



CARACTERIZAÇÃO DA FLORA DE MONTANHA QUATERNÁRIA COM BASE EM ESTUDOS PALINOLÓGICOS DA BACIA DA FOZ DO AMAZONAS, BRASIL ¹

(Com 8 figuras)

ALESSANDRA DA SILVA DOS SANTOS ^{2, 3, 4}

MARCELO DE ARAUJO CARVALHO ²

THIAGO MACEDO DOS SANTOS ^{2, 5}

ALINE GONÇALVES DE FREITAS ^{2, 3}

RESUMO: A caracterização da flora de montanha quaternária, baseada em estudos palinológicos, foi realizada com 38 amostras de sedimentos pleistocênicos e pliocênicos de um poço perfurado na plataforma continental da Bacia da Foz do Amazonas. As amostras foram datadas com base na presença da espécie *Alnipollenites verus*. Foram registrados cinco gêneros que representam a flora de montanha da cordilheira dos Andes: *Hemitelia* R.Br., 1810, *Podocarpus* L'Hér. Expers., 1807, *Alnus* Mill, 1754, cf. *Myrica* L., 1753 e *Nothofagus* Blume, 1851. Esses gêneros foram abundantes durante os períodos glaciais na região. A análise qualitativa e quantitativa envolvendo os grãos de pólen e esporos registrados possibilitaram distinguir os períodos interglaciais dos glaciais. A grande abundância relativa da flora de montanha em detrimento da flora tipicamente tropical denota possivelmente uma queda de temperatura relacionada a períodos glaciais durante o Quaternário. A composição e abundância relativa da flora de montanha, conforme representada pelos palinomorfos, permitiu constatar que a queda da temperatura foi o principal fator ocorrido durante as glaciações, ao contrário do que sugere a teoria do refúgio, que defende a aridez como sendo o fator determinante nesses estádios.

Palavras-chave: Palinologia. Paleoclima. Quaternário. Bacia da Foz do Amazonas.

ABSTRACT: Characterization of the quaternary mountain flora based on palynological studies of the Foz do Amazonas Basin, Brazil.

Quaternary mountain flora was characterized based on palynological study of 38 samples of a well drilled in the Foz do Amazonas Basin. Five genera of the mountain flora were recognized: *Podocarpus*, *Alnus*, *Hemitelia*, *Nothofagus*, cf. *Myrica*. The genera recorded are related to the mountain flora of the Andean cordillera and allow inferring about the paleoclimate of the region. The high abundance of the mountain flora in detriment of the typically tropical flora possibly denotes low temperatures related the glacial periods during the Quaternary. These data disagree of the refuge theory, which suggests an increase of the typical savannah vegetation resulting in the confinement of the tropical flora.

Key words: Palynology. Paleoclimate. Quaternary. Foz do Amazonas Basin.

INTRODUÇÃO

Após o soerguimento da cordilheira dos Andes ocorrido no Mioceno Superior (HOORN *et al.*, 1995), o rio Amazonas, que até então tinha seu curso em direção ao Oceano Pacífico, inverteu sua drenagem em direção a Bacia da Foz do Amazonas. Além dos sedimentos, palinomorfos vêm sendo transportados de toda região amazônica, inclusive da cordilheira dos Andes.

Durante o Pleistoceno a flora regional sofreu mudanças decorrentes das glaciações. Esse fato influenciou efetivamente na distribuição e abundância relativa de grãos de pólen e esporos que são encontrados na Bacia da Foz do Amazonas. Durante os estádios glaciais, principalmente com a queda da temperatura, a flora andina passou a ocupar faixas mais baixas alcançando até a planície amazônica (HOOGHIEMSTRA & RAN, 1994) (Fig. 1), conseqüentemente aumentando a sua

¹ Submetido em 24 de junho de 2005. Aceito em 05 de setembro de 2005.

² Museu Nacional/UFRJ, Departamento de Geologia e Paleontologia. Quinta da Boa Vista, São Cristóvão, 20940-040, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

³ Instituto de Geociências/UFRJ, Programa de Pós-Graduação em Geologia. Av. Brigadeiro Trompowski, Ilha do Fundão, 21949-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

⁴ E-mail: alebio2003@yahoo.com.br.

⁵ Faculdades Souza Marques, Campus Cascadura. Av. Ernani Cardoso, 335, Cascadura, 21310-310, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

representatividade na região da Bacia da Foz do Amazonas.

A composição da flora, conforme representada pelos grãos de pólen e pelos esporos de pteridófitas, permitiu constatar que a queda da temperatura foi o principal fator ocorrido durante as glaciações, e não a aridez, como sugere a conhecida teoria do refúgio e defendida em outros estudos (e.g., AB'SABER, 1977; BUSH *et al.*, 1990; VAN DER HAMMEN & ABSY, 1994).

O presente trabalho teve como objetivo fazer um detalhamento da flora de montanha registrada, através de grãos de pólen e esporos, na Bacia da Foz do Amazonas por CARVALHO (1996, 2003). Concomitantemente, esse trabalho buscou verificar a influência das glaciações na distribuição da flora amazônica com base na frequência relativa dos palinomorfos para o Plioceno-Pleistoceno.

BREVE HISTÓRICO

Os palinomorfos são elementos que permitem acessar eventos (variações climáticas, ecologia, variação do nível do mar, etc.) ocorridos nos mais diversos tipos de ambientes. De fato, este é um dos principais fatores que levam as mais variadas áreas das geociências a aplicar os estudos palinológicos como ferramenta de trabalho. Além disso, o conjunto de palinomorfos continentais nos

sedimentos marinhos e outros são importantes na identificação de mudanças na vegetação induzidas por eventos paleoclimáticos (e.g., MULLER, 1959; HOOGHIEMSTRA & RAN, 1994; HABERLE & MASLIN, 1999; BEHLING *et al.*, 2002).

Diversos trabalhos com enfoque na palinologia foram realizados na região amazônica (e.g., ABSY *et al.*, 1991; BOER *et al.*, 1965; BUSH *et al.*, 1990; COLINVAUX *et al.*, 1996, 2000; GERMERAAD *et al.*, 1968; HANSEN *et al.*, 1994; HEUSSER, 1971; HOOGHIEMSTRA, 1989; HORN, 1985; LEDRU, 1993; LEDRU *et al.*, 2001; VAN DER HAMMEN, 1963, 1972, 1974; VAN DER HAMMEN & ABSY, 1994; VAN DER HAMMEN & WIJMSTRA, 1964; WIJNINGA & KHURY, 1990). No entanto, é escasso o número de trabalhos na Bacia da Foz do Amazonas.

MATERIAL E MÉTODO

Os palinomorfos registrados por CARVALHO (1996) são provenientes da análise palinológica de 38 amostras de um poço de 1350m (Poço A) (Fig.2), perfurado pela PETROBRAS na plataforma continental da Bacia da Foz do Amazonas, na margem equatorial brasileira. As amostras foram cedidas pelo Setor de Bioestratigrafia e Paleoecologia (SEBIPE) do Centro de Pesquisa da PETROBRAS (CENPES).

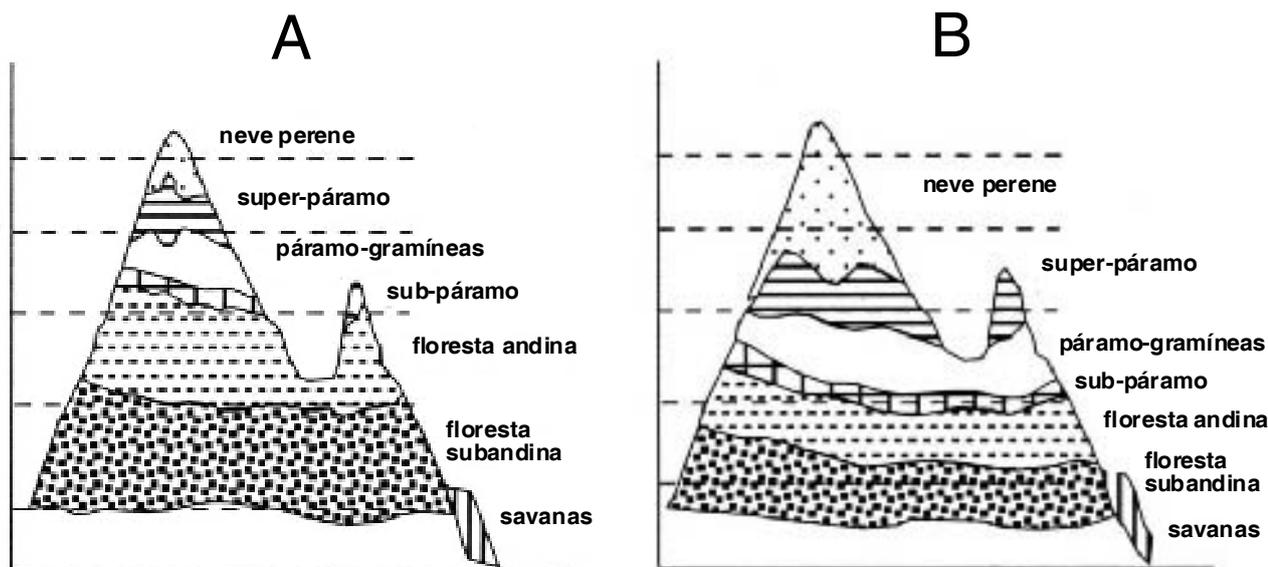


Fig.1- Modelo de distribuição vegetal nos Andes durante as fases interglaciais (A) e glaciais (B) (HOOGHIEMSTRA & RAN, 1994).

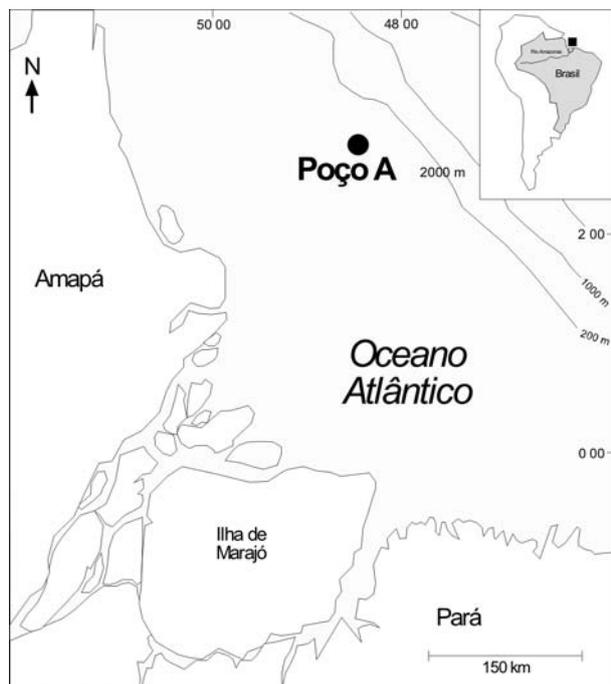


Fig.2- Mapa de localização da área estudada.

As amostras foram submetidas a tratamento químico padrão empregado para estudos palinológicos no laboratório de micropaleontologia e palinologia da Gerência de Bioestratigrafia e Paleoecologia do Centro de Pesquisas da PETROBRAS (Rio de Janeiro, RJ). O processamento palinológico seguiu as etapas descritas em UESUGUI (1979), cujo objetivo foi a eliminação do conteúdo mineralógico, liberando a matéria orgânica e concentrando ao máximo o resíduo final em especial os palinomorfos.

A análise palinológica constou de duas etapas básicas: a análise qualitativa, que consistiu na identificação dos palinomorfos de cada amostra e análise quantitativa, baseada na contagem de todos os palinomorfos encontrados nas lâminas.

A análise paleoecológica foi realizada utilizando métodos estatísticos (análise de agrupamentos e correlação) para identificar similaridade ecológica entre os conjuntos de palinomorfos de diferentes regiões. Esta análise forma grupos discretos que são baseados nas características (abundância relativa) das variáveis que no caso em questão são os palinomorfos. A análise de agrupamento (modo-R) baseou-se na abundância relativa e na associação de todos

os palinomorfos registrados, objetivando estabelecer agrupamentos e reconhecer a relação entre os grupos. Já a análise de correlação utilizando o Coeficiente de Pearson, obtido da abundância relativa dos palinomorfos, foi usada para produzir uma matriz de correlação e identificar o grau de similaridade entre os palinomorfos.

O Índice de Diversidade relativa foi utilizado objetivando analisar as possíveis mudanças na composição da palinoflora, em especial da flora de montanha, em decorrência de alterações paleoclimáticas. O índice foi baseado na riqueza de espécies sendo adaptada de ODUM (1983).

Devido a grande abundância e diversidade de palinomorfos, CARVALHO (1996, 2003) agrupou os palinomorfos de acordo com afinidade ecológica. A nomenclatura (botânica e/ou taxonômica) utilizada no trabalho para tais grupos palinoecológicos encontrados - esporos de pteridófitas, esporos de fungos, flora tropical, savana, dinoflagelados e flora de montanha -, está de acordo com os princípios empregados para os estudos palinológicos.

LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

A Bacia da Foz do Amazonas está situada na margem equatorial brasileira, aproximadamente entre as coordenadas geográficas 52° e 46°W e 0° e 5°N (SCHALLER *et al.*, 1971). A bacia faz limite com a Guiana Francesa a noroeste e com a plataforma do Pará/Maranhão a leste. Ao sul é limitada pelo Graben de Mexiana, que a liga ao Graben de Limoeiro, ambos pertencentes à Bacia de Marajó (Fig.2), como definida por REZENDE & FERRADAES (1971). O Poço A foi perfurado na plataforma continental, que apresenta cerca de 350km de largura defronte à foz do rio Amazonas, próximo a uma das feições mais marcantes da costa brasileira, o cone do Amazonas.

A litoestratigrafia do Quaternário da Bacia da Foz do Amazonas é resumida por BRANDÃO & FEIJÓ (1994) (Fig.3). A seção é representada pelo Grupo Pará, que é subdividido nas Formações Tucunaré e Pirarucu. Os sedimentos estudados pertencem à fácies fluvial/planície deltáica da Formação Tucunaré, que consiste de arenitos grossos a finos, e à fácies planície deltáica/prodelta da Formação Pirarucu, que é composta por arenitos finos, argilitos e

folhelhos. O pacote sedimentar do Quaternário é significativo, visto que pode apresentar mais de 3.000m de espessura devido a forte fluxo de sedimentos trazidos pelo rio Amazonas (CARVALHO, 1996, 2003).

BIOCRONOESTRATIGRAFIA

O zoneamento palinológico empregado no presente estudo foi proposto por MULLER *et al.* (1987) para o norte da América do Sul. A seção pliocênica é indicada pela espécie de pólen *Echitricolporites mcneillyi* (Zona 30) Muller *et al.*, 1987. A base da zona é definida pelo primeiro aparecimento da espécie de pólen *Alnipollenites verus* Potonié, 1931 emend. Potonié, 1960 e a ocorrência da espécie *Stephanocolpites* sp. A Muller *et al.*, 1987. Ambas caracterizam a Zona *Alnipollenites verus* (Zona 31) Muller *et al.*, 1987 do Quaternário. De acordo com MULLER *et al.* (1987) a zona engloba um intervalo de tempo desde o primeiro aparecimento de *Alnipollenites verus* até o presente.

O zoneamento local foi definido pela ocorrência de *Alnipollenites verus* (REGALI, 1982). O limite plio-pleistoceno também foi marcado baseado no primeiro aparecimento da espécie *Alnipollenites verus* e no último aparecimento do "Fungo 3" (REGALI, 1982).

PALEOCLIMA

O paleoclima registrado na Bacia da Foz do Amazonas durante o Plioceno e Pleistoceno está intimamente relacionado aos estádios glacial-interglacial. Estas variações climáticas influenciaram na distribuição dos palinomorfos,

assim como no regime de dispersão polínica e processos sedimentares ocorridos na cordilheira dos Andes e, por conseguinte na planície Amazônica (CARVALHO, 2003). Atribuem-se às alternâncias paleoclimáticas especificamente a períodos de resfriamento global no Quaternário (glaciações).

Cinco fases paleoclimáticas foram registradas para o Quaternário da Bacia da Foz do Amazonas com base principalmente no índice de diversidade: duas fases relacionadas a estádios glaciais, apresentando uma baixa diversidade e três fases relacionadas a estádios interglaciais, apresentando uma alta diversidade (CARVALHO, 1996, 2003). Duas fases correspondentes aos estádios glaciais, com baixa diversidade, encontram-se expressivos registros de dominância de flora de montanha em relação a outros grupos de palinomorfos (Fig.4). Assim, nas fases paleoclimáticas correspondentes aos estádios interglaciais registrou-se significativamente uma queda na frequência da flora de montanha, com aumento preponderante de palinomorfos referentes a um clima mais úmido e quente, como os esporos de pteridófitas, floresta tropical e aumento no índice de diversidade (Fig.4).

Segundo a teoria do refúgio (HAFFER, 1969, 1974), a floresta tropical ficou confinada em determinados refúgios ocorrendo expansão da vegetação aberta (savana) durante os estádios glaciais no Quaternário. No entanto, na distribuição estratigráfica dos palinomorfos do presente estudo (Fig.4), não foi observado uma diferenciação marcante na abundância relativa de elementos da flora de savana entre os estádios glacial-interglacial.

SISTEMA	ESTÁGIO	LITOESTRATIGRAFIA			
NEÓGENO	Pleistoceno	Grupo Pará	Formação Tucunará	Formação Pirarucu	Formação Orange
	Plioceno				
	Mioceno				

Fig.3- Litoestratigrafia simplificada do intervalo Mioceno-Pleistoceno da Bacia da Foz do Amazonas (modificado de BRANDÃO & FELJÓ, 1994).

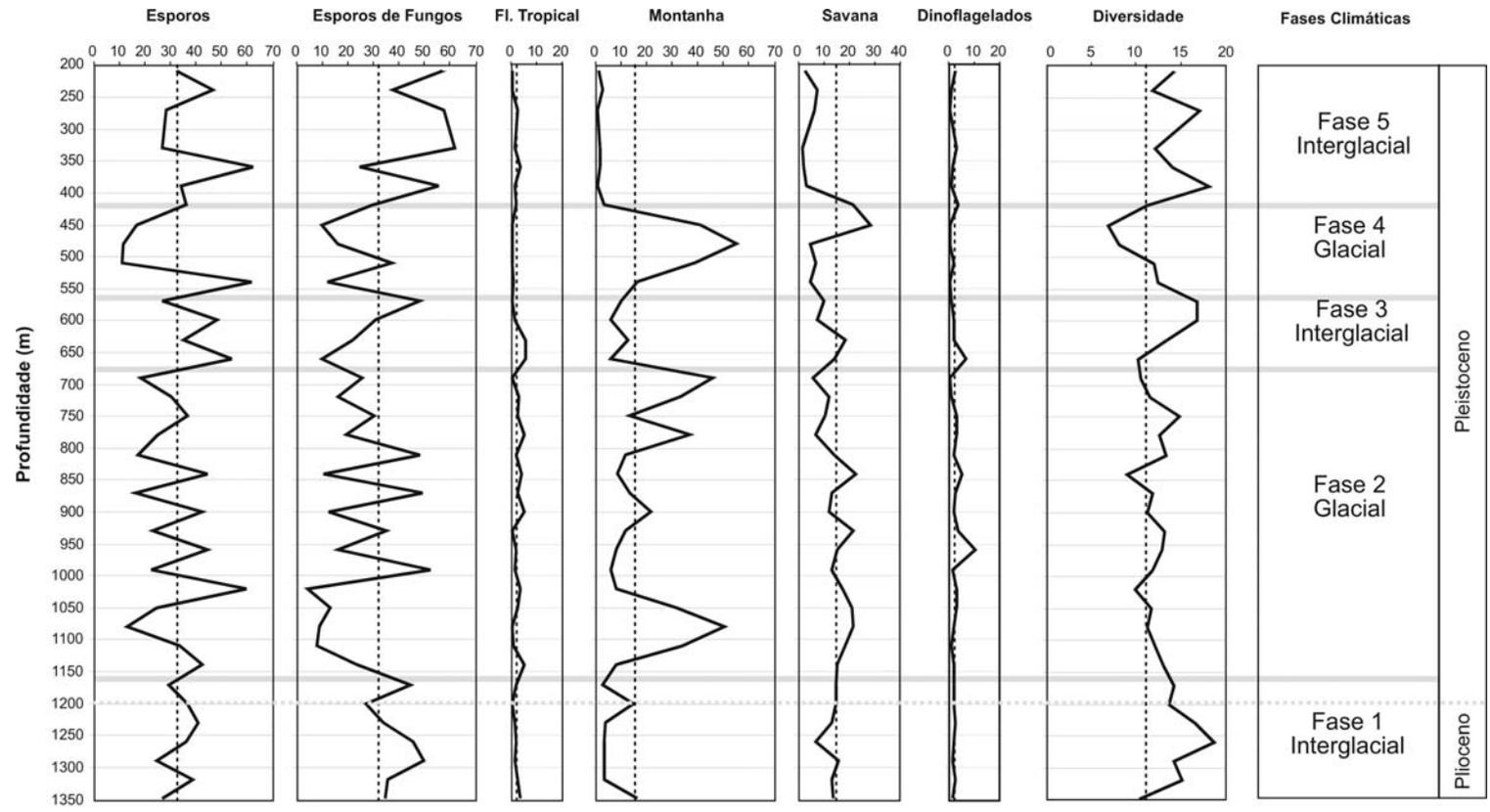


Fig.4- Distribuição palinológica em percentual dos grupos de palinomorfos e diversidade (riqueza de espécies). Fases paleoclimáticas de CARVALHO (1996, 2003). Linha pontilhada refere-se à média.

Conforme a Correlação de Pearson (Fig.5), a floresta tropical apresenta similaridade positiva em relação à vegetação de savana, o que significa que o aumento de abundância relativa de um grupo não necessariamente alterou o outro grupo. Já em relação à flora de montanha, o coeficiente mostrou-se negativo, demonstrando que o aumento da flora de montanha em consequência dos estádios glaciais, influenciou na abundância relativa dos componentes da floresta tropical.

SISTEMÁTICA PALINOLÓGICA

Os palinóforos registrados apresentam bom estado de preservação (CARVALHO, 1996). Para a classificação dos esporos de pteridófitas e grãos de pólen foi utilizada a divisão proposta por IVERSEN & TROELS-SMITH (1980, *apud* LORENTE, 1986). Foram encontrados 5 gêneros relacionados à flora de montanha que compunham a flora andina do Quaternário (*Hemitelia*, *Podocarpus*, *Alnus*, cf. *Myrica* e *Nothofagus*) (Fig.6 A-E). Os representantes fósseis

desses grupos têm sido identificados e classificados a nível genérico e específico com base nas características morfológicas.

DIVISÃO I SPORITES H. Potonié, 1893

CLASSE TRILETES (Reinsch, 1881) Potonié & Kremp, 1954

Gênero *Kuylisporite* Potonié, 1956

Kuylisporites waterbolki Potonié, 1956 (Fig.6A)

Diagnose – Ver POTONIÉ (1956).

Dimensões e ocorrência – 34µm; Poço A (330m).

Observações – Afinidade com esporos de pteridófitas do gênero *Hemitelia*, o qual pertence a um grupo de fetos arborescentes que habitam regiões de clima temperado. Segundo LORENTE (1986), espécies do gênero *Hemitelia* são encontradas principalmente nas partes baixas de montanhas.

GRUPOS	Esporos de pteridófitas	Esporos de fungos	Flora tropical	Savana	Dinoflagelados	<i>Alnus</i>	cf. <i>Myrica</i>	<i>Nothofagus</i>	<i>Podocarpus</i>	<i>Hemitelia</i>
Esporos de pteridófitas	1.00	-0.39	0.41	-0.08	0.30	-0.32	-0.54	0.14	-0.51	0.47
Esporos de fungos	-0.39	1.00	-0.42	-0.45	-0.26	-0.45	-0.41	-0.15	-0.39	-0.14
Flora tropical	0.41	-0.42	1.00	0.23	0.35	-0.15	-0.27	-0.04	-0.11	0.08
Savana	-0.08	-0.45	0.23	1.00	0.32	0.15	0.25	0.10	0.00	-0.33
Dinoflagelados	0.30	-0.26	0.35	0.32	1.00	-0.09	-0.33	0.72	-0.29	-0.08
<i>Alnus</i>	-0.32	-0.45	-0.15	0.15	-0.09	1.00	0.76	0.08	0.58	-0.19
cf. <i>Myrica</i>	-0.54	-0.41	-0.27	0.25	-0.33	0.76	1.00	-0.14	0.74	-0.16
<i>Nothofagus</i>	0.14	-0.15	-0.04	0.10	0.72	0.08	-0.14	1.00	-0.07	0.08
<i>Podocarpus</i>	-0.51	-0.39	-0.11	0.00	-0.29	0.58	0.74	-0.07	1.00	-0.08
<i>Hemitelia</i>	0.47	-0.14	0.08	-0.33	-0.08	-0.19	-0.16	0.08	-0.08	1.00

Fig.5- Matriz de correlação (r-Pearson). Em negrito os valores mais significativos.

DIVISÃO II POLLENITES R. Potonié, 1933

CLASSE VESICULATAE Iversen & Troels-Smith, 1950

Gênero *Podocarpidites* (Cookson, 1974) emend. Couper, 1953

Podocarpidites spp.
(Fig.6B)

Diagnose – Ver COUPER (1953).

Dimensões e ocorrência – 55x45µm; poço A (450m).

Observações – Afinidades com grãos de pólen do gênero *Podocarpus*. Este gênero possui excepcionalmente cerca de 105 espécies (FARJON, 1998), compreendendo arbustos ou árvores de cerca de 40m, sempre verdes (STEVENSON, 1991). Gênero característico de regiões de altitude e clima úmido. Geralmente o gênero *Podocarpus* é associado com florestas antárticas da Tasmânia, Nova Zelândia, Chile e se estende dentro de zonas de altitudes de regiões tropicais da África e América do Sul (DE LAUBENFELDS, 1985). Estudo realizado na região do Amazonas evidencia a ocorrência de *Podocarpus* relacionado a clima úmido de montanha durante as glaciações, transportado de regiões de longas distâncias e encontrados na planície Amazônica (BEHLING, 1996).

CLASSE STEPHANOPORATAE Iversen & Troels-Smith, 1950

Gênero *Alnipollenites* (Potonié, 1932) emend. Potonié, 1934

Alnipollenites verus (Potonié, 1931) emend. Potonié, 1960
(Fig.6C)

Diagnose – Ver POTONIÉ (1960).

Dimensões e ocorrência – 26µm de diâmetro; Poço A (210m).

Observações – Esta espécie apresenta afinidade com grãos de pólen do gênero *Alnus*, o qual

ocorre em regiões da cordilheira dos Andes, onde o clima é temperado. A espécie *Alnus acuminata* Kunth, 1817, que habita a região dos Andes próximos a ribeirões, é a única espécie do gênero encontrada no hemisfério Sul. Esses almeiros andinos são árvores de grande porte (ca. 35m) adaptadas a locais úmidos.

CLASSE TRIPORATAE
Iversen & Troels-Smith, 1950

Gênero *Psilatriporites* (van der Hammen, 1956)

Psilatriporites spp.
(Fig.6D)

Diagnose – Grãos de pólen triporados, poros anulados. Superfície psilada.

Dimensões e ocorrência – 25µm de diâmetro; Poço A (720m).

Observações – O tipo morfológico encontrado é similar aos grãos de pólen do gênero *Myrica*, o qual ocorre em regiões temperadas e tropicais. A família Myricaceae é mundialmente distribuída, no entanto ausente no norte da África e na maior parte da Eurásia e Australásia temperada (WATSON & DALLWITZ, 1992).

CLASSE STEPHANOPORATAE
Iversen & Troels-Smith, 1950

Gênero *Retistephanoporites* Gonzáles, 1967

Retistephanoporites spp.
(Fig.6E)

Diagnose – Grãos de pólen zonoporados, com seis poros anulados. Superfície granulada.

Dimensões e ocorrência – 28µm; Poço A (660m).

Observações – Afinidades com grãos de pólen do gênero *Nothofagus*, o qual ocorre em regiões de altitudes (cordilheira dos Andes) de clima temperado. O gênero *Nothofagus* é constituído de árvores de grande porte, com cerca de 30m e até 1m de diâmetro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sedimentação quaternária da Bacia da Foz do Amazonas reflete, através dos palinomorfos, a vegetação presente na área atravessada pelo rio Amazonas. A maior parte dos sedimentos da bacia tem como área fonte a cordilheira dos Andes; portanto, registrou-se grande representatividade dos grãos de pólen e esporos oriundos dessa região (e.g., HOOGHMSTRA, 1989; VAN GEEL & VAN DER HAMMEN, 1973; WIJNINGA & KUHR, 1990) (Fig. 7). Os palinomorfos que caracterizam o grupo da flora de montanha foram trazidos por correntes aéreas e por via aquática dos Andes e/ou Alto Amazonas. Entre os seis grupos registrados por CARVALHO (1996, 2003) na assembléia palinológica do Poço A: esporos de pteridófitas, esporos de fungos, flora tropical, savana, dinoflagelados e flora de montanha, o grupo da flora de montanha é o terceiro mais abundante, com uma média de abundância relativa de 16%, sendo o gênero cf. *Myrica* o mais abundante dos gêneros típicos dessa flora com 53% (Fig. 7).

No Poço A foi registrado cinco fases paleoclimáticas: duas glaciais (fase 2 e 4) e três fases interglaciais (fases 1, 3 e 5). A média do índice de diversidade do poço estudado foi de 12,9 (Fig. 4).

Nas duas fases glaciais (fases 2 e 4) ocorre aumento nítido em abundância relativa da flora de montanha. Esse aumento é diretamente relacionado com a diminuição do índice de diversidade. Já nas fases interglaciais (fases 1, 3 e 5), ao contrário, ocorre diminuição da abundância relativa da flora de montanha e aumento do índice de diversidade.

Na fase 1 (1350-1140m), atribuída a um estágio interglacial, a média do índice de diversidade foi de 14,5. De maneira geral, a flora de montanha nessa fase foi menos significativa do que os outros grupos, apresentando média de abundância relativa de apenas 7,1%.

Na fase 2 (1140-660m), referida ao estágio glacial, a média do índice de diversidade foi de 11,7. Já a flora de montanha registrou índice de frequência de 21,3%.

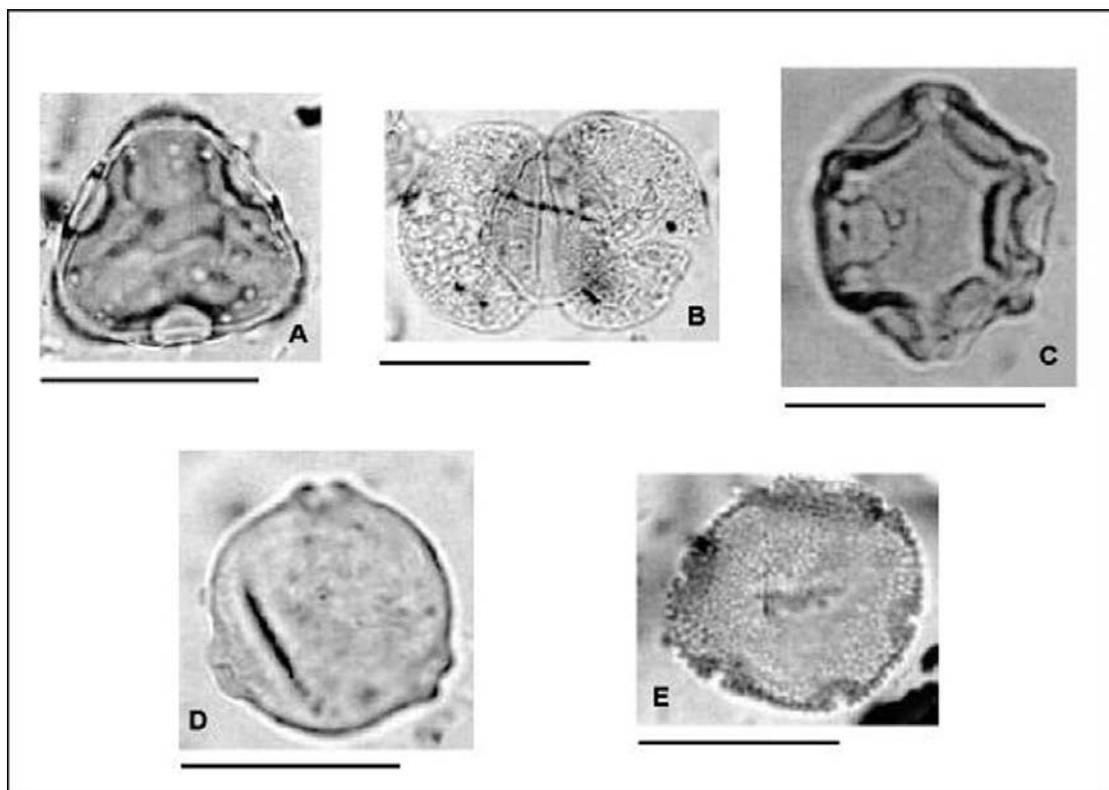


Fig.6- Palinomorfos típicos da flora de montanha que ocorrem no Poço A. Escala de 25 μ m para cada palinomorfo. (A) *Hemitelesia*, (B) *Podocarpus*, (C) *Alnus*, (D) cf. *Myrica*, (E) *Nothofagus*.

Na fase 3 (660-570m), representando o estágio interglacial, a média do índice de diversidade foi de 15,6. A flora de montanha registrou média de abundância de 9,6%, denotando queda de frequência.

Na fase 4 (570-420m), relativa ao estágio glacial, o índice de diversidade foi de 10,1. E a média de abundância da flora de montanha foi de 32,5%, registrando seu maior índice de frequência no poço estudado.

Na fase 5 (420-200m), relacionada ao estágio interglacial, o índice de diversidade foi de 14,6 e a média da flora de montanha foi de 1,6%, caracterizando seu menor índice de frequência.

Vários autores mencionam uma substituição da flora tropical por uma flora típica de savana na região durante as fases glaciais (e.g., AB' SABER, 1977; BUSH *et al.*, 1990; VAN DER HAMMEN & ABSY, 1994; HABERLE & MASLIN, 1999). No entanto, os resultados alcançados sugerem que essa substituição não ocorreu. De acordo com o presente estudo, durante as fases glaciais ocorre um aumento da flora de montanha, enquanto a flora de savana não demonstra uma variação significativa entre as fases glaciais e fases

interglaciais. Além do mais, como mostrado na distribuição palinológica (Fig.7), os palinómorfs que representam a savana são menos abundantes do que a flora de montanha, esporos de fungos e esporos de pteridófitas. Outro resultado que corrobora essa hipótese é a correlação positiva (Fig.5) entre a flora tropical e de savana, indicando que a flora tropical não foi substituída pela de savana.

Buscando confirmar a relação dos tipos polínicos baseados nas suas características ecológicas e climáticas, suas abundâncias relativas foram submetidas à análise de agrupamento pelo modo-R. A análise revelou quatro agrupamentos (Fig.8), denominados de grupos 1-4. Os grupos são: Grupo 1, composto de 3 dos cinco representantes da flora de montanha, os gêneros *Podocarpus*, cf. *Myrica* e *Alnus*; Grupo 2, composto somente pelos esporos de fungos; Grupo 3, composto por *Nothofagus*, dinoflagelados, flora tropical e de savana; Grupo 4, composto de *Hemitelia* e esporos de pteridófitas. A maior divisão ocorre entre os grupos 1 e 2 e reflete justamente a separação dos palinómorfs da flora de montanha dos outros grupos.

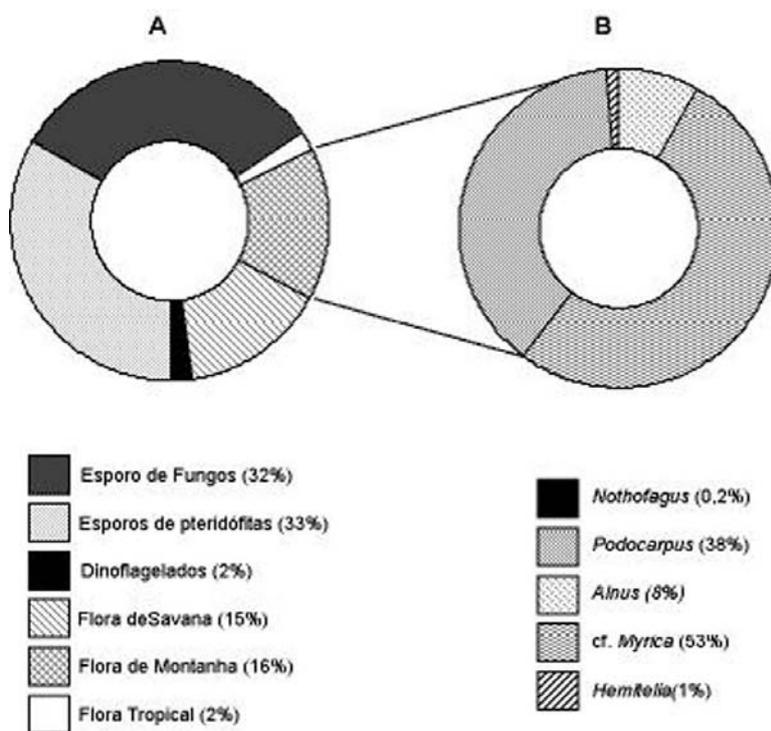


Fig.7- Média de abundância dos grupos de palinómorfs do Poço A (A) e dos palinómorfs do grupo da flora de montanha (B).

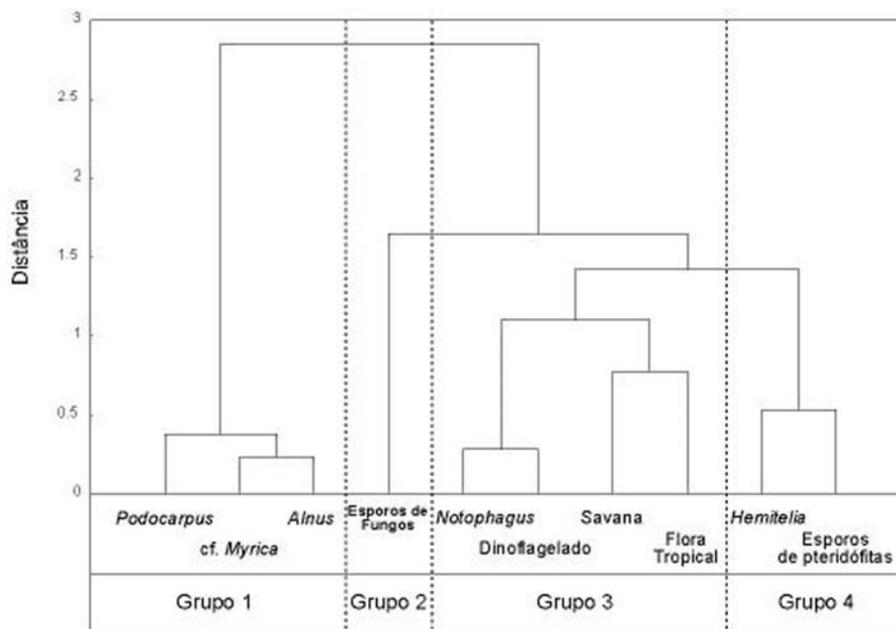


Fig.8- Análise de agrupamento (modo-R), mostrando os quatro grupos.

Como também observado por HABERLE & MASLIN (1999), o avanço da flora de montanha durante as fases glaciais parece estar muito mais relacionado à queda de temperatura do que à diminuição da umidade, sendo que esta última está relacionada a um ambiente típico de savana. Durante as fases glaciais, a floresta andina que ocupava uma faixa de 2.000 a 3.000 metros de altitude, deslocou-se para uma faixa de 1.000 a 2.000 metros (Fig.1). A flora que ocupava as faixas inferiores também foi deslocada, chegando provavelmente à planície Amazônica. Talvez esse fato explique a grande quantidade de palinómorfs da flora de montanha na Bacia da Foz do Amazonas. Segundo MULLER (1959), os palinómorfs do gênero *Alnus* são transportados principalmente pela água, dos Andes até alcançar a bacia. Todavia, os palinómorfs do gênero *Podocarpus* e *Hemitelia* são trazidos pelo vento das montanhas úmidas da Venezuela, Trinidad-Tobago e outras regiões. O gênero *Podocarpus* dominou a flora dos Andes durante o último máximo glacial no Pleistoceno (LEDRU, 1993; LEDRU *et al.*, 2001).

CONCLUSÃO

▶ Palinómorfs de gêneros típicos da flora de

montanha (*Hemitelia*, *Podocarpus*, *Alnus*, *cf. Myrica* e *Nothofagus*) são mais abundantes nos estádios glaciais, atingindo cerca de 56,8% de toda a associação no poço estudado.

- ▶ A utilização da análise de agrupamento (modo-R) revelou 4 agrupamentos palinológicos. A quebra mais significativa está separando o Grupo 1 (*Podocarpus*, *cf. Myrica* e *Alnus*) dos outros três agrupamentos.
- ▶ Através da Correlação de Pearson podem-se confirmar os resultados encontrados na análise de agrupamento, identificando afinidades entre os representantes da flora de montanha, principalmente os gêneros *Podocarpus*, *cf. Myrica* e *Alnus*.
- ▶ A abundância relativa da flora de montanha em relação à floresta tropical sugeriu uma expansão nos estádios glaciais do Quaternário, sendo a queda de temperatura o principal fator desencadeante da mudança de vegetação tanto da planície Amazônica como da cordilheira dos Andes.
- ▶ De acordo com os resultados palinológicos alcançados no poço estudado, a teoria do refúgio defendida por vários autores, onde a floresta tropical teria sido substituída pela vegetação típica de savana, não foi confirmada no presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A.N., 1977. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul por ocasião dos períodos glaciais quaternários. **Paleoclimas**, São Paulo, **3**:1-19.
- ABSY, M.L.; CLEEF, A.M.; FOURNIER, M.L.; SERVANT, M.; SIFEDDINE, A.; DA SILVA, M.F.; SOUBIES, F.; SUGUIO, K.; TURCQ, B.; VAN DER HAMMEN, T., 1991. Mise en évidence de quatre phases d'ouverture de la forêt dense dans le sud-est de l'Amazonie au cours des 60 000 dernières années. Première comparaison avec d'autres régions tropicales. **Comptes Rendus de l'Académie de Science**, Paris, **312**:673-678.
- BEHLING, H., 1996. First report on new evidence for the occurrence of *Podocarpus* and possible human presence at the mouth of the Amazon during the Late-glacial. **Vegetation Historic Achaebotanic**, Berlin: Heidelberg, **5**:241-246.
- BEHLING, H.; ARZ, H.W.; PÄTZOLD, J.; WEFER, G., 2002. Late Quaternary vegetational and climate dynamics in Southeastern Brazil, inferences from marine cores Geo B 3229-2 and Geo B 3202-1. **Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology**, Amsterdam, **179**:227-243.
- BOER, N.P.; VAN DER HAMMEN, T.; WIJMSTRA, T.A., 1965. A palynological study on the age of some borehole samples from the Amazonas Delta area, NW Brazil. **Geologie en Mijnbouw**, Utrecht, **44**(7):254-258.
- BRANDÃO, J.A.S. & FEIJÓ, F.J., 1994. Bacia da Foz do Amazonas. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, **8**(1):1-249.
- BUSH, M.B.; COLINVAUX, P.A.; WIEMANN, M.C.; PIPERNO, D.R.; LIU, K-B., 1990. Late Pleistocene temperature depression and vegetation change in Ecuadorian Amazonian. **Quaternary Research**, Oxford, **34**:330-345.
- CARVALHO, M.A., 1996. **Estudo paleoecológico e paleoclimático, com base em palinologia, aplicado em sedimentos pleistocênicos da Bacia da Foz do Amazonas**. (Dissertação de Mestrado). Instituto de Geociências - UFRJ, MSc, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Brasil, Rio de Janeiro, 146p.
- CARVALHO, M.A., 2003. Paleoecological and paleoclimatic studies based on palynology of pliocene and pleistocene sediments from the Foz do Amazonas Basin, Brazil. **Neues Jahrbuch für Stratigraphie und Paläontologie**, Stuttgart, **229**(1):1-18.
- COLINVAUX, P.A.; DE OLIVEIRA, P.E.; MORENO, J.E.; MILLER, M.C.; BUSH, M.B., 1996. A long pollen record from lowland Amazonia: forest and cooling in glacial times. **Science**, Washington, **274**:85-88.
- COLINVAUX, P.A.; DE OLIVEIRA, P.E.; BUSH, M.B., 2000. Amazonian and neotropical plant communities on glacial time-scales: the failure of the aridity and refuge hypotheses. **Quaternary Science Reviews**, Oxford, **19**:141-169.
- COUPER, R.A., 1953. Upper Mesozoic and Cenozoic spores and pollen grains from New Zealand. **New Zealand Geological Survey Paleontological Bulletin**, Wellington, **22**:1-77.
- DE LAUBENFELS, D.J., 1985. A taxonomic revision of the genus *Podocarpus*. **Blumea**, **30**:51-278.
- FARJON, A., 1998. **World Checklist and Bibliography of Conifers**. U.K.: Royal Botanical Gardens at Kew, Richmond. 298p.
- GERMERAAD, J.H.; HOPPING, C.A.; MULLER, J., 1968. Palynology of Tertiary sediments from tropical areas. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, **6**:189-348.
- HABERLE, S.G. & MASLIN, M.A., 1999. Late Quaternary vegetation and climate change in the Amazon Basin based on a 50.000 years pollen record from the Amazon fan, ODP site 932. **Quaternary Research**, Oxford, **51**(1):27-38.
- HAFFER, J., 1969. Speciation in Amazon forest birds. **Science**, Washington, **165**:131-137.
- HAFFER, J., 1974. Avian speciation in tropical South America. **Publication Nuttall Ornithologic**, Cambridge, **14**:1-390.
- HANSEN, B.C.S.; SELTZER, G.O.; WRIGHT JR., H.E., 1994. Late Quaternary vegetational change in the central Peruvian Andes. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, **109**:263-286.
- HEUSSER, C.J., 1971. **Pollen and Spores of Chile. Modern Types of the Pteridophyta, Gymnospermae and Angiospermae**. Tucson: The University of Arizona Press. 167p.
- HOOGHIEMSTRA, H., 1989. Quaternary and Upper - Pliocene glaciations and forest development in the tropical Andes: evidence from a long high-resolution pollen record from the sedimentary Basin of Bogotá, Colombia. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, **72**:11-26.
- HOOGHIEMSTRA, H. & RAN, E.T.H., 1994. Late and middle Pleistocene climatic change and forest development in Colombia: pollen record Funza II (2-158m core interval). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, **109**:211-246.
- HOORN, C.; GUERRERO, J.; SARMIENTO, G.A.; LORENTE, M.A., 1995. Andean tectonics as a cause for changing drainage patterns in Miocene northern South America. **Geology**, Boulder, **23**:237-240.
- HORN, S.P., 1985. Preliminary pollen analysis of Quaternary sediments from Deep Sea Drilling Site 565, Western Costa Rica. **Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project**, Washington, **84**:533-547.
- LEDRU, M.P., 1993. Late Quaternary environmental and climatic changes in Central Brazil. **Quaternary Research**, Oxford, **39**:90-98.

- LEDRU, M.P.; CORDEIRO, R.C.; MARTIN, L.; DOMINGUES, J.M.L.; MOURGUIART, P.; SIFEDDINE, A; TURCQ, B., 2001. Late-Glacial cooling in Amazonia inferred from pollen at lagoa do Caço, northern Brazil. **Quaternary Research**, Oxford, **55**(1):47-56.
- LORENTE, M.A., 1986. Palynology and palynofacies of Upper Tertiary in Venezuela. **Dissertaciones Botanicae**, Lehre. 222p.
- MULLER, J., 1959. Palynology of recent Orinoco delta and shelf sediments: reports of the Orinoco Shelf Expedition; **Micropaleontology**, New York, **5**(1):1-32.
- MULLER, J.; DI GIACOMO, E.; VAN ERVE, A., 1987. A Palynological zonation for the Cretaceous, Tertiary and Quaternary of Northern South America. **American Association Stratigraphic Palynologists**, Austin **19**:7-76.
- ODUM, E.P., 1983. **Ecologia**. 3.ed., Guanabara, Rio de Janeiro 434p.
- POTONIÉ, R., 1956. Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae, I. Teil: Sporites. **Beiheft Geologisches Jahrbuch**, Hannover, **23**:1-103.
- POTONIÉ, R., 1960. Synopsis der Gattungen der sporae disoersae. **Geologisches Jahrbuch**, Stuttgart, **23**(31):39.
- REGALI, M.S.P., 1982. Palinoestratigrafia das Bacias da Foz do Amazonas e Cassiporê. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PETRÓLEO, 2., **Resumos...** Rio de Janeiro, 26p.
- REZENDE, W.M. & FERRADAES, J.O., 1971. Integração geológica regional da Bacia Sedimentar da Foz do Amazonas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., **Anais...** SBG, Belém 203-214p.
- SCHALLER, H.; VASCONCELOS, D.N.; CASTRO, J.C., 1971. Estratigrafia preliminar da Bacia Sedimentar da Foz do Rio Amazonas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., **Anais...** SBG, São Paulo, **3**:189-202.
- STEVENSON, D., 1991. **Flora of the Guianas**, series A: Phanerogams, Fascicle 9, Sections 208 Cycadaceae, 208.1 Zamiaceae, and 211 Podocarpaceae. USA/Germany: Koeltz Scientific.
- UESUGUI, N., 1979. Palinologia: Técnica de tratamento de amostras. **Boletim Técnico da Petrobrás**, Rio de Janeiro **22**(4):229-240.
- VAN DER HAMMEN, T., 1963. A palynological study on the Quaternary of British Guyana. **Leidse Geologische Mededelingen**, Leiden, **29**:125-180.
- VAN DER HAMMEN, T., 1972. Changes in Vegetation and climate in the Amazon Basin and Surrounding areas during the Pleistocene. **Geologie en Mijnbouw**, Utrecht, **51**(6):641-643.
- VAN DER HAMMEN, T., 1974. The Pleistocene changes of vegetation and climate in tropical South America. **Journal of Biogeography**, Oxford, **1**:3-26.
- VAN DER HAMMEN, T. & ABSY, M.L., 1994. Amazonia during the last glacial. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, **109**:247-261.
- VAN DER HAMMEN, T. & WIJMSTRA, T.A., 1964. A palynological study on the Tertiary and Upper Cretaceous of British Guyana. **Leidse Geologische Mededelingen**, Leiden, **30**:183-241.
- VAN GEEL, B. & VAN DER HAMMEN, T., 1973. Upper quaternary vegetational and climatic sequence of the fuquene area (Eastern Cordillera, Colombia). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, **14**:9-92.
- WATSON, L. & DALLWITZ, M.J., (1992 onwards). **The Grass Genera of the World: Descriptions, Illustrations, Identification, and Information Retrieval; including Synonyms, Morphology, Anatomy, Physiology, Cytology, Classification, Pathogens, World and Local Distribution, and References**. Disponível em: <<http://biodiversity.uno.edu/delta/>>.
- WIJNINGA, V.M. & KUHR, P., 1990. Late Pliocene palaeo of Guasca Valley (Cordillera Oriental, Colombia). **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, **78**:69-127.