

SEÇÃO V - GÊNESE, MORFOLOGIA E CLASSIFICAÇÃO DO SOLO

CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE CAMBISSOLOS DO ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA, PERNAMBUCO⁽¹⁾

Flávio Adriano Marques⁽²⁾, Mateus Rosas Ribeiro⁽³⁾, Sheila Maria Bretas Bittar⁽⁴⁾, José de Almeida Lima Neto⁽⁵⁾ & José Fernando Wanderley Fernandes Lima⁽⁶⁾

RESUMO

Este trabalho visou caracterizar e classificar Cambissolos de ocorrência comum no Arquipélago de Fernando de Noronha, com o objetivo de testar e contribuir para o desenvolvimento do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). Além disso, uma melhor compreensão desses solos e de sua distribuição na paisagem é de grande importância no planejamento do uso da terra, para nortear ações governamentais visando à exploração sustentável desse complexo turístico-ecológico. Com base no Mapa Detalhado de Solos do Arquipélago de Fernando de Noronha, seis perfis de Cambissolos representativos da área foram selecionados, descritos e coletados, visando à caracterização morfológica, física, química e mineralógica. Os Cambissolos foram adequadamente classificados segundo a nova versão do SiBCS, que incluiu o grande grupo “Ta eutroférico”, sugerido durante o desenvolvimento deste trabalho. Os solos do Arquipélago refletem nas suas propriedades as características marcantes do material de origem vulcânico, do clima tropical com franco domínio oceânico e do relevo. Os Cambissolos Háplicos Ta eutroféricos típicos ocupam as posições mais preservadas do planalto central da ilha principal e possuem os melhores atributos físicos e químicos para utilização agrícola ou geotécnica. Os Cambissolos Háplicos Ta eutróficos lépticos, relacionados com relevos acidentados e geralmente associados com Neossolos Litólicos e afloramentos de rocha, são solos que requerem proteção especial devido

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. Projeto financiado pelo CNPq. Recebido para publicação em novembro de 2006 e aprovado em junho de 2007.

⁽²⁾ Pós-Graduado em Ciência do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. Rua Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900 Recife (PE) E-mail: flavioadrianomarques@yahoo.com.br

⁽³⁾ Professor do Departamento de Agronomia, UFRPE. Bolsista do CNPq. E-mail: mrosas@depa.ufrpe.br

⁽⁴⁾ Professora do Departamento de Agronomia, UFRPE. E-mail: schulze@ufrpe.br

⁽⁵⁾ Graduando do curso de Agronomia, UFRPE. Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/CNPq.

⁽⁶⁾ Engenheiro-Agrônomo do Departamento de Agronomia, UFRPE. E-mail: zecasolos@yahoo.com.br

à sua alta instabilidade ao processo erosivo. Por sua vez, os Cambissolos Háplicos Sódicos vertissólicos, que ocorrem em áreas ligeiramente rebaixadas do planalto central, apresentam sérios problemas de drenagem e argilas expansivas. Quimicamente, os solos apresentam teores elevados a extremamente elevados de P extraível, de distribuição irregular tanto entre perfis como nos horizontes, o que sugere a influência de fontes distintas deste elemento.

Termos de indexação: ilhas oceânicas brasileiras, taxonomia de solos, Cambissolos.

SUMMARY: *CHARACTERIZATION AND CLASSIFICATION OF CAMBISOLS FROM THE ARCHIPELAGO FERNANDO DE NORONHA, PERNAMBUCO, BRAZIL*

The objective of this work was to characterize and classify Cambisols of the Fernando de Noronha Archipelago to test and improve the Brazilian System of Soil Classification (SiBCS). For this ecological complex of touristic importance, information on soil characteristics and landscape distribution is essential to plan the land use and government actions focusing on sustainable land use. Based on a Detailed Soil Survey of the Fernando de Noronha Archipelago, six representative Cambisol profiles were morphologically characterized and samples were collected for physical, chemical and mineralogical analyses. The studied Cambisols were classified in subgroups according to the SiBCS, 2nd edition. At this point, the development of our study resulted in the proposal of a large new group, "Ta Eutroferic". In the Archipelago the soil properties are strongly influenced by the parent material of volcanic origin, the dry tropical climate with oceanic influence and the relief. Typic Ta Eutroferic Haplic Cambisols were found in the most preserved parts of the Central Plateau on the main island, and are the best soils for agricultural and geotechnical purposes. The leptic Ta Eutroferic Haplic Cambisols, frequently observed in steep slope topography and associated with Litic Neosols and rock outcrops, require special protection due to the high erosion susceptibility. On the other hand, the vertic Sodic Haplic Cambisols, which occur in the slightly lower lands of the Central Plateau, have serious limitations of drainage and swelling clays. Chemically, the levels of extractable soil P were high to extremely high, with irregular distribution, both across soil profiles and horizons, suggesting the influence of different sources of this nutrient.

Index terms: Brazilian oceanic islands, soil taxonomy, Cambisols.

INTRODUÇÃO

O Arquipélago de Fernando de Noronha localiza-se entre as coordenadas 3° 50' e 3° 52' de latitude sul e 32° 24' e 32° 28' de longitude oeste de Greenwich, e é formado por uma ilha principal e por mais de duas dezenas de ilhotas, que, reunidas, ocupam uma área de aproximadamente 20 km². Constitui o topo de um antigo cone vulcânico, emerso e presentemente extinto, cuja base repousa a 4.000 m de profundidade no Oceano Atlântico (Almeida, 1958; Teixeira, 2003).

Dos conjuntos insulares brasileiros, Fernando de Noronha destaca-se pela longa história de ocupação humana, responsável pela degradação ecológica e relativa alteração dos ecossistemas primitivos, pelo montante de investimentos públicos e privados no setor turístico, além do crescente número de trabalhos técnico-científicos sobre seu patrimônio natural (Batistella, 1993).

Entretanto, apesar do incremento significativo de informações técnico-científicas sobre as características físicas e biológicas desse ambiente insular, o Arquipélago ainda não dispõe de conhecimento mais pormenorizado dos solos que integram a paisagem, nem do comportamento destes diante da necessidade de conservação desse complexo turístico-ecológico.

Desse modo, foi realizado o Levantamento Detalhado de Solos (Ribeiro et al., 2005), que identificou a existência de solos pouco evoluídos pertencentes às ordens dos Neossolos, Vertissolos e Cambissolos. Em virtude do maior potencial para exploração pelos ilhéus e diante da expansão urbana, os Cambissolos necessitam de melhor caracterização, além daquela obtida no levantamento pedológico.

Este trabalho teve por objetivo caracterizar e classificar Cambissolos de ocorrência comum em Fernando de Noronha. A melhor compreensão desses solos e de sua distribuição na paisagem é um anseio

das administrações do Distrito Estadual, da Área de Proteção Ambiental e do Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha, para nortear ações governamentais visando à exploração sustentável do Arquipélago.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do meio físico

O Arquipélago de Fernando de Noronha constitui um complexo turístico-ecológico, que abriga um Distrito Estadual, administrado pelo Governo do Estado de Pernambuco, uma Área de Proteção Ambiental e o Parque Nacional Marinho, sob jurisdição do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Localiza-se a 545 km de Recife (PE) e 361 km de Natal (RN) (Batistella, 1993).

Este arquipélago e os montes submarinos correlatos que ocorrem desde o litoral do Ceará correspondem aos vestígios, no Atlântico Sul, de um "Hot Spot", ativo entre 34 e 1,5 milhões de anos atrás (Teixeira et al., 2003). Em sua história geológica alternaram-se diversos episódios vulcânicos e sucessivos períodos de acumulação de sedimentos, de onde se formaram as rochas ígneas vulcânicas, de composição intermediária (fonolitos e traquitos) a ultrabásica (ankaratritos), e os sedimentos e rochas sedimentares, essencialmente, carbonáticos.

A ilha principal, que dá nome ao Arquipélago, possui 17,6 km² de extensão e um contorno irregular com muitas reentrâncias, saliências e superfícies onduladas, constituídas por planaltos, morros e vales, delimitados externamente pela baixada litorânea (Rocha, 1995). Na sua porção central dispõe-se um vasto planalto de relevo suave, com altitudes entre 50

e 70 m, que constitui uma superfície de erosão decorrente dos processos combinados da ação fluvial e evolução dos interflúvios (Almeida, 1958). Esta superfície de relevo suave se ergue lentamente em direção aos morros fonolíticos e é lateralmente interrompida por relevos forte ondulados ou por falésias, que sofrem abrasão marinha.

O clima, segundo a classificação de Köppen, enquadra-se no tipo Aw', guardando semelhanças com aquele do Agreste Nordestino, sobretudo pelas estações seca e chuvosa, bem definidas, e pela acentuada irregularidade da precipitação pluvial entre os anos (Teixeira et al., 2003). A precipitação pluvial média anual é de 1.275 mm, estendendo-se a estação chuvosa de fevereiro a julho. A média anual da evapotranspiração potencial alcança 1.942 mm ano⁻¹, favorecida pela intensidade dos ventos alísios de sul e sudeste, suplantando a precipitação pluvial em dois terços dos meses do ano. A temperatura média anual é de 25 °C (Batistella, 1993).

A vegetação primária do Arquipélago foi bastante modificada pela ação antrópica durante os mais de 500 anos de ocupação. Predomina, presentemente, uma vegetação caducifólia semelhante àquela majoritária no Agreste Nordestino, denominada Mata Estacional Decidual (Teixeira et al., 2003). Nas áreas mais densamente povoadas sobressaem, no lugar da mata primitiva, em reabilitação nos trechos mais preservados, pequenos campos agrícolas, pastagens e plantas invasoras (jitiranas). Na face exposta aos ventos (barlavento) predomina uma vegetação arbustiva caducifólia.

Descrição dos perfis e análises de caracterização

Seis perfis de Cambissolos foram selecionados a partir do levantamento detalhado realizado por Ribeiro et al. (2005). Os perfis representam as principais

Quadro 1. Solos do Arquipélago de Fernando de Noronha com extensão das unidades de mapeamento (Ribeiro et al., 2005) e numeração dos perfis de Cambissolos

Solo	Unidades de mapeamento	Perfis	Área	
			Hectare	%
Neossolos + Afloramentos de Rochas	RL, RR, RU e AR	-	793	45,7
Vertissolos	VCon, VCng e VCz	-	185	10,6
Cambissolos	CXd	1	70	4,0
	CXef	2, 3 e 4	331	19,0
	CXe	5	26	1,5
	CXv	6	334	19,2
Total			1.739	100,0

unidades de mapeamento do referido levantamento e foram descritos na ilha principal de Fernando de Noronha, exceto por um, localizado na ilha Rata (Quadro 1). As descrições dos perfis e as coletas das amostras deformadas e indeformadas para análises de caracterização foram realizadas de acordo com Santos et al. (2005). Após caracterização, os perfis foram classificados conforme o SiBCS (Embrapa, 2006).

As análises físicas e químicas de caracterização foram realizadas de acordo com Embrapa (1997). As determinações físicas compreenderam: granulometria, empregando o densímetro de Boyoucos; densidade do solo, pelo método do anel volumétrico de Kopeck (250 cm^3) ou do torrão impermeabilizado com parafina; e densidade das partículas, pelo método do balão volumétrico. A partir dos resultados das análises físicas, foram calculadas a relação silte/argila e a porosidade total.

As determinações químicas realizadas foram: pH em água e em KCl 1 mol L^{-1} ; complexo sortivo; acidez potencial, por extração com acetato de Ca $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ a pH 7,0; P extraível com Mehlich-1, por colorimetria; carbono orgânico e ataque sulfúrico. Com os resultados analíticos das determinações, foram calculados: soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), percentagem de saturação por bases (V), percentagem de saturação por Al^{3+} (m), percentagem de Na trocável (PST) e as relações moleculares Ki e Kr.

Análises de difratometria de raios X das frações silte e argila foram realizadas para os perfis 1, 2 e 6, conforme Brown & Brindley (1980) e Whittig & Allardice (1986), por ocuparem esses solos as maiores extensões da ilha principal e representarem maior potencial para uso pelos ilhéus. As amostras de TFSA receberam tratamento prévio com acetato de sódio 1 mol L^{-1} a pH 5,0, peróxido de hidrogênio 30 % e ditionito-citrato-bicarbonato (DCB), visando à remoção de cimentantes químicos (Jackson, 1975). Foram preparadas três lâminas orientadas para cada subfração, sendo duas saturadas por K e uma por Mg. Das amostras saturadas por K, uma foi irradiada à temperatura ambiente e a outra, após aquecimento a

$550 \text{ }^\circ\text{C}$ por duas horas. As amostras saturadas com Mg foram solvatadas com glicerol e irradiadas à temperatura ambiente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Classificação e distribuição dos solos na paisagem

Os solos desenvolvidos nesse ambiente insular refletem características marcantes do material de origem vulcânico, do clima tropical com franco domínio oceânico e do relevo. Nas posições mais preservadas do planalto, próximas aos divisores de água, ou ainda no terço inferior dos morros fonolíticos, em níveis topográficos variados, ocorrem os Cambissolos de Fernando de Noronha (Quadro 2).

Os Cambissolos Háplicos Tb distróficos típicos (P-1) são derivados do saprolito de fonolitos e são de ocorrência restrita às encostas dos morros fonolíticos da porção central da ilha principal. Na parte mais preservada do planalto central, relacionados com o relevo plano a suave ondulado e mesmo ondulado, e desenvolvidos a partir de substrato basáltico, ocorrem Cambissolos Háplicos Ta eutroféricos típicos (P-2 e P-3). Sobre essa classe de solo assenta-se a maior parte das áreas urbanas do Arquipélago e as pequenas áreas de exploração agrícola. Os Cambissolos Háplicos Ta eutróficos lépticos (P-5) ocorrem em posições rebaixadas da ilha Rata e são derivados de arenitos recobertos por fosfato de Ca zoógeno. Os Cambissolos Háplicos Ta eutroféricos lépticos (P-4), desenvolvidos de rochas basálticas, aparecem em relevos acidentados das encostas do planalto e morros, associados com Neossolos Litólicos (RL) e afloramentos de rochas (AR).

Também, como componentes dos solos do planalto central, os Cambissolos Háplicos sódicos vertissólicos (P-6) e Cambissolos Háplicos Tb/Ta eutróficos vertissólicos solódicos, ambos gleicos ou não-gleicos, ocorrem nas partes ligeiramente rebaixadas desse planalto. Estes solos possuem duplo material de

Quadro 2. Classificação de Cambissolos do Arquipélago de Fernando de Noronha – Pernambuco, segundo o SiBCS (Embrapa, 2006)

Numeração do perfil	Classificação do solo
1	Cambissolo Háplico Tb distrófico típico
2 e 3	Cambissolos Háplicos Ta eutroféricos típicos
4	Cambissolo Háplico Ta eutroférico léptico
5	Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico
6	Cambissolo Háplico sódico vertissólico

origem, sendo a parte superior derivada de materiais basálticos, enquanto os horizontes subsuperficiais são produtos da decomposição de tufos vulcânicos.

Atributos morfológicos

O Cambissolo Háplico Tb distrófico típico (P-1) é profundo, com consistência úmida muito friável nos

horizontes inferiores, inclusive no B incipiente, apresentando matacões (*boulders*) em todo o perfil (Quadro 3). Esses fragmentos angulosos e subangulosos, parcialmente alterados, são decorrentes do colúvio das áreas adjacentes mais elevadas. Almeida (1958) atribui essa movimentação de material à meteorização mecânica dos fonolitos, que se reflete na marcante

Quadro 3. Principais características morfológicas e classificação completa dos Cambissolos do Arquipélago de Fernando de Noronha (PE)

Hor. ⁽¹⁾	Prof. ⁽²⁾ (cm)	Cor úmida	Classe textural	Estrutura	Consistência			Transição
					Seca	Úmida	Molhada	
Perfil 1 – Cambissolo Háplico Tb distrófico típico A moderado textura média álico, fase relevo ondulado								
A	0–15	10YR 3/3	Argila	Forte pequena granular	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Clara e plana
BA	15–40	7,5YR 5/8	Franco-argilosa ⁽³⁾	Fraca pequena blocos subangulares, maciço poroso pouco coeso	Macia	Muito friável	Ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Gradual e plana
Bin1	40–90	7,5YR 6/8	Franco-argilosa ⁽³⁾	Fraca pequena blocos subangulares, maciço poroso pouco coeso	Macia	Muito friável	Ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Difusa e plana
Bin2	90–130	10YR 5/8	Franco-argilosa	Maciço poroso pouco coeso	Macia	Muito friável	Ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Gradual e plana
Perfil 2 – Cambissolo Háplico Ta eutroférico típico A moderado textura muito argilosa fase relevo plano								
Ap	0–21	7,5YR 3/3	Muito argilosa	Moderada pequena a média granular e fraca pequena blocos subangulares	Muito dura	Friável	Muito plástica e pegajosa	Clara e plana
BA	21–46	10YR 3/4	Muito argilosa	Fraca pequena a média blocos subangulares	Muito dura	Friável	Muito plástica e pegajosa	Gradual e plana
Bi	46–82	7,5YR 4/4	Muito argilosa	Moderada pequena a média blocos subangulares	-	Friável	Muito plástica e pegajosa	Clara e ondulada (26–42 cm)
B/C	82–130	7,5YR 4/4	Franco-argilosa	Fraca pequena a média blocos subangulares	-	Firme	Plástica e pegajosa	Gradual e plana
Cn1	130–200	7,5YR 4/4	Franco-argilosa	Fraca pequena a média blocos subangulares	-	Firme	Plástica e pegajosa	Clara e plana
Perfil 3 – Cambissolo Háplico Ta eutroférico típico A moderado textura média fase relevo ondulado								
Ap	0–10	7,5YR 4/4	Franco-argilosa	Forte pequena granular	Ligeiramente dura	Muito friável	Ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Abrupta e plana
BA	10–35	7,5YR 4/6	Franco-argilosa	Moderada muito pequena a média blocos subangulares	Ligeiramente dura	Muito friável	Ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Gradual e plana
Bi	35–65	5YR 5/6	Franco-argilosa	Forte muito pequena a pequena blocos subangulares e angulares	Ligeiramente dura	Muito friável	Plástica e pegajosa	Clara e plana
Bi/R	65–130	5YR 5/8	Muito argilosa	Forte muito pequena a pequena blocos angulares	Ligeiramente dura	Friável	Plástica e pegajosa	Clara e plana

Continua...

Quadro 3. Continuação

Hor. ⁽¹⁾	Prof. ⁽²⁾ (cm)	Cor úmida	Classe textural	Estrutura	Consistência			Transição
					Seca	Úmida	Molhada	
Perfil 4 – Cambissolo Háplico Ta eutroférico léptico A moderado textura argilosa fase relevo forte ondulado								
A	0–15	10YR 3/3	Franco-argilosa	Forte pequena granular	Ligeiramente dura	Muito friável	Plástica e pegajosa	Clara e plana
AB	15–45	10YR 4/4	Argilosa	Moderada pequena a média granular e fraca pequena a média blocos subangulares	-	Muito friável	Plástica e pegajosa	Gradual e plana
Bi	45–73	10YR 4/6	Argilo-arenosa	Fraca pequena a média blocos subangulares	-	Muito friável	Plástica e pegajosa	Abrupta e ondulada (22–35 cm)
Perfil 5 – Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico A moderado textura média fase relevo plano								
A	0–14	7,5YR 2/2	Franco-argilosa	Forte muito pequena e pequena granular	-	Friável	Ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Clara e plana
Bi	14–51	5YR 3/3	Franco-argilosa	Fraca pequena a média blocos subangulares	-	Friável	Ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Abrupta e ondulada (35–40 cm)
Perfil 6 – Cambissolo Háplico sódico vertissólico A moderado textura muito argilosa fase relevo suave ondulado								
Ap	0–11	10YR 4/4	Argila	Fraca pequena a média granular e blocos subangulares	Dura	Firme	Plástica e pegajosa	Abrupta e plana
Bi	11–43	10YR 5/6	Muito argilosa	Moderada muito pequena a pequena blocos subangulares	Ligeiramente dura	Friável	Plástica e pegajosa	Abrupta e ondulada (25–35 cm)
2Cvn1	43–68	10YR 6/6	Muito argilosa	Forte grande a muito grande prismática composta de forte média a grande blocos angulares	Extremamente dura	Muito firme	Muito plástica e muito pegajosa	Abrupta e ondulada (20–45 cm)
2Cvn2	68–95	10YR 6/4	Muito argilosa	Forte grande a muito grande prismática, composta de forte média a grande blocos angulares	Extremamente dura	Extremamente firme	Muito plástica e muito pegajosa	Clara e plana

⁽¹⁾ Horizonte. ⁽²⁾ Profundidade. ⁽³⁾ Com cascalho.

pedregosidade e rochiosidade superficial e ao longo do perfil.

Os perfis 2 e 3 são Cambissolos Háplicos Ta eutroféricos típicos. São solos profundos, moderadamente a bem drenados, quase todos com cores vivas, nos matizes 7,5YR e 5YR, textura média a muito argilosa e consistência úmida muito friável na maioria dos horizontes. O Cambissolo Háplico Ta eutroférico léptico (P-4) apresenta as mesmas características de cor dos demais Cambissolos Ta eutroféricos, textura argilosa, consistência friável, tendo sua profundidade efetiva limitada pela presença de matações ankaratríticos, a profundidades entre 50 e 100 cm. Apresentam, também, intensa pedregosidade superficial.

O Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico (P-5) apresenta textura média em todo o perfil e cores

escuras com valores e cromas inferiores a três, além de estrutura forte, muito pequena a pequena granular no horizonte superficial, reflexo do material de origem e do conteúdo de matéria orgânica.

Os Cambissolos Háplicos Sódicos vertissólicos (P-6) são pouco profundos, com descontinuidade litológica a cerca de 40 cm da superfície. A parte superior desses solos apresenta horizontes argilosos e permeáveis, que transitam de forma ondulada e abrupta para horizontes subsuperficiais vérticos (2Cvn1 e 2Cvn2) muito argilosos e impermeáveis, em consequência da presença de argilas de atividade alta e de caráter sódico ou solódico.

Atributos físicos

O Cambissolo distrófico (P-1) apresenta textura que varia desde argila no horizonte superficial até franco-

argilosa nos demais horizontes (Quadro 4). Possui distribuição granulométrica uniforme, caracterizada pelo aumento dos valores de silte e decréscimo no teor de argila em profundidade, constituindo exceção o horizonte Bin2. Os valores de densidade de partículas, situados entre 2,32 e 2,44 Mg m⁻³, são baixos em virtude da constituição mineralógica e da condição de formação do material de origem deste solo. Conforme Almeida (1958), as rochas fonolíticas do Morro do Pico apresentam, mesmo quando sãs, densidades semelhantes às que foram observadas nos solos delas derivados. Particularmente neste perfil, a baixa densidade das partículas, conjugada com a grande porosidade, da ordem de 65 % no horizonte superficial,

contribui diretamente para redução da densidade do solo, inferior em todos os horizontes a 1 Mg m⁻³. A alta relação silte/argila, alcançando 1,30 no horizonte Bin1, associada à existência de calhaus e cascalhos nos horizontes superficiais e subsuperficiais, aponta para o grau pouco avançado de meteorização química deste solo.

O perfil 2, Cambissolo Háptico Ta eutroférico típico, não apresenta fragmentos de rochas alteradas no permeio do solo, o que sugere intemperização mais efetiva dos ankaratritos. A relação silte/argila é baixa, situando-se entre 0,26 e 0,35 nos horizontes superiores e quase triplicando com a proximidade do embasamento rochoso. Valores altos de densidade das partículas,

Quadro 4. Principais características físicas de Cambissolos do Arquipélago de Fernando de Noronha (PE)

Hor. ⁽¹⁾	Calhaus 200-20 mm	Cascalho 20-2 mm	TFSA				Silte/ argila	Densidade		
			Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila		Solo	Partículas	Poros ⁽²⁾
			2-0,2 mm	0,2-0,05 mm	0,05-0,002 mm	< 0,002 mm		Mg m ⁻³	Mg m ⁻³	%
Perfil 1 – Cambissolo Háptico Tb distrófico típico A moderado textura média álico										
A	4	1	144	108	283	465	0,61	0,84	2,42	65
BA	6	9	176	155	286	382	0,75	0,89	2,44	64
Bin1	6	13	236	144	339	281	1,21	0,88	2,36	63
Bin2	2	7	253	132	287	328	0,88	0,96	2,42	60
Perfil 2 – Cambissolo Háptico Ta eutroférico típico A moderado textura muito argilosa										
Ap	0	0	61	76	207	656	0,32	1,02	2,99	66
BA	0	0	51	75	181	693	0,26	1,12	2,94	62
Bi	0	0	31	92	229	648	0,35	1,13	2,91	61
B/C	0	1	137	164	330	369	0,89	1,05	2,86	63
Cn1	0	0	71	181	348	400	0,87	1,05	2,79	62
Perfil 3 – Cambissolo Háptico Ta eutroférico típico A moderado textura média										
Ap	3	5	232	138	264	366	0,72	1,01	2,70	63
BA	2	2	269	168	238	325	0,73	1,10	2,94	63
Bi	3	1	328	134	231	307	0,75	1,09	2,80	61
Bi/R	1	0	39	100	259	602	0,43	-	2,88	-
Perfil 4 – Cambissolo Háptico Ta eutroférico léptico A moderado textura argilosa										
A	8	4	236	71	353	340	1,04	0,70	2,59	73
AB	12	5	278	77	229	416	0,55	0,92	2,74	66
Bi	0	5	348	80	217	355	0,61	0,97	2,67	64
Perfil 5 – Cambissolo Háptico Ta eutrófico léptico A moderado textura média										
A	0	0	244	138	318	300	1,06	0,91	2,43	63
Bi	0	0	214	118	281	387	0,73	1,04	2,56	59
Perfil 6 – Cambissolo Háptico sódico vertissólico A moderado textura muito argilosa										
Ap	-	-	195	62	235	508	0,46	1,25	2,86	56
Bi	-	-	148	35	93	724	0,13	1,30	3,03	57
2Cvn1	-	-	61	20	182	737	0,25	-	2,82	-
2Cvn2	-	-	101	21	238	640	0,37	-	2,86	-

⁽¹⁾ Horizonte. ⁽²⁾ Porosidade.

de até $2,99 \text{ Mg m}^{-3}$, são decorrentes de concreções ferruginosas e manganosas na fração areia, conjugadas aos teores de óxidos de Fe e Ti integrantes das frações argila e silte, o que é compatível com a natureza da rocha do embasamento.

O perfil 3, homônimo ao perfil 2, apresenta propriedades físicas distintas das deste, como textura menos argilosa, relação silte/argila predominantemente superior a 0,72 e existência de calhaus e cascalhos ao longo do perfil. Essas propriedades, juntamente com o relevo ondulado onde ocorre e a menor profundidade efetiva do *solum*, sugerem o menor grau de desenvolvimento pedogenético.

O perfil 4, Cambissolo Háptico eutrófico léptico, apresenta contato lítico fragmentário a menos de 100 cm de profundidade, que permite a penetração de raízes e livre circulação de água. Possui elevada quantidade de calhaus e cascalhos na massa do solo, herdados do intemperismo *in situ* de rochas basálticas, além de muitos matacões na superfície e ao longo do perfil.

As propriedades físicas do perfil 6 (Cambissolo Háptico Sódico vertissólico) refletem a participação de mais de um material de origem. Os horizontes superficiais, derivados de rochas basálticas, têm textura variando de argilosa a muito argilosa, enquanto os horizontes vérticos, formados a partir dos tufo, possuem textura muito argilosa e são pouco permeáveis, apresentando cores pálidas.

Verificou-se nos horizontes vérticos maior retenção de água em relação aos horizontes superficiais, o que guarda correspondência com a quantidade e os tipos de argila predominantes, bem como com o teor de Na trocável. Apresentam como principal limitação ao uso a baixa permeabilidade dos horizontes vérticos em subsuperfície, que constitui uma barreira física à percolação de água, formando lençol suspenso, de existência temporária, no período de concentração das chuvas.

Atributos químicos

O perfil 1, Cambissolo Háptico Tb distrófico típico, é caracterizado pela baixa fertilidade natural, com pequenos valores para a soma e saturação por bases e altos teores de Al em subsuperfície, conferindo o caráter álico ao horizonte Bi (Quadro 5). Adicionalmente, detém teores altos de C orgânico, que decrescem regularmente com a profundidade, mas que contribuem para a reação ácida deste solo. Os teores de P extraível apresentam decréscimo abrupto entre os primeiros horizontes, de valores extremamente altos, e aqueles subjacentes, sugerindo origem biológica (deposição de guano).

Os Cambissolos Hápticos Ta eutrófico lépticos são solos com reação moderadamente ácida a praticamente neutra. Os valores do pH em H_2O foram superiores àqueles em $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$, indicando domínio das cargas negativas no complexo de troca

(Pavan & Miyazawa, 1997; Miranda & Ferreira, 1999). A CTC é elevada a muito elevada, com predominância dos cátions divalentes Ca^{2+} e Mg^{2+} , constituindo as melhores terras para aproveitamento agrícola. Os valores de P extraível são altos a extremamente altos, estando provavelmente relacionados a formas inorgânicas ligadas a Ca ou Fe (Rocha et al., 2005). Apresentam argilas de alta atividade (Ta) e teores de óxidos de Fe do extrato do ataque sulfúrico condizentes com o caráter férrico ($180\text{--}360 \text{ g kg}^{-1}$), herdado do material de origem de rochas básicas.

O perfil 5, Cambissolo Háptico Ta eutrófico léptico, assemelha-se a estes últimos no que tange a reação moderadamente ácida, CTC alta com domínio de Ca^{2+} e Mg^{2+} e valores também extremamente elevados de P extraível. No entanto, diferentemente do P extraível da ilha principal, a magnitude dos teores de P pode estar vinculada a formas orgânicas, produto dos excrementos das aves marinhas (guano), encontrados em quantidade na ilha Rata.

O perfil 6, Cambissolo Háptico Sódico vertissólico, possui CTC extremamente alta, alcançando $95,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ no horizonte 2Cvn1, com predominância de Ca^{2+} e Mg^{2+} , estando diretamente relacionada com a composição esmetítica das argilas. Os valores de P também são elevados a extremamente elevados e de distribuição irregular, variando de 38 a 1.203 mg kg^{-1} (Quadro 5). Os valores de C orgânico decrescem regularmente em profundidade e não se correlacionam com os teores de P. Nos horizontes vérticos, derivados dos tufo, os teores de Na^+ são altos, da ordem de $14,59 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, e contribuem para uma PST superior a 15 %, que define o caráter sódico. Ademais, sua descontinuidade litológica é indicada pelo caráter férrico dos horizontes superiores e mesoférrico nos vérticos.

Atributos mineralógicos

A mineralogia qualitativa das frações silte e argila do Cambissolo distrófico (P-1) é semelhante devido, provavelmente, à uniformidade mineralógica do perfil, ou em consequência de ligeiro aporte de material siltoso na fração argila, já que as partículas apresentam baixa densidade. Na fração silte do P-1, foram identificados gibbsita, caulinita, feldspatos, micas, interestratificados irregulares e magnetita/maghemita (Figura 1). A existência de caulinita e a gibbsita na fração silte pode corresponder a pseudomorfos de outros minerais, principalmente feldspatos/feldspatóides, como foi observado por Pinto (1971). A maior intensidade do pico de $0,485 \text{ nm}$ da gibbsita no horizonte Bin1 sugere sua maior participação, o que deve ser responsável pelos baixos valores dos índices Ki e Kr, sendo condizente com os resultados obtidos pelo ataque sulfúrico.

O Cambissolo eutrófico (P-2) apresenta magnetita/maghemita, interestratificados irregulares, caulinita, hematita, micas, ilmenita e feldspatos como os principais minerais da fração silte. No que se refere

Quadro 5. Principais atributos químicos dos Cambissolos do Arquipélago de Fernando de Noronha (PE)

Hor. ⁽¹⁾	pH (1:2,5)		Complexo sortivo								V	PST	m	C	P	Ki	Kr
	H ₂ O	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SB	H ⁺	Al ³⁺	CTC							
————— cmol _c kg ⁻¹ ————— ——— % ——— g kg ⁻¹ mg kg ⁻¹																	
Perfil 1 – Cambissolo Háplico Tb distrófico típico A moderado textura média álico																	
A	5,4	4,3	4,2	4,2	0,83	0,39	9,6	5,8	0,3	15,7	61	2	3	46,27	910	1,38	1,17
BA	4,9	4,0	0,7	1,5	0,11	0,22	2,5	4,1	1,9	8,5	29	3	43	24,06	1.010	-	-
Bin1	4,6	4,1	0,6	0,3	0,16	0,72	1,8	1,8	3,2	6,8	26	11	64	16,51	33	1,22	1,10
Bin2	4,6	3,9	0,5	0,4	0,05	0,56	1,5	2,1	4,6	8,2	18	7	75	7,22	47	-	-
Perfil 2 – Cambissolo Háplico Ta eutroférico típico A moderado textura muito argilosa																	
Ap	7,2	5,4	11,5	5,4	1,23	0,40	18,5	2,5	0,0	21,0	88	2	0	18,64	370	1,45	0,75
BA	6,7	5,4	8,6	4,5	0,70	0,27	14,1	1,9	0,0	16,0	88	2	0	5,80	377	-	-
Bi	6,8	5,3	9,4	4,1	0,72	0,45	14,7	1,9	0,0	16,6	89	3	0	3,90	322	1,52	0,86
B/C	6,8	5,2	9,0	6,1	0,64	0,91	16,6	2,1	0,0	18,7	89	5	0	3,34	240	-	-
Cn1	6,7	5,1	10,4	9,4	0,45	1,61	21,9	0,0	0,0	21,9	100	7	0	3,68	264	1,67	0,89
Perfil 3 – Cambissolo Háplico Ta eutroférico típico A moderado textura média																	
Ap	6,2	5,3	10,4	8,4	2,00	0,49	21,3	3,0	0,0	24,3	88	2	0	47,03	1.100	-	-
BA	6,0	4,5	4,5	4,5	1,25	0,25	10,5	3,1	0,0	13,6	77	2	0	8,61	1.407	-	-
Bi	5,6	4,2	4,4	3,7	0,83	0,30	9,2	3,1	0,2	12,5	74	2	2	5,89	1.396	-	-
Bi/R	5,4	4,0	4,2	6,1	0,61	0,44	11,4	3,1	0,2	14,7	78	3	2	4,34	997	-	-
Perfil 4 – Cambissolo Háplico Ta eutroférico léptico A moderado textura argilosa																	
A	6,6	4,8	39,9	19,9	3,16	1,28	64,2	5,1	0,0	69,3	93	2	0	42,67	1.201	1,81	1,01
AB	6,2	3,8	25,7	10,1	1,32	1,06	38,2	6,2	0,3	44,7	85	2	1	10,13	1.631	-	-
Bi	6,0	3,5	23,5	7,3	0,39	0,90	32,1	6,6	0,7	39,4	81	2	2	10,03	1.929	1,98	1,14
Perfil 5 – Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico A moderado textura média																	
A	5,2	4,0	7,1	2,1	2,04	0,85	12,1	5,6	0,0	17,7	68	5	0	51,18	1.365	0,64	0,35
Bi	5,2	3,5	2,9	0,4	0,97	0,72	5,0	4,3	0,8	10,1	50	7	14	19,89	838	0,65	0,34
Perfil 6 – Cambissolo Háplico sódico vertissólico A moderado textura muito argilosa																	
Ap	5,8	4,8	17,8	5,0	0,72	0,45	24,0	9,8	0,1	33,9	71	1	0	18,18	332	1,51	0,79
Bi	6,3	4,7	9,8	6,0	0,14	0,93	16,9	7,3	0,0	24,2	70	4	0	4,96	306	1,64	0,85
2Cvn1	6,4	4,7	56,1	28,6	0,05	7,12	91,9	3,5	0,0	95,4	96	7	0	3,55	38	2,47	1,40
2Cvn2	6,3	4,7	22,4	14,8	0,05	14,59	51,8	1,4	0,0	53,2	97	27	0	2,88	1.203	-	-

⁽¹⁾ Horizonte.

à fração argila deste perfil, predominam argilominerais do grupo da caulinita e interestratificados irregulares. Os componentes mineralógicos dos horizontes Ap e Bi são semelhantes entre si e com o horizonte subjacente Cn1; contudo, este último apresenta menores participações dos minerais interestratificados irregulares (Figura 2).

A fração silte do Cambissolo Háplico sódico vertissólico (P-6) apresenta picos de esmectitas e interestratificados irregulares, hematita, anatásio, apatita, feldspatos e piroxênios. A existência de apatita na fração silte, por um lado, e a diminuta quantidade de matéria orgânica nesse solo, por outro, corroboram os resultados obtidos por Rocha et al. (2005) sobre a predominância de formas inorgânicas de P nesses solos.

Na fração argila, a camada 2Cr/R deste perfil apresenta esmectita e interestratificados irregulares como principais minerais. Caulinita, feldspatos e micas estão presentes, porém em proporções menores (Figura 3).

No horizonte 2Cvn2, esmectita e interestratificados são os principais componentes mineralógicos, evidenciados pelo pico de maior expressão na amostra saturada com Mg-glicerol. O predomínio de esmectitas nos horizontes vérticos deste solo confere a ele elevados valores de CTC e retenção de umidade. No horizonte A, caulinita é o mineral dominante e, em contraposição, os picos de esmectita não são mais evidentes. Não obstante, a presença de picos na região de 1,299 nm na amostra saturada com K e a ausência

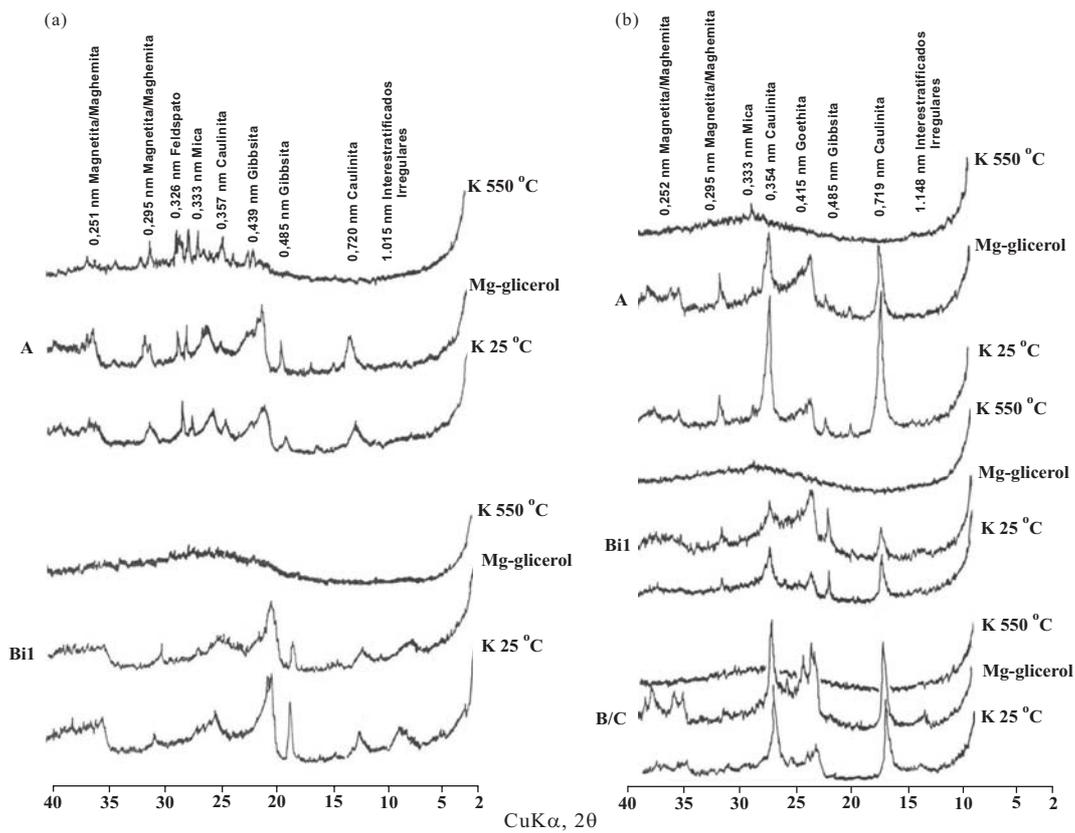


Figura 1. Difratoigramas de raios X do perfil 1 – Cambissolo Háplico Tb distrófico típico. (a) fração silte; (b) fração argila.

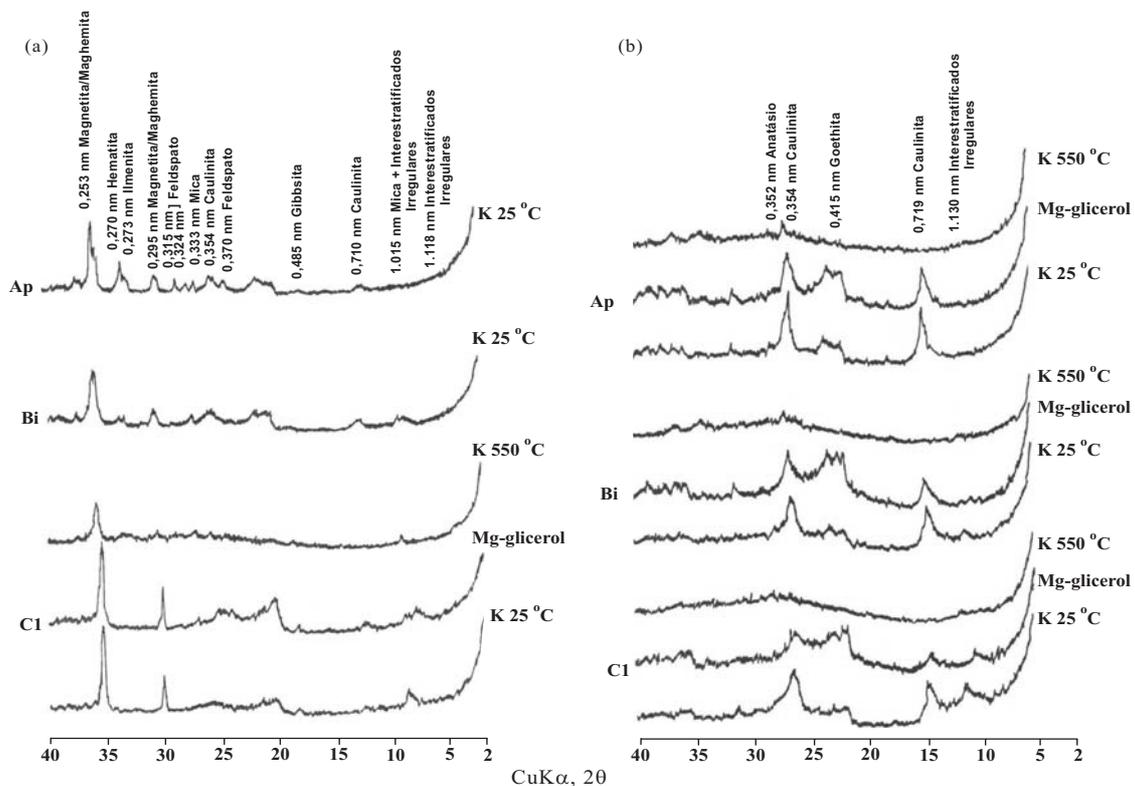


Figura 2. Difratoigramas de raios X do perfil 2 – Cambissolo Háplico Ta eutroférico típico. (a) fração silte; (b) fração argila.

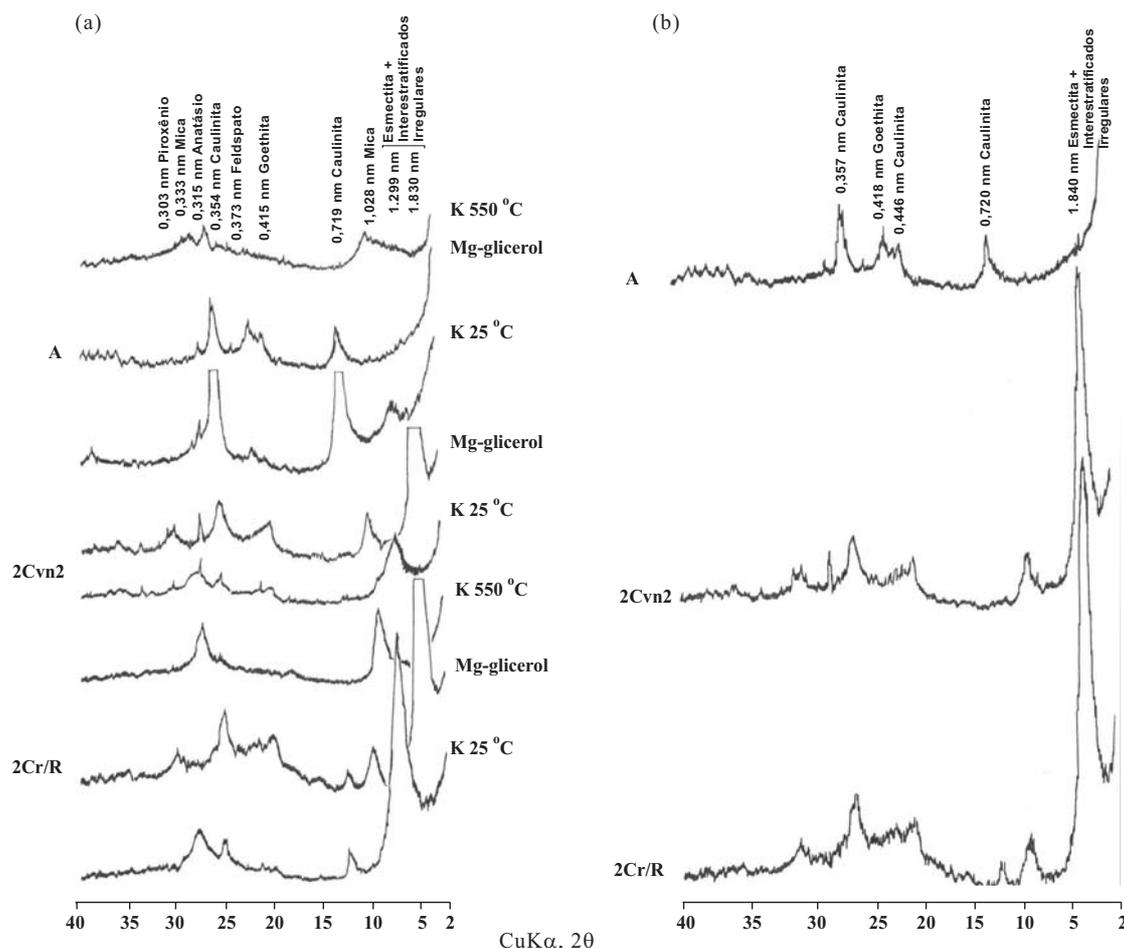


Figura 3. Difratomogramas de raios X da fração argila do perfil 6 – Cambissolo Háplico Sódico vertissólico. (a) todos os tratamentos; (b) saturado com Mg-glicerol.

de *background* após solvatação com glicerol indicam a presença de interestratificados irregulares com fase expansiva.

CONCLUSÕES

1. A relação solo-paisagem no Arquipélago de Fernando de Noronha está intimamente relacionada com a geologia e a geomorfologia. Os solos mais desenvolvidos ocupam posições mais preservadas do planalto central da ilha principal, enquanto os menos intemperizados ocupam posições rebaixadas, encostas, ou correlacionam-se com um material de origem recente.

2. Os Cambissolos Háplicos Ta eutróferricos típicos possuem atributos físicos e químicos e condições de relevo favoráveis ao uso agrícola ou geotécnico. Os Cambissolos Háplicos Sódicos vertissólicos e os Cambissolos Háplicos Ta eutróferricos lépticos

apresentam sérias limitações ao uso, devido à má drenagem e natureza expansiva das argilas, e pequena profundidade e relevo forte ondulado, respectivamente.

3. Os cambissolos de Fernando de Noronha apresentam teores elevados a extremamente elevados de P extraível, de distribuição irregular tanto entre perfis como entre horizontes, o que sugere a existência de fontes distintas deste elemento.

LITERATURA CITADA

ALMEIDA, F.F.M. Geologia e petrologia do Arquipélago de Fernando de Noronha. Rio de Janeiro, Departamento Nacional da Produção Mineral, 1958. 181p.
 BATISTELLA, M. Cartografia Ecológica do Arquipélago de Fernando de Noronha. São Paulo, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 1993. 236p. (Tese de Mestrado)

- BROWN, G. & BRINDLEY, G.W. X-ray diffraction procedures for clay mineral identification. In: BRINDLEY, G.W. & BROWN, G., eds. Crystal structures of clays minerals and their X-ray identification Mineralogical Society. London, 1980. p.305-360.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de pesquisa de solos. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de pesquisa de solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- JACKSON, M.L. Soil chemical analysis. Advanced course. 29.ed. Madison, 1975. 895p.
- MIRANDA, C.S.S. & FERREIRA, M.G.V.X. Caracterização de solos com A chernozêmico na Zona da Mata Norte do Estado de Pernambuco. R. Bras. Ci. Solo, 23:107-120, 1999.
- PAVAN, M.A. & MIYAZAWA, M. Lições de fertilidade do solo: pH.. Londrina, IAPAR, 1997. 47p. (Circular, 93)
- PINTO, O.C.B. Formation of a kaolinite from a biotite feldspar gneiss in four strongly weathered soil profiles from Minas Gerais, Brazil. West Lafayette, Purdue University, 1971. 133p. (Tese de Mestrado)
- RIBEIRO, M.R.; MARQUES, F.A.; LIMA, J.F.W.F.; JACOMINE, P.K.T.; TAVARES FILHO, A.N. & LIMA NETO, J.A. Levantamento detalhado de solos do Distrito Estadual de Fernando de Noronha-PE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., Recife, 2005. Anais. Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. CD-ROM
- ROCHA, A.T.; DUDA, G.P.; NASCIMENTO, C.W.A. & RIBEIRO, M.R. Fracionamento do fósforo e avaliação de extratores do P extraível em solos da ilha de Fernando de Noronha. R. Bras. Eng. Agríc. Amb., 9:178-184, 2005.
- ROCHA, W.J.S. Características hidrogeológicas e hidroquímicas da Ilha de Fernando de Noronha. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, 1995. 382p. (Tese de Mestrado)
- SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C. & ANJOS, L.H.C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5.ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100p.
- TEIXEIRA, W.; CORDANI, U.G.; MENOR, E.A.; TEIXEIRA, M.G. & LINSKER, R. Arquipélago de Fernando de Noronha o paraíso do vulcão. São Paulo, Terra Virgem, 2003. 168p.
- WHITTIG, L.D. & ALLARDICE, W.R. X-Ray diffraction techniques. In: KLUTE, A., ed. Methods of soil analysis: Physical and mineralogical methods. 2.ed. Madison, Soil Science Society of America-American Society of Agronomy, 1986. p.331-359.