



## Relações geomorfologia-estratigrafia-hidrologia e seus efeitos na gênese de Espodosolos da Ilha Comprida-SP<sup>(1)</sup>.

**Pedro Henrique Rodrigues de Moraes Martinez<sup>(2)</sup>; Josiane Millani Lopes<sup>(3)</sup>; Paulo Cesar Fonseca Giannini<sup>(4)</sup>; Peter Buurman<sup>(4)</sup> Pablo Vidal-Torrado<sup>(4)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (Projeto Auxílio nº 2012/50276-0) e recursos para participação no evento oriundos da Fundação Agrisus.

<sup>(2)</sup> Estudante de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas; Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”; Piracicaba, São Paulo; pedro.ribeira@hotmail.com; <sup>(3)</sup> Estudante de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas; Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”; Piracicaba, São Paulo; jmillani@gmail.com; <sup>(4)</sup> Professor Titular; Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências; pcgianni@usp.br; Professor Aposentado; Wageningen University; peter.buurman@wur.nl<sup>(4)</sup> Professor Titular Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”; Piracicaba, São Paulo; pvidal@usp.br.

**RESUMO:** A Ilha Comprida formou-se no Holoceno e é uma ilha barreira arenosa composta de um conjunto de superfícies de rugosidade moderada à plana, nas quais se formaram Espodosolos com padrões variados de desenvolvimento e morfologia. O objetivo da pesquisa foi analisar como se dá esta variação morfologia (vertical e lateral) de acordo com as condicionantes do relevo, estratigrafia e hidrologia. Essa pesquisa utilizou a abordagem multiescalar, com observações e descrições através de topocronossequências, perfis, horizontes e seções delgadas de solo. A hidrologia muda de acordo com o compartimento morfopedológico e ela é responsável pelas variações morfológicas dos solos na paisagem. A estratigrafia com mudança abrupta da granulometria e ajuste dos grãos de areia produzem estruturas sindeposicionais que controlam a circulação da Matéria Orgânica Dissolvida (MOD), formando horizontes espódicos cimentados em determinadas posições dos perfis de Espodosolos.

**Termos de indexação:** podzolização; topocronossequências; sindeposicional

### INTRODUÇÃO

A morfogênese da Ilha Comprida iniciou-se há 6.000 anos antes do presente (Guedes et al., 2011). Suas formas de relevo são relativamente planas e definidas pelos cordões e entre-cordões praias, áreas alagadas e dunas. A paisagem no sudoeste da ilha é marcada pela presença de Espodosolos com horizontes Bhm hiperdesenvolvido que chegam a ter 2 a 4 metros de espessura, conhecido localmente como “piçarro”.

O desenvolvimento da vegetação de restinga, o clima super-úmido e o substrato arenoso favorecem a podzolização na Ilha Comprida, onde os solos possuem grande variabilidade vertical e lateral. Embora os solos da Ilha Comprida já tenham sido caracterizados (Coelho et al., 2010), ainda há

lacunas no entendimento da correlação entre os perfis pedológicos. Além disso, nota-se a ausência de estudos sobre o controle estratigráfico na gênese e variação lateral dos solos na Ilha Comprida.

Este trabalho tem como objetivo geral verificar como as condicionantes do relevo, da estratigrafia e da hidrologia podem explicar a gênese e morfologia de Espodosolos na Ilha Comprida. Para tanto, foi desenvolvido um conjunto de ações visando o entendimento da morfogênese e da estratigrafia da ilha, considerando a compartimentação do relevo e solos (morfopedológica), bem como a identificação das estruturas sindeposicionais que controlam a hidrologia do perfil de solo.

### MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo abrange a porção sul da Ilha Comprida, localizada no sudeste do estado de São Paulo (**Figura 1**). Com 63 km de comprimento por 3 a 5 km de largura, a Ilha Comprida está disposta no sentido SW-NE, sendo delimitada pelas desembocaduras de Cananéia, ao sul, e Icapara, ao Norte. O clima dominante na região é o tropical super-úmido (Af de Köppen), caracterizado pela ausência de estação seca. A vegetação é composta por fitofisionomias de restinga com correlação direta com os compartimentos morfopedológicos.

Os mecanismos de gênese de solo foram analisados a partir da evolução geomorfológica da Ilha Comprida, observando desde a macroescala das transeções laterais (A-B e C-D), passando pela escala da vertente até chegar aos espaços intersticiais dos poros e do ajuste espaciais dos grãos de areia. Deste modo, as interpretações pedológicas neste trabalho estão baseadas em modelos de evolução morfopedológicos; mapeamentos do terreno com fotografias aéreas e topografia; desenhos da variação lateral e vertical dos horizontes do solo em topocronossequências; análises estatísticas da distribuição das areias; e micromorfologia de amostras indeformadas de solo.

### Configuração lateral e vertical dos solos

Foram coletados dados topográficos dos pontos de calha e crista dos cordões praias das transeções A-B e C-D. O desenho da configuração dos horizontes dos solos, dentro da transeção, foi realizado de acordo com a metodologia preconizada por Boulet (1987). Inicialmente foram efetuadas tradagens de 10 em 10 metros (ou menos) ao longo da transeção A-B, sendo descritos 14 perfis pedológicos para reconhecer a configuração lateral e vertical dos horizontes de solos. As profundidades desses horizontes foram plotadas no papel milimetrado sob o perfil topográfico da transeção. O resultado desta análise foi organizado em um desenho completo das transeções A-B e C-D.

### Análise granulométrica da fração areia

A fração areia dos perfis PF41 e PF02 foram separadas em onze frações correspondentes as seguintes peneiras: 1,41mm, 1,00mm, 0,707mm, 0,500mm, 0,354mm, 0,250mm, 0,177mm, 0,125mm, 0,088mm, 0,062mm e 0,031mm. As amostras retidas nestas peneiras foram pesadas em balanças analíticas e os valores em gramas foram utilizados para o cálculo de parâmetros estatísticos das areias na escala PHI ( $\Phi$ ) pelo método dos momentos de Person.

Os parâmetros utilizados foram: média do tamanho dos grãos e grau de seleção. Os cálculos e a classificação dos parâmetros estatísticos foram realizados em planilhas do Excel disponibilizadas pelo GRADISTAT V.8 (BLOTT, 2000).

### Micromorfologia

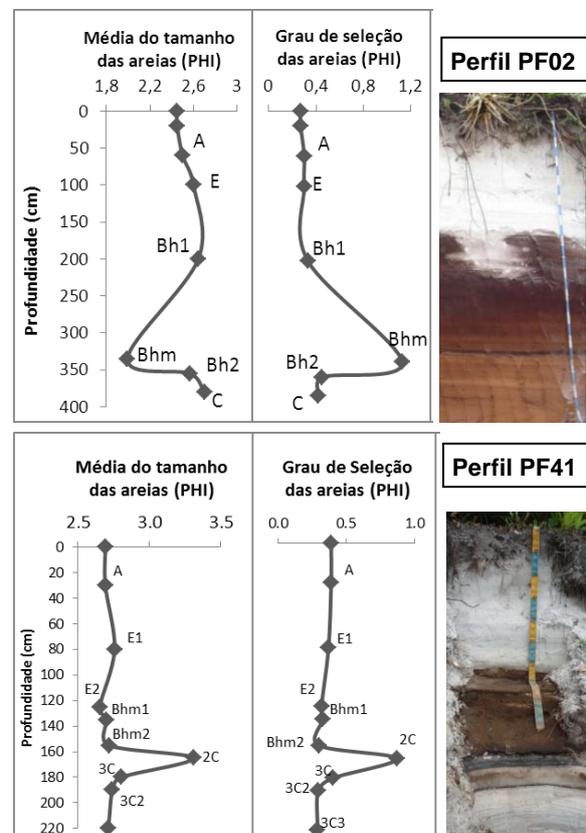
A análise micromorfológica de seções delgadas obtidas em amostras indeformadas de solo forneceu subsídios ao estudo da relação entre estratigrafia-hidrologia-morfologia. A impregnação das amostras seguiu a recomendação de Castro et al. (2003). Após a descrição dos perfis, foi retirado em campo, 1 pequeno monólito de 15x7x5cm oriundo do perfil Caju 2 (transição dos horizontes Bhm2-2C). As descrições e fotomicrografias foram realizadas conforme Bullock et al. (1985) em fotomicroscópio petrográfico Zeiss. As imagens foram tratadas no *software* Visilog, identificando e caracterizando a porosidade da estrutura sindeposicional.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A **figura 2** mostra que a morfogênese da Ilha Comprida produziu superfícies ora com topografia mais plana e ora mais rugosa. Essa variação topográfica impõe diferentes regimes hídricos do lençol freático. Nas superfícies mais rugosas (I, II e IV) há maior amplitude de oscilação do lençol

freático, favorecendo a eluviação e gênese de horizontes espódicos bem desenvolvidos, enquanto nas superfícies planas (III e V), o lençol freático junto à superfície inibe, em parte, o processo de eluviação. Por outro lado, nestas superfícies mais planas e côncavas ocorre o acúmulo significativo de material orgânico a ponto de formar horizonte H (hístico) caracterizando os Organossolos da Ilha Comprida.

Existe acumulação de MOD em estruturas sindeposicionais dos perfis PF41 e PF02 conforme indicam os dados de granulometria das areias (**Figura 3**).



**Figura 3** – Variação em profundidade dos parâmetros estatísticos das areias, dos perfis PF02 e PF41 (fotos à direita do gráfico). No perfil PF02 a média do tamanho dos grãos no horizonte Bhm é maior (menor valor na escala PHI: grãos muito maiores). No perfil PF41 a média do tamanho dos grãos no horizonte 2C é menor (maior valor na escala PHI: grãos muito menores). O grau de seleção é pior nos horizontes Bhm (PF02) e 2C (PF41).

A estrutura sindeposicional no contato dos horizontes Bhm-2C do perfil PF41 impõe restrição à drenagem da MOD pela diminuição abrupta da condutividade hidráulica entre os horizontes Bhm2 e 2C em função da granulometria contrastante. Por outro lado, verifica-se quebra de capilaridade na estrutura sindeposicional do contato dos horizontes

Bh1-Bhm do perfil PF02. Isto corre devido à camada de areia grossa mal selecionada do horizonte Bhm subjacente à camada de areia fina do horizonte Bh1. O controle da frente de molhamento do solo pela variação estratigráfica está ligado à descontinuidade da porosidade entre camadas com diferentes tamanhos e ajustes de grãos de areia (Brady & Weil, 2008; Mancarella et al., 2012).

A lâmina delgada do perfil Caju2 mostra a segregação granular entre os horizontes Bhm2 e 2C (**Figura 4.A**). Existe maior frequência de poros com diâmetro equivalente maior que 20  $\mu\text{m}$  no horizonte 2C, enquanto o horizonte Bhm2 apresenta poros menores, com predomínio da classe 1-5  $\mu\text{m}$  de diâmetro equivalente (**Figura 4.B**). A estrutura sindeposicional imprimiu diferentes porosidades entre esses horizontes, de tal forma a concentrar poros menores no horizonte Bhm2 e poros maiores e interconectados no horizonte 2C. A variação da porosidade faz com que a retenção da MOD seja maior no horizonte Bhm2, concentrando material espódico trazido pela translocação de MOD que fica estagnada por quebra de capilaridade.

## CONCLUSÕES

A maior rugosidade do relevo dos compartimentos I, II e IV induz a eluviação e a formação de horizontes espódicos desenvolvidos devido a maior oscilação do lençol freático e ao transporte lateral de MOD, enquanto os compartimentos planos III e VI apresentam lençol freático próximo à superfície e desfavorece a podzolização, mas induz à literização.

A dinâmica hidrológica da MOD é controlada pela segregação granular certamente ligada a estrutura sindeposicional que define a morfologia de parte dos Espodosolos da Ilha Comprida.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a enorme ajuda dos funcionários do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP.

## REFERÊNCIAS

BLOTT, S. GRADISTAT version 4.0: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments by sieving or laser granulometer. University of London, 2000. 11 p.

BOULET, R. Análise estrutural da cobertura pedológica e cartografia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., Campinas, 1987. Anais. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988b. p.79-90.

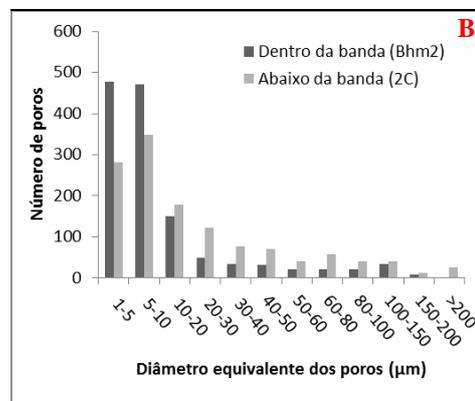
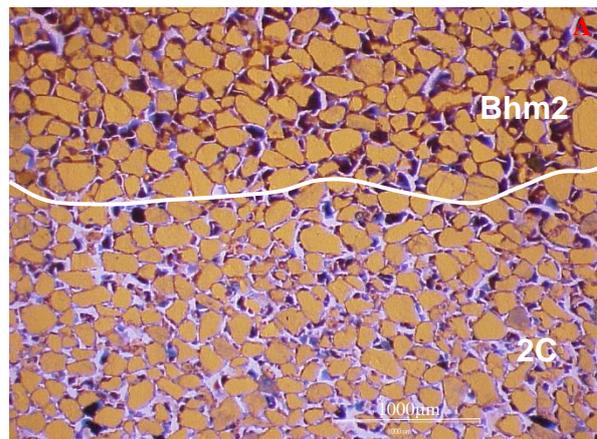
BRADY, N.C.; WEIL, R.R. The nature and properties of soils. New Jersey: Prentice-Hall, 1999. 171-212 p.

BULLOCK P., FEDOROFF N., JONGERIUS A., STOOPS G., Tursina T. 1985. Handbook for soil thin section description. Wolverhampton, Waine Research Publisher, 152 p.

COELHO, M.R.; MARTINS, V.M.; VIDAL-TORRADO, P.; GOUVEIA SOUZA, C.R. de; PEREZ, X.L.O.; VÁZQUEZ, F.M. Relação solo-relevo-substrato geológico nas restingas da planície costeira do estado de São Paulo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 34, n. 3, p. 833-846, 2010.

GUEDES, C.C.F.; GIANNINI, P.C.F.; SAWAKUCHI, A.O.; DEWITT, R.; NASCIMENTO Jr., D.R.; AGUIAR, V.A.P.; ROSSI, M.G. Determination of controls on Holocene barrier progradation through application of OSL dating: the Ilha Comprida Barrier example, Southeastern Brazil. Marine Geology, v. 285, n. 1, p. 1-16, 2011.

MANCARELLA, D.; DOGLIONI, A.; SIMEONE, V. On capillary barrier effects and debris slide triggering in unsaturated layered covers. Engineering Geology, v. 147, p. 14-27, 2012.



**Figura 4** – A: Fotomicrografia do perfil Caju 2 no contato entre os horizontes Bhm2-2C com distribuição relativa entre f/g dos tipos gefúrica, porfírica e mônica. B: Gráficos da distribuição da frequência de tamanho dos poros segundo o tratamento das imagens binárias do Visilog.

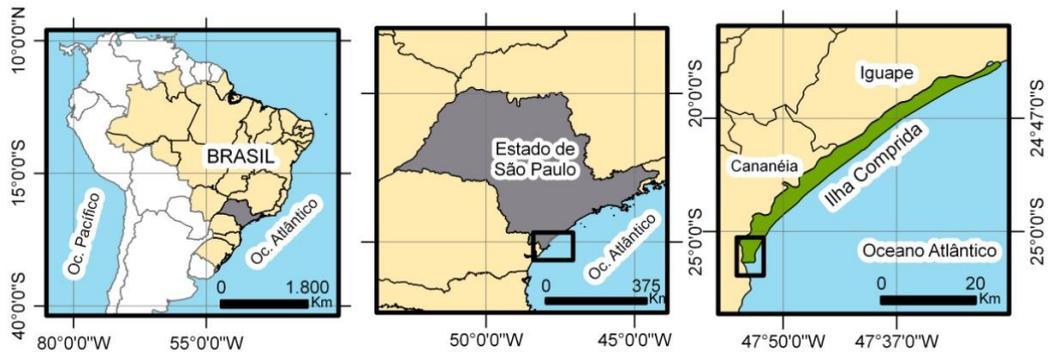


Figura 1 – Localização da área de estudo no Brasil, estado de São Paulo e no setor sul da Ilha Comprida

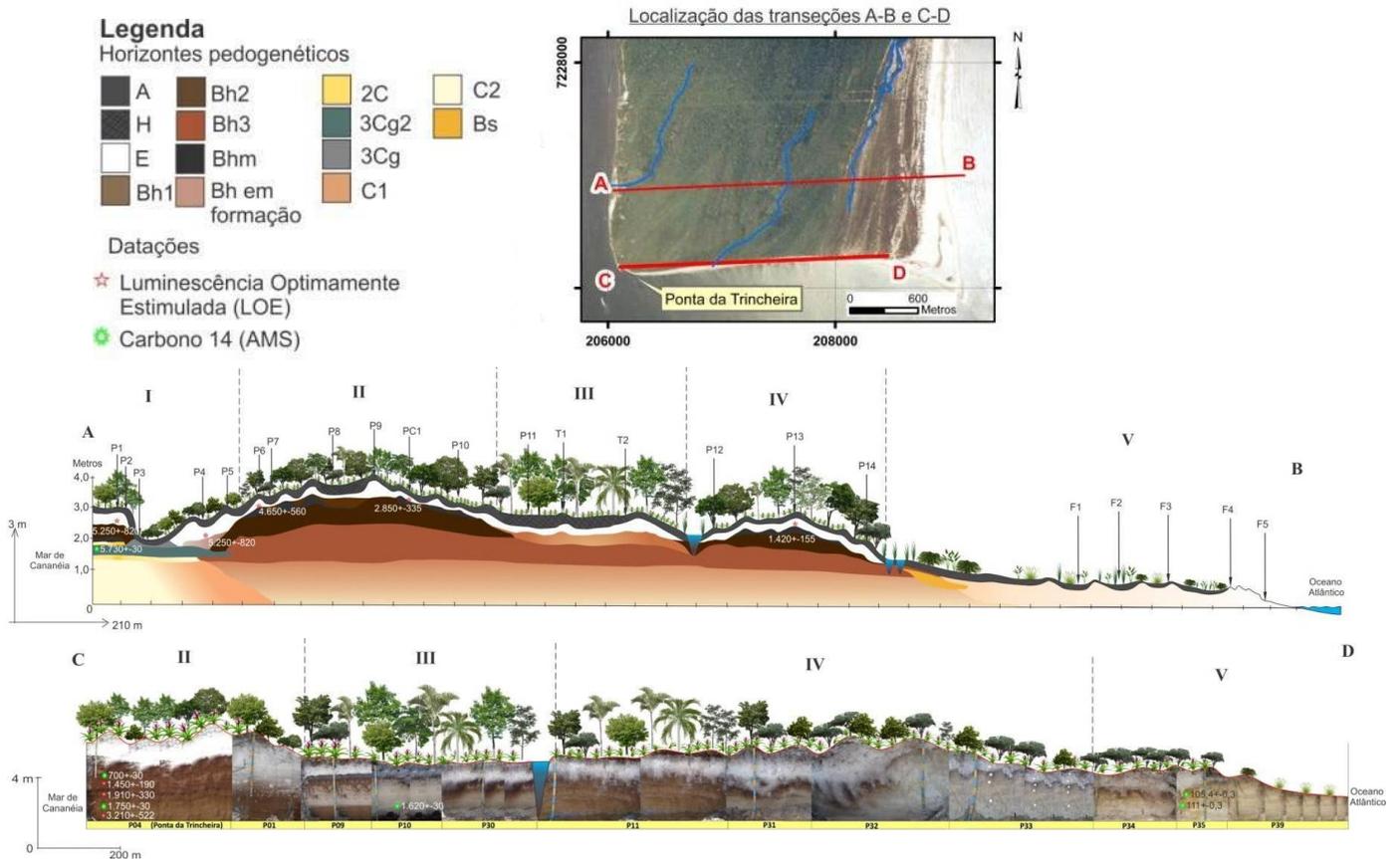


Figura 2 - Topocronossequências e compartimentos morfopedológicos das transeções A-B e C-D. Na transeção A-D localizada no interior da ilha existem cinco compartimentos, enquanto na transeção C-D (falésia sul) aparecem quatro compartimentos. A idade dos sedimentos e o desenvolvimento dos Espodosolos decrescem de oeste para leste