



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbccs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

Brasil

Gomes, Felipe Haenel; Vidal-Torrado, Pablo; Macías, Felipe; Souza Júnior, Valdomiro Severino de;
Otero Perez, Xosé Luis

SOLOS SOB VEGETAÇÃO DE RESTINGA NA ILHA DO CARDOSO (SP). II - MINERALOGIA DAS
FRAÇÕES SILTE E ARGILA

Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 31, núm. 6, 2007, pp. 1581-1589

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214061034>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

SOLOS SOB VEGETAÇÃO DE RESTINGA NA ILHA DA CARDOSO (SP). II - MINERALOGIA DAS FRAÇÕES SILTE E ARGILA⁽¹⁾

**Felipe Haenel Gomes⁽²⁾, Pablo Vidal-Torrado⁽³⁾, Felipe Macías⁽⁴⁾,
Valdomiro Severino de Souza Júnior⁽⁵⁾ & Xosé Luis Otero Perez⁽⁴⁾**

RESUMO

A vegetação de restinga é uma formação típica que ocorre na costa brasileira em materiais de origem quartzosa e pobres em nutrientes. Os solos que ocorrem nesses ambientes são principalmente Espodossolos e Neossolos Quartzarénicos, com incipiente processo de podzolização. A podzolização é freqüentemente estudada em regiões de clima frio, sendo escassos os estudos mineralógicos de Espodossolos em clima tropical e material de origem quartzoso. Neste trabalho foram estudados solos sob vegetação de restinga na Ilha do Cardoso-SP, com o objetivo de identificar a assembléia mineralógica da fração silte e argila deles, no intuito de dar subsídios para melhor entendimento de sua gênese. Os principais minerais encontrados na fração argila foram quartzo e caulinita e, na fração silte, feldspato e quartzo. Isso indica que nesses solos a assembléia mineralógica é relativamente mais intemperizada do que os Espodossolos encontrados sob clima mais frio, e mesmo em relação a outros solos estudados no litoral brasileiro, devido ao próprio material de origem, pobre em minerais primários intemperizáveis, e à migração de complexos organometálicos insaturados, o que aumenta seu poder de dissolução. Em alguns horizontes (2Cgj) foram identificadas esmectitas, as quais podem ser herdadas ou neoformadas, e sua gênese é dissociada da podzolização.

Termos para indexação: Espodossolo, podzolização, minerais primários em solos, caulinita.

⁽¹⁾ Extraído de parte da Tese de Doutorado apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – E.S.A.Q. Realizada com auxílio da CAPES e da FAPESP. Recebido para publicação em dezembro de 2005 e aprovado em julho de 2006.

⁽²⁾ Pesquisador do Centro de Tecnologia Canavieira. Fazenda Santo Antonio s/n, Caixa Postal 169, CEP 13400-970 (SP). E-mail: felipehgom@gmail.com

⁽³⁾ Professor do Departamento de Ciência do Solo, ESALQ/USP. Bolsista do CNPq. Email: pablo@esalq.usp.br

⁽⁴⁾ Professor de Geologia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Centro de Geociências – Universidade de São Paulo. E-mail: xoseluis@poli.usp.br

SUMMARY: SOILS UNDER RESTINGA VEGETATION ON THE CARDOSO ISLAND (SP). II - MINERALOGY OF SILT AND CLAY FRACTIONS

Restinga is a typical vegetation on quartzitic, sandy, nutrient-poor parent materials along the Brazilian coast. Podzolization is the main pedogenic process in restinga soils and Spodosols and Quartzipsamments with incipient podzolization are the most common soils. Podzolization is frequently studied in cold climate regions, while mineralogical studies of Spodosols in tropical climate on quartzitic parent material are scant. In this work, soils under restinga vegetation on the Ilha do Cardoso-SP, Brazil were studied to identify the mineralogical assembly of silt and clay fractions and to provide a better understanding of their genesis. Quartz and kaolinite are the main minerals in the clay fraction while feldspars and quartz prevail in the silt fraction. This indicates that the mineralogical assembly of the restinga soils on Ilha do Cardoso is poorer than that of soils in colder climates and of other soils along the Brazilian coast. This is mainly due to the parent material which is scarce in easily weatherable primary minerals. In some horizons (2Cg1) smectites were identified; they can be inherited or neofomed, and their genesis is unrelated with podzolization.

Index terms: Spodosol, podzolization, primary minerals in soils, kaolinite.

INTRODUÇÃO

Denomina-se vegetação de restinga uma variedade de formações vegetais, desde herbáceas, passando por formações arbustivas, chegando a florestas cujo dossel não ultrapassa 20 m de altura (Silva, 1999). Os solos que ocorrem mais comumente sob essa vegetação são Espodossolos e Neossolos Quartzarénicos (Moura Filho, 1998; Gomes et al., 1998; Rossi, 1999); muitas vezes estes últimos apresentam incipiente processo de podzolização.

Os Espodossolos são caracterizados pela presença do horizonte espódico, onde se acumulam misturas de complexos organometálicos, acompanhadas ou não de oxi-hidróxidos de Fe e Al e aluminossilicatos com diferentes graus de cristalinidade (imogolita, alofana, halosita, caulinita e vermiculitas com hidróxi entre camadas) (Estados Unidos, 1999; Embrapa, 1999). São solos que ocorrem em regiões úmidas, predominantemente em climas boreais, sob vegetação florestal, e, em menor frequência, em regiões de climas menos severos, sobre materiais de origem silicosos (Buurman, 1984; Lundström et al., 2000a). Nas regiões tropicais úmidas, ocorrem em materiais de origem quartzosos muito pobres (Oliveira et al., 1992; Lundström et al., 2000b).

A podzolização é o processo que consiste na translocação de material orgânico e Al, acompanhado ou não de Fe, dos horizontes superficiais para o horizonte subsuperficial, formando o horizonte espódico. Anderson et al. (1982) introduziram uma nova hipótese, sugerindo a possibilidade de migração de Fe, Al e Si na forma de complexos inorgânicos (oxeto

horizonte Bh. Esta hipótese foi refutada por & van Reeuwijk (1984), que atribuíram a pr aluminossilicatos pobremente cristalizados horizonte B, como a imogolita, à neoformação do Si iluvial junto a espécies de Al liberadas do complexo orgânico pela atividade microbiana.

Segundo Lundström et al. (2000a), são as principais teorias sobre mecanismos da podzolização que prevalecem, as quais diferem no mecanismo de migração de Al e Fe no horizonte B. Cabe ressaltar que, geralmente aceito que, Fe e Al migram na forma de complexos orgânicos. A primeira teoria, da migração de Fe e Al no horizonte B, baseada na precipitação (Petersen, 1976), envolve ácidos orgânicos de peso molecular mais elevado, que dissolvem Al de minerais nos horizontes superficiais, formando complexos organometálicos móveis, que, em adição contínua de metais, precipitam no horizonte B, determinada relação C/Metal (Buurman, 1984), formando o horizonte espódico. A segunda teoria, da migração de Fe e Al no horizonte B, baseada na biodegradação, envolve ácidos orgânicos de massa molecular menor, os quais são decompostos microbianamente durante a migração, liberando Fe, que precipita na forma de MTI (manganato de imogolita) e ferridrita no horizonte B (Lundström et al., 1995).

De acordo com van Breemen & Buurman (1995), a podzolização altera profundamente os minerais primários como secundários, havendo enriquecimento relativo de minerais mais resistentes ao intemperismo (quartzo, zircônio e anatásio, dentre outros), enquanto os minerais mais suscetíveis são intemperizados e desaparecem do sistema. A fração argila é alterada, em alofana e imogolita, ou em filossilicatos.

Haile-Mariam & Mokma (1995) encontraram, na fração silte, principalmente quartzo e, em menor proporção, feldspato. Na fração argila, as hidrossequências estudadas indicam que ocorreu a transformação de muscovita em vermiculita nos horizontes B e de vermiculita em esmectita nos horizontes E, em cuja fração a esmectita é o mineral dominante. O intemperismo desses minerais parece ser retardado pelo lençol freático.

No Brasil, Gomes (1995), estudando Espodossolos sob vegetação de restingas no Estado do Rio de Janeiro, encontrou quartzo, feldspatos, caulinita, mica, gibbsita e vermiculita com hidróxi entre camadas na fração silte. Já Moura Filho (1998), estudando Espodossolos sob restinga na costa alagoana, constatou a presença de quartzo, caulinita, feldspatos e mica na mesma fração. No entanto, ressaltou que a composição mineralógica desses solos é muito variável, até mesmo no próprio perfil. Na fração argila, esse autor encontrou caulinita, quartzo, mica, clorita e feldspato-K. Gomes (1995) encontrou nessa fração quartzo, caulinita, mica, gibbsita, vermiculita com hidróxi entre-camadas e esmectita interestratificada. Na Bahia, Gomes (2002), também em Espodossolos sob vegetação de restinga, encontrou caulinita, quartzo, mica e esmectita.

Este trabalho teve o intuito de identificar os minerais na fração argila e silte de solos sob vegetação de restinga na Ilha do Cardoso-SP, com o objetivo de dar subsídios para melhor entendimento da sua gênese.

MATERIAL E MÉTODOS

Os solos estudados estão localizados na porção nordeste da Ilha do Cardoso, em uma parcela de 10 ha sob vegetação de restinga, incluída no projeto "BIOTA - parcelas permanentes", pertencente ao parque estadual da Ilha do Cardoso, e descrita por Gomes et al. (2006).

Escolha dos perfis

A partir dos teores de argila obtidos (Gomes et al., 2006), foram selecionados alguns horizontes para extração da fração argila visando à caracterização mineralógica por meio da difratometria de raios X. Dessa forma, foi obtida esta fração para 16 horizontes, os quais foram analisados, escolhendo-se, ao final, os nove horizontes mais representativos. São eles: perfil H3 (horizontes Cg4 e Cg8), perfil H9 (horizonte Bhs1), perfil H16 (horizontes Bhsj3 e 2Cgj), perfil C14 (horizontes Bhs1 e Bhs2), perfil J14 (horizonte Bhsj1) e perfil P14 (horizonte 2Cgj).

Preparo das amostras

lavagem de sais solúveis. Posteriormente, areia, silte e argila foram separadas por peneira úmido, sendo silte e argila separados por densidade (Jackson, 1969).

O preparo das amostras foi realizado em forma de vidro na forma de agregados orientados das argilas, e na forma de pó não orientado do silte. Foram saturadas amostras de argila a temperatura ambiente (K25) e após aquecidas a 350°C (K350) e 550°C (K550), durante três horas. Foi também realizada a saturação com Mg²⁺ das argilas solvatadas em etileno-glicol (Mg).

A identificação mineralógica foi realizada por difração de raios X por meio de um difratômetro PW 1130, empregando tensão de 40 KV e corrente de 40 mA, usando a radiação Cu-K α ao ângulo 0,02 ° 2 θ , na velocidade de 1 passo s⁻¹. As amostras de argilas orientadas foram processadas na temperatura de 65 ° 2 θ , enquanto as amostras na forma de pó e silte, no intervalo de 30 a 60 ° 2 θ .

Foram também realizados estudos de varredura por meio da microscopia eletrônica de varredura (MEV), utilizando microscópio eletrônico de varredura (VP) na fração densa (d > 2,89) da TFSA (seca ao ar) dos horizontes 2Cgj, devido à ocorrência de pirita (Gomes et al., 2006), que é destruída pelo tratamento com peróxido de hidrogênio.

RESULTADOS

Fração silte

Na fração silte (Figura 1), o quartzo e o feldspato foram os únicos minerais identificados em todos os horizontes, com os picos de 0,426, 0,334 e 0,337 nm para o quartzo e nas regiões de 0,403 a 0,406, 0,378; e 0,317 a 0,322 para o feldspato. Os horizontes Bhs dos perfis H9 e C14 foram os únicos onde foi identificada mica. Nos demais perfis, mica foi identificada pelos picos em 1,00; 0,50 e 0,336 nm, mesmo ocorreu com a caulinita, identificada praticamente nos mesmos horizontes onde foi identificada mica, excetuando o horizonte Bhs do perfil H9, que apresentou um pico muito sutil, de baixa intensidade, indicando que pode haver traços deste mineral. Para a identificação da caulinita, foram utilizados picos de 0,712 e 0,356 nm.

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) na fração densa (d > 2,89) da TFSA mostrou a presença de pirita na fração silte do horizonte 2Cgj (Figura 2). É possível identificar piritas degradadas na fração areia com cristais incrustados. Na difratometria de raios X, foram identificados picos de 0,336, 0,337, 0,378, 0,403, 0,426, 0,500, 0,712, 1,00 e 3,340 nm.

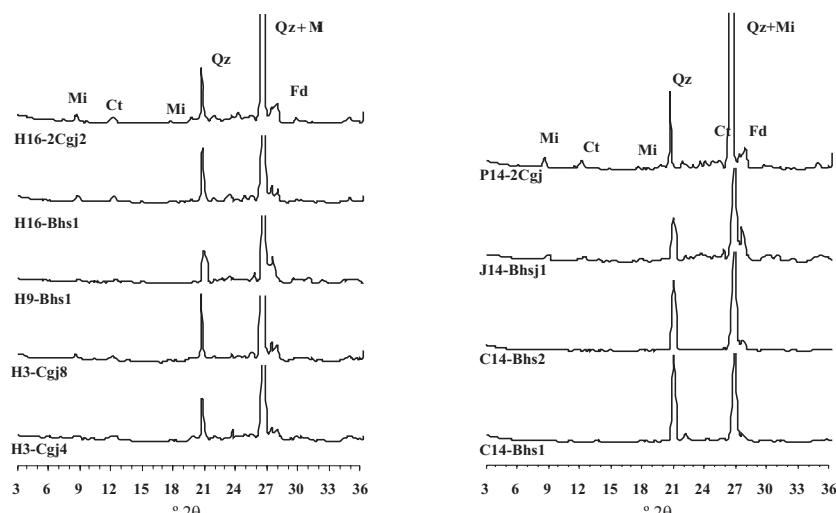


Figura 1. Difratogramas da fração silte dos solos estudados na parcela permanente sob vegetação de restinga do projeto “BIOTA Parcelas Permanentes”, Ilha do Cardoso, Cananéia, SP. Ct: caulinita, Qz: quartzo, Gb: gibbsita, Es: esmectita, Fd: feldspato.

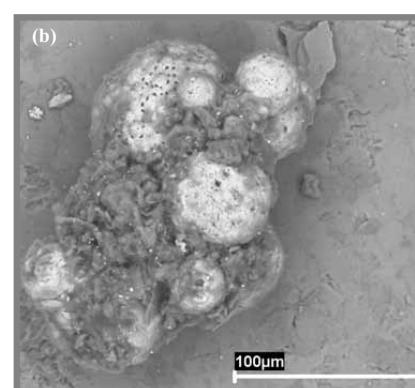
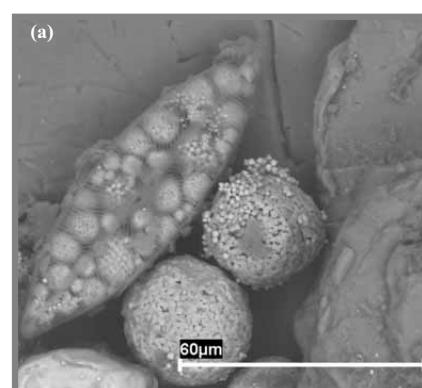


Figura 2. Microscopia eletrônica de varredura (MEV) de piritas na fração silte do horizonte 2Cgj4 H16, mostrando um exoesqueleto de diatomácea preenchido com o mineral (a) e outra, em processo de oxidação com silicatos incrustados ao redor (b).

Fração argila

Os minerais comuns a todos os horizontes na fração argila foram o quartzo, identificado nos picos de 0,426, 0,334 e 0,237 nm, e a caulinita, por meio dos picos de 0,712 e 0,356 nm, os quais colapsaram ao serem submetidos à temperatura de 550 °C (Figuras 3, 4 e 5). Nos horizontes Bhs1 e Bhs2 do perfil C14, destaca-se a presença de vermiculita, identificada no pico de 1,40 nm, o qual não expandiu-se ao ser saturado com

identificado foi a esmectita, nos horizontes perfis H16 e P14, com o pico de 1,40 nm, que saturou a 1,68 ao saturar a amostra com EG. Esse ocorreu também no perfil H3, nos horizontes Cgj8. A gibbsita ocorreu nos perfis H3, P14, sendo identificada no pico de 0,334 nm, colapsando à temperatura de 350 °C.

DISCUSSÃO

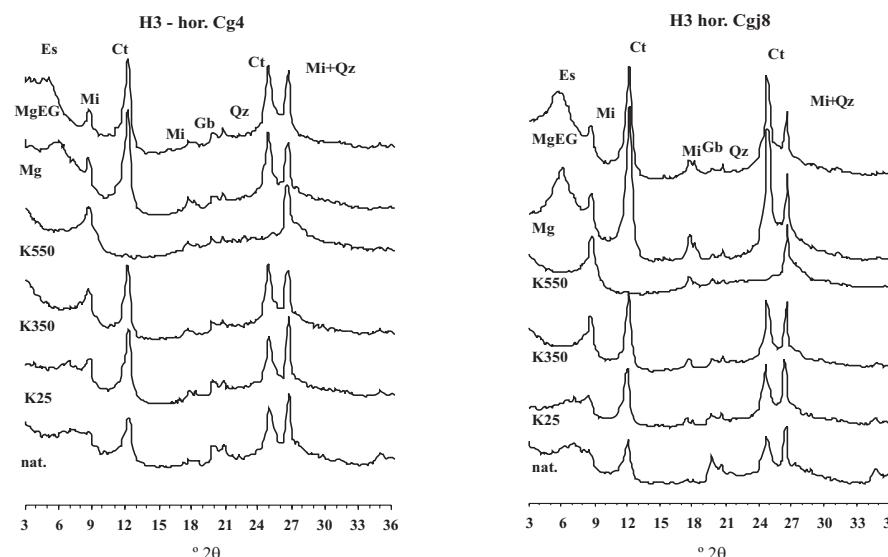


Figura 3. Difratogramas da fração argila dos horizontes Cg4 e Cgj8 do perfil H3. Ct: caulinita, Mi: quartzo, Gb: gibbsita, Es: esmectita.

observados em outros estudos em solos sob vegetação de restinga no Brasil. As principais diferenças são a ausência de vermiculita com hidróxi entre camadas, descrita por Gomes (1995) nas restingas do Estado do Rio de Janeiro, e de clorita, identificada por Moura Filho (1998) na costa alagoana.

Na fração silte, foram identificados quartzo e feldspatos em todos os solos. A ocorrência de diferentes faixas de picos de feldspatos pode indicar a presença tanto de feldspatos potássicos como de plagioclásios. Estes minerais foram provavelmente herdados do intemperismo de rochas cristalinas da Serra do Mar ou de areias reliquiais dos sedimentos arenosos costeiros retrabalhados durante os últimos eventos transgressivos holocénicos.

Nos perfis H9 e C14 não foi identificada a presença de mica na fração silte, provavelmente devido à ocorrência de condições não favoráveis à sua estabilidade nesta fração, já que o material de origem é o mesmo, ocorrendo na fração argila apenas no perfil H9. Desses dois perfis, no C14 não foi identificada mica nem mesmo na fração argila, ocorrendo, contudo, a vermiculita, o que pode indicar possível transformação de mica em vermiculita, principalmente no horizonte Bhs2. De acordo com Gomes et al. (2006), esses dois perfis, embora hidromórficos, são os que têm menor influência do lençol freático dentre os solos estudados, o que provavelmente pode influenciar a maior intensidade de intemperismo.

frio, sobre diferentes materiais de origem, a que ocorrem em sedimentos arenosos, típicos tropicais (Gillet et al., 1975; Johnson & 1989; He et al., 1998; Gustafsson et al., 1995; Moura Filho, 1998; Melkerud et al., 2002). Segundo Mc Keague et al. (1983), é a presença deste mineral em Espodossolos temperado desenvolvidos no Quaternário. L (1989) citaram a ocorrência de quartzo na fração argila grossa (0,2 a

A caulinita ocorreu em todos os solos argila, fato comum em Espodossolos de clima subtropical, onde o intemperismo é maior podendo ser o mineral dominante (Van Burenman, 2002). De acordo com Kämpf & C, a caulinita pode ser formada a partir de minerais – o exemplo neste estudo poderia ser dos feldspatos, os quais ocorrem na fração silte. Também, já seria herdada dos solos das proximidades, que são essencialmente caulinitíticos (Sakai & Lepsch, 1984). A caulinita silte é possivelmente originada da intemperização da biotita (Kretzschmar et al., 1997; Jolicoeur et al., 1998) ou da muscovita (Muggler, 1998).

A esmectita que foi identificada nos perfis P14 e H3 pode ser de origem alóctone ou neóctone, não tendo relação com o processo de podzolização. A neoforção de esmectitas nesse ambiente é possível por meio da oxidação da pirotita.

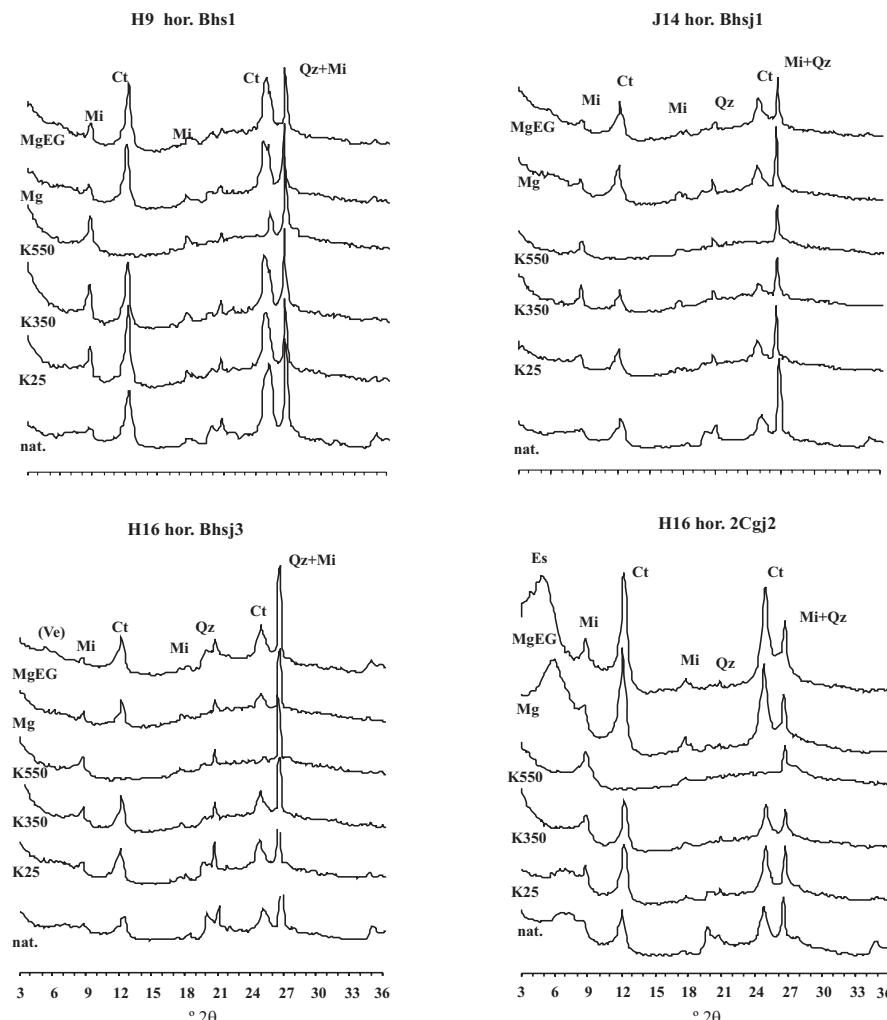


Figura 4. Difratogramas da fração argila do horizonte Bhs1 do perfil H9, horizonte Bhsj1 do perfil horizontes Bhsj3 e 2Cgj2 do perfil H16. Ct: caulinita, Mi: mica, Qz: quartzo, Gb: gibbsita, Es: esmectita, Ve: vermiculita.

presença de diatomáceas nos horizontes onde ocorreu a esmectita (Figuras 2 e 3) podem apoiar essa hipótese. Todavia, não se pode deixar de ressaltar outra possível origem, marinha, já que este horizonte corresponde a um nível estratigráfico inferior de textura mais fina, com argilas depositadas em um pretérito fundo de canal ou de baía, sobre o qual as areias holocénicas foram depositadas. A origem continental deve ser descartada, já que é rara a ocorrência de solos no entorno da planície com presença de esmectita (Sakai & Lepsch, 1984). No caso do perfil H3, onde não foi identificada a presença

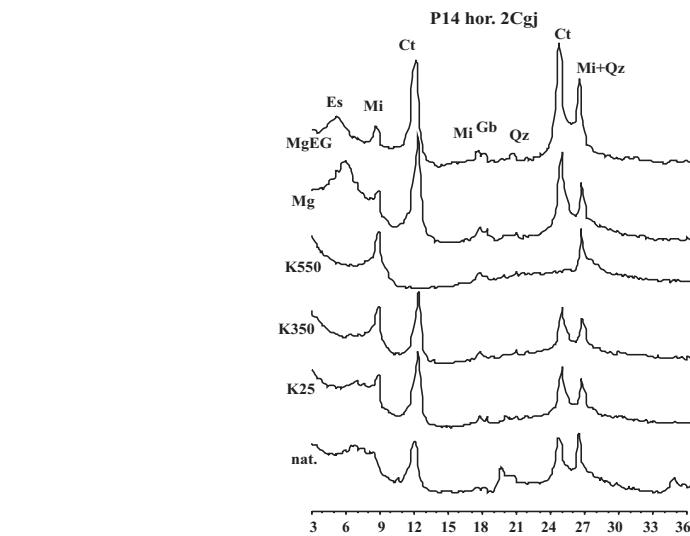
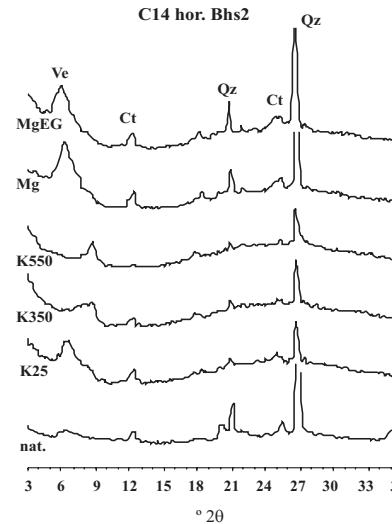
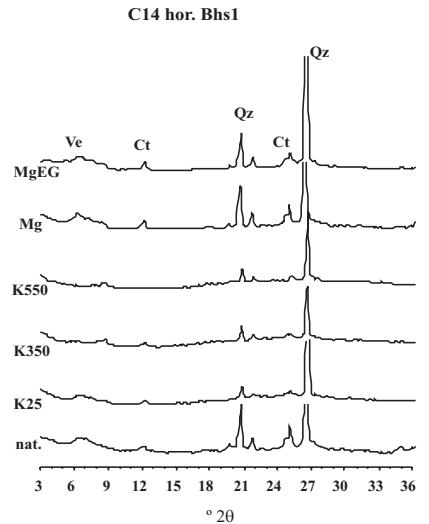
identificada por DRX, deve ocorrer em horizontes profundos, influenciando os horizontes superiores.

A presença de gibbsita se deu principalmente nos horizontes 2Cgj. O perfil H3 também apresentou gibbsita mineral, sendo mais um indício de influência de material de origem relacionado aos horizontes superiores. Este mineral também pode ter sido herdado de solos das áreas do entorno, como constatado anteriormente para a caulinita. Os dados sugerem que a gibbsita deve ser o resultado do aumento do pH determinado pelo carbonato de calcário.

SOLOS SOB VEGETAÇÃO DE RESTINGA NA ILHA DO CARDOSO (SP). II - MINERALOGIA DAS...

Mesmo com a forte influência do lençol freático, a pobreza inicial do material de origem, o qual sofreu retrabalhamentos nos dois últimos eventos transgressivos (Suguió & Martin, 1978), gerou solos com assembleia mineralógica menos diversificada que as daqueles de regiões temperadas e até mesmo de outros estudos realizados sob vegetação de restinga no Brasil. A composição mineralógica da fração silte em relação à fração argila é um bom indício de que os poucos minerais menos resistentes que ocorreram nesta fração, como o feldspato e a mica, deram lugar à caulinita e vermiculita.

A predominância de fases não-cristalinas em todos os solos estudados, como descrito (2005), com as extrações por ditionito-citrato obtendo valores próximos aos das extrações por oxalato de amônio e pirofosfato de sódio. Cabe ressaltar que os valores extraídos de silicatos dissolvidos seletivamente (dados não apresentados) estão abaixo do limite de detecção pelos métodos empregados em todos os horizontes espódicos, mesmo sem diluição, eliminando ou diminuindo substancialmente a possibilidade de ocorrência de silicatos mal cristalizados, como as proto-ilmirinas.



a alofana nesses horizontes. Para estudo mais pormenorizado das fases amorfas que ocorrem nesses solos, devem-se utilizar, em adição à difração de raios X, técnicas mais sofisticadas, como a espectroscopia no infravermelho transformada de Fourier, para as fases contendo Al, e espectroscopia de Mössbauer, para as fases contendo Fe.

CONCLUSÕES

1. Os horizontes espódicos apresentaram quartzo e caulinita como principais minerais da fração argila e quartzo e feldspato na fração silte.

2. A esmectita nos horizontes 2Cgj tem duas origens possíveis: neoformação de nontronita ou esmectitas férricas a partir da oxidação da pirita e, ou, herança do material de origem marinha e não tem relação com o processo de podzolização.

3. O intenso intemperismo, aliado à pobreza do material de origem, gerou solos com assembléia mineralógica menos diversificada em relação aos Espodossolos de clima temperado.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento do doutorado-sanduíche do primeiro autor; e à FAPESP, por meio do projeto: "Diversidade, dinâmica e conservação em florestas do Estado de São Paulo: 40 ha de parcelas permanentes- BIOTA", pelo apoio financeiro.

LITERATURA CITADA

- ANDERSON, H.A.; BERRROW, M.L.; FARMER, V.C.; HEPBURN, A.; RUSSELL, J.D. & WALKER, A.D. A reassessment of Podzol forming processes. *J. Soil Sci.*, 33:125-136, 1982.
- BUURMAN, P. Carbon/sesquioxide ratios in organic complexes and the transition albic-spodic horizon. *J. Soil Sci.*, 36:355-260, 1985.
- BUURMAN, P. Editor's comments on paper 1- The Podzol concept. In: BUURMAN, P. *Podzols*. New York, Van Nostrand Reinhold, 1984. p.8-11.
- BUURMAN, P. & van REEUWIJK, L.P. Proto-imogolite and the process of Podzol formation: A critical note. *J. Soil Sci.*, 35:447-452, 1984.
- DREES, L.R.; WILDING, L.P.; SMECK, N.E. & SENKAYI, A.J. Silicate minerals. Quantitative analysis of illite, kaolinite, and smectite. *Clay Min.*, 10:111-120, 1972.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Division. Soil Conservation Service. Soil Survey Staff. Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 2.ed. Washington, 1999. 869p.

FERNANDEZ-CALIANI, J.C.; CRESPO, E.; RODRIGUEZ-BARRENECHEA, J.F. & LUQUE, F.J. Formation of nontronite from oxidative dissolution of smectite disseminated in precambrian felsic metavolcanic rocks of the Southern Iberian Massif (Spain). *Clays Clay Min.*, 52:106-114, 2004.

GOMES, F.H. Caracterização de solos de manguezais restinga no município de Ilhéus-Bahia. *V. Tese de Mestrado*, Universidade Federal de Viçosa, 2002. 96p.

GOMES, F.H. Caracterização e gênese de solos subrestinga na Ilha do Cardoso-SP. *Piracicaba, Faculdade Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, (Tese de Doutorado)

GOMES, F.H.; VIDAL-TORRADO, P.; MACÍAS, F.; BURGOS, B. & OTERO, X.L. Solos sob vegetação de manguezais na Ilha do Cardoso (SP): I. Caracterização e classificação. *Bras. Ci. Solo*, 31:1563-1580, 2007.

GOMES, J.B.V. Caracterização, gênese e uso de solos de manguezais restinga sob diferentes coberturas vegetais. *Bras. Ci. Solo*, 19:15-22, 1995. 158p. (Tese de Mestrado)

GOMES, J.B.V.; RESENDE, M.; REZENDES, M.; MENDONÇA, E.S. Solos de três áreas de manguezais: Morfologia, caracterização e classificação. *Bras. Ci. Solo*, 33:1907-1919, 1998.

GUILLET, B.; ROUILLER, J. & SOUCHIER, B. Patterns of clay migration in Spodosols of Eastern France. *Geoderma*, 14:223-245, 1975.

GUSTAFSSON, J.P.; BHATTACHARYA, P. & KARLSSON, B. Mineralogy of poorly crystalline aluminum phases in the B horizon of Podzols in Southern Sweden. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 63:707-718, 1999.

HAILE-MARIAM, S. & MOKMA, D.L. Mineralogy of a Spodosol hydrosequence in Michigan. *Soil Science Society of America Journal*, 53:1117-1122, 1995.

HE, J.Z.; GILKES, R.J. & DIMMOCK, G.M. Mineral properties of sandy Podzols on the Swan Coastal Plain, South-west Australia, and the effects of dryland phosphate sorption characteristics. *Australian Journal of Soil Research*, 36:395-409, 1998.

JACKSON, M.L. *Soil chemical analysis – Advanced methods*. Madison, University of Wisconsin, 1969. 895p.

SOLOS SOB VEGETAÇÃO DE RESTINGA NA ILHA DO CARDOSO (SP). II - MINERALOGIA DAS...

- JOLICOEUR, S.; ILDEFONSE, P. & BOUCHARD, M. Kaolinite and gibbsite weathering of biotite within saprolites and soils of central Virginia. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64:1118-1129, 2000.
- KÄMPF, N. & CURI, N. Argilominerais em solos brasileiros. In: CURI, N.; MARQUES, J.G.S.M.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S. & ALVAREZ V., V.H., eds. *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3. p.1-54.
- KRETZSCHMAR, R.; ROBARGE, W.P.; MOOZEGAR, A. & VEPRASKAS, M.J. Biotite alteration to halloysite and kaolinite in soil-saprolite profiles developed from mica schist and granite gneiss. *Geoderma*, 75:155-170, 1997.
- LUNDSTRÖM, U.S.; van BREEMEN, N. & BAIN, D.C. The podzolization process: A review. *Geoderma*, 94:91-107, 2000b.
- LUNDSTRÖM, U.S.; van BREEMEN, N. & JONGMANS, A.G. Evidence for microbial decomposition of organic acids during podzolization. *Eur. J. Soil Sci.*, 46:489-496, 1995.
- LUNDSTRÖM, U.S.; van BREEMEN, N.; BAIN, D.C.; van HEES, P.A.W.; GIESLER, R.; GUSTAFSSON, J.P.; ILVESNIESMI, H.; KARLTUN, E.; MELKERUD, P.A.; OLSSON, M.; RIISE, G.; WAHLBERG, O.; BERGELIN, A.; BISHOP, K.; FINLAY, R.; JONGMANS, A.G.; MAGNUSSON, T.; MANNERKOSKI, H.; NORDGREN, A.; NYBERG, L.; STARR, M. & TAU STRAND, L. Advances in understanding the podzolization process resulting from a multidisciplinary study of three coniferous forest soils in the Nordic Countries. *Geoderma*, 94:335-353, 2000a.
- McKEAGUE, J.A.; DeCONINCK, F. & FRANZMEIER, D.P. Spodosols. In: WILDING, L.P.; SMECK, N.E. & HALL, G.F. *Pedogenesis and soil taxonomy. II The soil orders*. Amsterdam, Elsevier, 1983. p.217-252.
- MELKERUD, P.A.; BAIN, D.C.; JONGMANS, A.G. & TARVAINEN, T. Chemical, mineralogical and morphological characterization of three Podzols developed on glacial deposits in Northern Europe. *Geoderma*, 94:125-148, 2000.
- MOURA FILHO, G. Caracterização e uso de solos associados à foz do rio São Francisco, no litorâneo de Alagoas. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1998. 169p. (Tese de Doutorado)
- MUGGLER, C.C. Polygenetic Oxsols on Tertiary soils of Minas Gerais, Brazil. *Soil genesis and development*. Wageningen, Wageningen University, 1986. 186p. (Tese de Doutorado)
- OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T. & CAMARGO, J.A. *Classes gerais de solos do Brasil: Guia auxiliar para reconhecimento*. 2.ed. Jaboticabal, FUNEP, 1992.
- PETERSEN, L. *Podzols and podzolization*. Copenhagen, Veterinary and Agricultural University, 1976.
- ROSSI, M. Fatores formadores da paisagem litorânea do Guaratuba, São Paulo – Brasil. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1999. 159p. (Tese de Doutorado)
- SAKAI, E. & LEPSCH, I.F. Levantamento pedológico da estação experimental de Pariquera Açu. Instituto Agronômico, 1984. 56p. (Boletim Técnico)
- SILVA, S.M. Diagnósticos das restingas do litorâneo da Zona Costeira e Marinha. In: *WORKSHOP DE AVALIAÇÃO E AÇÕES PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE DA ZONA COSTEIRA E MARINHA*, 1999, Póvoa de Varzim, Portugal. Anais eletrônicos. Porto Seguro, Fundação Boticário, 1999. Disponível em: <<http://www.bdt.fat.org.br/costa/restinga/>>. Acesso em: 10 de abril de 2000.
- SUGUIO, K. & MARTIN, L. Formações quaternárias do litoral paulista e sul fluminense. In: *INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY*, 1., São Paulo, 1978. Anais. São Paulo, 1978. 55p.
- van BREEMEN, N. & BUURMAN, P. *Soil formation in tropical forests*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2000.