocorrência. Formação Solimões (Coari: P13).

Dimensões. (16 espécimes). Diâmetro 20(22)24 µm.

Registros prévios. Brasil (Regali *et al.*, 1974a,b; Lima *et al.*, 1991).

Afinidade botânica. Amaranthaceae-Chenopodiaceae.

Informações ecológicas. Amaranthaceae-Chenopodiaceae corresponde a vegetais herbáceos que se desenvolvem em pântanos mais ou menos salobros (van der Hammen, 1963).

Echiperiporites van der Hammen & Wymstra, 1964

Espécie tipo. *Echiperiporites akanthos* van der Hammen & Wymstra, 1964.

Echiperiporites akanthos van der Hammen & Wymstra, 1964
 (Figura 6E)

Ocorrência. Formações Solimões (Coari: P2, P9, P12 e P13; Alto Solimões: P1) e Içá (Coari: P2).

Figura 5. Fotomicrografias de grãos de pólen de angiospermas selecionados. **A**, *Psilatricolporites* sp. 1, VE, FD; **B**, *Psilatricolporites* sp. 2, VE, FP; **C**, *Retitricolporites guianensis*, (a) VE, FM, (b) VE, FD; **D**, *Retitricolporites simplex*, VE, FD; **E**, *Retitricolporites* sp. 1, VE, FP; **F**, *Echitricolporites spinosus*, (a) VE, FP, (b) VE, FM; **G**, *Paleosantalaceapites cingulatus*, VE, FD; **H**, *Retistephanocolpites gracilis*, VP, FP; **I**, *Stephanocolpites evansii*, VP, FP; **J**, *Psilastephanoporites tesseroporus*, VP, FD. **Abreviações:** VE, vista equatorial; FM, foco médio; FD, foco distal; FP, foco proximal; VP, vista proximal. Escalas = 25 µm.

Figure 5. Photomicrographs of selected Angiosperm pollen grains. **Abbreviations:** VE, equatorial view; FM, middle focus; FD, distal focus; FP, proximal focus, VP, proximal view. Scale bars = 25 µm.

Dimensões. (187 espécimes). Diâmetro 16(20)24 µm.

Registros prévios. Brasil (Lima & Cunha, 1986; Pinto & Regali, 1990; Lima *et al.*, 1991; Hoorn, 1993; Silveira, 2005), Guiana Inglesa (van der Hammen & Wymstra, 1964) e Colômbia (Hoorn, 2006; Jaramillo *et al.*, 2011).

Afinidade botânica. Dicotyledoneae.

Echiperiporites estelae Germeraad *et al.*, 1968
(Figura 6F)

Ocorrência. Formação Solimões (Coari: P9, P12 e P13; Alto Solimões: P1, P3, P4, P5, P6, P7 e P8).

Dimensões. (276 espécimes). Diâmetro 55(71)87 µm.

Registros prévios. Brasil (Regali *et al.*, 1974a,b; Hoorn, 1993; Yamamoto, 1995; Leite, 2004, 2006; Garcia *et al.*, 2008; Santos *et al.*, 2010; Silva-Caminha *et al.*, 2010), Caribe (Germeraad *et al.*, 1968) e Colômbia (Jaramillo *et al.*, 2011).

Afinidade botânica. Malvaceae (*Thespesia populnea*).

Persicarioipollis Krutzsch, 1962

Espécie tipo. *Persicarioipollis pliocenicus* Krutzsch, 1962.

Persicarioipollis sp.
(Figura 6G)

Ocorrência. Formação Solimões (Coari: P9).

Descrição. Grão de pólen mônade, grande, radiossimétrico, esférico, pantoporado, tectado, columelado, ornamentação reticulada; retículo com muros altos, formando poliedros irregulares.

Dimensões. (Um espécime). Diâmetro 48 µm.

Afinidade botânica. Polygonaceae (*Polygonum*).

Informações ecológicas. Corresponde a planta herbácea, arbustiva ou semiaquática, que cresce em áreas pantanosas (van der Hammen, 1963).

Classe PERICOLPORATAE Iversen & Troels-Smith, 1950

Perisyncolporites Germeraad *et al.*, 1968

Espécie tipo. *Perisyncolporites pokornyi* Germeraad *et al.*, 1968.

Perisyncolporites pokornyi Germeraad *et al.*, 1968
(Figura 6H)

Ocorrência. Formações Solimões (Coari: P2, P11 e P13) e Içá (P2).

Dimensões. (188 espécimes). Diâmetro 27(36)45 µm.

Registros prévios. Brasil (Lima & Salard-Cheboldaef, 1981; Hoorn, 1993; Lima & Melo, 1994; Yamamoto, 1995; Maizatto, 2001; Silveira, 2005; Leite, 2006; Garcia *et al.*, 2008; Silva-Caminha *et al.*, 2010), Caribe (Germeraad *et al.*, 1968), e Colômbia (Jaramillo *et al.*, 2011).

Afinidade botânica. Malpighiaceae (*Brachypteris*).

Informações ecológicas. Muito comum em regiões periodicamente inundáveis, como lianas, arbustos e árvores.

Classe POLYADEAE Iversen & Troels-Smith, 1950

Polyadipollenites Pflug & Thomson, 1953

Espécie tipo. *Polyadipollenites multipartitus* Pflug & Thomson, 1953.

Polyadipollenites sp.
(Figura 6I)

Ocorrência. Formação Solimões (Coari: P9, P12 e P13).

Descrição. Políade de forma oval, de arranjo assimétrico, formada por 10 grãos de pólen mônades laterais e cinco mônades centrais (cerca de 20 µm de diâmetro), inaperturadas, apolares, com exina psilada.

Dimensões. (16 espécimes). Maior comprimento 120(127)135 µm.

Registros prévios. Brasil (Hoorn, 1993; Leite, 2004; Silveira, 2005).

Afinidade botânica. Leguminosae, Mimosoideae.

Informações ecológicas. Ocorre como árvore, arbusto ou liana, e mais raro como erva (Hoorn, 1993).

DISCUSSÃO

A paleoflora particularmente representada por grãos de pólen de angiospermas das áreas investigadas apresenta boa conservação, com raros elementos rasgados ou corroídos. A composição da palinoflora em ambas as áreas apresenta contrastes, com menor diversidade na região do Alto Solimões, porém maior abundância, principalmente *Clavainaperturites* sp., *Crotoidapollenites reticulatus*, *Grimsdalea magnaclavata*, *Mauritiidites franciscoi*, *Multimarginites vanderhammeni*, *Retitrescolpites magnus*, *Striatricolpites catatumbus*, *Perfotricolpites digitatus*,

Retitricolpites sp., *Bombacacidites nacimientoensis*, *B. simpliciriloensis*, *B. baculatus*, *Retitricolporites guianensis*, *R. simplex*, *R. sp. 1*, *Psilastephanoporites tesseroporus*, *Jandufouria seamrogiformis*, *Corsinipollenites undulatus*, *Echiperiporites akanthos* e *E. estelae*. Dentre esses táxons, *B. nacimientoensis* e *G. magnaclavata* são mais numerosos em alguns níveis amostrais. Maiores detalhes sobre a distribuição quantitativa por nível amostrado é apresentado em Silveira (2015).

Algumas das espécies de angiospermas listadas têm correspondência com outras identificadas na porção oeste da Amazônia, tanto em amostras de superfície (Hoorn, 1994b, 2006), quanto subsuperfície (Hoorn, 1993; Silva-Caminha *et al.*, 2010). Os trabalhos de Hoorn (1993, 1994b) reportam uma associação entre *Grimsdalea magnaclavata* e *Crassoretitrites vanraadshoovenii*, em que a autora atribui relação com a Zona *Grimsdalea* (Mioceno médio-Mioceno superior).

As palinofloras estudadas têm, em comum com Silva-Caminha *et al.* (2010), o registro de *Crotoidapollenites reticulatus*, *Psilatricolporites caribbiensis* (= *Ladakhipollenites ?caribbiensis*), *Jandufouria seamrogiformis*, *Bombacacidites simpliciriloensis* e *Perfotricolpites digitatus*, além de *Magnastriates grandiosus*, apresentado em Silveira (2015). Silva-Caminha *et al.* (2010) assinalam ainda a presença de *Cichoreacidites longispinosus* (= *Fenestrites longispinosus*), que ocorre entre as profundidades aproximadas de 43 m a 350 m do poço 1AS-27-AM, e nos níveis inferiores a 90 m do poço 1AS-19-AM.

Cichoreacidites longispinosus (= *Fenestrites longispinosus*) não é encontrada em amostras de superfície por Hoorn (1994b), embora a autora reconheça a presença dessa família (Asteraceae), uma vez que identificou *Echitricolporites spinosus*, com baixa expressão quantitativa.

Silva (2008) relacionou os poços 1AS-27-AM e 1AS-19-AM com as seções de Santa Sofia, Mocagua e Los Choros (Colômbia). Silveira (2015) também comparou os perfis estratigráficos estudados por Hoorn (1994b) aos depósitos do Alto Solimões. O trabalho ora apresentado documenta *Psilatricolporites caribbiensis* em depósitos superficiais da região de Tabatinga. Silva (2008) nomeou esta espécie como *Horniella ?caribbiensis*, e mais tarde Silva-Caminha *et al.* (2010) a designaram como *Ladakhipollenites ?caribbiensis*. Sua ocorrência está abaixo de 90 m no poço 1AS-19-AM, e entre aproximadamente 43 m a 220 m do poço 1AS-27-AM (Silva, 2008; Silva-Caminha *et al.*, 2010).

Tanto as associações apresentadas por Hoorn (1993, 1994b), quanto a apresentada por Silva-Caminha *et al.* (2010), mostram maior diversidade de grãos de pólen de angiospermas que os registrados aqui. Particularmente o gênero *Bombacacidites* é representado por três espécies: *B. nacimientoensis*, *B. baculatus* e *B. simpliciriloensis* nos estratos superficiais da região do Alto Solimões (Silveira, 2015). É importante frisar que a espécie nomeada como *B. ciriloensis* em Silveira (2005, 2015) e em Nogueira *et al.* (2013), corresponde a *B. nacimientoensis* e assim considerada no presente trabalho. Hoorn (1993, 2006) identificou *B. baculatus*, na região do Alto Solimões,

Figura 6. Fotomicrografias de grãos de pólen de angiospermas selecionados. **A**, *Pachydermites diderixi*, VP, FP; **B**, *Jandufouria seamrogiformis*, VP, FD; **C**, *Alnipollenites verus*, VP; **D**, *Psilaperiporites minimus*, VP, FD; **E**, *Echiperiporites akanthos*, VP, FD; **F**, *Echiperiporites estelae*, VP, FD; **G**, *Persicarioipollis* sp., VP, FD; **H**, *Perisyncolporites pokorny*, VP, FP; **I**, *Polyadopollenites* sp., VP, FD. **Abreviações:** VP, vista polar; FP, foco proximal; FD, foco distal; FM, foco médio. Escalas = 25 µm.

Figure 6. Photomicrographs of selected Angiosperm pollen grains. **Abbreviations:** VP, polar view; FP, proximal focus; FD, distal focus; FM, middle focus. Scale bars = 25 µm.

ausente na contribuição de Hoorn (1994b), bem como não há documentação de *B. simpliciriloensis* e *B. nacimientoensis*. Silva-Caminha *et al.* (2010) também registraram outras duas espécies de *Bombacacidites*, como *B. baculatus* e *B. nacimientoensis* ocorrentes entre aproximadamente 105 m a 264 m de profundidade do poço 1-AS-27-AM, e a 218 m, no poço 1AS-19-AM, sempre com baixas quantidades.

Jandufouria seamrogiformis é representada por um único espécime no material estudado. Para a porção ocidental da Amazônia, é reportada tanto em levantamento de superfície (Hoorn, 1993; Silva-Caminha *et al.*, 2010), quanto de subsuperfície (Hoorn, 1994b, 2006).

De acordo com Dino *et al.* (2012), no Mioceno médio, a Amazônia Central esteve submetida a condições quentes e úmidas, com vegetação composta por representantes de palmeiras (*Mauritia*, *Grimsdalea*) e elementos de várzeas (Gramineae, Bombacaceae), o que é aqui corroborado.

Já para a região de Coari é encontrada uma maior diversificação, representada por *Proxapertites* sp., *P. tertiaria*, *Fenestrites* sp. 1, *F. sp. 2*, *F. spinosus*, *F. longispinosus*, *Mauritiidites franciscoi*, *Monoporites annulatus*, *Psilatricolpites* sp., *Crototricolpites annemariae*, *Striatricolpites catatumbus*, *Couperipollis* sp., *Corsinipollenites undulatus*, *Proteacidites triangulatus*, *Bombacacidites nacimientoensis*, *B. simpliciriloensis*, *Psilatricolporites* sp. 1, *P. sp. 2*, *Retitricolporites irregularis*, *R. simplex*, *R. sp. 1*, *Echitricolporites spinosus*, *Paleosantalaceapites cingulatus*, *Stephanocolpites evansii*, *R. gracilis*, *Pachydermites diderixi*, *Alnipollenites verus*, *Psilaperiporites minimus*, *Echiperiporites akanthos*, *E. estelae*, *Persicarioipollis* sp., *Perisyncolporites pokorny* e *Polyadopollenites* sp.

As palinofloras de ambas as regiões não apresentam correspondência com aquelas-reconhecidas na Amazônia Central por Dino *et al.* (2006, 2012) e Guimarães *et al.* (2015),

os quais registraram *Grimsdalea magnaclavata*. Dino *et al.* (2006, 2012) reportaram a espécie associada à *Mauritidiites franciscoi*, *Perisyncolporites pokorny*, *Striatopollis (Striatricolpites) catatumbus*, *Bombacacidites baumfalki*, *Retitricolpites (Tricolpites) simplex* e *Polypodiisporites (Verrucatosporites) usmensis*, atribuindo idade correspondente ao Mioceno médio para a Formação Novo Remanso, com base no zoneamento apresentado por Jaramillo *et al.* (2011).

Guimarães *et al.* (2015) questionaram a idade atribuída por Dino *et al.* (2012), já que Germeraad *et al.* (1968) relataram a última ocorrência de *Grimsdalea* no Plioceno, e se apoiaram em Silva-Caminha *et al.* (2010), que constatarem esse gênero em muitos níveis estratigráficos de subsuperfície, como discutido anteriormente. A associação de *G. magnaclavata*, *Psilatricolporites crassoexinatus*, *Proteacidites triangulatus*, *Bombacacidites simpliciriloensis*, *Pteridaceisporites gemmatus* e *Cingulatisporites laevigatus*, permitiu que Guimarães *et al.* (2015) defendessem idade entre Mioceno superior-Plioceno para a Formação Novo Remanso. A identificação de *Elaterosporites klaszii* naquelas associações sugere contribuição de material retrabalhado de rochas cretáceas (Guimarães *et al.*, 2015).

Mais recente estudo realizado na porção central da Amazônia por Soares *et al.* (2015), também considerou Mioceno médio, os depósitos atribuídos a Formação Novo Remanso, com base no palinozoneamento de Jaramillo *et al.* (2011), reconhecendo palinomorfos exclusivamente continentais. De acordo com Soares *et al.* (2015) a associação palinológica apresentada por Guimarães *et al.* (2015) não fornece uma boa resolução bioestratigráfica, com ausência de táxons de proveniência andina, bem como de formas guias do Plioceno.

Todavia, o levantamento palinológico apresentado por Soares *et al.* (2015) admite idade miocena média, com base na ocorrência de *Bombacacidites baumfalki*, *Crototricolpites annemariae* e *Psilastephanoporites tesseroporus*. Segundo aqueles autores, essas formas garantem essa idade, mas de acordo com Jaramillo *et al.* (2011), o primeiro aparecimento de *Psilastephanoporites tesseroporus* ocorre na zona *Crassoretitrites vanraadshooveni*, também no Mioceno médio, mas mais jovem que a zona *Grimsdalea magnaclavata*. *Psilastephanoporites tesseroporus* é reportada nos estudos de Leite (2008) e Silva-Caminha (2010), todavia em depósitos mais jovens, até o Plioceno. Ainda que Soares *et al.* (2015) sugiram correlação com a zona *Grimsdalea magnaclavata*, há ausência do táxon guia epíteto da zona.

Silveira (2005), Silveira & Nogueira (2007, 2008) e Nogueira *et al.* (2013) apresentaram a palinologia da região de Coari, sugerindo idades que variam de Mioceno superior ao Plioceno para a Formação Solimões e, estabeleceram idade Pleistocena, para a Formação Içá.

O presente trabalho confirma as identificações realizadas por Nogueira *et al.* (2013), particularmente relacionadas a *Stephanocolpites evansii* e *Cichoreacidites longispinosus* (= *Fenestrites longispinosus*). Além disso, para a Formação Içá, são reportadas outras espécies em associação, com ocorrência nos intervalos anteriores ao Neomioceno-Plioceno, conforme listado na Tabela 1.

Silveira (2015) identificou pela primeira vez na região de Coari, a presença de *Subtilisphaera*, *Appendicisporites* e *Elateroplicites africaensis*, que caracterizam retrabalhamento de depósitos cretáceos na acumulação da Formação Solimões na porção leste da sub-bacia do Jurua.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A composição da palinoflora, entre as regiões do Alto Solimões e Coari, apresenta contrastes. Na região do Alto Solimões a diversidade de grãos de pólen é menor e, algumas das angiospermas têm correspondência com aquelas identificadas na região oeste da Amazônia por Hoorn (1993), Leite (2006), Silva-Caminha *et al.* (2010). Para essa porção foram reconhecidos *Crotoidaepollenites reticulatus* e *Bombacacidites nacimentoensis*, também verificados por Silva-Caminha *et al.* (2010).

Para a região de Coari apresenta-se pela primeira vez a distribuição de táxons, por afloramento. Verifica-se que a associação de grãos de pólen de angiospermas é mais diversificada que aquela apresentada por Silveira (2005), Silveira & Nogueira (2007, 2008) e Nogueira *et al.* (2013). Para as formações Solimões e Içá, presentes nessa porção central da Amazônia, ocorre o primeiro registro de *Bombacacidites simpliciriloensis*, ampliando a distribuição dessa espécie para o Pleistoceno.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPEAM e ao CNPq pelo financiamento das atividades de campo e concessão de bolsa de doutorado e de produtividade em pesquisa (processos CNPq 142102/2010-5 e 308844/2010-6), ao Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES/PETROBRAS), pelo apoio na confecção de parte das lâminas palinológicas, ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), representados por F. Burgos e G. Woeltje, que autorizaram o deslocamento de amostras palinológicas entre instituições envolvidas, bem como a M.J. Garcia, M.A. Carvalho, S.A.F. Silva-Caminha e R. Dino, pelas valiosas sugestões como revisores.

REFERÊNCIAS

- Boonstra, M.; Ramos, M.I.F.; Lammertsma, E.I.; Antoine, P.O. & Hoorn, C. 2015. Marine connections of Amazonia: Evidence from foraminifera and dinoflagellate cysts (early to middle Miocene, Colombia/Peru). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **417**:176-194. doi.org/10.1016/j.palaeo.2014.10.032
- Caputo, M.V. 1984. *Stratigraphy, Tectonics, Paleoclimatology and Paleogeography of Northern Basin of Brazil*. University of California, Ph.D. Thesis, 583 p.
- Carvalho, M.A. 1996. *Estudo paleoecológico e paleoclimático, com base em palinologia, aplicado em sedimentos pleistocênicos e pliocênicos da Bacia da Foz do Amazonas*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 146 p.

- Cruz, N.M.C. 1984. Palinologia do Linhito do Solimões no Estado do Amazonas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 2, 1984. *Resumos expandidos*, DNPM, Manaus, p. 473-480.
- Daemon, R.F. & Contreiras, C.J.A. 1971. Zoneamento palinológico da bacia do Amazonas. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, 1971. *Anais*, São Paulo, SBG, p. 79-91.
- Dino, R.; Soares, E.A.A.; Antonioli, L.; Riccomini, C. & Nogueira, A.C.R. 2006. Caracterização palinoestratigráfica de depósitos miocênicos da Bacia do Amazonas, região de Manacapuru, AM. In: SIMPÓSIO DO CRETÁCEO DO BRASIL, 7, 2006. *Boletim de Resumos*, Serra Negra, p. 43.
- Dino, R.; Soares, E.A.A.; Antonioli, L.; Riccomini, C. & Nogueira, A.C.R. 2012. Palynostratigraphy and sedimentary facies of Middle Miocene fluvial deposits of the Amazonas Basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **34**:61-80. doi:10.1016/j.jsames.2011.11.008
- Eiras, J.F.; Becker, C.R.; Souza, E.M.; Gonzaga, F.G.; da Silva, J.G.F.; Daniel, L.M.F.; Matsuda, N.S. & Feijó, F.J. 1994. Bacia do Solimões. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, **8**:17-45.
- Garcia, M.J.; Bernardes-de-Oliveira, M.E.; Santos, M.A.; Dino, R.; Antonioli, L.; Bistrichi, C.A. & Casado, F.C. 2007. Floras Neógenas Sul-Americanas no Contexto Mundial. In: I. S., R.C.T. Cassab; C. Schwanke; M.A. Carvalho; A.C.S. Fernandes; M.A.C. Rodrigues; M.S.S. Carvalho, M. Arai & M.E.Q. Oliveira (eds.) *Paleontologia: Cenários de Vida, Interciência*, p. 657-687.
- Garcia, M.J.; Bistrichi, C.A.; Saad, A.R.; Campanha, V.A. & Oliveira, P.E. 2008. Stratigraphy and Paleoenvironments of the Tanque Basin, Southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **11**:147-168. doi:10.4072/rbp.2008.3.02
- Germeraad, J.H.; Hopping, C.A. & Muller, J. 1968. Palynology of Tertiary sediments from the tropical areas. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **6**:189-348. doi:10.1016/0034-6667(68)90051-1
- Guimarães, J.T.F.; Nogueira, A.C.R.; Da Silva Jr., J.B.C.; Soares, J.L.; Alves, R. & Kern, A.K. 2015. Palynology of the Middle Miocene-Pliocene Novo Remanso Formation, Central Amazonia, Brazil. *Ameghiniana*, **52**:107-134. doi.org/10.5710/AMGH.08.09.2014.2245
- Hoorn, C. 1993. Marine incursions and the influence of Andean tectonics on the Miocene depositional history of northwestern Amazonia: results of a palynostratigraphic study. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **105**:277-309. doi:10.1016/0031-0182(93)90087-Y
- Hoorn, C. 1994a. Fluvial palaeoenvironments in the intracratonic Amazonas Basin (Early Miocene - early Middle Miocene, Colombia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **109**:1-54. doi:10.1016/0031-0182(94)90117-1
- Hoorn, C. 1994b. An environmental reconstruction of the palaeo-Amazon River system (Middle-Late Miocene, NW Amazonia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **112**:187-238. doi:10.1016/0031-0182(94)90074-4
- Hoorn, C. 2006. Mangrove Forest and Marine Incursions in Neogene Amazonia (Lower Apaporis River, Colombia). *Palaiois*, **21**:197-209. doi:10.2110/palo.2005.p05-131
- Irgang, B.E. & Gastal Jr., C.V. 1996. *Macrófitas aquáticas da Planície Costeira do RS*. Porto Alegre, Editora dos Autores, 290 p.
- Jaramillo, C. & Dilcher, D.L. 2001. Middle Paleogene palynology of central Colombia, South America: A study of pollen and spores from tropical latitudes. *Palaeontographica, AbtB*, **258**:87-213.
- Jaramillo, C.; Hoorn, C.; Silva, S.A.F.; Leite, F.; Herrera, F.; Quiroz, L.; Dino, R. & Antonioli, L. 2010. The origin of the modern Amazon Rainforest: implications of the palynological and palaeobotanical record. In: C. Hoorn & F. Wesselingh (eds.) *Amazonia, landscape and species evolutions: a look in to the past*, Wiley-Blackwell, p. 317-334.
- Jaramillo, C.A.; Rueda, M. & Torres, V. 2011. A palynological zonation for the Cenozoic of the Llanos and Llanos Foothills of Colombia. *Palynology*, **35**:46-84. doi:10.1080/01916122.2010.515069
- Latrubesse, E.M.; Silva, S.A.F.; Cozzuol, M. & Absy, M.L. 2007. Late Miocene continental sedimentation in southwestern Amazonia and its regional significance: Biotic and geological evidence. *Journal of South American Earth Sciences*, **23**:61-80. doi:10.1016/j.jsames.2006.09.021
- Leite, F.P.R. 2004. Palinologia. In: D.F. Rossetti & A.M. Góes (eds.) *O Neógeno da Amazônia Oriental*. Belém, Editora do Museu Emilio Goeldi, p. 55-90.
- Leite, F.P.R. 2006. *Palinologia da Formação Solimões, Neógeno da Bacia do Solimões, Estado do Amazonas, Brasil: implicações paleoambientais e bioestratigráficas*. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Tese de Doutorado, 128p.
- Leite, F.P.R.; Oliveira, M.E.B.; Arai, M. & Trunckenbroudt, W. 1997b. Palinoestratigrafia da Formação Pirabas e Grupo Barreiras, Mioceno do Nordeste do Estado do Pará, Brasil. *Revista UnG, Geociências* **2**:141-147.
- Leite, F.P.R.; Oliveira, M.E.B.; De Oliveira, P.E.; Silvestre-Capelato, M.S.; Arai, M. & Trunckenbroudt, W. 1997a. Palinoflora Miocenas da Formação Pirabas e Grupo Barreiras, na Região Bragantina, Estado do Pará, Brasil. *Revista UnG - Geociências*, **2**:128-140.
- Lima, M.R. & Cunha, F.L.S. 1986. Análise palinológica de um nível linhítico da Bacia de São José de Itaboraí, Terciário do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **58**:579-588.
- Lima, M.R. & Amador, E.S. 1985. Análise palinológica de sedimentos da Formação Resende, Terciário do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 8, 1983. *Livro de resumos*, Rio de Janeiro, SBP, Rio de Janeiro, MME-DNPM, p. 371-378.
- Lima, M.R. & Dino, R. 1984. Palinologia de Amostras da Bacia de Bonfim, Terciário do Estado de São Paulo, Brasil. *Boletim IG-USP, Série Científica*, **15**:1-11. doi:10.11606/issn.2316-8986.v15i0p1-11
- Lima, M.R. & Melo, M.S. 1994. Palinologia de depósitos rudáceos da região de Itatiaia, bacia de Resende, Rio de Janeiro. *Geonomos*, **2**:12-21.
- Lima, M.R.; Melo, M.S. & Coimbra, A.M. 1991. Palinologia de Sedimentos da Bacia de São Paulo, Brasil. *Revista do Instituto Geológico*, **12**:7-20. doi:10.5935/0100-929X.19910001
- Lima, M.R. & Salard-Cheboldaef, M. 1981. Palynologie des bassins de Gandarela et Fonseca (Eocene de L'état de Minas Gerais, Brésil). *Boletim do Instituto de Geociências USP*, **12**:33-54. doi:10.11606/issn.2316-8978.v12i0p33-53
- Linhares, A.P.; Ramos, M.I.F.; Gross, M. & Piller, W.E. 2011. Evidence for marine influx during the Miocene in southwest Amazonia, Brazil. *Geología Colombiana*, **36**:91-103.
- Lorente, M.A. 1986. Palynology and palynofacies of Upper Tertiary in Venezuela. *Dissertationes Botanicae*, **99**:1-224.
- Lorenzi, H. 1992. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa, Editora Plantarum, 352 p.
- Mabberley, D.J. 1997. *The Plant-book: A portable dictionary of the vascular plants*. Cambridge, Cambridge University Press, 858 p.
- Maia, R.G.N.; Godoy, H.K.; Yamaguti, H.S.; Moura, P.H.; Costa, F.S.F. da; Holanda, M.A. & Costa, J.A. 1977. *Projeto Carvão no Alto Solimões*. Manaus, DNPM/CPRM, 137 p.
- Maizatto, J.R. 2001. *Análise bioestratigráfica, paleoecológica e sedimentológica das bacias terciárias da Gandarela e Fonseca - Quadrilátero Ferrífero - Minas Gerais, com base nos aspectos palinológicos e sedimentares*. Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Universidade Federal de Ouro Preto, Tese de Doutorado, 249 p.

- Marchant, R.; Almeida, L.; Behling, H.; Berrio, J.C.; Bush, B.; Cleef, A.; Duivenvoorden, J.; Kappellen, M.; Oliveira, P.; Oliveira-Filho, A.T.; Lozano-Garcia, S.; Hooghiemstra, H.; Ledru, M.P.; Ludlow-Wiechers, B.; Markgraf, V.; Mancini, V.; Paez, M.; Pietro, A.; Rangel, O. & Salgado-Labouriau, M.L. 2002. Distribution and ecology of parent taxa of pollen lodged within the Latin American Pollen Database. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **121**:1-75. doi:10.1016/S0034-6667(02)00082-9
- Melo, A.F.F. & Villas Boas, P.F. 1993. Caracterização e Distribuição da Formação Içá na Porção Noroeste do Estado do Amazonas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 4, 1993. *Resumos Expandidos*, Manaus, SBG, p. 210-211.
- Muller, J.; Giacomo, E. & Van Erve, A.W. 1987. *A palynological zonation for the Cretaceous, Tertiary and Quaternary of Northern South America*. Louisiana, American Association of Stratigraphic Palynologists, p. 7-76 (Contribution Series 19).
- Nogueira, A.C.R.; Silveira, R.R. & Guimarães, J.T.F. 2013. Neogene-Quaternary sedimentary and paleovegetation history of eastern Solimões Basin, central Amazon region. *Journal of South American Earth Sciences*, **46**:89-99. doi:10.1016/j.jsames.2013.05.004
- Pinto, A.D.P. & Regali, M.S.P. 1990. Palinostratigrafia dos sedimentos terciários da Bacia de Gandarela, Minas Gerais-Brasil. *Revista Escola de Minas*, **44**:10-15.
- Playford, G. 1982. Neogene Palynomorphs from the Huon Peninsula, Papua New Guinea. *Palynology*, **6**:29-54.
- Potonié, H. 1893. Die flora des Rotliegenden von Thüringen. *Abhandlung der Königlich Preussischen Geologischen Landesanstalt*, **9**:1-298.
- Potonie, R. 1931. Zur Mikroskopie der Braunkohlen, Tertiäre Blütenstaubformen. *Braunkohle*, **30**:325-333.
- Potonié, R. 1934. Zur Morphologie der fossilen Pollen und Sporen. *Arbeiten aus dem Institut für Paläobotanik und Petrographie Brenstein*, **4**:5-24.
- Regali, M.S.P. 1971. *Palinologia dos sedimentos cenozóicos da Foz do Rio Amazonas*. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 118 p.
- Regali, M.S.P.; Uesugui, N. & Santos, A.S. 1974a. Palinologia dos sedimentos meso-cenozóicos do Brasil (I). *Boletim Técnico da Petrobrás*, **17**:177-190.
- Regali, M.S.P.; Uesugui, N. & Santos, A.S. 1974b. Palinologia dos sedimentos meso-cenozóicos do Brasil (II). *Boletim Técnico da Petrobrás*, **17**:263-301.
- Rull, V. 1999. Paleofloristic and paleovegetational changes across the Paleocene-Eocene boundary in northern South America. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **107**:83-95. doi:10.1016/S0034-6667(99)00014-7
- Rull, V. 2001. A Quantitative palynological record from the Early Miocene of Western Venezuela, with emphasis on mangroves. *Palynology*, **25**:109-126. doi:10.2113/0250109
- Santos, D.B. 2005. *Palinologia de amostras da seção-tipo da Formação Itaquaquecetuba, Bacia de São Paulo, na Mineradora Itaquareia I: implicações palinocronoestratigráficas e paleoambientais*. Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Guarulhos, Monografia de Conclusão de Curso, 148 p.
- Santos, D.B.; Garcia, M.J.; Fernandes, R.S.; Saad, A.R. & Bistrichi, C.A. 2006a. Composição paleoflorística dos depósitos terciários da Formação Itaquaquecetuba, Estado de São Paulo, Brasil. In: SIMPÓSIO DO CRETÁCIO DO BRASIL, 7, SIMPÓSIO DO TERCIÁRIO DO BRASIL, 1, 2006. *Boletim de Resumos*, Serra Negra, UNESP, p. 20.
- Santos, D.B.; Garcia, M.J.; Fernandes, R.S.; Saad, A.R. & Bistrichi, C.A. 2006b. A paleopalinologia na reconstrução da paisagem terciária da Formação Itaquaquecetuba (Mineradora Itaquareia 1), Município de Itaquaquecetuba, Estado de São Paulo, Brasil. In: SIMPÓSIO ARGENTINO DE PALEOBOTÂNICA Y PALINOLOGÍA, 13, 2006. *Boletín de Resúmenes*, Bahía Blanca, CONICET, p. 72.
- Santos, D.B.; Garcia, M.J.; Saad, A.R. & Bistrichi, C.A. 2010. Palinostratigrafia da Formação Itaquaquecetuba, Bacia de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **13**:205-220. doi:10.4072/rbp.2010.3.05
- Silva, S.A.F. 2008. *Palinologia do Neógeno da Bacia do Alto Solimões, Amazônia Ocidental, Brasil: aspectos sistemáticos, bioestratigráficos e paleoecológicos*. Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais da Amazônia, Instituto de Pesquisa da Amazônia, Tese de Doutorado, 182 p.
- Silva, W.G.; Souza, P.A. & Arai, M. 2011. Palinomorfos neógenos do Poço 2-CA-1-RS, Bacia de Pelotas, Brasil: significado bioestratigráfico e paleoecológico. *Geologia USP, Série Científica*, **11**:149-169. doi:10.5327/Z1519-874X2011000100009
- Silva-Caminha, S.A.F. da.; Jaramillo, C.A. & Absy, M.L. 2010. Neogene palynology of the Solimões Basin, Brazilian Amazônia. *Palaeontographica, AbtB*, **283**:1-67.
- Silveira, R.R. 2005. *Cronostratigrafia e interpretação paleoambiental de depósitos miocenos da Formação Solimões, Região de Coari, AM*. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Amazonas, Dissertação de Mestrado, 115 p.
- Silveira, R.R. 2015. *Bioestratigrafia e paleoecologia de depósitos neógenos e pleistocenos aflorantes na porção central e ocidental da Bacia do Solimões, Estado do Amazonas, Brasil*. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 264 p.
- Silveira, R.R. & Nogueira, A.C.R. 2007. Cronostratigrafia de depósitos miocenos da Bacia do Solimões e sua correlação com depósitos da Amazônia. In: CONGRESSO DA ABEQUA, 11, 2007. *Boletim de Resumos*, Belém, ABEQUA, CDROM.
- Silveira, R.R. & Nogueira, A.C.R. 2008. Palinostratigrafia da Formação Solimões (Neógeno), Região de Coari, Amazonas. In: SIMPÓSIO DE PALEOBOTÂNICA E PALINOLOGIA, 12, 2008. *Boletim de Resumos*, Florianópolis, p. 204.
- Soares, E.A.A.; Tatum, S.H. & Riccomini, C. 2010. OSL age determinations of Pleistocene fluvial deposits in Central Amazonia. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **82**:1-9. doi:10.1590/S0001-37652010000300017
- Uesugui, N. 1979. Palinologia: técnicas de tratamento de amostras. *Boletim Técnico da Petrobrás*, **22**:229-240.
- van der Hammen, T. 1963. A palynological study on the Quaternary of British Guiana. *Leidse Geologische Mededelingen*, **29**:126-169.
- van der Hammen, T. & García de Mutis. 1966. The Paleocene pollen flora of Colombia. *Leidse Geologische Mededelingen*, **35**:105-116.
- van der Hammen, T. & Wymstra, T.A. 1964. A palynological study on the Tertiary and Upper Cretaceous of British Guyana. *Leidse Geologische Mededelingen*, **30**:183-241.
- Wanderley Filho, J.R.; Eiras, J.F. & Vaz, P.T. 2007. Bacia do Solimões. *Boletim de Geociências Petrobrás*, **15**:217-225.
- Yamamoto, I.T. 1995. *Palinologia das bacias tafrogênicas do Sudeste (bacias de Taubaté, São Paulo e Resende): análise bioestratigráfica integrada e interpretação paleoambiental*. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Dissertação de Mestrado, 217 p.

Apêndice 1. Informações sobre a procedência estratigráfica dos espécimes de grãos de pólen de angiospermas ilustrados.

Appendix 1. Data on the stratigraphic origin of illustrated specimens of illustrated Angiosperm pollen grains.

Táxon	Localidade/ Afloramento	Lâmina	Coordenadas England Finder	Ilustração (Figura)
<i>Alnipollenites</i> sp.	Coari/P2	Am16A	K16	6.C
<i>Bombacidites baculatus</i>	Alto Solimões/P2	MP-P 7497	G35	4.F
<i>Bombacidites ciriloensis</i>	Alto Solimões/P1	MP-P 6765	N28	4.D
<i>Bombacidites simpliciriloensis</i>	Coari/P2	Am5B	Q62	4.E
<i>Clavainaperturites</i> sp.	Coari/P2	Am1'A	G57	2.A
<i>Corsinipollenites undulatus</i>	Coari/P2	Am1A	L29/4	4.A
<i>Couperipollis</i> sp.	Coari/P12	Am1A	H28/2	3.K
<i>Crotonidaepollenites reticulatus</i>	Alto Solimões/P1	MP-P 6765	N37	2.B
<i>Crototricolpites annemarie</i>	Coari/P12	Am5A	H29/2	3.E
<i>Echiperiporites akanthos</i>	Coari/P2	Am12A	D24/2	6.E
<i>Echiperiporites estelae</i>	Alto Solimões/P1	MP-P 6765	V35	6.F
<i>Echitricolporites spinosus</i>	Coari/P2	Am12A	P17	5.E
<i>Fenestrites longispinosus</i>	Coari/P12	Am6A	G31	2.G
<i>Fenestrites spinosus</i>	Coari/P2	Am18B	H27/1	2.F
<i>Fenestrites</i> sp.1	Coari/P2	Am9B	J31/3	2.I
<i>Fenestrites</i> sp.2	Coari/P2	Am9B	G31/1	2.H
Grão de pólen tricolpado indeterminado	Alto Solimões/P1	MP-P 6765	D27	3.D
<i>Grimsdalea magnaclavata</i>	Alto Solimões/P1	MP-P 6765	W38/1	2.E
<i>Jandufouria seamrogiformis</i>	Alto Solimões/ P1	MP-P 6765	V35	6.B
<i>Mauritiidites franciscoi</i>	Coari/P12	Am3A	D35/4	2.J
<i>Monoporites annulatus</i>	Coari/P12	Am10A	Q27	3.A
<i>Multimarginites vanderhammenii</i>	Alto Solimões/P6	MP-P 10130	Q41/2-1	3.B
<i>Packydermites diderixii</i>	Coari/P2	Am2A	T23/2	6.A
<i>Paleosantalaceapites cingulatus</i>	Coari/P9	Am2C	O30	5.F
<i>Perforitricolpites digitatus</i>	Alto Solimões/P2	MP-P 7514	N51-1	3.I
<i>Perisyncolporites pokorny</i>	Alto Solimões/P7	MP-P 7743	E36/2	6.H
<i>Persiacariapollis</i> sp.	Coari/P9	Am5A	N32/2	6.G
<i>Polyadopollenites</i> sp.	Coari/P2	Am15A	V12/4	6.I
<i>Proteacidites triangulatus</i>	Coari/P2	Am21B	P06	4.B
<i>Proxapertites tertiaria</i>	Coari/P9	Am6A	H20/1	2.C
<i>Proxapertites</i> sp.	Coari/P2	Am9A	X18	2.D
<i>Psilaperiporites minimus</i>	Coari/P2	Am1C	K6/2	6.D
<i>Psilastephanoporites tesseroporus</i>	Alto Solimões/P2	MP-P7514	L50	5.I
<i>Psilatricolpites</i> sp.	Coari/P12	Am10A	N29	3.C
<i>Psilatricolporites</i> sp. 1	Coari/P2	Am15A	L20	4.G
<i>Psilatricolporites</i> sp. 2	Coari/P2	Am14C	J24/3	4.H
<i>Retistephanocolpites gracilis</i>	Coari/P9	Am4B	F12/2	5.G
<i>Retistephanocolpites</i> sp.	Coari/P9	Am2A	M25/2	5.H
<i>Retitrescolpites baculatus</i>	Alto Solimões/P7	MP-P 7730	T40/1	3.F
<i>Retitrescolpites magnus</i>	Alto Solimões/P2	MP-P 6779	R49	3.G
<i>Retitricolpites</i> sp.	Alto Solimões/P2	MP-P 6784	H36	3.J
<i>Retitricolporites guianensis</i>	Alto Solimões/P7	MP-P 7733	N44/2	5.A
<i>Retitricolporites irregularis</i>	Coari/P2	Am12A	J30/2	4.I
<i>Retitricolporites</i> sp. 1	Coari/P12	Am1A	H32	5.B
<i>Retitricolporites</i> sp. 2	Alto Solimões/P7	MP-P 7730	R36	5.D
<i>Retitricolporites</i> sp. 3	Coari/P2	Am15A	V23/3	5.C
<i>Retitriporites dubiosus</i>	Coari/P12	Am1A	L20	4.C
<i>Striatricolpites catatumbus</i>	Coari/P2	Am12A	P23/4	3.H