

Os Palinomorfos nas Reconstruções Paleoambientais: *Azolla filiculoides* Lam. nos Sedimentos Holocênicos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul

Medeanic S.¹; Costa César S.B.² & Corrêa I.C.S.¹

¹ Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica – CECO/IG/UFRGS (svetlana.medeanic@ufrgs.br);

² Departamento da Oceanografia – FURG.



RESUMO

O palinomorfo do peridófito aquático *Azolla filiculoides* Lam. é considerado um indicador importante para as reconstruções paleoambientais na planície costeira do Rio Grande do Sul. Nesse estudo é apresentada a descrição morfológica das massúlas de *A. Filiculoides*, sua distribuição e seu percentual em frequência relativa, associado aos sedimentos holocênicos na planície costeira, tanto nos sedimentos superficiais como nas marismas atuais na região do Arroio Chuí. As ocorrências de *A. filiculoides* nos sedimentos holocênicos foram conectadas com as oscilações do nível do mar (eventos transgressivos e regressivos) e mudanças climáticas. Os palinomorfos de *A. filiculoides* são mais frequentes nos sedimentos superficiais nos locais onde a salinidade das águas superficiais é baixa. Sugere-se que a quantidade anômala de *A. filiculoides* pode depender da composição granulométrica dos sedimentos. Os palinomorfos de *A. filiculoides* são associados com briófitos *Phaeoceros* e *Anthoceros*, pólenes de Poaceae, Chenopodiaceae, Cyperaceae, Asteraceae, e palinomorfos de algas de *Botryococcus* e *Spirogyra*. Nos sedimentos lagunares, os palinomorfos de *A. filiculoides* são associados com os cistos de dinoflagelados e de acritarcas, e zoósporos de fungos. Foi considerado que a preservação de dispersos palinomorfos de *A. filiculoides* depende de condições tafonômicas e probabilidades de redeposição dos sedimentos durante eventos transgressivos.

ABSTRACT

The palynomorph of aquatic fern *Azolla filiculoides* Lam. is indicated as important indicator for palaeoenvironmental reconstructions in the coastal plain of Rio Grande do Sul. The morphology description of *A. filiculoides* massulae and its distribution are given. The relative frequency, % of *A. filiculoides* are analyzed, both in Holocene sediments in the coastal plain, and in the surface sediments of actual salt marsh in Arroio Chui region. The occurrences of *A. filiculoides* in the Holocene sediments was connected to sea-level oscillations (transgressive and regressive events), and climatic changes. The *A. filiculoides* palynomorphs are more frequent in the surface sediments in the points of low surface water salinity. Probably, anomalous quantities of *A. filiculoides* may depend on granulometric composition of sediments. The palynomorphs of *A. filiculoides* are associated with spores of *Phaeoceros* and *Anthoceros*, pollen of Poaceae, Chenopodiaceae, Cyperaceae, Asteraceae, and algal palynomorphs of *Botryococcus* and *Spirogyra*. In the lagoon sediments, *A. filiculoides* are associated with dinoflagellate and acritarch cysts, and fungal zoospores. The preservation of dispersed *A. filiculoides* palynomorphs depends on taphonomic conditions and possible redeposition of sediments during the transgressive events.

Palavras chave: palinomorfos, granulometria, salinidade, Holoceno.

INTRODUÇÃO

As reconstruções paleológicas de ambientes do passado são amplamente baseadas nos estudos palinológicos de sedimentos. Os objetos de estudos palinológicos são palinomorfos (pólen e esporos de plantas terrestres e aquáticas vasculares, microalgas, esporos de fungos, e microforaminíferos). Os palinomorfos determinados em material analisado de sedimentos holocênicos da planície costeira são frequentemente autóctones pela sua origem e representam uma mistura de palinomorfos originados de diferentes ambientes. Nem todos os palinomorfos encontrados nos sedimentos são facilmente reconhecidos pela sua morfologia. As possibilidades de identificações taxonômicas exatas de muitos pólen e esporos são limitadas. Pólen de muitas plantas herbáceas tais como: gramíneas, ciperáceas, asteráceas, quenopodiáceas e outras, vastamente distribuídas em diferentes tipos de ambientes (dunas, pântanos, banhados, marismas, beiras de rios) são freqüentemente identificados somente até o nível de famílias (TRVERSE, 1988).

Para a determinação das reconstruções paleoambientais com maior precisão, através de palinomorfos, é importante indicar os seus tipos e que os mesmos: (1) pertençam a plantas cuja área de distribuição é bastante restrita pela característica ecológica; (2) possuam alta capacidade de boa preservação nos sedimentos; (3) tenham transporte restrito pelo vento e correntes fluviais; (4) sejam facilmente reconhecidos pela sua morfologia distinta.

Os palinomorfos de pteridófitos aquáticos de *Azolla filiculoides*, freqüentemente encontrados nos sedimentos holocênicos na planície costeira do Rio Grande do Sul, podem ser considerados como importantes nas reconstruções paleoambientais. *A. filiculoides* é uma espécie amplamente distribuída, tanto como planta flutuante, como fixa, nas margens de canais e lagoas, mas ocorrendo preferencialmente em águas calmas (CORDAZZO & SEELIGER, 1995). Estas plantas produzem micro-e-megaesporos que são considerados como palinomorfos, cuja exina é composta de esporopolenina, assegurando aos mesmos uma boa preservação nos sedimentos. Adicionalmente, possuem as seguintes características: (1) morfologia específica

facilmente reconhecida entre outros palinomorfos; (2) tamanhos grandes de mássulas (diâmetro até 250 μm) com gloquídeos compridos e com âncoras no ápice, que permitem considerá-los como palinomorfos “*in situ*”; (3) baixa tolerância à salinidade da planta-mãe permite utilizá-los como indicadores de baixa salinidade em ambiente costeiro; (4) a distribuição das plantas nos ambientes aquáticos rasos os habilitam como indicadores de profundidade de ambiente aquático.

Ocorrências de palinomorfos de pteridófitos foram registradas nos sedimentos do Paleozóico (a cerca de 300 Ma AP). Os palinomorfos *Nikitinsporites* parecidos com palinomorfos recentes de *Azolla* foram descritos por Mc GREGOR (1969) nos sedimentos do Devoniano superior do Canadá. Com base na análise de morfologia específica (formatos com âncoras no ápice e de tamanhos grandes), o autor considerou esse palinomorfo como autóctone nos sedimentos.

Os palinomorfos de *Azolla* nos sedimentos do Cretáceo da Índia foram utilizados como indicadores de deposição de sedimentos em ambientes aquáticos de água doce, mas sujeitos a influência marinha (SINGH & RAJANIKANTH, 2000). Os registros de gênero *Azolla* nos sedimentos do Paleogeno da Patagônia, na Argentina, formados nos corpos aquáticos lagunares de água doce ou salobra, sob influência marinha, são mencionados por PAPU & SEPÚLVEDA (1997).

Na planície costeira do Rio Grande do Sul, os primeiros registros de *Azolla filiculoides* nos sedimentos quaternários, foram realizados por LORSCHREITER (1983) e CORDEIRO & LORSCHREITER (1994). A primeira descrição de palinomorfos de *A. filiculoides* foi feita por NEVES & LORSCHREITER (1992). Os dados mais recentes sobre a distribuição de *A. filiculoides*, entre outros palinomorfos nos sedimentos holocênicos, foram apresentados por MEDEANIC *et al.* (2000, 2001).

Até hoje não foram realizados trabalhos que abordem preservação de palinomorfos no sedimento, capacidade de transporte, correlação de sua freqüência relativa à composição granulométrica do sedimento, etc. Trabalhos com esse enfoque poderiam ajudar a obter melhores resultados na aplicação de palinomorfos nas reconstruções paleoambientais.

Este trabalho inclui a descrição da morfologia de palinormorfos de *Azolla filiculoides* com base em materiais de depósitos holocênicos e de sedimentos de marismas atuais, bem como a análise de sua distribuição durante o Holoceno na planície costeira do Rio Grande do Sul. Além disso, é apresentada uma análise da distribuição de palinormorfos de *A. filiculoides* nos sedimentos superficiais das marismas atuais, sujeitos aos diferentes graus de salinização e sua correlação com as características granulométricas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Sedimentos holocênicos

O material analisado é oriundo de amostras dos testemunhos (B-2, T-64, TBJ-02), obtidos na Laguna dos Patos, do furo de sondagem FS-20 executado na praia do Cassino, do furo de sondagem FS-10 e do testemunho T-14 na região da Laguna de Tramandaí (Fig. 1).

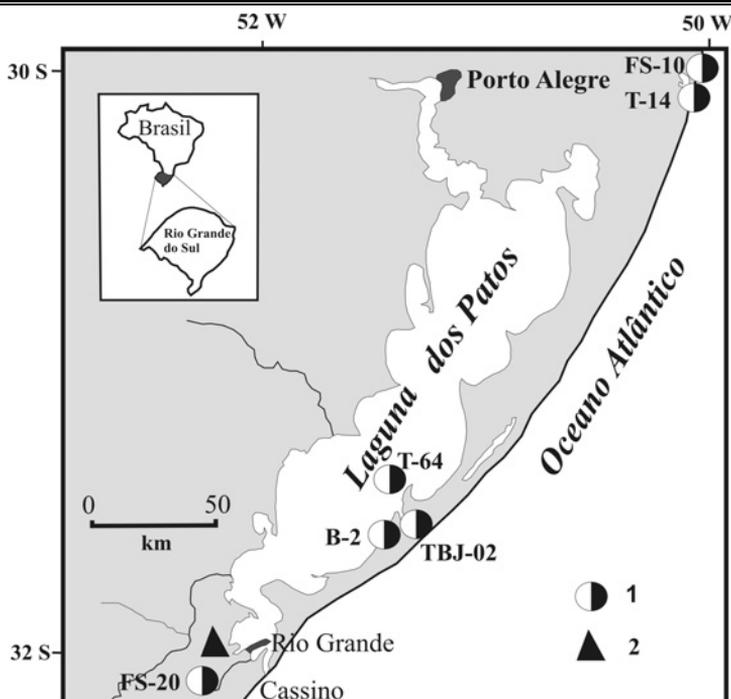


Figura 1. Mapa de localização de testemunhos e furos de sondagem dos sedimentos holocênicos (1) e pontos de amostragem dos sedimentos superficiais nas marismas atuais na parte estuarina na planície costeira do Rio Grande do Sul.

A idade absoluta de algumas amostras foi determinada pelo método do ^{14}C , no *Beta Analytic Lab.* (*Beta - 146844*, *Beta - 56516*) (Florida, Estados Unidos). Os resultados das idades absolutas das amostras datadas são apresentados no Quadro 1.

Sedimentos recentes

Foram coletadas 10 amostras em cinco pontos das marismas localizadas ao longo do gradiente salino do estuário do Arroio Chuí - RS (Fig. 2). Em cada ponto foi determinada a

salinidade e efetuada a análise granulométrica dos sedimentos.

Metodologia

Foram aplicadas as técnicas usuais de estudos palinológicos a todas as amostras obtidas. O tratamento químico das amostras foi feito de acordo com FAEGRI & IVERSEN (1975). As amostras foram tratadas com ácido clorídrico (10%) e hidróxido de potássio (10%).

Quadro 1. Testemunhos e furos de sondagem perfurados na planície costeira do Rio Grande do Sul, idade absoluta ^{14}C e bibliografia referida pré-existente.

Testemunhos e furos de sondagem	Idade absoluta (anos AP) pelo ^{14}C	Bibliografia referida
T-64	~5.500-6.000	Medeanic <i>et al.</i> , 2000
TBJ-02	7.730 \pm 150	Medeanic <i>et al.</i> , 2001
B-2	9.400 \pm 140, 7.730 \pm 150	Weschenfelder <i>et al.</i> , 2005
FS-20	4.940 \pm 80	Clerot, 2004
T-14	5.760 \pm 120	Medeanic <i>et al.</i> , 2003
FS-10	9.620 \pm 160, 8.940 \pm 70, 4.750 \pm 70	Medeanic & Dillenburg, 2001

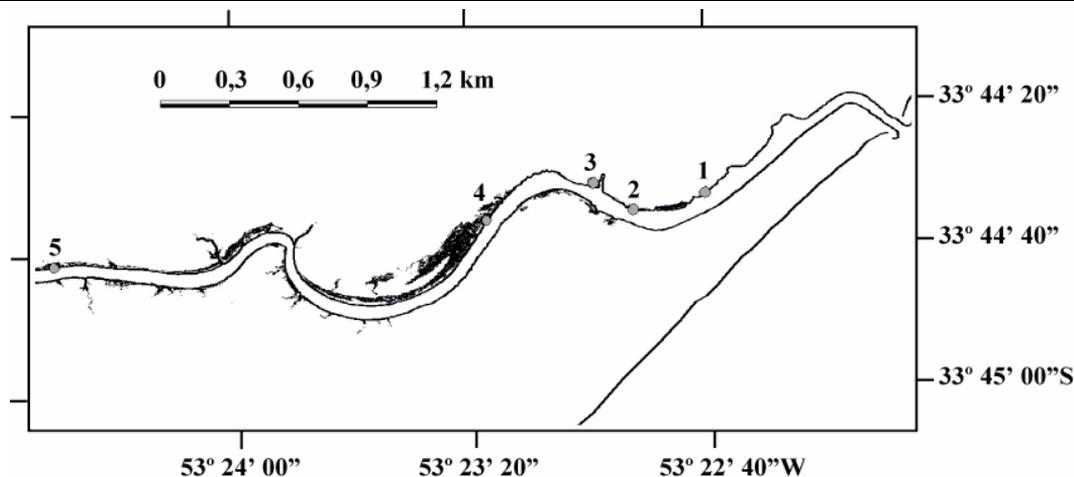


Figura 2. Mapa de localização dos pontos de amostragem dos sedimentos superficiais das marismas do Arroio Chuí.

Aplicou-se o método de separação entre as substâncias inorgânicas e orgânicas, através de líquido denso (solução aquosa de ZnCl_2 de densidade 2,2 g/cm^3). Após o tratamento químico, as amostras foram montadas em lâminas com gelatina-glicerinada, as quais se encontram arquivadas na palinoteca do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (CECO) do Instituto de Geociências da UFRGS. A definição taxonômica de pólen e esporos foi feita através de consulta à palinoteca de pólen e esporos das plantas nativas do estado do Rio Grande do Sul preservada no CECO.

A frequência (%) de *Azolla filiculoides*, em cada amostra, foi calculada a partir da soma total de pólen e esporos (*pollen sum*). Foi analisada a distribuição de *A. filiculoides* no Holoceno inferior (10,3 – 8,0 ka AP), no Holoceno médio (8,0 – 4,6 ka AP), e no Holoceno tardio (4,6 ka - até presente) (Fig. 3).

Um palinodiagrama de resultados anteriores sobre a distribuição de palinomorfos nas marismas atuais da parte estuarina da

Laguna dos Patos (MEDEANIC, 2006, no prelo) foi incluído neste trabalho (Fig. 4). As porcentagens de *Azolla filiculoides* nas amostras, em relação a outros palinomorfos presentes nos sedimentos superficiais das marismas atuais do Arroio de Chuí, são apresentadas nas figuras 5 e 6.

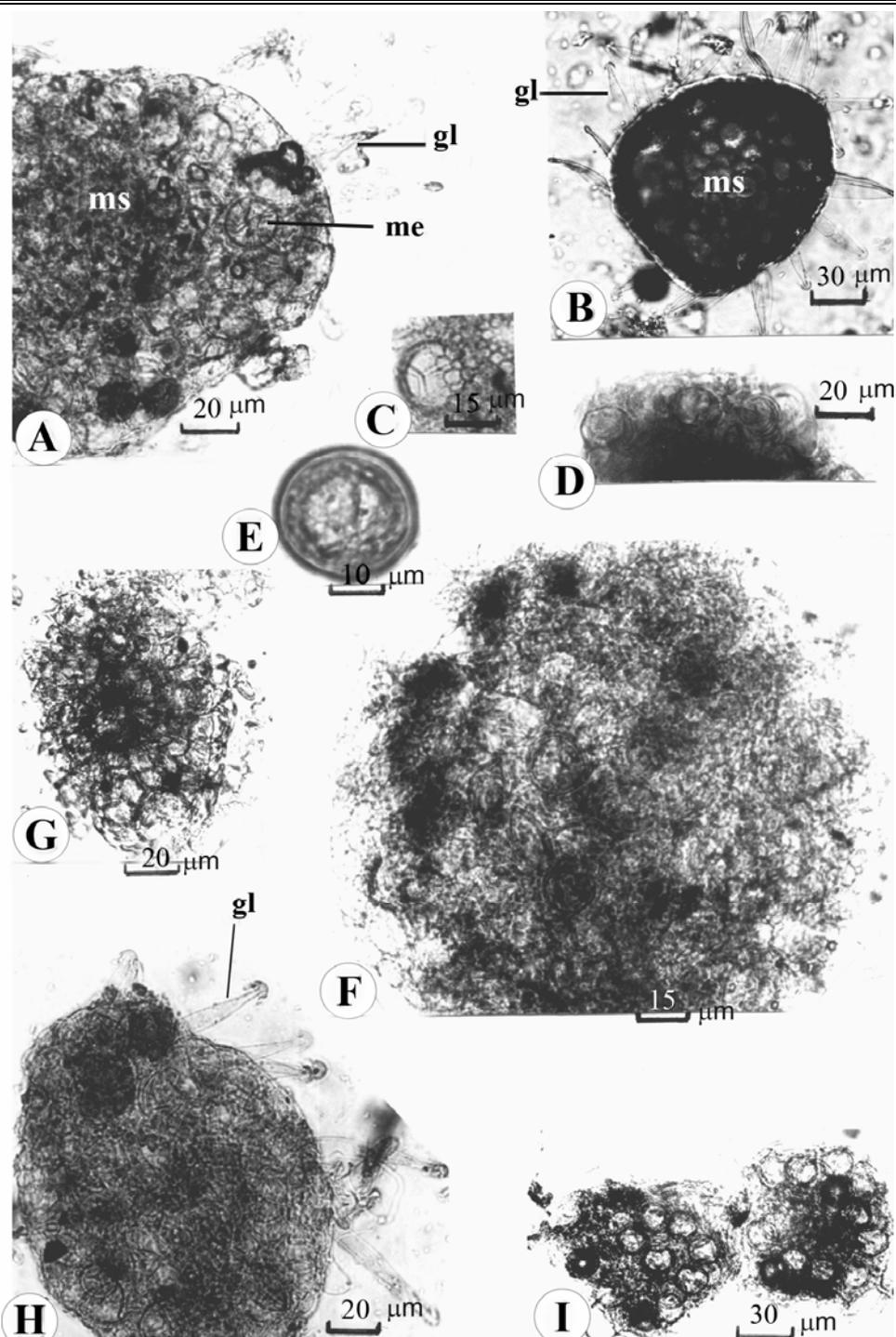
Os palinomorfos de *Azolla filiculoides* foram fotografados no fotomicroscópio Olympus com objetivas de magnitudes 40x na Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (Estampa 1).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

(A) Descrição da morfologia de *Azolla filiculoides* Lam.

Azolla filiculoides Lam.

Estampa, figuras A-I



Estampa 1. Microfotografias de *Azolla filiculoides* Lam. **A** – mássula com gloquídeos e microesporos; **B** – mássula com gloquídeos e microesporos; **C** – microesporo; **D** – parte de mássula com microesporos; **E** – microesporo; **F** – mássula com gloquídeos; **G** – mássula com gloquídeos e microesporos; **H** – mássula com gloquídeos e microesporos; **I** – as duas mássulas, provavelmente repositadas, com gloquídeos raros e microesporos: ms-mássula, gl-gloquídeo, me-microesporo.

Descrição: Os palinomorfos de *Azolla filiculoides*, freqüentemente, encontram-se como mássulas. As mássulas, de forma irregular ou subcircular, têm diâmetros entre 160-250 μm . A superfície das mássulas está recoberta por gloquídeos hialinos delineados e não septados. O comprimento dos gloquídeos varia de 55,0-69,0 μm , e sua largura de 8,0-14,0 μm . A extremidade apical dos gloquídeos tem formato de âncora. Os microesporos freqüentemente encontram-se em grupos de quatro ou são esparsos dentro da mássula. Estes são circulares, triletos, lisos na parte distal e na parte proximal. O diâmetro dos microesporos varia entre 29,0-35,0 μm . A espessura da exina é 1,5-2,0 μm . Os megasporos de *A. filiculoides* não foram encontrados em nenhuma amostra.

Comparação: Os palinomorfos (mássulas) de *Azolla filiculoides* são parecidos com aqueles descritos por BOBROV *et al.* (1983). Os gloquídeos de *Azolla caroliniana* Willd, outra espécie bem distribuída na planície costeira do Rio Grande do Sul, têm no ápice um formato de 3-4 âncoras. As mássulas do gênero *Salvinia* diferem dos encontrados em *Azolla*, pela ausência de gloquídeos (BOBROV *et al.*, 1983).

Distribuição: NEVES & LORSCHTEITZER (1992) indicam *Azolla*

filiculoides como uma espécie comum em corpos lacustres na planície costeira. De acordo com WAECHTER (1985), *A. filiculoides* se distribui nas lagoas internas sendo também freqüente nas partes marginais da planície costeira do Rio Grande do Sul. CORDAZZO & SEELIGER (1995) mencionam ampla distribuição de *A. filiculoides* na planície costeira do Rio Grande do Sul, em sistemas: lacustres (salinidade menos do que 5%), palustres e fluviais.

As mássulas de *Azolla filiculoides* foram observadas nos sedimentos holocênicos lagunares da planície costeira do Rio Grande do Sul (LORSCHTEITZER, 1983; NEVES & LORSCHTEITZER, 1992; CORDEIRO & LORSCHTEITZER, 1994; MEDEANIC *et al.*, 2000, 2001) e nos sedimentos superficiais das marismas atuais na região estuarina da Laguna dos Patos (MEDEANIC, 2006, no prelo).

Notas: Os dispersos palinomorfos de *Azolla filiculoides*, quando encontrados nos sedimentos redepositados, formados durante a transgressão marinha, se caracterizam por má preservação e não possuem gloquídeos. Neste caso as mássulas são dificilmente reconhecidas, pois estas podem ser parecidas com mássulas de *A. caroliniana* (também redepositada) ou com mássulas de *Salvinia*.

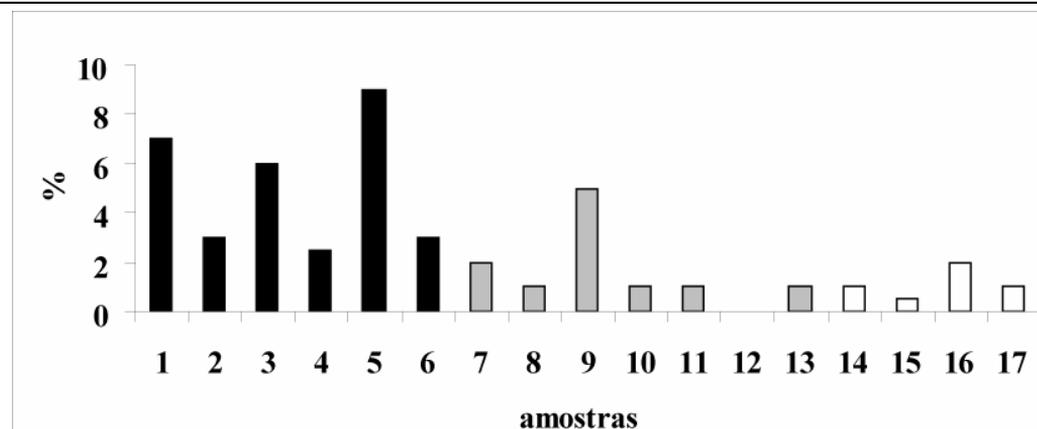


Figura 3. Frequência relativa (%) de *Azolla filiculoides* nos sedimentos holocênicos lagunares da planície costeira do Rio Grande do Sul: 1-6 – Holoceno inferior, 7-13 – Holoceno médio, 14-17 – Holoceno tardio.

(B) Holoceno

Ao se analisar material de sedimentos lagunares, não se pode esquecer que a

capacidade de transporte de *Azolla filiculoides* é relativamente baixa, e a freqüência desses palinomorfos depende da localização da planta-mãe. É provável que a quantidade anômala de

palinomorfos de *A. filiculoides* nos sedimentos ocorra devido à proximidade de plantas-mãe onde os se depositam em ambiente de baixa hidrodinâmica. Por este motivo, ao analisar-se amostras de sedimentos lagunares holocênicos de diferentes testemunhos da planície costeira do Rio Grande do Sul, pode-se fazer conclusões aproximadas (médias) sobre o desenvolvimento desse pteridófito durante o Holoceno e cuja prosperidade, diminuição ou até extinção foram conectadas com as mudanças climáticas e as oscilações do nível do mar.

Holoceno inferior (10,3 – 8,0 ka AP)

No início do Holoceno, após a última glaciação do Pleistoceno tardio, as temperaturas médias e precipitações atmosféricas aumentaram e o nível dos oceanos começou a subir (CORRÊA et al., 1996; CORRÊA & VILLWOCK, 1996; MARTINS et al., 1996; CORRÊA, 2002). Essas condições favoreceram o desenvolvimento de bacias aquáticas na planície costeira, ainda rasas, e às vezes de salinidade pouco elevada, causada pela influência das águas marinhas, como resultado do início da transgressão marinha. As maiores frequências percentuais de palinomorfos de *Azolla filiculoides* foram registradas no Holoceno inferior (Fig. 3). Nos sedimentos deste período, os palinomorfos de *A. filiculoides* estiveram associados com pólenes, predominantemente de Chenopodiaceae, Poaceae, Cyperaceae, esporos de *Anthoceros*, *Phaeoceros*, *Blechnum*, *Anogramma*, *Microgramma*, Polypodiaceae, *Pteris* e colônias de *Botryococcus*. Diatomáceas marinhas e estuarinas também ocorrem neste sedimento (MEDEANIC & DILLENBURG, 2001). A alta frequência de vários pteridófitos, que se desenvolvem nos solos úmidos e não salinos, evidencia a existência de áreas ainda não sujeitas a influência marinha. As plantas arbóreas foram extremamente raras na planície costeira e, provavelmente naquela época, *A. filiculoides* se distribuía nos ambientes aquáticos de água doce ou salobra (de baixa salinidade), sujeitos à entrada de águas marinhas através de paleocanais.

Holoceno médio (8,0 – 4,6 ka AP)

Neste período ocorreu uma grande transgressão marinha que ao seu final resultou na formação de um sistema lagunar (MARTINS et al., 1996; CORRÊA et al., 1996; CORRÊA & VILLWOCK, 1996; CORRÊA, 2002). Este período corresponde ao ótimo climático do Holoceno, correlacionado com um aumento de precipitações atmosféricas e da temperatura média anual. As áreas dos ambientes aquáticos de água doce no Holoceno inferior, onde *Azolla filiculoides* ocorria amplamente, foram significativamente reduzidas. Nesta época, a formação de depósitos sedimentares ocorria em condições de alta energia, com possibilidades de redeposição de sedimentos mais antigos. A formação de assembléias de palinomorfos alóctones, que representam uma mistura de palinomorfos de água doce, água salobra e marinha, foi muito provável. Provavelmente, muitos palinomorfos de água doce correspondentes ao Holoceno inferior, foram redepositados junto com os marinhos e de água salobra. Frequentemente, os palinomorfos redepositados são mais escuros e mal preservados. Por isso, as observações de cor, o grau de preservação de palinomorfos são importantes. As frequências de palinomorfos de *A. filiculoides* em relação a outros palinomorfos diminuam (Fig. 3). Os palinomorfos de *A. filiculoides* ocorreram associados com pólenes predominantes de Poaceae, Cyperaceae, Chenopodiaceae e Asteraceae, além de palinomorfos de algas de *Botryococcus*, dinoflagelados, acritarcas e de microforaminíferos. Frequentemente, nas amostras correspondentes daquele tempo, encontram-se as diatomáceas marinhas – *Coscinodiscus*, *Triceratium*, *Auliscus*, *Actinoptychus*, e outras (MEDEANIC et al., 2003).

Holoceno tardio (2,5 ka AP – presente)

A regressão do mar, após de transgressão marinha, causou a formação na planície costeira, das dunas da barreira IV e os corpos lagunares (CORRÊA et al., 1996; CORRÊA & VILLWOCK, 1996; MARTINS et al., 1996; WESCHENFELDER et al., 2005a; WESCHENFELDER et al., 2005b). A diminuição das precipitações atmosféricas, pelo

menos no começo do Holoceno tardio, causou a diminuição dos ambientes palustres e lacustres. Os palinomorfos de *Azolla filiculoides*, associados com pólenes de Poaceae, Cyperaceae, Chenopodiaceae, Asteraceae, esporos de diversos pteridófitos terrestres (*Blechnum*, *Dicranopteris*, *Huperzia*, *Lophosoria*, *Microgramma*), palinomorfos de algas de Chlorophyta - *Botryococcus*, *Spirogyra*, *Zygnema* e *Mougeotia*, foram muito menos freqüentes do que durante o Holoceno inferior.

(C) Os sedimentos recentes das marismas atuais

Os primeiros estudos de sedimentos superficiais das marismas, na parte estuarina da

Laguna dos Patos, foram realizados recentemente (MEDEANIC, 2006, no prelo). A composição taxonômica dos pólenes e esporos identificados foi comparada com a cobertura vegetal das marismas atuais (COSTA, 1997; PEIXOTO & COSTA, 2004), para estabelecer a correspondência entre estes dois grupos de dados. *Azolla filiculoides* palinomorfos foram observados em todas as amostras junto com outros palinomorfos, representados na figura 4. Os dados obtidos apresentam as assembléias de palinomorfos de marismas que podem servir como assembléias – modelos para reconhecer as marismas do passado, através de estudos palinológicos dos sedimentos.

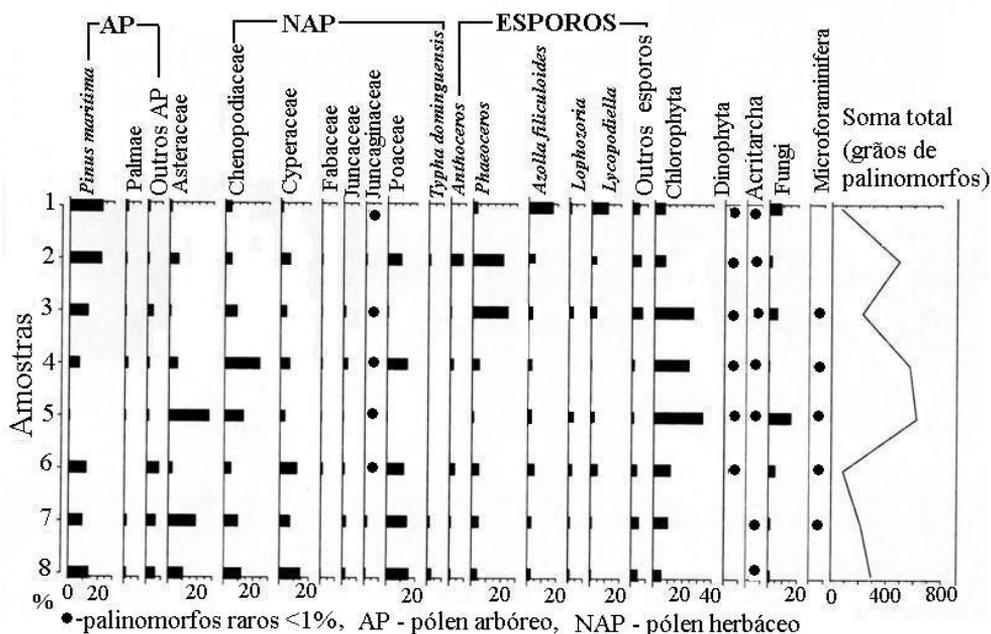


Figura 4. Palinodiagrama de porcentagem de palinomorfos nos sedimentos superficiais de marismas na parte estuarina da Laguna dos Patos e freqüência de *Azolla filiculoides* em relação a outros palinomorfos (MEDEANIC, 2006, no prelo).

Os resultados de outra amostragem sobre a distribuição de palinomorfos nos sedimentos superficiais das marismas atuais do Arroio Chuí, incluem uma análise de freqüência de palinomorfos nos sedimentos superficiais de diferente salinidade de águas, nos pontos de amostragem, e de diferentes composições granulométricas, dos mesmos sedimentos. Os pólenes e esporos identificados e a sua freqüência (%), estão apresentadas no Quadro 2. Os

palinomorfos de *Azolla filiculoides* ocorrem associados com os pólenes predominantes de Cyperaceae, Chenopodiaceae, Poaceae, Asteraceae e Juncaceae, que são as plantas mais comuns nesta região, na visualização da cobertura vegetal. Ocorrem os palinomorfos de algas representados por *Micrhystridium*, *Botryococcus*, palinomorfos de fungos *Tetraploa* e de corpos frutíferos, e também detecta-se a presença de microforaminíferos. Os

palinomorfos de *A. filiculoides*, nos sedimentos superficiais, variam entre 1,0-28,2% (Fig. 5), exceto pela ocorrência de uma quantidade anômala de *A. filiculoides* (28,2%) em uma amostra próxima a foz (salinidade 20‰). As maiores porcentagens de palinomorfos desta

espécie foram encontradas nas marismas oligohalinas do estuário superior, em salinidades de 4-5‰. Semelhantes condições de cobertura vegetal e salinidade são também observadas na parte superior do estuário da Lagoa dos Patos (COSTA, 1997).

Azolla filiculoides (%) nas amostras do Arroio Chuí

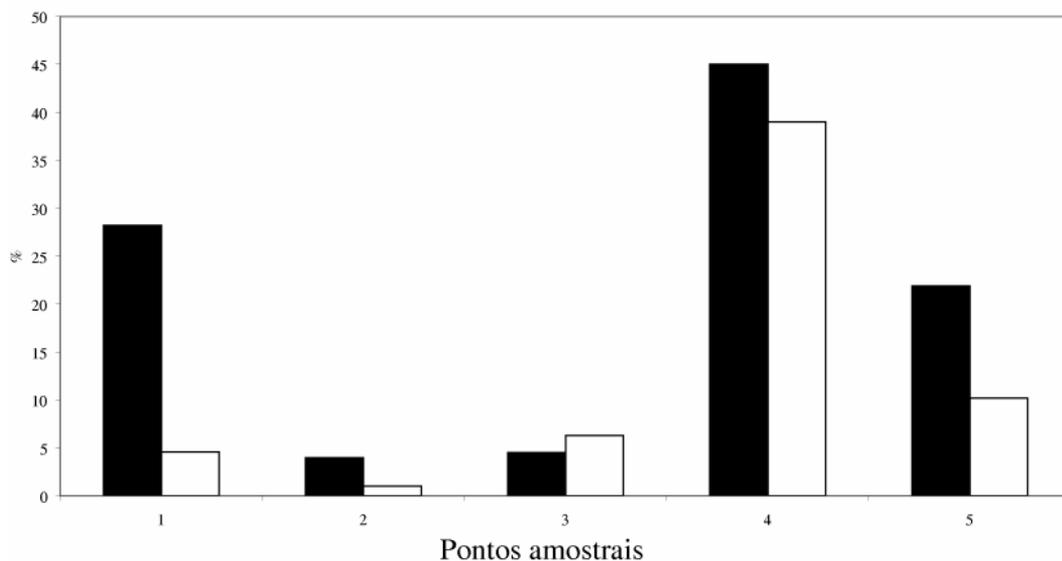


Figura 5. Frequência (%) de *Azolla filiculoides* nas amostras superficiais de marismas do Arroio Chuí. Cores pretas e brancas - os pares de amostras do mesmo ponto. 1 - 5 - os pontos amostrais valores da salinidade da água superficial: 1 - 20‰, 2 - 15‰, 3 - 12‰, 4 - 5‰, 5 - 4‰.

A correspondência proporcional entre composição granulométrica de sedimento e tamanho de palinomorfos foi apresentada em vários trabalhos (POKROVSKAIA, 1950; TRAVERSE, 1988). Análise granulométrica e frequência relativa (%) de palinomorfos de *Azolla filiculoides* estão representadas na Figura 6. As grandes mássulas de *A. filiculoides*, pelo seu tamanho, correspondem aos sedimentos com predomínio de areia fina e de areia média. A grande frequência relativa de *A. filiculoides* em um local do ponto 1, de alta salinidade (20‰), pode ser provavelmente relacionada com a característica granulométrica do sedimento local, onde predomina areia fina (até 45%). No ponto 2 (salinidade - 15‰) e ponto 3 (salinidade - 12‰), esse palinomorfo encontra-se menos freqüente. As maiores porcentagens desse palinomorfo foram observados nos pontos 4 (salinidade - 5‰) e ponto 5 (salinidade - 4‰). No ponto 4, onde predomina areia fina e areia

média, os pólenes, esporos de plantas terrestres e aquáticas são muito raros, mas palinomorfos de *A. filiculoides* são relativamente freqüentes. No ponto 5, a frequência relativa de palinomorfos de *A. filiculoides* é bastante alta (10,2-21,9%) apesar de que as porcentagens de areia fina e areia média diminuem, e a porcentagem de silte e argila aumentam.

Os dados mencionados indicam que o principal fator que influencia na frequência de palinomorfos de *Azolla filiculoides*, nos sedimentos superficiais de marismas atuais, é a salinidade das águas superficiais. Nos sedimentos com menor salinidade das águas superficiais, onde plantas de *A. filiculoides* desenvolvem-se bem, as frequências de seus palinomorfos aumentam. Para o palinomorfo de *A. filiculoides*, que possui baixa capacidade de transporte, provavelmente a composição granulométrica dos sedimentos tem significado

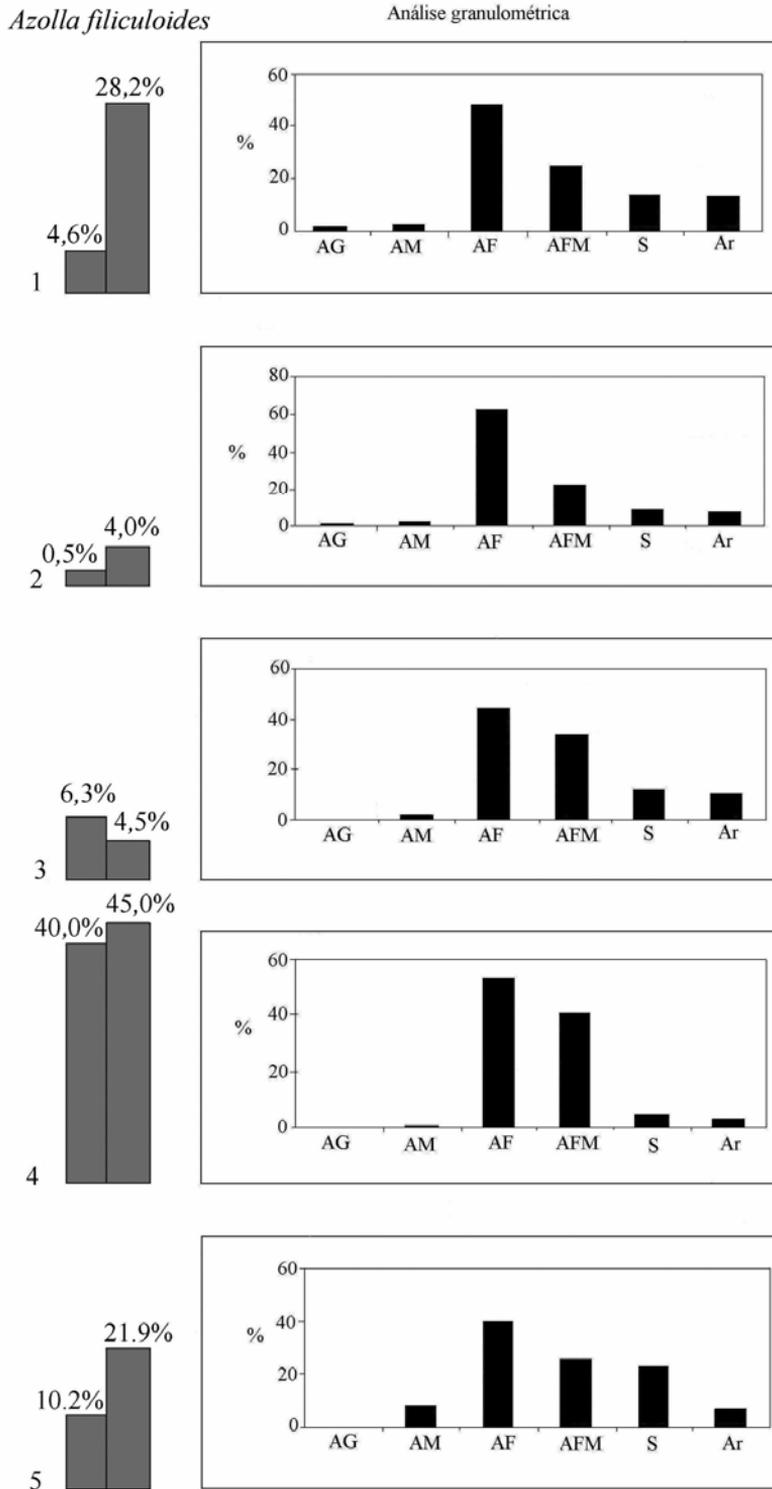


Figura 6. Dados granulométricos e freqüência (%) de *Azolla filiculoides* nas amostras superficiais de marismas do Arroio Chuí. I - V - pontos de amostragem, AG - areia grossa, AM - areia média, AF - areia fina, AFM - areia muito fina, S - silte, Ar - argila.

secundário, pois esse palinomorfo se deposita provavelmente no mesmo substrato do ambiente onde a planta ocorre. As análises destes dados mostram que a frequência de palinomorfos de *A. filiculoides* depositados *in situ*, também apresentam correlação com a granulometria dos sedimentos.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos sobre a distribuição de palinomorfos de *Azolla filiculoides* mostram a sua importância nas reconstruções paleoambientais da planície costeira do Rio Grande do Sul, durante o Holoceno, as quais caracterizam a existência no passado de ambientes aquáticos de água doce e de salinidade pouco elevada (4-5‰).

Na maioria das amostras holocênicas, os palinomorfos de *Azolla filiculoides* estão associados com pólenes de plantas de dunas costeiras e marismas, palinomorfos de algas verdes e marinhas (e.g. cistos de acritarcos e de dinoflagelados), e microforaminíferos. As assembléias de palinomorfos, principalmente do Holoceno médio (período transgressivo), são consideradas como alóctones, pois são compostas de palinomorfos de água doce e salobra, e de palinomorfos marinhos (cistos do fitoplâncton marinho). Neste caso os palinomorfos de *A. filiculoides*, entre outros, podem ter sido redepositados a partir de sedimentos do Holoceno inferior (ou até mais antigos), durante o período transgressivo.

Os palinomorfos de *Azolla filiculoides* encontram-se permanentemente nos sedimentos superficiais de marismas atuais e correspondem, em geral, com a distribuição de mesmo pteridófito. As maiores quantidades de *A. filiculoides* são observadas em pontos com salinidade 4-5‰.

A frequência de palinomorfos de *Azolla filiculoides* também se relaciona com a composição granulométrica dos sedimentos. As porcentagens maiores de palinomorfos de *A. filiculoides* foram encontradas nos sedimentos com predomínio de areia fina, onde outros palinomorfos são mais raros.

Os dados apresentados têm um caráter preliminar, mas são importantes para uma melhor compreensão da história passada de *Azolla filiculoides* e sua aplicação nas reconstruções paleoambientais. A obtenção de

registros adicionais desta espécie nos sedimentos holocênicos poderá detalhar a sua antiga distribuição e os paleoambientes que elas caracterizam.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES e FAPERGS pelo apoio financeiro durante realização desta pesquisa, ao CECO/IG/UFRGS pelas facilidades oferecidas no desenvolvimento deste trabalho, a FURG pela cedência da Lancha Larus para os trabalhos na Laguna dos Patos, a GEOWORK pela possibilidade das coletas das amostras durante os trabalhos de sísmica na Laguna dos Patos e a Dr.^a Lezilda C. Torgan, pesquisadora da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, pelo suporte na realização das microfotografias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOBROV, A.E.; KUPRIANOVA, L.A.; LITVINTSEVA, M.B. & TARASEVICH, V.F. 1983. *Sporae Pteridophytorum et pollen Gymnospermarum Monocotyledonearumque Florae partis Europaeae URSS*. Leningrad, Nauka, 208 p.
- CLEROT, L.C.P. 2004. **Estudo da Barreira IV na região do Cassino, Rio Grande do Sul - RS. Evolução e caracterização como reservatório**. Porto Alegre. Curso de Geologia. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 83 p.
- CORDAZZO, C.V. & SEELIGER, U. 1995. *Guia ilustrado da vegetação costeira no extremo Sul do Brasil*. Rio Grande. Rio Grande, Editora da FURG, 275 p.
- CORDEIRO, S.H. & LORSCHETTER, M.L. 1994. Palynology of Lagoa dos Patos sediments, Rio Grande do Sul, Brasil. **Journal of Paleolimnology**, 10: p. 35-42.
- CORRÊA, I.C.S. 2002. Sea-level history since last glacial maximum inferred from continental shelf morphology of southern Brazil. In: CONTINENTAL SHELF DURING THE LAST GLACIAL CYCLE CONFERENCE, (IGPC464) 2, 2002, São Paulo e Cananéia, SP. **Abstracts...**São Paulo. p. 21-23.

- CORRÊA, I.C.S.; MARTINS, L.R.S.; KETZER, J.M.M.; ELIAS, A.R.D. & MARTINS, R. 1996. Evolução sedimentológica e paleogeografia da Plataforma Continental Sul e Sudeste do Brasil. **Notas Técnicas, 9**: p. 51-61.
- CORRÊA, I.C.S. & VILLWOCK, J.A. 1996. Continental shelf and coastal plain of the southeast and south coast of Brazil. In: Martins, L.R. & Corrêa, I.C.S. (eds.) **Explanatory text of the atlas of morphology and sedimentology of the southwest atlantic coastal zone and continental shelf from cabo frio (Brazil) to peninsula Valdés (Argentina)**. Porto Alegre, Evangraf/UFRGS-IG-CECO, p. 8-40.
- COSTA, C.S.B. 1997. Tidal marshes and wetlands. In: Ecosystem of subtropical convergence regions: The coast and sea in the warm-temperate southwestern Atlantic (Seeliger, U.; Odebrecht, C. & Castello, J.P. (eds.)). **Ecological Studies Series**. Berlin, Springer-Verlag, p. 24-26.
- FAEGRI, K. & IVERSEN, J. 1975. **Text-book of Pollen Analysis**. Blackwell Scientific Publications, 295 p.
- LORCHEITTER, M.L. 1983. Evidences of sea oscillations of Late Quaternary in Rio Grande do Sul, Brazil, provided by palynological studies. **Quaternary of South America and Antarctic Peninsula, 1**: p. 53-60.
- MARTINS, L.R.; URIEN, C.M. & CORRÊA, I.C.S. 1996. Late Quaternary processes along the Rio Grande do Sul continental shelf (Southern-Brazil). **Notas Técnicas, 9**: p. 62-68.
- MCGREGOR, D.C. 1969. Devonian plant fossils of the genera *Kryshstofovichia*, *Nikitinoporites*, *Archaeoperisaccus*. **Geological Survey of Canada, 182**: p. 91-106.
- MEDEANIC, S. 2006. The palynomorphs from surface sediments of intertidal marshes in the estuarine part of the Patos Lagoon. **Iheringia, Série. Botânica, 61(1-2)**. (no prelo).
- MEDEANIC, S. & DILLENBURG, S.R. 2001. The Early Holocene palaeoenvironment history of the Tramandaí Lagoon (RS, Brazil). In: I CONGRESSO DO QUATERNÁRIO DE PAISES DE LÍNGUAS IBÉRICAS, 6, 2001, Lisboa. **Actas...**, Lisboa, p. 402-405.
- MEDEANIC, S.; DILLENBURG, S.R. & TOLDO Jr., E.E. 2001. Novos dados palinológicos da transgressão marinha pós-glacial em sedimentos da Laguna dos Patos. **Revista Universidade Guarulhos. Geociências, 6**: p. 64-76.
- MEDEANIC, S.; JANKOVSKÁ, V. & DILLENBURG, S.R. 2003. The implication of green algae (Chlorophyta) for palaeoecological reconstruction of the Holocene lagoon system in the Tramandaí Lagoon region, Rio Grande do Sul, Brazil. **Acta Palaeobotanica, 43(1)**: p. 113-123.
- MEDEANIC, S.; TOLDO Jr., E.E. & DILLENBURG, S.R. 2000. Palynological evidence of marine ingression in the Lagoa dos Patos lagoon during the Late Holocene. **Revista Universidade de Guarulhos. Geociências, V(nº especial)**: p. 141-145.
- NEVES, P.C.P. & LORSCHREITER, M.L. 1992. Palinologia de Sedimentos de uma Mata Tropical Paludosa em Terra de Areia, Planície Costeira Norte, Rio Grande do Sul, Brasil. Descrições Taxonômicas. Parte I; Fungos, Algas, Briófitas, Pteridófitos, palinomorfos e outros fragmentos de invertebrados. **Acta Geológica Leopoldênsia, XV (36)**: p. 83-114.
- PAPU, O.H. & SEPÚLVEDA, E.G. 1997. Nuevos datos sobre la presença de *Azolla* de Lamarck (Salviniaceae) em el Paleógeno de la Patagônia, Argentina. Algunos aspectos paleoambientales y paleoclimaticos. **Revista Universidade Guarulhos. Geociências, II** (numero especial): p. 107-110.
- PEIXOTO, A.R. & COSTA, C.S.B. 2004. Produção primária líquida aérea de *Spartina densiflora* Brong. (Poaecae) no estuário da laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia, Série Botânica, 59(1)**: p. 27-34.
- POKROVSKAIA, Z.I. 1950. **Pylitsevoi analiz. Moscow-Leningrad. Gosgeolitizdat. 567 p.** (em russo).
- SINGH, R.S. & RAJANIKANTH, A. 2000. Occurrence of *Azolla cretacea* Stanley from Meghalaya, North-East Índia. **Palaeobotanist, 49**: p. 533-535.
- TRAVERSE, A. 1988. **Paleopalynology**. Boston, Unwin Hyman, 600 p.
- WAECHTER, J.L. 1985. Aspectos ecológicos da vegetação de restinga no Rio Grande do

- Sul, Brasil. Comunicações do Museu de Ciências da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. **Iheringia, Série Botânica, 34**: p. 39-49.
- WESCHENFELDER, J.; MEDEANIC, S.; CORRÊA, I.C.S.; ALIOTTA, S.; PEREIRA, C.M. & VASCONCELLOS, V.E.B. 2005a. Holocene paleoenvironmental changes in the Bojuru region, RS, Brazil: a multidisciplinary approach. In: X CONGRESSO DE ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, X., 2005, Recife. **Resumos...**, Recife, p. 31.
- WESCHENFELDER, J.; CORRÊA, I.C.S. & ALIOTTA, S. 2005b. Elementos arquiteturais do substrato da lagoa dos Patos revelados por sísmica de alta resolução. **Pesquisas em Geociências, 32(2)**: p. 57-67.