



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbcs.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 DO 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 Quartzarênicos, 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 (2Cg) 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” – ECA/USP. 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, São Carlos (SP). E-mail: felipehgommes@hotmail.com

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

⁽⁴⁾ Professor do Departamento de Edafologia, Universidade de Santiago de Compostela, Espanha. E-mail: felipe@ccma.usc.es

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 (2Cgi) smectites were identified; they can be inherited or neoformed, 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 Quartzarênicos (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, haloisita, 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 (proto-

horizonte Bh. Esta hipótese foi refutada por & van Reeuwijk (1984), que atribuíram a presença de aluminossilicatos pobremente cristalinizados no horizonte B, como a imogolita, à neoformação do Si iluvial junto a espécies de Al liberadas pelo 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 imobilização de Al e Fe no horizonte B. O primeiro, geralmente aceito que, Fe e Al migram na forma de compostos orgânicos. A primeira teoria, da podzolização por precipitação (Petersen, 1976), envolve ácidos de peso molecular mais elevado, que dissolvem o Al de minerais nos horizontes superficiais, formando complexos organometálicos móveis, que, com a adição contínua de metais, precipitam na determinada relação C/Metal (Buurman, 1984), formando o horizonte espódico. A segunda teoria, de biodegradação, envolve ácidos orgânicos de baixa massa molecular, os quais são decompostos microbianoamente durante a migração, liberando Fe, que precipitam na forma de MTI (material tipo da imogolita) e ferridrita no horizonte Bh (Lundström et al., 1995).

De acordo com van Breemen & Buurman (1983), 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 cede Fe, Al e Si 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 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 aquecimento a 350°C (K350) e 550°C (K550), durante três horas. Também realizada a saturação com Mg^{2+} nas argilas solvatadas em etileno-glicol (Mg^{2+}).

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 de 0,02 ° 2 θ , na velocidade de 1 passo s⁻¹. As amostras de argilas orientadas foram processadas na forma de pó a 65 ° 2 θ , enquanto as amostras na forma de pó não orientado de argila e silte, no intervalo de 3 a 30 ° 2 θ .

Foram também realizados estudos de morfologia por meio da microscopia eletrônica de varredura (MEV), utilizando microscópio eletrônico de varredura (MEV) na fração densa ($d > 2,89$) da TFSA (fração de silte seca ao ar) dos horizontes 2Cgj, devido à ocorrência de pirita (Gomes et al., 2006), que é destruída no 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 0,334 para o quartzo e nas regiões de 0,403 a 0,403, 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, a mica foi identificada pelos picos em 1,00; 0,50 e 0,334, o mesmo ocorreu com a caulinita, identificada praticamente nos mesmos horizontes onde a mica, excetuando o horizonte Bhs do perfil H9, apresentou um pico muito sutil, de baixa intensidade, indicando que pode haver traços deste mineral. Na identificação da caulinita, foram utilizados os picos de 0,712 e 0,356 nm.

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) na fração densa ($d > 2,89$) da TFSA não detectou a presença de pirita na fração silte do horizonte H9, perfil H16 (Figura 2). É possível identificar a presença de pirita degradada na fração areia com os cristais incrustados. Na difratometria de raios X, a pirita foi identificada nos horizontes 2Cgj, devido à ocorrência de pirita (Gomes et al., 2006), que é destruída no tratamento com peróxido de hidrogênio.

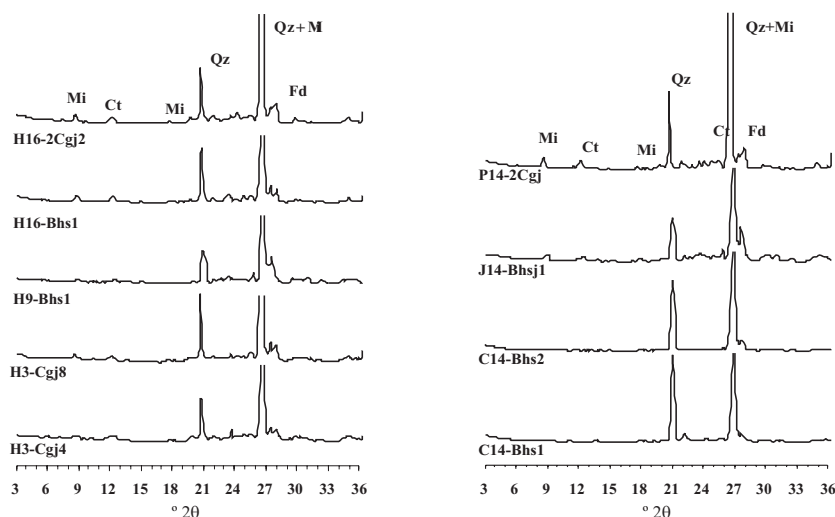


Figura 1. Difratomogramas da fração silte dos solos estudados na parcela permanente sob vegetação de restinga do projeto “BIOTA Parcelas Permanentes”, Ilha do Cardoso, Cananéia, SP. Ct: caulinita, Qz: quartzo, Gb: gibbsita, Es: esmectita, Fd: feldspato.

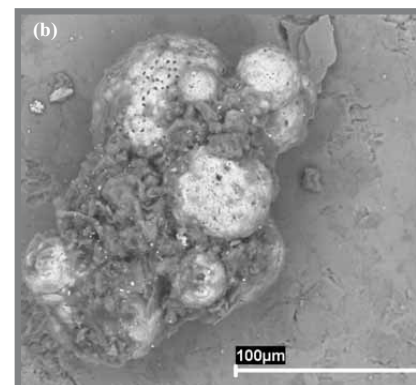
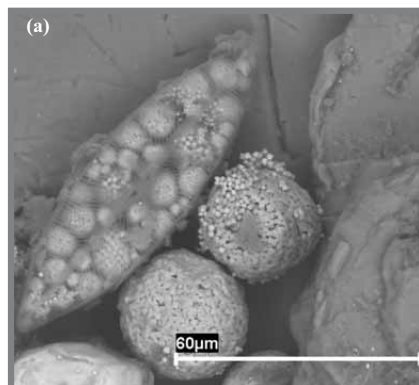


Figura 2. Microscopia eletrônica de varredura (MEV) de piritas na fração silte do horizonte 2Cgj2 e H16, mostrando um exoesqueleto de diatomácea preenchido com o mineral (a) e outra, em processo de oxidação com silicatos incrustados ao redor (b).

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 ao ser saturado com

identificado foi a esmectita, nos horizontes Bhs1 e Bhs2 dos perfis H16 e P14, com o pico de 1,40 nm, que não expandiu para 1,68 ao saturar a amostra com EG. Essa expansão ocorreu também no perfil H3, nos horizontes Bhs1 e Bhs2, e no Cgj8. A gibbsita ocorreu nos perfis H3, H9, H16, P14, sendo identificada no pico de 0,356 nm, o qual colapsando à temperatura de 350 °C.

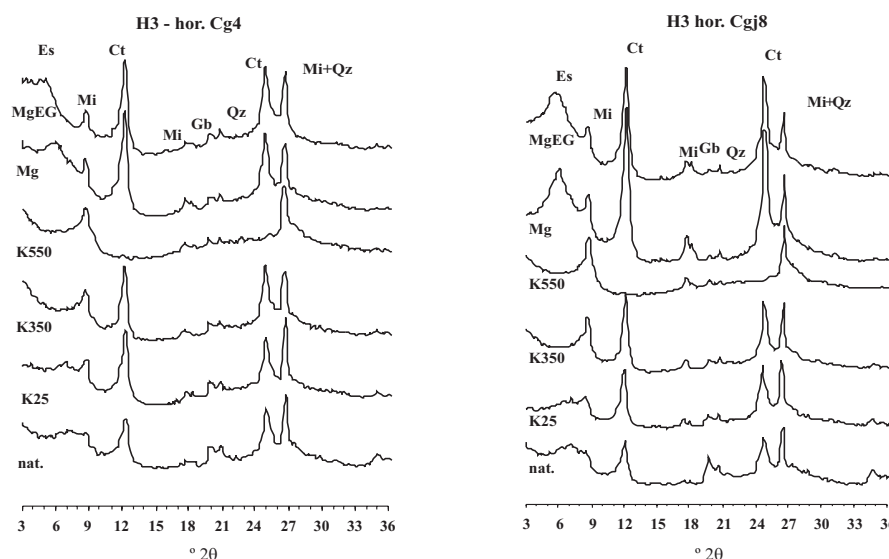


Figura 3. Difrátogramas da fração argila dos horizontes Cg4 e Cgj8 do perfil H3. Ct: caulinita, Mi: mica, Qz: quartzo, Gb: gibbsita, Es: esectita.

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 holocênicos.

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 do intemperismo.

frio, sobre diferentes materiais de origem, a caulinita ocorre em sedimentos arenosos, típicos de ambientes tropicais (Guillet et al., 1975; Johnson & 1989; He et al., 1998; Gustafsson et al., 1999; 1995; Moura Filho, 1998; Melkerud et al., 2002). Segundo Mc Keague et al. (1983), a presença deste mineral em Espodosolos temperado desenvolvidos no Quaternário. L (1989) citaram a ocorrência de quartzo na fração silte, sendo restrita à fração argila grossa (0,2 a

A caulinita ocorreu em todos os solos de fração argila, fato comum em Espodosolos de clima tropical e subtropical, onde o intemperismo é mais intenso, podendo ser o mineral dominante (Van Buren & 1998). De acordo com Kämpf & C (1998), a caulinita pode ser formada a partir de feldspatos, os quais ocorrem na fração silte. Também, já seria herdada dos solos das restingas, que são essencialmente caulinita e gibbsita (Sakai & Lepsch, 1984). A caulinita na fração silte é possivelmente originada da transformação de biotita (Kretzschmar et al., 1997; Jolicœur et al., 1998) ou da muscovita (Muggler, 1998).

A esectita que foi identificada nos perfis H9 e H3 pode ser de origem alóctone ou neógena, não tendo relação com o processo de pedogênese. Neoformação de esectitas nesse ambiente é possível por meio da oxidação de pirita.

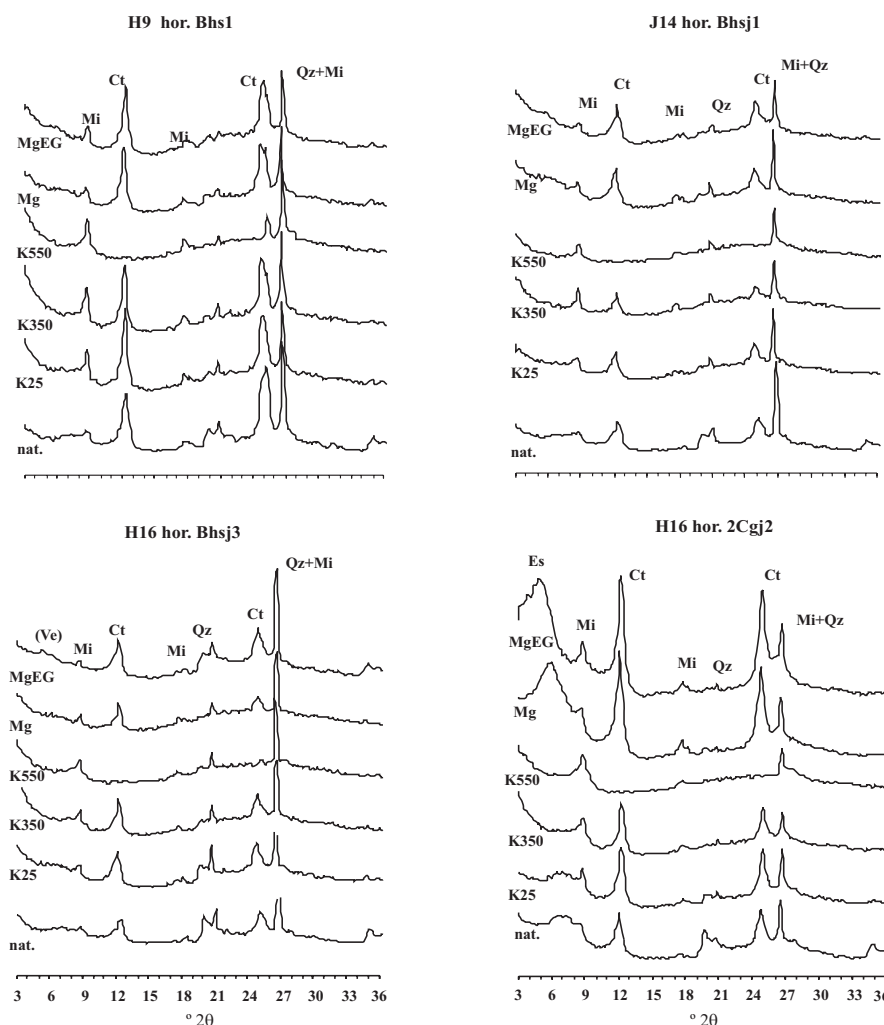


Figura 4. Difratomogramas da fração argila do horizonte Bhs1 do perfil H9, horizonte Bhsj1 do perfil J14, horizontes Bhsj3 e 2Cgj2 do perfil H16. Ct: caulinita, Mi: mica, Qz: quartzo, Gb: gibbsita, Es: esmectita, Ve: vermiculita.

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 holocênicas 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

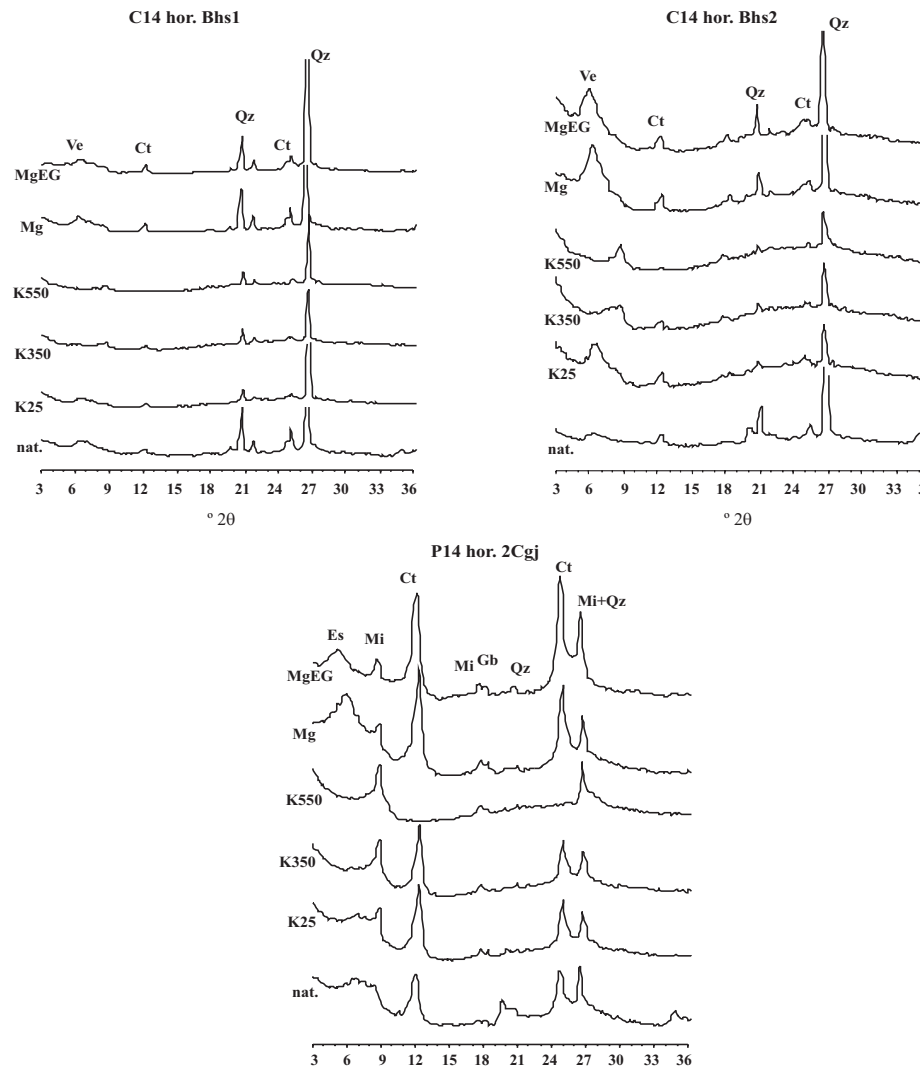
identificada por DRX, deve ocorrer em horizontes mais profundos, influenciando os horizontes superiores.

A presença de gibbsita se deu principalmente nos horizontes 2Cgj. O perfil H3 também apresenta este mineral, sendo mais um indicio de influência de material de origem relacionado aos horizontes superiores. Este mineral também pode ter sido herdado de solos das áreas do entorno, como ocorreu anteriormente para a caulinita. Os dados de pH, como o abaixamento do pH determinado no

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 (Suguio & Martin, 1978), gerou solos com assembléia 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 indicio 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 por (2005), com as extrações por ditionito-cit oxalato de amônio e pirofosfato de sódio. Cabe ressaltar que os valores extraídos de dissoluções seletivas (dados não apresentados) estão abaixo do limite de detecção pelos métodos em todos os horizontes espódicos, mesmo com a sem diluição, eliminando ou diminuindo substancialmente a possibilidade de ocorrência de silicatos mal cristalizados, como as proto-im



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 litoral de Alagoas. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1998. 169p. (Tese de Doutorado)
- MUGGLER, C.C. Polygenetic Oxisols on Tertiary Basalts, Minas Gerais, Brazil. Soil genesis and development. Wageningen, Wageningen University, 1986. (Tese de Doutorado)
- OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T. & CAMARGO, F.B. Classes gerais de solos do Brasil: Guia auxiliar para reconhecimento. 2.ed. Jaboticabal, FUNEP, 1987. 302p.
- PETERSEN, L. Podzols and podzolization. Copenhagen, Veterinary and Agricultural University, 1976. 100p. (Tese de Doutorado)
- ROSSI, M. Fatores formadores da paisagem litorânea do Guaratuba, São Paulo – Brasil. São Paulo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1999. 159p. (Tese de Doutorado)
- SAKAI, E. & LEPSCH, I.F. Levantamento pedológico da estação experimental de Pariquera Açú. Instituto Agrônomo, 1984. 56p. (Boletim Técnico, 1984)
- SILVA, S.M. Diagnósticos das restingas do litoral paulista. WORKSHOP DE AVALIAÇÃO E AÇÕES PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE NA ZONA COSTEIRA E MARINHA, 1999, Porto Seguro. Anais eletrônicos. Porto Seguro, Fundação Biotecnológica, 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 AND DEVELOPMENT, QUATERNARY, 1., São Paulo, 1978. Anais do Simpósio, IGUSP, 1978. 55p.
- van BREEMEN, N. & BUURMAN, P. Soil formation and development. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2000. 300p.