

NOVAS EVIDÊNCIAS PALINOLÓGICAS DE UM PALEOCANAL DA LAGOA MIRIM NAS ADJACÊNCIAS DO BANHADO DO TAIM, RIO GRANDE – RS

Leonardo Gonçalves de Lima¹, Cláudia Klose Parise²

¹ Universidade Federal do Maranhão, Departamento de Oceanografia e Limnologia, Laboratório de Estudos em Oceanografia Geológica. Av. dos Portugueses 1966, Cidade Universitária do Bacanga, CEP 65080-805, São Luís, MA, Brasil.

² Universidade Federal do Maranhão, Departamento de Oceanografia e Limnologia, Laboratório de Estudos em Modelagem Climática. Av. dos Portugueses 1966, Cidade Universitária do Bacanga, CEP 65080-805, São Luís, MA, Brasil.

Autor correspondente: lima.leonardo@ufma.br.

RESUMO

Na região do Banhado do Taim foi preservado um ambiente deposicional de canal de ligação (*inlet*) que outrora viabilizou o desenvolvimento de amplos sistemas lagunares/estuarinos na retaguarda de barreiras costeiras durante diferentes ciclos transgressivos e regressivos da linha de costa. As condições de estiagem relacionadas ao fenômeno La Niña de 2007 possibilitaram o afloramento de uma seção estratigráfica areno-lamosa numa localidade que diversos autores propuseram ser a antiga paleombocadura da lagoa Mirim. No presente estudo, três fácies sedimentares foram amostradas em um único afloramento, integrando análises sedimentológicas, palinológicas e diatomológicas. Os resultados obtidos permitiram interpretações a respeito da gênese e evolução de um paleocanal de ligação entre a Lagoa Mirim e o Oceano Atlântico. Foram descritas quatro fases: uma primeira fase de elevado hidrodinamismo responsável pela deposição dos sedimentos mais basais do canal composta de areias siliciclásticas com a presença de estruturas cruzadas; uma segunda fase essencialmente estuarina governada por uma elevada troca de águas entre laguna e oceano uma terceira fase apontando uma redução das atividades dinâmicas do canal com posterior desenvolvimento vegetacional nas adjacências do canal e uma última fase caracterizando a colmatação do canal e a formação posterior de um horizonte de solos.

Palavras-chaves: evolução costeira, palinologia, sistemas laguna-barreira.

Abstract

New Palynological Evidence of a Mirim Lagoon Paleochannel in The Vicinity of the Taim Swamp, Rio Grande – RS

In the Taim Swamp region, depositional environments of connection channels were preserved, which allowed the development of large lagoon and estuarine systems at the rear of coastal barriers during different transgressive and regressive cycles of the coastline. The drought conditions related to the La Niña phenomenon of 2007 propitiated the outcropping of old stratigraphic levels along the Mirim Lagoon margins. In the present study, three sedimentary facies were sampled in a single outcrop, integrating sedimentological, palynological and diatomological analyzes. The results obtained here allowed interpreting genesis and evolution of a paleocanal of connection between the Mirim lagoon and the Atlantic Ocean. Four phases were interpreted: a first phase of high hydrodynamism responsible for the deposition of the most basal sediments of the channel, composed by siliciclastic sands with crossed structures a second phase essentially estuarine governed by a high water exchange between lagoon and ocean a third one indicating a reduction of the dynamics of the canal with later vegetative development in the adjacencies of the channel and a last phase characterizing the channel filling occurs followed by the formation of a soils horizon.

Key Words: Coastal Evolution, Palinology, Barrier-Lagoon Systems.

INTRODUÇÃO

Os trabalhos de mapeamento geológico da planície costeira do Rio Grande do Sul (RS) realizados nas últimas décadas (p.e., Villwock 1984; Villwock & Tomazelli, 1995; Tomazelli & Villwock,

2000; Rosa *et al.*, 2007), permitiram a compreensão dos eventos que marcaram a gênese e a evolução da região costeira durante o Quaternário (Pleistoceno e Holoceno). Sob o controle das variações climáticas e flutuações do nível relativo do mar durante este período, os sedimentos disponíveis se acumularam

em distintos sistemas deposicionais transgressivos-regressivos do tipo laguna-barreira (Abreu *et al.* 1984, Villwock & Tomazelli, 1995, Buchmann *et al.*, 1998; Lima *et al.*, 2012).

Do ponto de vista paleogeográfico e, portanto, da sucessão de eventos que originaram as lagoas e lagunas costeiras do sul do RS, Jost *et al.* (1974) sugeriram um modelo conceitual de configuração da linha de costa a partir do Plioceno Superior cuja gênese se dá a partir da formação de barreiras costeiras ancoradas em substratos pleistocênicos. O sistema Lagunar IV no litoral sul do RS é representado atualmente pela Lagoa Mangueira e banhados associados (Fig. 1) cobrindo uma bacia de drenagem de 2.000 km². A orientação principal da Lagoa Mangueira, no mesmo sentido dos ventos predominantes de sudoeste (SW) e nordeste (NE), produz uma ampla pista de vento (*fetch*), intensificando a geração de ondas e correntes, levando ao desenvolvimento de sequências erosivas e deposicionais de grande expressão regional, os esporões arenosos (*spits*) (e.g. Toldo Jr, 1994). Segundo Martins *et al.* (1972) a drenagem continental em períodos de mar baixo transportava os sedimentos em direção ao Cone do Rio Grande, um prisma sedimentar na quebra da atual plataforma continental do RS com mais de 10.000 m de espessura. Estudos baseados em dados geomorfológicos (p.e., Delaney, 1965; Soliani, 1973; Soliani & Jost, 1974; Buchmann, 1997 e Buchmann *et al.*, 1998) propuseram que o Banhado do Taim seria a ligação da Lagoa Mirim e o Oceano. Rosa *et al.* (2007) por meio de uma nova abordagem geomorfológica para o setor sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRGS) baseada em imagens de radar (SRTM) enfatiza que junto ao banhado do Taim encontrava-se esta antiga paleoembocadura. Nesta mesma localidade, Rosa *et al.* (2009), utilizando-se de dados gravimétricos, evidenciaram a presença de uma forte anomalia negativa, sugerindo a existência de um vale inciso, cuja drenagem, durante períodos de nível do mar baixo, transferia sedimentos da PCRGS para as regiões mais distais da Bacia de Pelotas. Neste mesmo contexto, Lima *et al.* (2012) vinculou a origem holocênica da paleoembocadura da Lagoa Mirim ao desenvolvimento de uma ilha-barreira transgressiva que migrou em direção ao continente originando a atual Lagoa Mangueira. Neste mesmo artigo fica evidenciado que a conexão entre a Laguna Mirim e o oceano permaneceu ativa de 6.820 cal. anos AP até 710 cal. anos AP, quando então ambientes paludiais de água doce ocupam o complexo lagunar indicando o colapso dos canais

de ligação outrora existentes, e que permitiam no passado o desenvolvimento de ambientes estuarinos na retrobarreira.

O presente estudo apresenta novas evidências palinológicas e micropaleontológicas que confirmam a posição e a evolução do paleocanal entre a Laguna Mirim e o Oceano Atlântico.

MATERIAL E MÉTODOS

Na região do Banhado do Taim (Figura 1) sob uma condição extrema de estiagem relacionada ao fenômeno La Niña de 2007 (de Lima *et al.*, 2010) os níveis lagunares foram rebaixados o suficiente para expor um afloramento sedimentar ao longo de um canal artificial de drenagem (Figura 2). Nas coordenadas 32°33'39"S e 52°35'04"O foi realizado um corte estratigráfico com a utilização de uma pá para expor as estruturas sedimentares presentes, remover possíveis desmoronamentos e camadas intemperizadas presentes no afloramento. A partir disto foram amostrados sedimentos em sete níveis estratigráficos (N1, N2, N3, N4, N5, N6 e N7) e hierarquizados em três fácies sedimentares de acordo com as características texturais, estruturas sedimentares, microfósseis e coloração dos sedimentos. Estas amostras foram processadas com o objetivo de individualizar suas classes texturais em intervalos granulométricos de ½ phi, conforme metodologia proposta por Suguio (1973). O tratamento estatístico das amostras seguiu a método descrito em Folk e Ward (1957) e os resultados analisados no programa SISGRAN (Camargo, 2006). O carbono total (volátil) dos níveis estratigráficos (alíquotas de 5g) foi obtido mediante a queima em um forno de Lavoisier por 4 horas à temperatura de 550°C, segundo método empregado por Wetzel (1975). Parâmetros relativos à coloração dos sedimentos foram descritos segundo Munsell (2009).

De forma complementar às descrições palinológicas foram realizadas caracterizações da flora local, a partir da coleta e identificação de exemplares botânicos.

A partir do registro sedimentar foram realizadas análises micropaleontológicas que incluem contagem e identificação de diatomáceas e palinomorfos a nível de família. Para tal foram coletadas em campo alíquotas de 1 cm³ nos sete níveis estratigráficos amostrados. O processamento químico das amostras foi baseado nas técnicas descritas em Faegri e Iversen (1989), adaptando-se o tratamento a frio com HCl (5%) e KOH (5%) e separação entre partículas

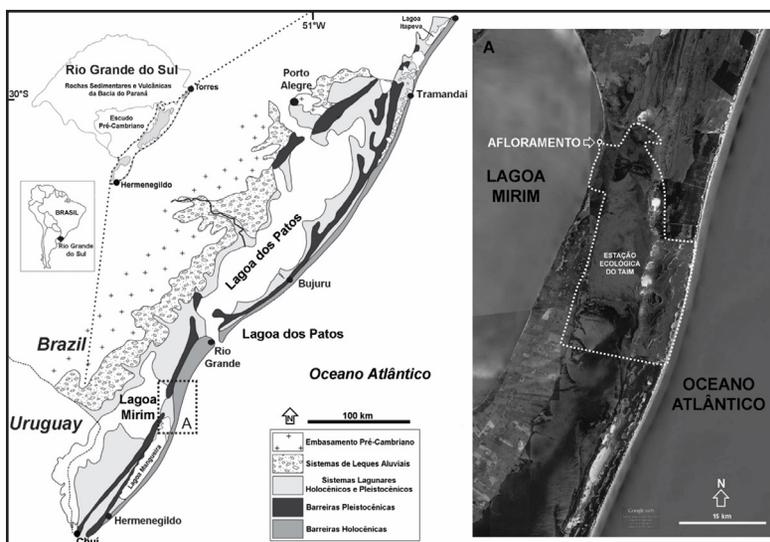


Figura 1. Mapa de localização do Banhado do Taim e geologia geral da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (modificado de Tomazelli e Villwock, 1996). A imagem Google Earth ilustra a superfície atual das barreiras costeiras e a localização do afloramento onde foi descrito o paleocanal.

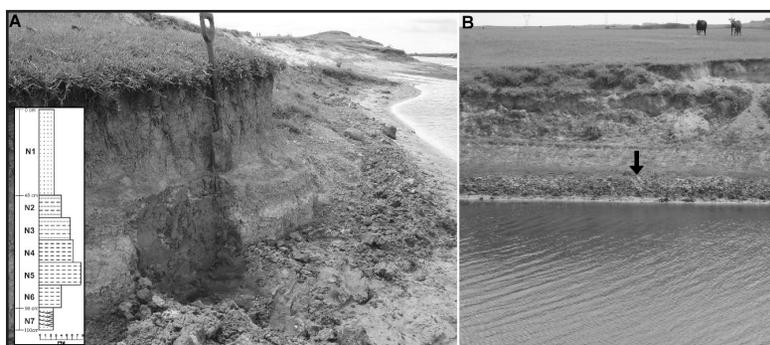


Figura 2. A) Afloramento sedimentar às margens da Lagoa Mirim e seção estratigráfica interpretada (escala: pá de corte). B) Vista panorâmica do canal artificial de drenagem onde se observa o estrato silteoso relativo à fácies B indicado pela seta.

inorgânicas e orgânicas mediante a utilização de solução aquosa de $ZnCl_2$ de densidade 2,2 g/cm³. Os resultados foram analisados e visualizados no programa C2 versão 1.7.7 (Juggins, 2005). Num microscópio Zeiss foram fotografados os principais táxons identificados.

RESULTADOS

Os resultados mostrados a seguir incluem a caracterização e descrição palinológica, micropaleontológicas e geobotânica de um afloramento sedimentar às margens da Lagoa Mirim. A superfície do afloramento apresenta-se plana com uma composição vegetal de mais de 85% de gramíneas, principalmente *Paspalum* sp., *Axonopus* sp. e *Andropogon* sp., ocorrendo também

leguminosas, mirtáceas, umbelíferas, verbenáceas, pteridófitas, ciperáceas e euforbiáceas geralmente de pequeno porte. As margens lagunares, banhados e terrenos topograficamente rebaixados são tomados por vegetação paludial, principalmente *Scirpus* sp., *Juncus acutus* e *Typha domingensis*.

O registro sedimentar foi hierarquizado em três fácies sedimentares (Fig. 2A e tab.1) A fácies de topo (nível N1) foi designada de fácies A apresentando um horizonte B textural, com características de um paleossolo hidromórfico de 40 cm de espessura com 6% de matéria orgânica volátil e grande quantidade de detritos orgânicos de tamanho areia grossa. Esta fácies foi classificada como areia fina (2,5 phi), moderadamente selecionada (Tab. 1) e de coloração oliva acinzentada (2,5GY 7/1). Esta amostra contém 2,2 e 4,5 % de silte e argila, respectivamente. Abaixo

desta fácies encontra-se a fácies B (Fig. 2) de 50 cm de espessura e comportando os níveis N2, N3, N4, N5 e N6, onde no intervalo basal de 10 cm apresenta textura de silte grosso (4,0 phi) sem estruturas sedimentares, muito pobremente selecionado e coloração cinza avermelhado (7,5R 6/2), enquanto que no nível acima desse encontra-se um horizonte de 40 cm de espessura com granocrescência ascendente variando de silte muito fino (7,8 phi) a silte grosso (4,0 phi), de coloração oliva acinzentado claro (5GY 7/1). O intervalo de 20 cm no topo da fácies B (N2 e N3) apresenta lentes de areia milimétricas exibindo geometria plano paralela. Na fácies B torna-se nítido a presença de concreções ferruginosas centimétricas de coloração amarelada claro (5Y 6/6) dispersas aleatoriamente. Esta fácies baseou-se em cinco amostras sedimentares e palinológicas, sendo que somente o nível N3 e N5 apresentaram resultados positivos para palinóforos e diatomáceas. Na fácies B, a matéria orgânica volátil oscilou entre 2,75 a 5,25% enquanto nos níveis N3 e N5 apresentou 3,18 e 5,25%, respectivamente.

A fácies C representa a base do estrato sedimentar amostrado (nível N7), apresentando estruturas cruzadas de baixo ângulo, textura de areia fina (2,3 phi) bem selecionada (Tab. 1), de coloração verde acinzentado claro (10GY 8/1), com teor de 0,7% de matéria orgânica. Esta fácies insere-se de forma abrupta sobre a fácies B indicando uma provável discordância erosiva neste limite.

Dentre as sete amostras palinológicas processadas, somente duas (N3 e N5) produziram resultados positivos para palinóforos e diatomáceas (>100 grãos por lamina). Os resultados referentes ao nível N3 são caracterizados pela ausência de palinóforos de algas marinhas (Dinoflagelados) (Figura 3). Polens arbóreos estão presentes neste nível, porém sua ocorrência é rara, onde Anacardiaceae e Palmae tiveram ambos 1,2% de frequência, enquanto Moracea-Urticaceae e *Alnus* representaram 0,6% do total (Figura 4). Entre os polens herbáceos (não-arbóreos) observou-se maior frequência de Asteraceae (24%), seguida de Poaceae (15,8%) e Cyperaceae (12,6%). Menos frequentes nesta

Tabela 1. Classificação verbal das amostras sedimentares recuperadas do afloramento.

Fácies	Nível	Média	Classificação	Mediana	Seleção	Classificação	Assimetria	Classificação	Curtose	Classificação	% Areia	% Silte	% Argila
A	N1	2,60	Areia fina	2,55	0,96	Moderadamente selecionado	0,45	Muito positiva	2,96	Muito leptocúrtica	93,24	2,258	4,5
B	N2	4,00	Silte grosso	3,38	1,65	Pobremente selecionado	0,73	Muito positiva	3,46	Extremamente leptocúrtica	77,1	14,36	8,537
	N3	5,63	Silte médio	5,09	2,28	Muito pobremente selecionado	0,33	Muito positiva	0,58	Muito platocúrtica	41,02	32,77	26,2
	N4	6,27	Silte fino	5,74	3,36	Muito pobremente selecionado	0,22	Positiva	0,71	Platocúrtica	34,03	38,34	27,63
	N5	7,87	Silte muito fino	8,58	3,35	Muito pobremente selecionado	-0,26	Negativa	0,57	Muito platocúrtica	18,58	30,79	50,62
	N6	4,06	Silte grosso	3,08	2,33	Muito pobremente selecionado	0,73	Muito positiva	1,81	Muito leptocúrtica	72,35	17,81	9,838
C	N7	2,53	Areia fina	2,50	0,39	Bem selecionado	0,15	Positiva	0,89	Platocúrtica	100	0	0

categoria foram Primulaceae (1,2%), Gunneraceae (0,6%) e Apiaceae (0,6%). Ficou evidente a pouca quantidade de diatomáceas, indicada pelo táxon marinho de *Coscinodiscus* sp. (0,63%), e pelo táxon cosmopolita *Surirella* sp. e *Nitzshia* sp. (0,63%) e pelo táxon de água doce *Eunotia* sp. (Fig. 4). Alternadamente, os táxons polínicos de hábitos aquáticos foram mais frequentes neste nível com Typhaceae alcançando 13,9% e *Azolla filiculoides* 1,2%. Chlorophytas foram frequentes, no entanto foi observado somente *Botriococcus* sp. que alcançou 18,9% do total neste nível (Figuras 3 e 4).

A amostra palinológica referente ao nível N5 se diferencia pela presença de raros cistos de dinoflagelados de *Operculodinium* sp. (0,69%) e outros não identificados (0,69%). Polens arbóreos não foram identificados no nível N5. Entre os polens herbáceos, Cyperaceae foi o mais frequente com 26,3%, seguido de Poaceae (13,8%), Asteraceae (7,6%) e Gunneraceae com 1,3%. Pólens aquáticos foram frequentes, principalmente *Azolla filiculoides* (7,2%), seguido de Typhaceae (3,4%). Diatomáceas marinhas identificadas foram *Coscinodiscus* sp. (1,38%), *Cyclotella* sp. (0,34%), *Cymbella*

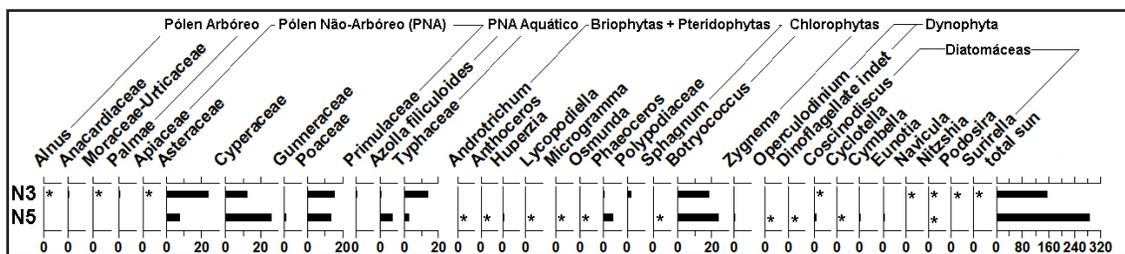


Figura 3. Palinodiagramas dos grupos de Pólen Arbóreo, Pólen Não-Arbóreo (PNA), Pólen Não-Arbóreo Aquático, Briophytas somadas as Pteridophytas, Chlorophytas, Dinophytas e Diatomáceas dos níveis N3 e N5. Os níveis com asterisco (*) indicam valores inferiores a 1%.

sp. (0,34%) e *Podosira* sp. (0,69%). De outro lado, foi encontrada a presença de indicadores de ambientes paludiais de água doce como as diatomáceas *Zygnema* sp. (0,34%), *Navicula* sp. (0,34%) e *Eunotia* sp. (1,04%). Chlorophytas de *Botriococcus* sp. (24,3%) foi o segundo táxon mais presente neste nível estratigráfico. Pteridophytas

e Bryophytas exibiram frequências baixas, com a exceção de *Phaeoceros Laevis* (5,5% do total) (Figuras 3 e 4). Junto ao nível N5 foi encontrada uma alta abundância de fitólitos (cristais de opala) pertencente a gramíneas, ciperáceas e monocotiledôneas. No entanto, não foram somadas aos demais grupos.

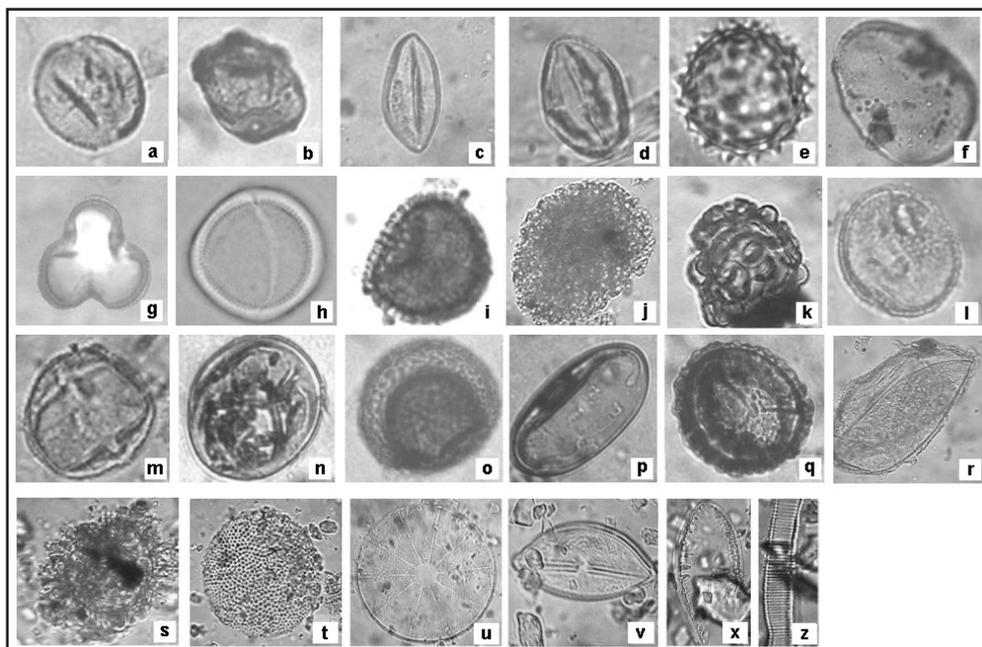


Figura 4. Prancha de polens, esporos e diatomáceas identificados nos níveis N3 e N5. a-*Moraceae-Urticaceae*; b-*Alnus*; c-*Palmae*; d-*Apiaceae*; e-*Asteraceae*; f-*Cyperaceae*; g-*Gunneraceae*; h-*Primulaceae*; i-*Azolla filliculoides*; j-*Botriococcus* sp.; k-*Zygnema* sp.; l-*Typhaceae*; m-*Anarcadiaceae*; n-*Phaeoceros Laevis* o-*Osmunda* sp. p-*Polipodiaceae*; q-*Huperzia* sp.; r-Dynophyta não identificado; s-*Operculodinium* sp.; t-*Coscinodiscus* sp.; u-*Cyclotella* sp.; v-*Cymbella* sp.; w-*Surirella* sp.; z-*Eunotia* sp.

DISCUSSÃO

O trabalho de Godolphim (1985) foi pioneiro no detalhamento geomorfológico do setor costeiro entre o Banhado do Taim e a cidade de Rio Grande, e desde este tempo, apontava que a presença de ao menos um paleocanal da Lagoa Mirim deveria estar localizado nas adjacências do Banhado do

Taim. Esta proposição geomorfológica foi sendo reafirmada a cada novo trabalho de mapeamento da PCRGS realizado pelo Centro de Estudos Costeiros e Oceânicos (CECO) (p.e., Villwock et al., 1986; Villwock & Tomazelli, 1995; Tomazelli & Villwock, 2000). Esses, por sua vez, apontaram sempre a continuidade do Sistema Barreira II e III ao sul do Banhado do Taim, e, portanto, a ausência

de uma depressão escavada (vale inciso) de grande porte nesta localidade mesmo sob condições de nível de mar baixo. Desta forma, a alternativa mais plausível onde se quebra esta continuidade das barreiras pleistocênicas, permitindo tal incursão de águas, seria a região adjacente ao Banhado do Taim, onde existe um rebaixamento topográfico seccionando os Sistemas de Barreiras II e III de forma transversal (Rosa et al., 2007). Como nesta posição, tanto a Barreira II como a Barreira III encontram-se seccionadas, este paleocanal de ligação deve ter tido diferentes fases de atividade e inatividade, principalmente pela cronologia das barreiras e sua concordância com distintas transgressões e regressões (p.e., Allen & Posamentier, 1993).

A estratigrafia local é relativamente bem conhecida, sendo descrita nos trabalhos de Buckmann (1997) e Kley (2012). Nestes trabalhos as sondagens comportam as posições mais profundas e centrais do paleocanal, especificamente nos testemunhos T3, T4, T5, TA6 e TA7 pode ser observado um recobrimento eólico bem desenvolvido sobre o paleocanal. No entanto, a superfície do paleocanal foi pouco explorada até hoje, sendo descrita no afloramento do presente estudo junto à margem da lagoa Mirim, onde ocorre o raseamento do paleocanal e a ausência dos depósitos eólicos.

A evolução dos ambientes deposicionais que fizeram parte deste paleocanal de ligação entre a laguna e o oceano é caracterizado por uma fase inicial que resultou de uma elevada hidrodinâmica, responsável pela gênese da fácies C (nível N7). Esta fácies de composição essencialmente arenosa (areia fina), indica uma ampla toca de águas sob condições de elevado fluxo. A elevada porosidade desta fácies, em sincronia com sua textura sedimentar, permitiu uma condição oxidativa à matéria orgânica (0,7%) presente na mesma, impossibilitando a preservação de espécimes polínicos.

De maneira discordante, a fácies C sobrepõe-se à fácies B de textura siltosa, indicando uma brusca redução hidrodinâmica do ambiente deposicional. Esta redução foi ocasionada pela migração do Sistema Laguna Barreira IV em direção ao continente por ocasião da Última Transgressão Marinha (UTM), quando então o Sistema de Barreiras Holocênicas acopla-se ao substrato pleistocênico, reduzindo a profundidade local e permitindo o amplo desenvolvimento de vegetação paludial que hoje ocupa o Banhado do Taim. Segundo Lima (2008) este isolamento entre o corpo lagunar (Lagoa Mangueira) e o Oceano Atlântico deu início ao desenvolvimento de ambientes paludiais de água

doce na retaguarda da barreira, diretamente sobre ambientes deposicionais lagunares/estuarinos. De acordo com esse mesmo autor, os ambientes deposicionais paludiais do Banhado do Taim marcam o início da transição laguna/lagoa costeira por volta de 710 cal. anos AP. As evidências disto seriam a presença massiva de *Diploneis* sp., *Cymatozira* sp., *Nitzschia* sp., *Stauroneus* sp. preservadas nos estratos basais de turfeiras aflorantes, tanto na linha de costa da Praia do Hermenegildo como no limite sul da Lagoa Mangueira.

É muito provável que a continuidade topográfica do Banhado do Taim reflita a estabilidade dos níveis freáticos ao longo do desenvolvimento da Lagoa Mangueira, onde sua gênese decorre de uma situação hidrológica semelhante à atual, posicionando a lamina d'água em retrobarreira sobrelevada em relação ao nível do mar (Lima et al., 2012). Desta forma, a gênese e evolução mais provável destes ambientes paludiais se dá a partir da segmentação da retrobarreira (limite norte e sul da Lagoa Mangueira) por esporões arenosos lagunares (*spits*) que terminam por restringir a dinâmica lagunar segundo o modelo proposto por Zenkovitch (1969), fenômeno este observado atualmente em ambos os extremos da Lagoa Mangueira.

A granocrescência identificada no topo da fácies B indica que a colmatação deste ambiente deposicional deveu-se principalmente à redução dos influxos (prisma de maré). Esta redução hidrodinâmica possibilitou que a evolução dos ambientes deposicionais de margem lagunar inserissem cada vez mais areias retrabalhadas para dentro da fácies B, ampliando gradativamente a proximidade das margens do canal. A dinâmica de ondas somada à componente longitudinal de transporte (*longshore currents*) nas margens da Lagoa Mirim e extremo norte da Lagoa Mangueira impulsionaram a formação de pontais arenosos projetando-se para dentro do paleocanal. Segundo Villwock (1984), este mesmo mecanismo foi responsável pela evolução e segmentação do rosário de lagoas no litoral norte da PCRGS. Assim, a evolução de pontais arenosos é tida como forma mais provável do fechamento e colmatação do paleocanal do Taim. Dois destes pontais são facilmente mapeáveis no banhado do Taim, um vinculado ao extremo norte da Lagoa Mangueira e outro vinculado à margem da Lagoa Mirim, exatamente na localização do afloramento descrito.

Ainda na fácies B, a presença de indicadores marinhos no nível N5 se diferencia pela presença de cistos de dinoflagelados (*Operculodinium*

sp.), e diatomáceas marinhas (*Coscinodiscus* sp., *Cyclotella* sp., *Cymbella* sp. e *Podosira* sp.). Estes táxons evidenciam a influência marinha neste ambiente deposicional, condicionando à existência de ambientes deposicionais com influência de água salobra. A presença massiva e significativa de *Botryococcus* sp. (24,3%) indica um paleoambiente de águas relativamente rasas e de características estuarinas (p.e. Medeanic, 2004; Medeanic *et al.*, 2006). De outro lado, a presença de *Zygnema* sp., *Navícula* sp. e *Eunotia* sp., que são indicadores de água doce, sugerem que na retrobarreira existia ao menos uma descarga fluvial importante viabilizando a ocorrência de influxos de água doce para dentro deste complexo lagunar. Esta condição mixohalina é típica de ambientes lagunares/estuarinos, assegurando a presença de canais de ligação entre laguna e oceano. Segundo Lima *et al.* (2012), estes canais foram mantidos abertos no Holoceno, devido à configuração morfológica dos sistemas de ilhas-barreiras transgressivas que se faziam presentes nesta localidade entre 6.800 e 710 cal. anos AP. Após ter sido atingido o nível máximo da UTM, este sistema de barreiras costeiras se soldou ao substrato pleistocênico (Barreira III *sensu* Villwock, 1984) impedindo a comunicação entre Laguna Mirim e oceano. Posteriormente à última transgressão, na localidade do Taim, a Barreira IV desenvolveu uma fase regressiva sobrepondo cordões litorâneos à antiga barreira transgressiva, consolidando o fechamento do paleocanal. Abundantes fitólitos (não contados nas lâminas) encontrados nessa amostra (N5) pertencentes a gramíneas e ciperáceas, entre outras monocotiledôneas, indicam proximidade da margem lagunar, onde se fazia presente uma densa cobertura vegetal de plantas produtoras de fitólitos.

A fácies B exibe correspondência com a base do testemunho T2 identificado por Buchmann, (1997) onde o mesmo atribui para este nível um ambiente marinho-estuarino pela presença de *Ostrea* sp., *Corbula* sp. e *Heleobia* sp.

A amostra palinológica pertencente ao nível N3 é caracterizada pela ausência de palinómorfs de dinoflagelados. As frequências de polens arbóreos e herbáceas são elevadas quando comparadas ao nível anterior indicando um aumento da cobertura vegetal durante este tempo. Estas frequências parecem indicar uma redução da lamina d'água favorecendo o incremento de polens terrestres. Por outro lado, houve uma elevação no número de Typhaceae e redução no número de *Azolla filiculoides* indicando que, mesmo com a redução da lamina d'água, pequenas depressões desta superfície deposicional

ainda permaneceram alagadas evidenciando certa sazonalidade de chuvas e secas (p.e., Medeanic *et al.*, 2006). A redução drástica nas frequências de diatomáceas (observou-se raros *Coscinodiscus* sp. de habitat marinho e *Surirella* sp. de habitat de água salobra) é indicativa do enfraquecimento das condições marinhas. Provavelmente a formação desse nível estratigráfico (N3) deu-se em clima mais seco ou de solos com uma melhor drenagem, causando a diminuição de diversidade e frequência de pteridófitos e briófitas, bem como a redução no número de ciperáceas. De modo geral, as diatomáceas foram raras, indicando uma condição mais seca, possivelmente relacionada à redução de influxos de água doce para a Lagoa Mirim e Lagoa Mangueira.

As concreções ferruginosas identificadas na fácies B indicam que estes sedimentos foram expostos a condições subaéreas inúmeras vezes, permitindo a oxidação do sedimento. Esta exposição ao ambiente subaéreo (clima seco) terminou por oxidar parte da matéria orgânica, implicando em resultados palinológicos negativos. Em áreas continentais do RS, alguns estudos corroboram a vigência deste clima seco para o Holoceno Médio (p.e., Behling, 2002; Behling *et al.*, 2004, 2005).

O topo do afloramento corresponde à fácies A indicando o perfil superficial de solo. O conteúdo de 6% de matéria orgânica indica o maior valor encontrado nas amostras, enquanto os teores de silte e argila indicam uma concentração associada ao horizonte B de solos. A ausência de um porte expressivo deste horizonte orgânico somado à ausência de concreções de CaCO₃ indicam uma origem relativamente recente quando comparados aos horizontes de solos que recobrem as barreiras Pleistocênicas. A fácies C apresenta novamente correspondência com o testemunho T2 identificado por Buchmann, (1997), onde o autor sugere que após a instalação de um ambiente marinho (fácies B), um evento regressivo retrabalhou o topo dos depósitos, posteriormente colmatado por areias carbonosas (fácies A).

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos a partir de um afloramento às margens da Lagoa Mirim permitiram traçar considerações evolutivas a respeito da dinâmica de preenchimento de um canal de ligação que conectou no passado a Lagoa Mirim ao Oceano Atlântico.

A primeira fase deste preenchimento pode ser caracterizada como resultado de uma elevada

hidrodinâmica, responsável pela formação de uma fácies essencialmente arenosa com estruturas cruzadas. A segunda fase indicou que o início dos processos de colmatação do paleocanal foram resultado da migração do Sistema Laguna Barreira IV em direção ao continente, onde foi constatada a presença de indicadores marinhos - cistos de dinoflagelados (*Operculodinium* sp.) e diatomáceas marinhas (*Coscinodiscus* sp., *Cyclotella* sp., *Cymbella* sp., e *Podosira* sp.), indicadores de ambientes rasos como *Botryococcus* e presença de indicadores de água doce (*Zygnema* sp., *Navícula* sp. e *Eunotia* sp.). Estes últimos sugerem que nesta fase existia ao menos uma descarga fluvial importante na retrobarreira, viabilizando a ocorrência de influxos de água doce para dentro do paleocanal.

Numa fase posterior, ainda dentro do contexto da fácies B, a cobertura vegetal torna-se abundante, indicando uma redução da lâmina d'água e favorecendo o incremento de polens terrestres. No entanto, o incremento de Typhaceae e a redução de *Azolla filiculoides* indicam que, mesmo com a redução da lamina d'água, pequenas depressões desta superfície deposicional ainda permaneciam alagadas, indicando certa sazonalidade de chuvas e secas. Nesta fase, tem-se início a restrição do paleocanal em sincronia com o desaparecimento gradual dos indicadores marinhos, o clima torna-se mais seco com os ambientes deposicionais melhor drenados, levando a uma redução na diversidade e frequência de pteridófitos, briófitas e ciperáceas. Estas últimas modificações tornam-se permanentes quando um perfil de solos bem desenvolvido (com horizonte B) vem a instalar-se sobre a fácies B, encerrando a atividade do paleocanal.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Prof^a Dr^a Svetlana Medeanic (*in memoriam*) por ter compartilhado seu tempo, conhecimento e sabedoria na formação dos estudantes interessados em entender a gênese, evolução e beleza da PCRGS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, V. S.; Madeira-Falcetta, M. & Thiesen, C. V. 1984. Estudo Preliminar da Geologia, Geomorfologia e Paleontologia da Região de Ponta dos Latinos – Lagoa Mirim - RS. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 1983. Coletânea de Trabalhos Paleontológicos. Paleontologia e Estratigrafia. Brasília. 8, (2): 187-193.
- Allen, G.P. & Posamentier, H.W. 1993. Sequence stratigraphy and facies model of an incised valley fill: the Gironde estuary, France. *Journal of Sedimentary Petrology* 63(3): 378–391.
- Behling, H. 2002. South and southeast brazilian grasslands during Late Quaternary times: a synthesis. *Palaeogeograph, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 117:19-27.
- Behling, H.; Pillar, V. & Bauermann, S.G. 2004. Late Quaternary Araucaria forest, grassland (campos), fire and climate dynamics, inferred from a high-resolution pollen record of Cambará do Sul in southern Brazil. *Palaeogeograph, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 203:277-297.
- Behling, H.; Pillar, V. & Bauermann, S.G. 2005. Late Quaternary grassland (Campos), gallery forest, fire and climate dynamics, studied by pollen, charcoal and multivariate analysis of the São Francisco de Assis core in western Rio Grande do Sul (southern Brazil). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 133: 235-248.
- Buchmann F. S. de C. 1997. Banhado do Taim e Lagoa Mangueira. Evolução Holocênica da Paleoembocadura da Lagoa Mirim. Instituto de Geociências, Curso de Pós Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Dissertação de Mestrado, 160p.
- Buchmann, F. S. de C.; Barbosa, P. V.; Villwock, J. A. 1998. Sedimentologia e paleontologia durante o máximo transgressivo holocênico na lagoa mirim, RS, Brasil. *Acta Geológica Leopoldensia*. XXI (46/47) :21-26.
- Camargo, M. G. 2006. SYSGRAN para Windows: Sistema de análises granulométricas. Disponível em www.cem.ufpr.br.
- Delaney, P. J. V. 1965. Fisiografia e Geologia de superfície da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Escola de Geologia da UFRGS, Porto Alegre, publicação especial. 6:105p.
- de Lima, E. G., Salgueiro Donato Bacelar, L. C. S. D., Marques, J. R. Fenômeno La Niña de maio de 2007 a abril de 2008 e a precipitação no Rio Grande do Sul. 2010. Anais do XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia (CBMET), Área: Meteorologia Sinótica e Extremos Meteorológicos.

- Faegri, K. & Iversen, J. 1989. Textbook of pollen analysis. 4th Ed. New York, John Wiley & Sons.
- Godolphim, M. F. 1985. Paleogeografia da região do Cassino no Município do Rio Grande, Brasil. *Pesquisas*, 17: 233-254.
- Folk, R. L. & Ward, W. C. 1957. Brazos River Bar: Study and significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27(1):03-26.
- Jost, H.; Soliani JR & Godolphim, M. F. 1974. Evolução paleogeográfica da região da Laguna Mirim, R.S. SE Brasil. *Actas Del Primer Congreso Argentino de Paleontología e Bioestratigrafia, Tucuman, Argentina, Tomo II, 575-587.*
- Juggins, S. 2005. C2 Version 1.5: Software for ecological and palaeoecological data analysis and visualisation, University of Newcastle, Newcastle-upon-Tyne.
- Kley A. S. 2012. Reconstituição Paleogeográfica e Paleoambiental no Taim: Estudo dos Furos de Sondagem TA6 e TA7, na Porção Sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 94p.
- Lima, L. G.; Medeanic, S.; Caron, F.; Dillenburg, S. R. . Reconstrução Paleogeográfica e Paleoambiental da Região da Praia do Hermenegildo-RS: Palinomorfos e diatomáceas. In: Simpósio Paranaense de Estudos Climáticos, 2008, Campo Mourão-PR. Passado, presente e Futuro, 2008.
- Lima, L. G.; Dillenburg, S.R.; Medeanic, S.; Barboza, E.G.; Rosa, M.L.C.C.; Tomazelli, L.J.; Dehnhardt, B.A.; Caron, F. 2012. Sea-level rise and sediment budget controlling the evolution of a transgressive barrier in southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 42: 27-38,
- Martins, L. R.; Melo, U.; França, A. M.C.; Santana, C. I. & Martins, I. R. 1972. Distribuição Faciológica da Margem Continental Sul Riograndense. *Congresso Brasileiro de Geologia. 26º Anais Belém. Brasil. (2) 115 - 132.*
- Medeanic, S. 2004. The distribution of palynomorphs in the surface sediments on the margin of the Patos lagoon estuary, RS, Brazil, as compared with the actual vegetation. *Iheringia. Série Botânica, Porto Alegre, 59(2):183-200.*
- Medeanic, S.; Costa, C. B. & Corrêa, I. C. S. 2006. Os palinomorfos nas reconstruções paleoambientais: *Azolla filiculoides* Lam. nos sedimentos holocênicos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. *Gravel (Porto Alegre)*, 4: 49-61.
- Munsell Color Company I. 2009. Geological Rock-color charts. Baltimore, Maryland.
- Rosa, M. L. C. C.; Barboza, E. G.; TOMAZELLI, L. J.; AYUP-ZOUAIN, R. N.; Dillenburg, S. R. 2007. Aplicação de Ferramentas de Visualização Tridimensional na Modelagem Geomorfológica da Região Sul da Província Costeira do Rio Grande do Sul. *Gravel (Porto Alegre)*, 5 :1-10.
- Rosa, M. L. C. C.; Tomazelli, L. J.; Costa, A. F. U.; Barboza, E. G. 2009. Integração de Métodos Potenciais (Gravimetria e Magnetometria) na Caracterização do Embasamento da Região Sudoeste da Bacia de Pelotas, Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Geofísica (Impresso)*, 27: 641-657.
- Soliani JR, E. 1973. Geologia da Região de Santa Vitória do Palmar, RS, e a Posição Estratigráfica dos Fósseis de Mamíferos Pleistocênicos. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 88p.
- Soliani JR, E. & Jost, H. 1974. Mamíferos pleistocênicos e sua posição estratigráfica na Planície Costeira do R.G.S., SE do Brasil. *Primer Congreso Argentino de Paleontología y Bio-Estratigrafia, Tucuman, Argentina. Atlas. Tomo II: 569-574.*
- Suguio, K. 1973. Introdução à Sedimentologia. São Paulo. Ed. Edgard Blucher. EDUSP, 317p.
- Toldo Jr, E. E. 1994. Sedimentação, Predição do Padrão de Ondas, e Dinâmica Sedimentar da Antepraia e Zona de Surfe do Sistema Lagunar, da Lagoa dos Patos, RS. Porto Alegre, Tese de Doutorado em Geociência, UFRGS, 189p.
- Tomazelli, L. J. & Villwock, J. A. 1996. Quaternary Geological Evolution of Rio Grande do Sul Coastal Plain, Southern Brazil . *Anais Acad. bras. Ciências*, 68 (3): 373-382.
- Tomazelli, L. J. & Villwock, J. A. 2000. O Cenozoico do Rio Grande do Sul: geologia da planície costeira. In: Holz, M. & De Ros, L.F (eds.). *Geologia do Rio Grande do Sul. Edições CIGO/UFRGS, Porto Alegre,*

p. 375-406.

Villwock, J. A. 1984. Geology of the Coastal Province of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. A Synthesis. Pesquisas, 16:5-49.

Villwock, J. A.; Tomazelli, L. J.; Loss, E. L.; Dehnhardt, E. A.; Horn F^o, N. O.; Bachi, F. A. & Dehnhardt, B. A. 1986. Geology of the Rio Grande do Sul Coastal Province. In: Rabassa, J. (ed.). Quaternary of South America and Atartic Peninsula. A.A. Balkema, Rotterdam. 4:79-97.

Villwock, J. A. & Tomazelli, L. J. 1995. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. Notas Técnicas do CECO-IG-UFRGS, Porto Alegre, 8:1-45.

Wetzel, R. G. 1975. W. B. Saunders Company, Philadelphia, London, and Toronto. Xii. Limnology. 743 p.

Zenkovich, V. P. 1969. Origin of barrier beaches and lagoon coast. In: Lagunas Costeras, un Simposio. Mem. Simp. Intern. Lagunas Costeras. UNAM-UNESCO, 27-38.