



# XV CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO - ABEQUA

18 a 23 de outubro de 2015 - Tramandaí/Imbé - RS

**ECODIVERSIDADE E SUA SUSTENTABILIDADE NO QUATERNÁRIO**

## Anais da ABEQUA



PROMOÇÃO



REALIZAÇÃO



ISSN: 2318-0986



XV CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA  
DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO - ABEQUA

XV Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário - ABEQUA

ECODIVERSIDADE E SUA SUSTENTABILIDADE NO  
QUATERNÁRIO. Eduardo Guimarães Barboza, Eduardo Marques Martins,  
Maria Luiza Correa da Camara Rosa (eds.) Volume 2, Número 1 – Imbé/RS:  
CECLIMAR/IBIO/UFRGS, 2015.

432 f

Anais da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário - ABEQUA.

ISSN: 2318-0986.

1. Geologia Marinha. 2. Geologia Costeira. 3. Antropoceno. 4. Pleistoceno.  
5. Holoceno. 6. Quaternário. I. Título.



## ATLAS POLÍNICO DIGITAL DE ESPÉCIES DE MATA ATLÂNTICA DO HERBÁRIO DA RESERVA NATURAL VALE - LINHARES ES

Almeida, E. R. C.<sup>1,2</sup>; Silva, J. P.<sup>1,2</sup>; Buso Jr, A. A.<sup>1</sup>; Lorente, F. L.<sup>1</sup>; Cuenca, A. C.<sup>1,2</sup>; Francisquini, M. I.<sup>1</sup>; Pessenda, L. C. R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório <sup>14</sup>C - Centro de Energia Nuclear na Agricultura; <sup>2</sup>Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"-Universidade de São Paulo

A palinologia aplicada à reconstituição paleoambiental é realizada com base na identificação do material palinológico fóssil contido nas camadas de sedimento, permitindo a reconstituição da flora pretérita assim como inferir possíveis mudanças climáticas (Salgado-Laboriau, 1973). A palinoteca é uma coleção de referência de grãos de pólen e esporos da flora atual, e visa disponibilizar esse material como parâmetro na identificação dos grãos de pólen e esporos contidos nos sedimentos, sendo fundamental em estudos paleoambientais, principalmente do Quaternário. A atual palinoteca de referência do Laboratório <sup>14</sup>C do CENA-USP conta com ~5.000 lâminas, sendo que ~1.500 são referentes a espécies coletadas no herbário da Reserva Natural Vale (RNV), Linhares-ES, e constituem importante acervo disponível para espécies da Mata Atlântica. Devido a importância de estudos sobre a alta biodiversidade de sua flora, endemismo natural e conexões passadas com a Amazônia, a digitalização da palinoteca, contendo espécimes coletados no herbário da RNV se torna fundamental para o seu uso em estudos sobre a dinâmica da vegetação deste Bioma na costa brasileira. Os objetivos específicos desse trabalho são: descrição das características morfológicas dos grãos de pólen, a fotografia dos mesmos em microscopia de luz branca transmitida, e a transcrição destas informações para um banco de dados. O propósito geral deste trabalho é o de facilitar a consulta desse banco de dados na página do Laboratório <sup>14</sup>C (<http://cena.usp.br/pt/laboratorio-dvtec/carbono-14>) na forma de um atlas online e expandir as informações contidas aos diversos especialistas, auxiliando em pesquisas nacionais e internacionais, especialmente na dinâmica pretérita e atual da vegetação de Mata Atlântica. As anteras das plantas previamente identificadas foram coletadas em exsiccatas depositadas no herbário da RNV, trazidas ao Laboratório <sup>14</sup>C e tratadas em mistura de acetólise (9 partes de anidrido acético: 1 parte de ácido sulfúrico). As lâminas foram montadas com glicerina líquida, permitindo a mobilidade dos palinomorfos (Colinvaux *et al.*, 1999), vedadas com parafina, seladas com esmalte incolor e identificadas com etiquetas contendo número da lâmina, código do herbário, família, gênero e epíteto. Para a digitalização da palinoteca foram capturadas imagens de microscopia de luz dos grãos de pólen através do microscópio *Zeiss Axioskop 40 Pol.* Para isso foram definidos padrões de captura. Todas as fotos foram tiradas em alta resolução e salvas no formato TIFF, no aumento de 1000x ou eventualmente no aumento de 630X, em casos em que o grão de pólen era muito grande. Foram estabelecidos alguns parâmetros tais como seis imagens codificadas de A a F, para cada espécie/lâmina digitalizada. A figura A em vista polar e foco na superfície do grão, a figura B em vista polar e corte óptico da parede do grão, a figura C em vista equatorial e foco na abertura, caso exista, do grão, a figura D em vista equatorial e corte óptico da parede do grão, buscando-se fotografar o mesmo grão em A-B e o mesmo grão em C-D, as figuras E-F são livres. Para descrição morfológica, características como arranjo dos grãos, tipo morfológico, formato do grão em vista polar e em vista equatorial, superfície, tipo de retículo e complexidade do muro, tipo de exina, características da parede, espessura da parede ( $\mu\text{m}$ ) e visibilidade das columelas, morfologia do poro, posição das aberturas, comprimento do colpo, presença de margem no colpo, medidas dos eixos polar e equatorial ( $\mu\text{m}$ ) e observações livres (Punt *et al.*, 2007). Obtiveram-se a digitalização de gêneros representativos de aproximadamente 160 famílias de plantas fanerógamas perfazendo um total aproximado de 1500 lâminas. Uma prévia deste material descrito e digitalizado já se encontra disponível para a equipe do Laboratório <sup>14</sup>C do CENA/USP para auxílio dos estudos. A figura 1 mostra uma prévia do modelo de prancha para publicação, elaborada pela equipe.



Figura 1: Modelo de prancha contendo dois gêneros da família Loranthaceae para a publicação em atlas online.

#### Agradecimentos

Reserva Natural Vale - Linhares, CNPQ (470210/2012-5, 405060/2013-0, 114443/2014-9), Projeto temático FAPESP (Processo 00995-7/2011), Laboratório <sup>14</sup>C - CENA-USP.

#### Referências

- Colinvaux, P., Oliveira P. E. E Patiño, J. E. M. 1999. Manual e Atlas Palinológico da Amazônia. Harwood academic publishers, 130p.
- Labouriau, M.L.S. 1973 Contribuição à palinologia dos cerrados. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 291p.
- Punt, W. Hoen, P.P. Blackmore, S. Nilsson, S. Le Thomas, A. 2007. Glossary of pollen and spore terminology



## RECONSTITUIÇÃO DA DINÂMICA DA VEGETAÇÃO DE MATA ATLÂNTICA DESDE ~33.000 ANOS CAL A.P., NORTE DO ESPÍRITO SANTO - RESULTADOS PRELIMINARES

Francisquini, M.I.<sup>1</sup>; Buso-Junior, A.A.<sup>1</sup>; Lorente, F.L.<sup>1</sup>; Pessenda, L.C.R.<sup>1</sup>; Schiavo, J. A.<sup>2</sup>; França, M. C.<sup>3</sup>; Siqueira, G.<sup>4</sup>; Barthzen, B.T.<sup>5</sup>; Calegari, M.R.<sup>5</sup>; Mayle, F. E.<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Universidade de São Paulo - Centro de Energia Nuclear na Agricultura - Laboratório Carbono-14; <sup>2</sup> Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul – UEMS; <sup>3</sup> Instituto Federal Tecnológico do Pará – IFPA; <sup>4</sup> Reserva Natural Vale (Linhares, ES, Brazil); <sup>5</sup> Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Campus Mar do Rondon(PR); <sup>6</sup> University of Reading - Reading, UK

A área de preservação mantida pela Reserva Natural Vale em conjunto com a Reserva Biológica de Sooretama, na região de Linhares-ES, abriga extensa área de Mata Atlântica nativa, com alta concentração de espécies endêmicas encontradas desde o norte do Espírito Santo até o sul da Bahia. Ainda, alguns táxons vegetais encontrados nas matas de tabuleiro da região apresentam distribuição disjunta com táxons Amazônicos, o que as torna muito similares às florestas de terra-firme Amazônicas (Rizzini, 1997), além do contato abrupto entre diferentes tipos de vegetação, como as matas de tabuleiro e muçunungas. Um testemunho de 1,23 m foi coletado com vibrotestemunhador em um brejo localizado em uma mancha de vegetação aberta de muçununga em meio à Mata de Tabuleiros, conhecido localmente como Brejo do Louro. A coluna de aproximadamente meio metro de água fez com que ocorresse o acúmulo de restos de plantas, formando uma camada turfosa sobre um substrato arenoso classificado como espodossolo (Santos *et al.*, 2004). Espécies vegetais do entorno foram coletadas para análises isotópicas e mostram atualmente a presença de plantas C<sub>3</sub> arbustivo-arbóreas e algumas herbáceas C<sub>3</sub> como *Rhynchospora gigantea* (-27,78‰) e *Fuirena umbellata* (-26,65), mas também Poaceae com valor isotópico de planta C<sub>4</sub>, como *Andropogon bicornis*, (-13,29). A datação Carbono-14 entre 104 - 102 cm foi de ~33.400 anos cal. A.P. e de ~7300 entre 22 - 20 cm. A base do testemunho apresentou altos valores de Carbono Orgânico Total (COT), em média de ~11% entre 123 e 82 cm. Este valor se tornou relativamente menor entre 82 e 20 cm, de ~3%, e aumento para ~35% de 20 cm até o topo. Análises palinológicas e isotópicas indicaram o domínio de espécies arbustivo-arbóreas entre 102 - 104 cm (~33.400 anos cal A.P.) até 52 - 50 cm, com representantes de Anacardiaceae, Symplocos, Ilex, Myrtaceae, Melastomataceae/Combretaceae, valores de δ<sup>13</sup>C entre -27 e -29 ‰ e C/N com valor médio de 55, indicando ambiente úmido com predomínio de plantas terrestres C<sub>3</sub>. Entre 52 - 50 cm e 16 - 14 cm a palinologia indicou a presença das espécies herbáceas, representadas por Asteraceae, Poaceae e Cyperaceae, e a análise de fitólitos revelou a presença de gramíneas C<sub>4</sub> (Bartzen, 2014). Os valores isotópicos de δ<sup>13</sup>C ficaram entre -24 e -28‰, e C/N de ~23, indicando um provável período mais úmido do que o anterior, com abertura da vegetação arbustivo-arbórea, ocupação predominante das espécies herbáceas C<sub>3</sub> e a presença de plantas C<sub>4</sub>. Entre 16 - 14cm até o topo, provavelmente se estabeleceram as condições de umidade atuais do Brejo do Louro, com a presença da coluna d'água e formação de turfa. A palinologia mostra a presença do gênero *Typha* no local, popularmente conhecidas como taboas. Valores isotópicos de δ<sup>13</sup>C variam entre -26 e -29 e C/N médio de 16. A dinâmica da vegetação registrada no Brejo do Louro pode ser melhor compreendida através dos estudos de formação de Espodossolos em outras regiões do Brasil (Dubroeuq & Volkoff, 1998) e nesta mesma região (Buso Jr., 2015). A elevação do lençol freático até próximo a superfície torna a região alagável, propício ao desenvolvimento de uma vegetação composta basicamente por ervas (C<sub>3</sub>) e alguns arbustos adaptados a estas condições e possivelmente turfa. Ao mesmo tempo, a formação de horizontes espódicos compactos favorecem a retenção de água, fazendo com que se estabeleça uma coluna d'água constante.



#### Agradecimentos

Programa FAPESP de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (PFPMCG-FAPESP) projeto temático (2011/00995-7), projeto de doutorado FAPESP (2013/15768-1) e CNPQ (470210/2012-5, 405060/2013-0, 114443/2014-9).

#### Referências

- Bartzen, B. T. (2014) Evolução holocênica da comunidade vegetal do Nativo do Flamengo e do Brejo do Louro (Reserva Natural Vale – Linhares): contribuições da análise fitolítica. 28p. Trabalho de Iniciação Científica do curso de Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
- Buso Jr., A. A. (2015) Dinâmica dos Espodosolos, da vegetação e do clima durante o Quaternário tardio na região nordeste do estado do Espírito Santo. 164p. Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação em Ciências. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- Dubroeuq, D. & Volkoff, B. (1998) From oxisols to spodosols and histosols: evolution of the soil mantles in the Rio Negro basin (Amazônia). *Catena*, Amsterdam, v. 32, p. 245-280.
- Rizzini, C. T. (1997). *Tratado de fitogeografia do Brasil*. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 747 p.
- Santos, R. D. Dos; Araújo, W. S.; Claessen, M. E. C.; Paula, J. L.; Souza, J. L. R.; Perez, D. V.; Souza, J. S. (2004) Levantamento expedito dos solos das reservas florestais de Linhares e Sooretama no estado do Espírito Santo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 66 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 49).



## DIATOMÁCEAS NO ESTUDO DA INFLUÊNCIA MARINHA NO HOLOCENO NA COSTA NORTE DO ESPÍRITO SANTO E LITORAL SUL DA BAHIA

Darciléa Ferreira Castro<sup>1</sup>, Luiz Carlos Ruiz Pessenda<sup>1</sup>, Flávio Lima Lorente<sup>1</sup>, Mariah Izar Francisquini Correia<sup>1</sup>, Eula Raissa Chaves de Almeida<sup>1</sup>, Ana Claudia Pereira Cuenca<sup>1</sup>, Antonio Alvaro Buso Junior<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade de São Paulo, Laboratório <sup>14</sup>C, Avenida Centenário 303, 13400-000, Piracicaba, São Paulo, Brasil.

Na reconstituição de paleoambientes costeiros, as diatomáceas são consideradas importantes bioindicadores e tem fornecido informações adicionais complementares importantes, principalmente onde existe limitação de informações, como é o caso de testemunhos de sondagem (Castro *et al.*, 2013). Isto se deve à condição resistente de suas frústulas no registro fóssil, à vasta distribuição em ambientes aquáticos e continentais e à facilidade na distinção, em nível de espécie e subespécie, por meio de características morfológicas (Round *et al.*, 1990; Snoeijis, 2001). O presente trabalho é parte integrante de um estudo sobre a evolução das paisagens na costa norte do Espírito Santo e litoral sul da Bahia durante o Holoceno. Tem como objetivo identificar e quantificar os tipos de diatomáceas em busca de um melhor entendimento sobre a dinâmica marinha pretérita. Um total de 139 amostras de sedimentos argilosos e arenosos foi obtido de 4 testemunhos sedimentares de até 8 m de profundidade. Na costa norte do Espírito Santo, o testemunho sedimentar LB-B deriva da Lagoa Bonita, situada na planície do delta do rio Doce (Figura 1A), coletado com amostrador Livingstone, montado sobre plataforma flutuante. No litoral sul da Bahia, próximo ao município de Prado/BA, 3 testemunhos (PR7, PR8 e PR9) foram coletados por meio de trado russo e sondagem à percussão, sendo distribuídos em uma transecção ao longo de uma paleoplanície, em pontos mais próximos e mais distantes da atual linha de costa (Figura 1B). As datações obtidas até o momento indicaram idades entre ~7.860 cal AP e ~1.807 cal AP para o testemunho LB-B coletado na Lagoa Bonita e idades entre ~7.650 anos cal AP e ~7.390 anos cal AP para as bases dos testemunhos PR7, PR8 e PR9. Resultados qualitativos das análises de diatomáceas no testemunho LB-B (Figura 2), mostram predomínio de diatomáceas marinhas/salobras como *Actinoptychus splendens*, *Cymathoteca weissflogii*, *Coscinodiscus radiatus*, *Coscinodiscus sp*, *Diploneis smithii*, *Nitzschia sp*, *Paralia sulcata*, *Surirella fastuosa*, *Rhopalodia gibberula*, *Rhopalodia musculus*, *Thalassiosira sp*, *Tryblionella circumsuta*, *Tryblionella granulata* (Grunow), *Tryblionella sp*, bem como alguns gêneros encontrados comumente em ambientes salobro/doce. Táxons predominantemente continentais como *Aulacoseira*, *Eunotia*, *Eunotia zygodon*, *Desmogonium rabernhorstianum* Grun. var. *elongatum*, *Navicula* e *Pinnularia viridis* foram registrados em amostras situadas mais ao topo do testemunho (20 a 0 cm). Embora o resultado da análise seja preliminar, não permitindo, até o momento, interpretações paleoecológicas mais precisas, pode-se destacar que os resultados dos tipos de diatomáceas identificados no testemunho LB-B são consistentes com dados obtidos em estudo recente que integram análise de palinofácies, palinologia, granulométricos, isotópicos e elementares (Lorente, 2015). Informações geradas nesse estudo mostram influência marinha no ambiente deposicional a partir de ~7.860 cal AP, com queda do influxo marinho e maior influência fluvial após ~3.758 cal AP. Para os testemunhos PR7, PR8 e PR9 os tratamentos das amostras para análises de diatomáceas, bem como para outras análises (p.e., palinologia, fitólitos, isótopos e elementares) encontram-se em andamento. Assim como ocorre para costa norte do Espírito Santo, a inclusão do estudo de diatomáceas como parâmetro adicional a análise paleoambiental de sedimentos quaternários deverá apresentar uma contribuição valiosa para a reconstituição da dinâmica sedimentar em áreas do litoral sul da Bahia.

### Agradecimentos

FAPESP 2011/00995-7, CNPq 2012..e CNPq 2013.

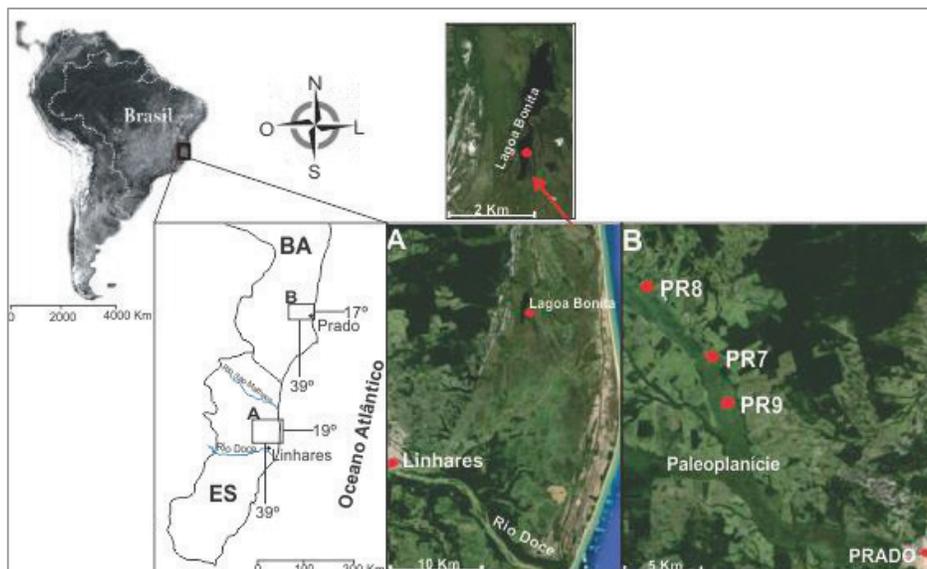


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. (A) Lagoa Bonita, situada na planície do delta do rio Doce, costa norte do Espírito Santo; (B), Paleoplâncie, com indicação dos testemunhos amostrados (p.e., PR7, PR8 e PR9), litoral sul da Bahia.

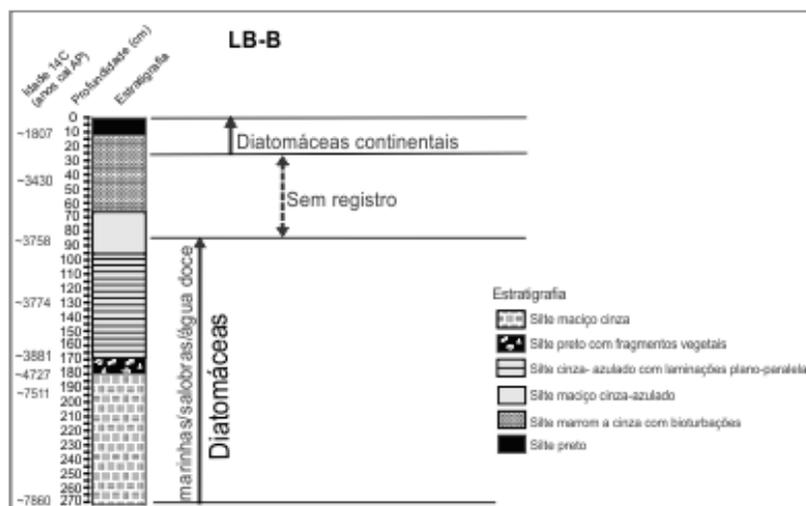


Figura 2: Informações preliminares sobre registro de diatomáceas ao longo do testemunho LB-B.

## Referências

- Castro, D.F.; Rossetti, D.F.; Cohen, M.C.L.; Pessenda, L.C.R.; Lorente, F.L. The Growth of the Doce River Delta in Northeastern Brazil indicated by Sedimentary Facies and Diatoms. *Diatom Research*, v. 28, n. 4, p. 455-466, 2013.
- Lorente, F.L. Caracterização Paleoambiental de Depósitos Quaternários da Costa Norte do Estado do Espírito Santo (ES – Brasil): Uma Abordagem Interdisciplinar. 213p. Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação em Ciências, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- Round, F.E.; Crawford, R.M.; Mann, D.G. *The diatoms: Biology & Morphology of the Genera*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 747p.
- Snoeijs, P. 2001. Diatoms and Environmental Change in Brackish Waters. In: Stoermer, E.F.; Smol, J.P. 2001. *The Diatoms Applications for the Environmental and Earth Sciences*. Cambridge, Cambridge University Press, 469p.



## ESTUDO PALEOECOLÓGICO NO NORDESTE DO ESPÍRITO SANTO – ESPÉCIES DISJUNTAS DA MATA ATLÂNTICA E AMAZÔNIA, DINÂMICA DA VEGETAÇÃO E INFERÊNCIAS CLIMÁTICAS DESDE O PLEISTOCENO TARDIO

Antonio Alvaro Buso Junior<sup>1</sup>, Luiz Carlos Ruiz Pessenda<sup>1</sup>, Flávio Lima Lorente<sup>1</sup>, Paulo Eduardo de Oliveira<sup>2</sup>, Jolimar Antonio Schiavo<sup>3</sup>, Marcelo Cancela Lisboa Cohen<sup>4</sup>, Paulo Cesar Giannini<sup>2</sup>, Mariah Izar Francisquini<sup>1</sup>, Francis Edward Mayle<sup>5</sup>, Geovane Souza Siqueira<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Laboratório <sup>14</sup>C- Centro de Energia Nuclear na Agricultura – Universidade de São Paulo. <sup>2</sup>Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo. <sup>3</sup>Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. <sup>4</sup>Universidade Federal do Pará. <sup>5</sup>University of Reading. <sup>6</sup>Reserva Natural Vale.

O presente trabalho apresenta os resultados parciais de um estudo paleoecológico realizado na área da Reserva Natural Vale, região nordeste do estado do Espírito Santo. Na região ocorre o predomínio de floresta de tabuleiros, com alto endemismo e a presença de elementos amazônicos com distribuição disjunta entre a Amazônia e a Mata Atlântica, além de manchas de vegetação de muçununga e de restinga. Foram realizadas análise elementar e isotópica de carbono e nitrogênio, datação <sup>14</sup>C, palinologia e análise de espículas de esponjas continentais em Espodossolos, turfas e sedimento lacustre. Os resultados obtidos (Figura 1) revelaram indícios da dinâmica da vegetação desde o Pleistoceno tardio, permitindo uma melhor compreensão de alguns dos fatores determinantes do padrão de biodiversidade regional atual e inferências sobre o paleoclima regional desde então. Com relação à dinâmica da vegetação: (i) o registro polínico sedimentar da Lagoa Canto Grande mostra a presença de táxons com distribuição disjunta entre os biomas Amazônia e Mata Atlântica desde cerca de 8500 anos cal. AP, sugerindo uma conexão pretérita entre esses dois biomas anterior a essa data; (ii) o registro polínico sedimentar da Lagoa Canto Grande mostra a expansão das matas de tabuleiros a partir de cerca de 8500 anos cal. AP, provavelmente em resposta a um clima mais úmido desde então; (iii) o registro polínico do Nativo do Flamengo e da Lagoa Canto Grande, e a matéria-orgânica de solos e sedimentos, não mostram indícios de expansão de campos e savanas com predomínio de plantas C4 durante os últimos 17000 anos cal. AP, o que pode indicar maior estabilidade da cobertura florestal na região estudada quando em comparação com outras áreas do bioma Mata Atlântica, as quais apresentaram retração florestal durante o Pleistoceno tardio e Holoceno (Pessenda *et al.*, 2010; Buso Junior *et al.*, 2013). As inferências sobre o clima desde o Pleistoceno tardio são: (i) clima mais úmido no intervalo aproximado de 31000-23000 anos cal. AP, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano, inferido com base no início do processo de podzolização (formação do horizonte B espódico) no Nativo da Caingá; (ii) o intervalo seguinte, aproximadamente entre 23000-8000 anos cal. AP, é inferido como menos úmido que o anterior, com base na expansão pontual de plantas C4 observada na matéria-orgânica do solo no Nativo da Caingá, e na ausência do sinal polínico de mata de tabuleiros entre 11000-8000 anos cal. AP no sedimento da Lagoa Canto Grande; (iii) o último intervalo, entre cerca de 8000 anos cal. AP até hoje, é inferido como mais úmido, com base no início do registro polínico e formação de horizonte B espódico secundário em área de Espodossolo alagado (Nativo do Flamengo), e também na expansão das matas de tabuleiros observada no sinal polínico da Lagoa Canto Grande.

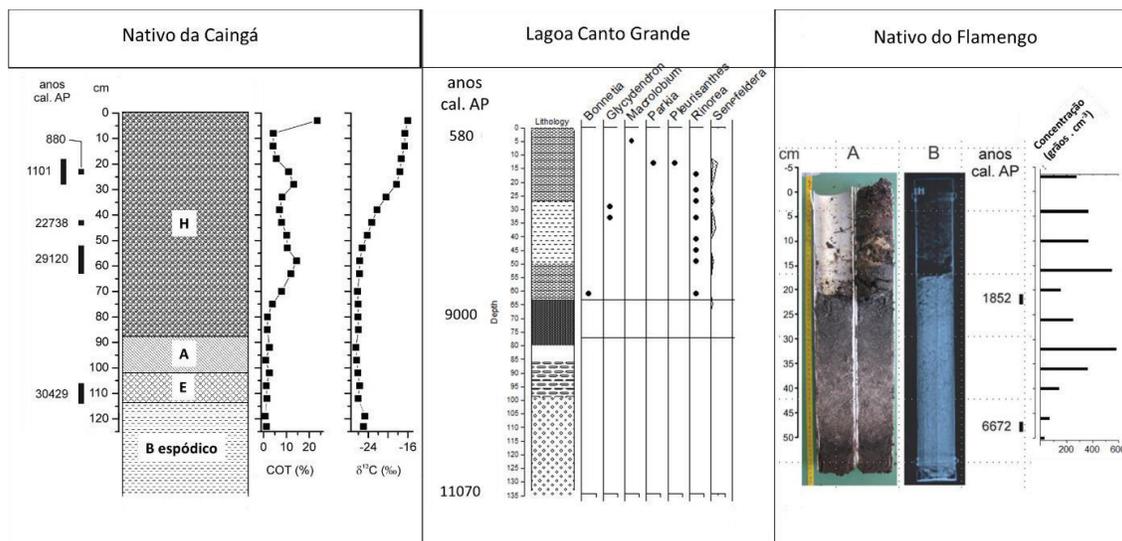


Figura 1. Resultados de algumas das análises realizadas. Nativo da Caingá: datações  $^{14}\text{C}$ , carbono orgânico total (COT) e  $\delta^{13}\text{C}$  em perfil de Espodossolo (H, A, E, B espódico são horizontes pedológicos). Lagoa Canto Grande: datações  $^{14}\text{C}$  e diagrama polínico dos táxons com distribuição disjunta entre os biomas Amazônia e Mata Atlântica. Nativo do Flamengo: datações  $^{14}\text{C}$  e diagrama de concentração de grãos de pólen preservados em testemunho coletado em Espodossolo alagado (A – fotografia do testemunho aberto em duas metades; B radiografia do testemunho).

#### Agradecimentos

Reserva Natural Vale, CNPq 2012/4701210, 2013/405060, SWE (CsF) 245858/2012-1, FAPESP 2011/00995-7, 2010/18091-4.

#### Referências

- Buso Junior, A. A.; Pessenda, L. C. R.; De Oliveira, P. E.; Cohen, M. C. L.; Giannini, P. C. F.; Schiavo, J. A.; Rossetti, D. F.; Volkmer-Ribeiro, C.; Oliveira, S. M. B.; Lorente, F. L.; Borotti Filho, M. A.; Bendassolli, J. A.; França, M. C.; Guimarães, J. T. F. & Siqueira, G. S. Late Pleistocene and Holocene vegetation, climate dynamics, and Amazonian taxa at Atlantic Rainforest – Linhares, ES, southeastern Brazil. *Radiocarbon*, New Haven, v. 55, n. 2-3, p. 1747-1762, 2013.
- Pessenda, L.C.R., Gouveia, S.E.M., Ribeiro, A.S., De Oliveira, P.E. & Aravena, R. - Late Pleistocene and Holocene vegetation changes in northeastern Brazil determined from carbon isotopes and charcoal records in soils. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 297, 597-608, 2010.



## ANÁLISE DE PALINOFÁCIES E INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL DE SEDIMENTOS LACUSTRES DA COSTA NORTE DO ESPÍRITO SANTO

Flávio L. Lorente<sup>1</sup>, Luiz Carlos R. Pessenda<sup>1</sup>, Francisca Oboh-Ikuenobe<sup>2</sup>, Antonio Alvaro Buso Junior<sup>1</sup>, Mariah I. Francisquini<sup>1</sup>, Paulo César F. Giannini<sup>3</sup>, Marcelo C. L. Cohen<sup>4</sup>, Dilce de F. Rossetti<sup>5</sup>, Marlon C. França<sup>6</sup>, Francis Mayle<sup>7</sup>, José A. Bendassolli<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório C14 – Centro de Energia Nuclear na Agricultura – Universidade de São Paulo. <sup>2</sup>Missouri University of Science and Technology – Rolla-EUA. <sup>3</sup>Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo. <sup>4</sup>Centro de Geociências – Universidade Federal do Pará. <sup>5</sup>INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. <sup>6</sup>Instituto Federal do Pará. <sup>7</sup>University of Reading-UK.

A análise de palinofácies contribui para o entendimento dos processos ambientais que controlam a produção da matéria orgânica na biosfera, sua dispersão e deposição nos diferentes ambientes, bem como dos fatores físicos e biogeoquímicos que atuam durante a sua incorporação na geosfera (Tyson, 1995). Um estudo palinofaciológico foi realizado no litoral norte do estado do Espírito Santo, região do Baixo Vale do rio Doce, com o intuito de compreender as mudanças ambientais que ocorreram na região durante o Holoceno. Para isso, foi feita a integração dos resultados obtidos pela análise de palinofácies com a granulometria, geoquímica isotópica (carbono orgânico total - COT, nitrogênio total - NT, enxofre total - ST,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ , C/N e C/S) e datações  $^{14}\text{C}$ . Os depósitos sedimentares estudados (figura 1) são referentes às lagoas do Macuco (MAC), Bonita (LB) e Canto Grande (LCG), datadas na base em ~7.521 anos cal AP, ~7.860 anos cal AP e ~10.943 anos cal AP, respectivamente. Os valores isotópicos e elementares sugerem que a matéria orgânica sedimentar foi originada de fontes diversas, tais como plantas terrestres, em sua maioria plantas  $\text{C}_3$ , e fitoplâncton marinho e/ou de água doce. Foram definidos três intervalos de tempo que refletem a evolução paleoambiental da Lagoa do Macuco e da Lagoa Bonita durante o Holoceno, e dois intervalos para a evolução da Lagoa Canto Grande. Entre ~7.800 e ~4.700 anos cal AP as palinofácies dos testemunhos MAC e LB foram caracterizadas pelo predomínio de matéria orgânica amorfa e fitoclastos não-opacos, além de elementos que indicam influência marinha no depósito, tais como palinoforaminíferos, cistos de dinoflagelados (*Spiniferites* sp.) e grãos de pólen de manguezal (*Rhizophora* sp. e *Avicennia* sp.). No intervalo de tempo entre ~4.700 e ~2.000 anos cal AP, as palinofácies dos mesmos testemunhos indicaram o aumento de elementos fluviais, caracterizados pelos fitoclastos não-opacos e fitoclastos opacos, além da ausência de palinoforaminíferos, dinoflagelados e da rara ocorrência de grãos de pólen de *Rhizophora* sp. A partir da integração dos resultados obtidos foi inferido que entre ~7.500 e ~4.700 anos cal AP houve a formação de um sistema estuarino-lagunar em decorrência do aumento do nível relativo do mar (Angulo *et al.*, 2006), e espécies de manguezal colonizavam a região. Após ~4.700 anos cal AP houve um aumento do aporte fluvial na região e a bacia estuarina se tornou gradualmente abandonada e progressivamente fechada pelo acúmulo de areia em barreiras na sua desembocadura, como resultado da progradação do delta do rio Doce. À medida que o estuário foi sendo fechado, a influência marinha foi reduzida, o que resultou na maior entrada de água doce no depósito sedimentar. O desenvolvimento do sistema de barreiras arenosas pela deposição de areias trazidas pelo delta do rio Doce causou a substituição dos estuários por lagos, o que reflete a formação da Lagoa do Macuco e da Lagoa Bonita em condições semelhantes e/ou comparáveis às atuais. As palinofácies da fase lacustre foram caracterizadas pelo predomínio de matéria orgânica amorfa, fitoclastos não-opacos, predominantemente cutículas, e os maiores valores de algas de água doce (e.g. *Botryococcus braunii*) ao longo dos perfis, indicando ambiente de baixa energia, condições redutoras e sem influência marinha. Para a Lagoa Canto Grande, a fase entre ~10.943 e ~8.529 anos cal AP foi definida pelo predomínio de matéria orgânica amorfa, pela alta representatividade de elementos fluviais (fitoclastos não-opacos e fitoclastos opacos) e pela ocorrência de sedimentos arenosos intercalados com sedimentos de granulometria silte e argila. O ambiente deposicional foi definido como planície de inundação, e caracterizado por inundações periódicas e aporte de material terrígeno. No intervalo entre ~8.529 e ~662 anos cal AP, o predomínio de matéria orgânica amorfa e palinomorfos indicaram um ambiente deposicional de baixa turbulência e com condições disóxicas-anóxicas na interface água-sedimento. Nenhuma evidência marinha foi registrada no perfil sedimentar. Dessa forma,

a evolução da Lagoa do Macuco e da Lagoa Bonita esteve diretamente relacionada com as mudanças do nível relativo do mar durante o Holoceno, enquanto a Lagoa Canto Grande foi formada em decorrência de mudanças no aporte fluvial e no nível de base. A análise de palinofácies, em conjunto com as demais análises, se mostrou uma importante ferramenta na caracterização paleoambiental de depósitos lacustres que evoluíram sob a influência de eventos de transgressão e regressão marinha.

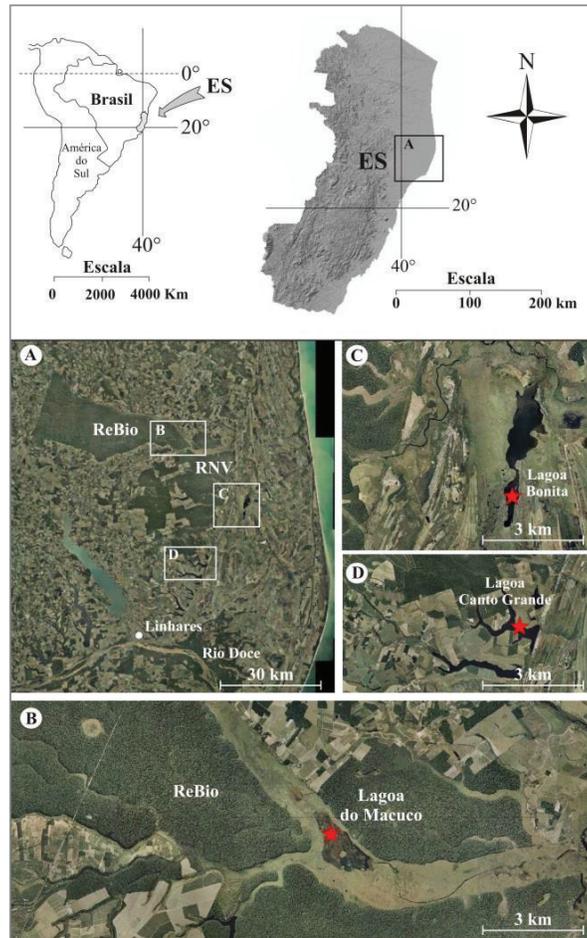


Figura 1. Mapa de localização dos depósitos sedimentares estudados (modificado de GEOBASES, 2014). A. Região norte do estado do Espírito Santo. RNV: Reserva Natural Vale. ReBio: Reserva Biológica de Sooretama. B. Localização da Lagoa do Macuco. C. Localização da Lagoa Bonita. D. Localização da Lagoa Canto Grande.

#### Agradecimentos

Reserva Natural Vale; FAPESP (Processos: 2010/52606-1; 2011/00995-7); CNPq (Processos: 245572/2012-0; 470210/02012-5; 2013-0/405060).

#### Referências

- Angulo, R.J., Lessa, G.C. & Souza, M.C. de. 2006. A critical review of mid-to late-Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. *Quaternary Science Reviews*, 25: 486-506.
- GEOBASES. 2014. Navegador Geobases. Disponível em: <[www.geobases.es.gov.br](http://www.geobases.es.gov.br)>. Acesso em 21/11/2014.
- Tyson, R.V. 1995. *Sedimentary organic matter: organic facies and palynofacies*. London, Chapman & Hall, 615p.



## IMPACTS OF SEA LEVEL/CLIMATIC CHANGES DURING THE HOLOCENE AND THE EUROPEAN COLONIZATION FROM THE 16TH CENTURY ON VEGETATION OF THE SOUTHERN BAHIA LITTORAL

Marcelo C. L. Cohen<sup>1</sup>, Neuza Araújo Fontesa<sup>1</sup>, Caio Alves<sup>1</sup>, Igor C.C. Alves<sup>1</sup>, Luiz C.R. Pessenda<sup>2</sup>,  
Mariah Izar Francisquini<sup>2</sup>, Marlon Carlos França<sup>3</sup>, José Albertino Bendassolli<sup>4</sup>, Kita Macario<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Graduate Program of Geology and Geochemistry, Federal University of Pará, Perimentral Av 2651, 66077-530, Belém (PA), Brazil; <sup>2</sup> University of São Paulo, CENA/14C Laboratory, Av. Centenário 303, 13400-000, Piracicaba, São Paulo, Brazil; <sup>3</sup> Federal Institute of Pará, Av. Alm. Barroso, 1155, Marco, 66090-020, Belém (PA), Brazil; <sup>4</sup> University of São Paulo, CENA/Stable Isotopes Laboratory, Av. Centenário 303, 13400-000, Piracicaba, São Paulo; <sup>5</sup> LAC-UFF AMS Laboratory-Fluminense Federal University, Physics Department, Niterói, Rio de Janeiro, Brazil

Studies about the sea-level changes during the Holocene in the eastern Brazilian littoral reveal that the sea-level exceeded the present one between 7800 and 6600 cal yrs BP, reaching 2-5 m above the present level at about 5500 cal BP (Angulo *et al.*, 2006; Martin *et al.*, 2003). During the late Holocene, the RSL decreased (Angulo *et al.*, 2006). Regarding the climate, during the early and middle Holocene occurred a water deficit scenario in the northeast and southeastern Brazil compared to the late Holocene one (Behling, 1995; Ledru *et al.*, 1996; Prado *et al.*, 2013; Pessenda *et al.*, 2009). These changes affected the mangrove and the Atlantic Forest area along the Brazilian littoral (Cohen *et al.*, 2014; França *et al.*, 2015; Rossetti *et al.*, 2015). The present work integrates geomorphological, sedimentological, and palynological data with radiocarbon dating, as well as  $\delta^{13}\text{C}$ , and C/N from sedimentary organic matter obtained from three sediment cores sampled from a fluvial valley (6.5 m above the mean sea-level) and abandoned channels (30 and 64 m above the mean sea-level) on tablelands in the Parque Nacional do Descobrimento, southeastern Bahia, in order to identify the impact of sea level and climatic changes during the Holocene on mangroves and Atlantic Forest. The sediment core sampled from a fluvial valley, 23 km distant from the coastline, indicates the presence of an estuarine system with tidal flats colonized by mangroves, and its sedimentary organic matter sourced from estuarine organic matter between ~7450 and ~5500 cal yr BP. During the past ~5500 cal yr BP, the mangroves shrank. The herbaceous vegetation expanded inside the fluvial valley, while the Atlantic Forest expanded on tablelands during the late Holocene. The sediment cores sampled from abandoned channels also reveal the expansion of Atlantic Forest and shrinkage of herbaceous vegetation on tablelands during the middle and late Holocene. Considering the last thousand years, an abrupt change from arboreal to herbaceous vegetation occurred on the second part of the last millennium. Probably, such changes were caused by the combined action of the Relative Sea Level (RSL) fluctuations and climate changes, as well as by the anthropogenic action. During the early and middle Holocene took place a RSL rise that caused a marine incursion along the studied fluvial valley. The dry period, occurred during the early and middle Holocene, generated a decrease in the fluvial discharge and contributed to this marine transgression causing a mangrove migration upriver. This relatively dry period also caused a decrease in the relationship between Atlantic Forest and herbaceous vegetation area outside of the studied fluvial valley. However, during the late Holocene occurred a RSL fall and a wet period. It favored the marine regression and consequently, the mangroves migrated to tidal flats attached to the edge of lagoons near the modern coastline. Probably, the expansion of the Atlantic Forest on tablelands was caused by the late Holocene wet period, while the abrupt change from arboreal to herbaceous vegetation in the middle of the last millennium was caused by the European colonization from the 16th century AD, when the Atlantic Forest has been largely cleared and converted into agricultural land.

### Acknowledgements

Reserva Natural Vale; FAPESP (Process: 2010/52606-1; 2011/00995-7).

### References

Angulo, R., Lessa, G. & Souza, M., 2006. A critical review of mid- to late-Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. *Quat. Sci. Rev.* 25, 486–506.



- Behling, H., 1995. A high resolution Holocene pollen record from Lago do Pires, SE Brazil: vegetation, climate and fire history. *J. Paleolimnol.* 14, 253–268.
- Cohen, M.C.L., França, M.C., Rossetti, D.F., Pessenda, L.C.R., Giannini, P.C.F., Lorente, F.L., Buso Junior, A., Castro, D. & Macario, K., 2014. Landscape evolution during the late Quaternary at the Doce River mouth, Espírito Santo State, Southeastern Brazil. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 415, 48–58.
- França, M.C., Alves, I.C.C., Castro, D.F., Cohen, M.C.L., Rossetti, D.F., Pessenda, L.C.R., Lorente, F.L., Fontes, N.A., Junior, A.Á.B., Giannini, P.C.F. & Francisquini, M.I., 2015. A multi-proxy evidence for the transition from estuarine mangroves to deltaic freshwater marshes, Southeastern Brazil, due to climatic and sea-level changes during the late Holocene. *CATENA* 128, 155–166.
- Ledru, M.-P., Braga, P.I.S., Soubiès, F., Fournier, M., Martin, L., Suguio, K. & Turcq, B., 1996. The last 50,000 years in the Neotropics (Southern Brazil): evolution of vegetation and climate. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 123, 239–257.
- Martin, L., Dominguez, J.M.L. & Bittencourt, A.C.S.P., 2003. Fluctuating Holocene Sea Levels in Eastern and Southeastern Brazil: Evidence from Multiple Fossil and Geometric Indicators. *J. Coast. Res.* 19, 101–124.
- Pessenda, L.C., De Oliveira, P.E., Mofatto, M., de Medeiros, V.B., Francischetti Garcia, R.J., Aravena, R., Bendassoli, J.A., Zuniga Leite, A., Saad, A.R. & Lincoln Etchebehere, M., 2009. The evolution of a tropical rainforest/grassland mosaic in southeastern Brazil since 28,000 14C yr BP based on carbon isotopes and pollen records. *Quat. Res.* 71, 437–452.
- Prado, L.F., Wainer, I., Chiessi, C.M., Ledru, M.-P. & Turcq, B., 2013. A mid-Holocene climate reconstruction for eastern South America. *Clim. Past* 9, 2117–2133.
- Rossetti, D. de F., Polizel, S.P., Cohen, M.C.L. & Pessenda, L.C.R., 2015. Late Pleistocene–Holocene evolution of the Doce River delta, southeastern Brazil: Implications for the understanding of wave-influenced deltas. *Mar. Geol.* 367, 171–190.



## ARQUITETURA SEDIMENTAR DOS CORDÕES LITORÂNEOS A NORTE DO RIO DOCE, ESPÍRITO SANTO, BRASIL

Milene Fornari<sup>1</sup>, Paulo C. F. Giannini<sup>2</sup>, Fernanda C. G. Rodrigues<sup>2</sup>, Carolina N. Mafra<sup>2</sup>, Luiz C. R. Pessenda<sup>3</sup>, Eduardo G. Barboza<sup>4</sup>, Maria Luiza C. C. Rosa<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Campus do Litoral Paulista - Universidade Estadual Paulista. <sup>2</sup>Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo. <sup>3</sup>Centro de Energia Nuclear na Agricultura - Universidade de São Paulo. <sup>4</sup>Laboratório de Sismoestratigrafia - Instituto de Geociências - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

A arquitetura interna de sistemas de cordões litorâneos pode fornecer informações sobre os processos envolvidos na sua formação e preservação, o que abrange mudanças em fatores como nível relativo do mar ou de lagos e/ou lagoas, aporte continental, dinâmica de ondas, inclusive deriva litorânea longitudinal, e processos eólicos. Este trabalho discute a formação e desenvolvimento de feixes de cordões litorâneos arenosos da planície costeira a norte do rio Doce, em Linhares (ES), através da combinação de dados de arquitetura interna, obtidos via radar de penetração no solo (GPR), com dados de superfície, obtidos por Giannini *et al.* (2015) via análise geomorfológica de imagens de satélite e datações por luminescência opticamente estimulada (LOE). A planície de cordões litorâneos a norte do rio Doce compreende dois sistemas progradacionais: um pleistocênico (entre 142 ka e 98 ka) e outro holocênico (desde 7,4 ka). No sistema pleistocênico, foram reconhecidos pelo menos dois feixes de cordões com orientação distinta. O primeiro (142 ka), ancorado ao interior na Formação Barreiras, orienta-se segundo NNE e apresenta cordões com terminação convexa voltada para SSW, indicio de paleoderiva longitudinal nesse rumo. No segundo (98 ka), a orientação dos cordões muda para NNW, o que pode ser o registro de uma inversão no sentido da deriva longitudinal (Dominguez *et al.*, 1983). No entanto, os cordões dentro deste feixe parecem divergir rumo SE, o que permite sugerir que tenham crescido neste sentido. Este segundo feixe pleistocênico ocorre separado do anterior por um terreno paleoestuarino-lagunar (no qual se encaixa a Lagoa Bonita), que tanto pode ser superimposto ao terreno pleistocênico (provável vale inciso) como a ele contemporâneo, neste último caso ligado à criação de espaço entre os dois feixes de cordões devido à reorientação da linha de costa de NNE para NNW. No sistema holocênico, pelo menos dez feixes de cordões litorâneos foram mapeados, associados a mudanças da orientação da costa e/ou do rumo de deriva longitudinal, estas ligadas a alterações na posição do distributário principal do delta do rio Doce (Giannini *et al.*, 2015). Três radarfácies formam a arquitetura deposicional da planície de cordões litorâneos (Figura 1): 1) radarfácies basal (Rfb); 2) radarfácies do sistema de cordões litorâneos (Rfcl); e 3) radarfácies superficial (Rfs). A radarfácies Rfb ocorre somente na Seção A, mais interna. Compreende refletores ondulados e lateralmente descontínuos e seu limite superior é definido por uma superfície sobre a qual os refletores de Rfcl repousam em terminação *downlap*. A radarfácies Rfb pode corresponder aos depósitos de antepraia que caracterizam a porção mais distal da progradação pleistocênica sobre a Formação Barreiras. A radarfácies Rfcl possui refletores com configuração sigmoide de amplitude alta a moderada, que se estendem lateralmente por centenas de metros com mergulho para o mar (Figura 1). Estes refletores resultam, presumivelmente, de variações na energia das ondas durante a formação dos depósitos costeiros gerados desde a antepraia superior até a face praial. A radarfácies compreende três subunidades com padrões de progradação diferentes, correlatos aos três feixes de cordões distintos na análise geomorfológica, dois pleistocênicos e um holocênico. Na subunidade correlata ao primeiro feixe de cordões pleistocênicos (Figura 1, Seção A), a progradação pode alcançar até 8m de espessura e estende-se lateralmente por centenas de metros. Internamente, os refletores mergulham com ângulo alto (5°) rumo SE e podem ocorrer truncados por descontinuidades resultantes de eventos erosivos por ondas. A subunidade de Rfcl, correlata ao segundo feixe pleistocênico difere pela menor espessura, cerca de 3m, e pelo predomínio de refletores com baixo ângulo de mergulho (2°) para NNE (Figura 1, Seção B). Na subunidade correspondente ao terceiro feixe de cordões, holocênico, o contraste está no ângulo de mergulho dos refletores, sempre maior que 5°, e no menor espaçamento entre as clinofórmulas progradantes (<10m) com terminações em *downlap* e limite

superior truncado (Fig.1, Seção C). No topo das seções GPR, o elemento arquitetônico Rfs difere dos demais por conter refletores ondulados com mergulho suave ( $2^\circ$ ) para o continente e/ou o predomínio de refletores plano-paralelos. Esta radarfácies é melhor desenvolvida (mais espessa) na Seção C, porque nesse contexto estratigráfico os cordões podem ter sido afogados por uma inundação lagunar. A análise de seções GPR combinada às datações e morfologia, permite diferenciar a arquitetura sedimentar dos feixes de cordões pleistocênicos dos holocênicos e inferir que o seu contato registra um evento erosivo sob condição de queda do NRM, atingindo níveis dezenas de metros mais baixos que o atual. Com a elevação do NRM subsequentemente, até níveis próximos do atual no Holoceno, parte dos cordões anteriormente formados foram inundados e erodidos.

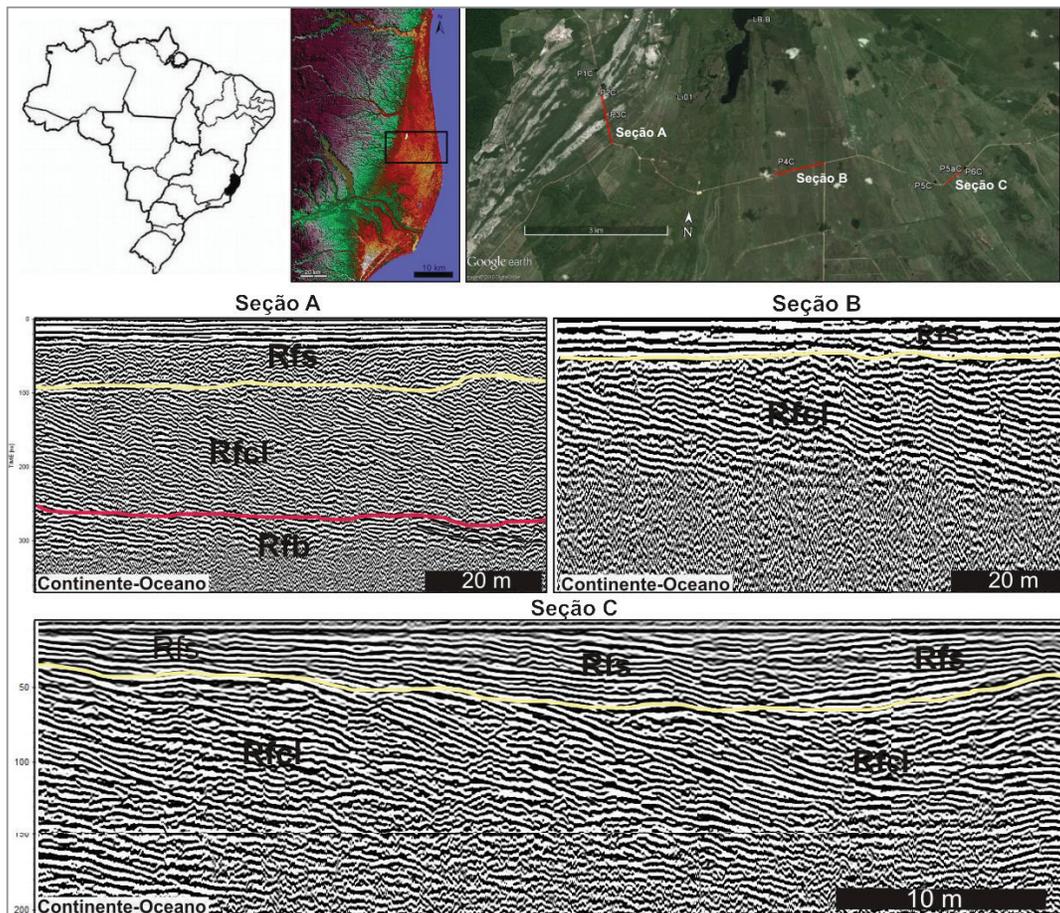


Figura 1. Seções GPR obtidas sobre a planície de cordões litorâneos a norte do rio Doce, Espírito Santo, Brasil.

#### Agradecimento

À FAPESP, pelo financiamento do Projeto Temático 2011/00995-7.

#### Referências

- Domiguez, J.M.L., Bittencourt, A.C.S.P., Martin, L. 1983. O papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na construção das planícies costeiras associadas às desembocaduras dos rios São Francisco (SE-AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES), Paraíba do Sul (RJ). *Revista Brasileira de Geociências* 13(2), p. 98-105.
- Giannini, P.C.F., Mafra, C.N., Rodrigues, F.C.G., Fornari, M., Pessenda, L.C.R., Guedes, C.C.F. 2015. Planície de cordões e o delta do rio doce: mudanças de sistema deposicional costeiro no Quaternário do Espírito Santo. *Anais XV Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário*.



## CRONOLOGIA E EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE CORDÕES DO NORDESTE DO ESPÍRITO SANTO E SUA RELAÇÃO COM O DELTA DO RIO DOCE

Paulo C.F. Giannini<sup>1</sup>, Carolina N. Mafra<sup>1</sup>, Fernanda C.G. Rodrigues<sup>1</sup>, Milene Fornari<sup>2</sup>, Luiz C.R. Pessenda<sup>3</sup>, Carlos C.F. Guedes<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo. <sup>2</sup>Campus do Litoral Paulista - Universidade Estadual Paulista. <sup>3</sup>Centro de Energia Nuclear na Agricultura - Universidade de São Paulo. <sup>4</sup>Departamento de Ciências do Mar - Universidade Federal de São Paulo.

Este trabalho discute a geomorfologia e evolução da planície costeira quaternária entre São Mateus e Riacho, com base em sensoriamento remoto (imagens de satélite) e em dados analíticos de cordões arenosos (dose anual de radiação, datação LOE, granulometria e minerais pesados da classe areia fina). A planície de cerca de 2500 km<sup>2</sup> possui formato em cuspide, com máximo avanço ao mar junto à foz do rio Doce. Divide-se em dois tipos de sistemas deposicionais: o deltaico, no interior da sua porção central; e o de cordões litorâneos, nas suas extremidades sul e norte e na parte mais externa (últimos 10 km) da porção central (Figura 1). Com base nos resultados geomorfológicos e de LOE, os cordões possuem pelo menos quatro feixes pleistocênicos, entre 142 e 98 ka, e dez holocênicos, com até 7,4 ka. Os cordões pleistocênicos ancoram-se nas paleofalésias da Formação Barreiras e encontram-se melhor representados no meio-norte da planície, onde se diferenciam dos holocênicos pelos indícios de entalhe, provavelmente ocorrido por volta do Último Máximo Glacial (UMG), sob condição de nível relativo do mar (NRM) e nível de base dezenas de metros mais baixos. Com a subsequente subida do mar até níveis próximos do atual, estes entalhes foram afogados e em seguida barrados pelos primeiros cordões holocênicos, como testemunhado pela paleolaguna em que se encontra a Lagoa Bonita, a qual se estende desde o entalhe nos cordões pleistocênicos até o baixo degrau entre eles e os holocênicos. O delta do rio Doce teria se desenvolvido ao mesmo tempo, imediatamente a sul, na reentrância da costa formada a sul dos testemunhos de erosão do terraço pleistocênico da região da Lagoa Bonita. Nesta reentrância, o aporte fluvial teria ficado protegido da ação das ondulações e suscitado assim a formação de um delta intra-baía. A evolução da planície de cordões holocênica foi controlada por mudanças de posição do distributário mais ativo do rio Doce e pode ser dividida em três fases. Na primeira, a desembocadura do rio situava-se logo a sul do testemunho pleistocênico próximo à Lagoa Bonita, onde promoveu, por barramento de areias trazidas de norte pela deriva litorânea, o crescimento de pelo menos quatro feixes de cordões, o primeiro deles ancorado em feixe pleistocênico. É em virtude desta posição inicial do rio Doce a norte que os sedimentos pleistocênicos da região da Lagoa Bonita puderam ser melhor preservados da erosão provocada pela inundação holocênica. O fato de esta primeira etapa começar por volta de 7,4 ka, antes do máximo NRM na região (6 a 5 ka), está ligado ao intenso aporte sedimentar pelo rio Doce. A segunda fase da evolução dos cordões do Holoceno consistiu no deslocamento da desembocadura e do foco de progradação costeira para sul, dentro do período entre 7,1 ka e 5,0 ka. A norte do distributário recém abandonado, a sedimentação passou a ser dominada por ondas e o corpo de água receptor do delta foi bloqueado por cordões litorâneos até perder contato com mar aberto e ser então assoreado. A eliminação de efeito de barramento pela desembocadura norte gerou inversão no rumo da deriva neste setor, o qual passou a ser de trânsito (*by pass*) sedimentar, com relativa estabilização da costa. A terceira etapa de evolução holocênica, ocorrida antes de 5,0 ka, corresponde ao desvio do canal fluvial para sua posição atual, primeiro cortando o feixe de cordões formado na etapa anterior e, em seguida, acumulando novo feixe em cuspide. Quanto aos resultados analíticos laboratoriais, os cordões pleistocênicos diferem em média dos holocênicos por possuírem menores teores de minerais pesados (3,2 contra 6,5%) e de epidoto + hornblenda (9 contra 28%, dentre pesados transparentes) e menor dose anual (0,24 a 0,38±0,01 mGy contra 0,51 a 2,67±0,02 mGy). As diferenças na mineralogia podem ser atribuídas ao efeito mais prolongado de dissolução pós-deposicional de minerais metaestáveis nas areias pleistocênicas; e o contraste de dose anual deve-se ao menor teor destas areias em minerais com elementos radiativos (zircão e monazita). Com base nas idades LOE dos cordões que margeiam a planície deltaica, mais antigas que 5ka, conclui-se que a atividade do delta deu-se

sobretudo enquanto o NRM continuasse a subir. Com a estabilização do nível marinho, a sedimentação deltaica foi gradualmente substituída pelos sistemas costeiros dominados por ondas que hoje caracterizam a região. Assim, o confinamento do delta à porção mais interna da planície pode ser atribuído não só à formação de barreiras arenosas isolando lagoas à retaguarda, mas ao controle pelo NRM. O delta seria formado enquanto o afogamento da sua foz pelo mar ascendente favorecesse a retenção dos sedimentos fluviais na baía. Outra hipótese, não excludente, é que a época imediatamente anterior ao máximo NRM tenha experimentado maior aporte fluvial, favorecido, por exemplo, por condições climáticas de mais precipitação. Maior parte dos cordões litorâneos corresponde a feições dunares, haja vista seu desnível topográfico (de 1 a 4 m) e sua similaridade com as dunas frontais atuais, quanto aos valores de assimetria e desvio padrão da distribuição granulométrica. O desenvolvimento destes cordões dunares deve ter sido induzido por momentos de relativa estabilização da costa, como evidenciado, no modelo análogo moderno, pela presença das maiores dunas frontais nos setores costeiros hoje menos progradantes (norte e centro-norte).

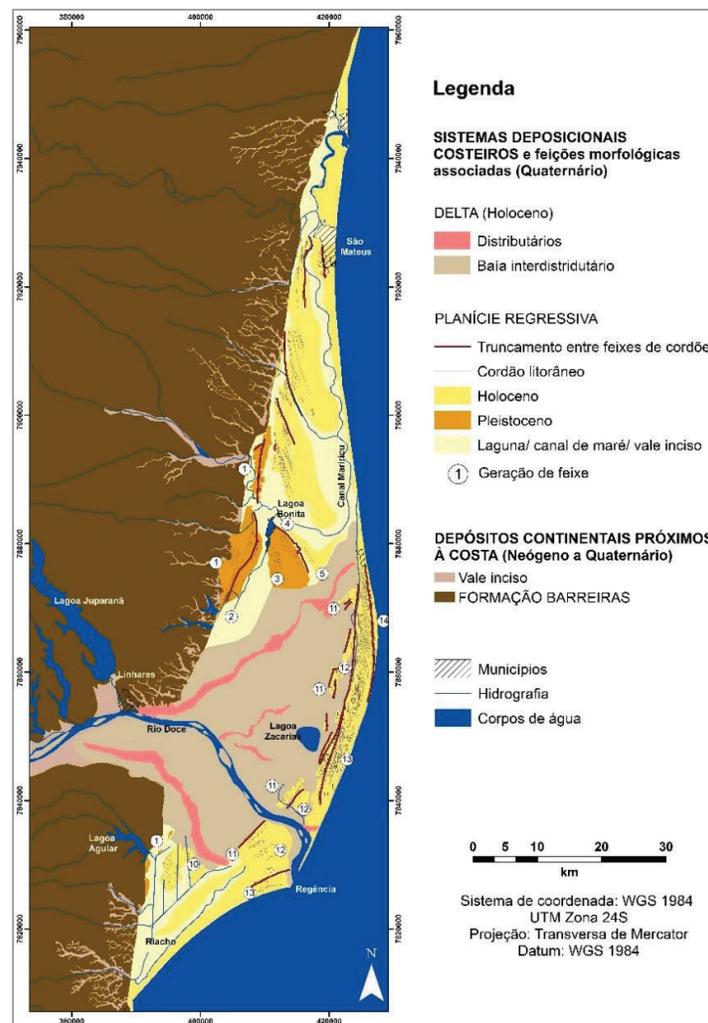


Figura 1. Sistemas deposicionais da planície litorânea do nordeste do Espírito Santo. Numeração dos feixes de cordões segundo a ordem provável de formação.

#### Agradecimentos

À FAPESP, pelo financiamento do Projeto Temático 2011/00995-7.