

Maria Laiane do Nascimento Silva^{1*}

Jeane Cruz Portela²

Francisco Ernesto Sobrinho³

Jussiara Sonally Jácome Cavalcante⁴

Cezar Augusto Medeiros Rebouças⁵

Nildo da Silva Dias⁶

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 21/10/2013. Aprovado em 27/01/2014

¹Graduanda em Agronomia, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, UFERSA, Av. Francisco Mota, 572, CEP 59625-900, Mossoró, RN, E-mail: nascimentolaiane@yahoo.com*

²Professora Adjunta, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, UFERSA, Av. Francisco Mota, 572, CEP 59625-900, Mossoró, RN

³Doutorando no Programa de Pós-Graduação de Manejo de Solo e Água. DCAT/UFERSA. E-mail: fesobrinho@hotmail.com

⁴Graduanda em Agronomia, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, UFERSA, Av. Francisco Mota, 572, CEP 59625-900, Mossoró, RN

⁵Graduanda em Agronomia, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, UFERSA, Av. Francisco Mota, 572, CEP 59625-900, Mossoró, RN

⁶Professor Adjunto, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, UFERSA, Av. Francisco Mota, 572, CEP 59625-900, Mossoró, RN



Topossequência de Neossolos na zona rural de Florânia, Rio Grande do Norte

RESUMO

O estudo dos solos do semiárido é pouco explorado, embora seja importante para a sua sustentabilidade. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi estudar as relações solo-paisagem, a caracterização físico-química e morfológica de solos em uma topossequência em Florânia/RN, região do Seridó no Semiárido brasileiro. A pesquisa foi realizada no Sítio Canaçu, localizada em um vale, cortada pelo rio Garganta. Foram descritos, amostrados e georreferenciados cinco perfis de solos, em função dos horizontes pedogenéticos. Conclui-se que a variabilidade encontrada nos perfis reflete as condições impostas pelo clima e pela paisagem. Esses solos apresentam boa fertilidade oriunda do material de origem, porém, esta é comprometida pelo caráter sódico. De modo geral, o silte predomina na maioria das profundidades e a relação silte/argila caracterizam solos jovens e pouco intemperizados. As limitações quanto ao uso agrícola desses solos encontram-se na deficiência hídrica durante o ano, em limitações físicas e nos elevados teores de sódio.

Palavras-chave: caatinga, pedogênese, degradação, conservação do solo e da água.

Toposequence of Neosols in rural Florânia, Rio Grande do Norte

ABSTRACT

In spite of their importance, there are few studies related to the soils of the semiarid region. Hence, the present study aimed to investigate soil-landscape relationships and soil physic-chemical and morphologic characteristics in a soil toposequence in Florânia/RN, in Seridó semiarid region. The study was carried out in Canaçu farm, located in a valley area of the Gartanta river watershed. Based on the pedogenic soil horizons, five soil profiles were described, sampled and geo-referenced. It was observed that the variability among soil profiles was a function of climate as well as landscape. The soils presented good fertility from geogenic origin; however the excess of sodium concentration is an adverse characteristic. In general, silt fraction predominates in all sampled soil layers. According to the silt/clay ratio, soils were young and weakly weathered. As far as agricultural use is concerned, some of the limitations are related to physical conditions and excess sodium.

Key words: brazilian dry forest, pedogenic processes, degradation, soil and water conservation.

INTRODUÇÃO

No Nordeste brasileiro está compreendido o bioma Caatinga, caracterizado pela vegetação aberta, de pequeno porte e relevo erodido com extensas superfícies planas entre formações serranas e chapadas, com presença de erosão laminar e rios temporários. É constituída, em sua maioria, por solos pouco intemperizados e de boa constituição química. O fator limitante desses solos é a água, pois a irregularidade das chuvas e a baixa capacidade de armazenamento dos solos dificultam o desenvolvimento de atividades agrícolas (MAIA et al. 2006).

A região do Seridó (RN) é uma das áreas mais críticas em relação ao fenômeno da desertificação. As principais causas desse fenômeno são o desmatamento, o sobrepastoreio, cultivo excessivo, eliminação da cobertura vegetal, perda do solo por erosão e extração de piçarra, queimadas etc., causando assim, danos sociais, ambientais e econômicos. A retirada da vegetação para desenvolvimento de atividades agropastoris e a utilização da madeira para fins energéticos (aquecimento de forno para produção de tijolos, telhas etc., de forma indiscriminada) vem provocando a degradação desse ecossistema. Somado a isso, os solos dessa região apresentam significativa fragilidade à ação antrópica, devido principalmente a sua baixa profundidade efetiva e as condições climáticas (baixa precipitação pluvial, altas temperaturas) que favorecem a não permanência da cobertura vegetal sobre a superfície (ARAÚJO FILHO, 2002).

Dessa forma, as práticas de manejos conservacionistas são utilizadas como estratégia para reverter o quadro da degradação das condições físicas, químicas e biológicas desse bioma (HICKMANN et al., 2011). E a avaliação da qualidade do solo deve ser feita por indicadores que integrem tais propriedades (LIMA et al., 2007).

O estudo da paisagem permite estabelecer as práticas de manejo ideal para mitigar a degradação causada pelas atividades agropecuárias. Os Neossolos, objeto do estudo, são solos pouco evoluídos e sem qualquer tipo de

horizonte B, apresentam baixa capacidade de armazenamento de água e ainda, limitações físicas ao crescimento do sistema radicular das plantas. Portanto, a paisagem, juntamente com os agentes ativos, determinam o tipo de solo e sua aptidão agrícola. Dessa forma, o monitoramento e a quantificação do impacto do uso e manejo do solo e da planta na qualidade física, química e biológica são fundamentais no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis (DEXTER & YOUNGS, 1992).

Essa região é densamente povoada, e assim, é gerada uma significativa demanda em relação aos recursos naturais desse bioma. A sustentabilidade da Caatinga depende de investimentos em políticas públicas, que possam conscientizar a população da sua importância e fragilidade frente às mudanças climáticas e ao uso inadequado. Assim como, do fortalecimento das potencialidades científicas, tecnológicas e inovações levando em consideração as particularidades locais.

Face o exposto, esta pesquisa foi realizada com o objetivo de estabelecer relações solo-paisagem, avaliar as características físico-química e morfológica de solos em uma topossequência, em Florânia (RN), região do Seridó, tendo em vista a sua contribuição para o desenvolvimento agropecuário da região como a definição de técnicas de conservação do solo e da água.

MATERIAL E MÉTODOS

A área em estudo está localizada no sítio Canaçu, inserido no Vale da Garganta, no perímetro suburbano oeste do município de Florânia, Rio Grande do Norte. Esta pertence à mesorregião Seridó Ocidental e a microrregião da Serra de Santana (Figura 1), estando a sudoeste da capital do estado (Natal), distando desta, aproximadamente, 216 km.

A caracterização da paisagem e as atividades desenvolvidas da região foram realizadas de forma visual e interrogativa (entrevistas informais com os moradores do vale) sobre as condições sanitárias, animal, humana e o histórico do ambiente, na antiguidade e atualidade.

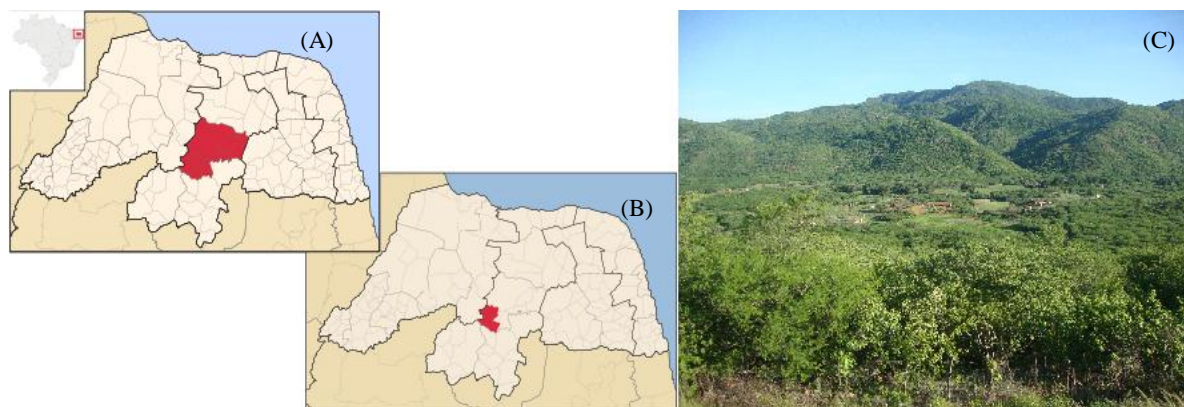


Figura 1. Localização da microrregião da Serra de Santana-RN (A), município de Florânia-RN (B) e Vale da Garganta e no centro o Sítio Canaçu (local de estudo) (C).

A Serra de Santana está situada pela área geral rebaixada da Depressão Semiárida Sertaneja, no extremo nordeste do Seridó (RN). A geologia local é constituída por sedimentos areníticos sobre rochas cristalinas. Os sedimentos da região são de formação arenítica feldspática, detritos arenosos, cascalhos quartzosos e concreções ferruginosas com distribuição variável em tempo e espaço. Os solos estão dispostos na paisagem sendo influenciados, diretamente, pelos sedimentos psamíticos, sendo eles de textura média e/ou arenosa e pouco profundos (ERNESTO SOBRINHO et al., 1987).

A vegetação local é do tipo Caatinga hipoxerófila arbustivo-arbórea densa com predominância de cactos, marmeleiros, maniçoba, imburana, canela de veado, mororó e mufumbo. A transição da vegetação da caatinga hipoxerófila no topo para a caatinga hiperxerófila nas encostas da Serra de Santana é muito rápida e o desenvolvimento da vegetação deve-se ao maior volume de solo explorado e à temperatura amena que, conseqüentemente, diminui a transpiração no fundo do vale, quando comparado aos outros locais amostrados.

O clima predominante da região é o Semiárido, muito quente, BSw'h', conforme Köppen, onde se caracteriza por ser um clima seco e quente com duas estações distintas, a das secas e a das chuvas com a estação chuvosa atrasada para o outono, e com pouco variação na temperatura durante o ano, onde a mínima é superior a 18 °C. A precipitação pluvial na região varia aproximadamente de 500 a 700 mm anuais (SOUZA NETO & BERTRAND, 2005). Com grande luminosidade associado à baixa nebulosidade, ausência de noites longas, insolação em Cruzeta que varia de 7,55 h em julho a 9,62 h em outubro (ERNESTO SOBRINHO et al., 1983).

O próprio nome Vale da Garganta, refere-se ao vale em "V" típico de processo erosivo intenso (Figura 1C). No mesmo está situado o rio Garganta, este que atribui o nome ao vale. O rio Garganta nasce na Serra do Cajueiro (descontinuidade topográfica do planalto da Serra de Santana) no município de Florânia e deságua no rio Piranhas, no município de Jucurutu, região do Seridó (RN), percorrendo uma extensão de, aproximadamente, 30 km, regime intermitente, banhando quatro comunidades rurais: Sítio Garganta, Sítio Canaçu (local do estudo), Sítio Cacimbas e Sítio Dequê, sendo os dois últimos pertencentes ao município de Jucurutu (RN). Sua litologia é de formação Gnaiss granítica e sedimentos fluviais.

A atividade econômica no ambiente do vale do rio Garganta é a pecuária extensiva de gado de leite alimentada no curral com capim elefante cortado miúdo na máquina forrageira e suplemento de ração concentrada. O leite é transformado em queijo e manteiga da terra e, estes, vendidos para os centros urbanos da região.

Inicialmente, foi realizada excursão, de caráter exploratório. Propôs, preliminarmente, um modelo de amostragem no ambiente. Os principais critérios utilizados foram: posição topográfica, horizonte diagnóstico, risco de salinização e de erosão no ambiente, afloramento de rochas, histórico da vegetação no passado e na atualidade e as atividades desenvolvidas.

Foram amostrados e georreferenciados cinco perfis de solos, onde constava de Neossolo Litólico (perfil 1), Neossolo Regolítico (perfil 2) e Neossolos Flúvicos (perfis 3, 4 e 5). Um resumo com a localização e a descrição sucinta dos perfis amostrados encontra-se na tabela 1.

Tabela 1. Localização e descrição simplificada dos locais dos perfis estudados no Semiárido, Florânia (RN).

Perfil	Latitude	Longitude	Veg. primária	Veg. local
Neossolo Litólico	6° 5' 2,94" S	36° 55' 3,78" W	Caat. hipox.	Caat. hipox.
Neossolo Regolítico	6° 5' 14,55" S	36° 55' 19,21" W	Caat. hipox.	Caat. hipox.
Neossolo Flúvico	6° 5' 19,01" S	36° 55' 24,87" W	Caat. hipox.	Caat. hipox.
Neossolo Flúvico	6° 5' 28,47" S	36° 55' 50,13" W	Caat. hipox.	Pastagem
Neossolo Flúvico	6° 5' 26,96" S	36° 55' 52,94" W	Caat. hipox.	Pastagem

Alt.: altitude; Veg.: vegetação; Caat.: caatinga; hipox.: hipoxerófila.

A descrição morfológica dos perfis foi realizada segundo Lemos & Santos (1996). Os parâmetros analisados foram: cor (úmida e seca); consistência (úmida, seca e molhada); e estrutura (desenvolvimento, classe e tipo).

Foram coletadas amostras deformadas de todos os horizontes para análises físicas e químicas – a partir da fração terra fina seca ao ar (TFSA), obtidas com o beneficiamento das amostras deformadas.

Além disso, coletou-se amostras indeformadas de todos os horizontes com trado do tipo Uhland e anéis volumétricos com 0,05 m de altura e 0,05 m de diâmetro

para as análises de densidade do solo e porosidade total calculada.

Os atributos físicos analisados foram: a) análise granulométrica, pelo método da pipeta empregando o dispersante químico hexametáfosfato de sódio; b) densidade de partículas (ρ_s), pelo método do balão volumétrico; c) densidade do solo (ρ), pelo método do anel volumétrico e torrão parafinado, quando possível; d) porosidade total (α) calculada seguindo método descrito em Embrapa (1997); e) diâmetro médio ponderado (DMP), pelo método de Yoder (1936), na qual o tamisamento a úmido é feito em um recipiente cilíndrico

em que se acoplam três conjuntos de peneiras; para servirem como repetição, tirando-se uma média final, em que cada uma possui abertura de malhas de 2,0 - 1,0 - 0,5 e 0,25 mm de diâmetro.

As análises do DMP foram realizadas somente na superfície e quando possível devido a agregação do solo.

A caracterização química foi realizada seguindo as recomendações da Embrapa (1997), onde determinaram-se: pH em água, na proporção de 1:2,5; CE (condutividade elétrica); Ca^{2+} (cálcio) e Mg^{2+} (magnésio) trocáveis, empregando complexometria após extração com KCl 1 mol L^{-1} ; Al^{3+} (alumínio) trocável, por extração com KCl 1 mol L^{-1} e titulado com NaOH $0,025 \text{ mol L}^{-1}$; P (fósforo) disponível, Na^+ (sódio) e K^+ (potássio), extraídos em Mehlich-1, onde o P disponível determinou-se por espectrofotometria do visível e o Na^+ e K^+ por fotometria e chamas; a acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}$), extraída com acetato de cálcio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ a pH 7,0 e quantificada por titulação com NaOH $0,025 \text{ mol L}^{-1}$; N (nitrogênio), digerido em bloco digestor com ácido sulfúrico, peróxido de hidrogênio e mistura digestora a 250°C durante 30 min e a 350°C durante 2 h e quantificado por titulação com NaOH $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ após destilação; e matéria orgânica do solo (MOS), por titulação com sulfato ferroso amoniacal $0,005 \text{ mol L}^{-1}$ depois de aquecida em chapa com dicromato de potássio $0,02 \text{ mol L}^{-1}$. Foram obtidos os índices soma de bases (SB); capacidade de troca catiônica efetiva (t); capacidade de troca catiônica potencial (CTC); saturação por bases (V%); saturação por alumínio (m%); e porcentagem de sódio trocável (PST).

As análises físicas e químicas foram realizadas nos laboratórios de Física do Solo e Fertilidade e Nutrição de Plantas, respectivamente, ambos no complexo do Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da

Universidade Federal Rural do Semiárido (LASAP/DCAT/UFERSA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os perfis estudados não apresentaram diferenças relevantes em relação às características morfológicas internas, apesar de estarem distribuídos ao longo de uma topossequência. Essa similaridade morfológica pode ser justificada pelo material de origem, que apresenta constituição litológica (gnaisse granítica e biotita gnaisse) semelhante, sob condições de clima do Semiárido que favorecendo o lento intemperismo das rochas, devido à irregularidade das chuvas e baixa precipitação pluvial ao longo do milênio, como encontrado por Santos et al. (2012). Dessa forma, o entendimento das pequenas variações deve-se à inclinação e forma do relevo (BUI, 2004), constituindo assim, uma importante ferramenta no entendimento da gênese do solo e da complexidade que envolve os diferentes ramos da Ciência do Solo. Tal fato, favorecendo a compreensão da variação dos atributos do solo.

De acordo com os atributos morfológicos (Tabela 2), os solos apresentam coloração variando entre o bruno e bruno-amarelado, sem grandes variações entre os perfis, conforme encontrados por Santos et al. (2012) em região semiárida no estado de Pernambuco. Esse fato pode ser justificado pela ausência da oxidação de ferro e a matéria orgânica em quantidade pequena concorre para a coloração chantizada. Seguindo a mesma tendência quando analisado a estrutura, apresentando em sua maioria blocos sub-angular e granular, com desenvolvimento moderado e classe variando de médio e pequeno.

Tabela 2. Atributos morfológicos dos solos da topossequência dos Neossolos em estudo.

Horizonte	Prof m	Cor		Consistência			Estrutura		
		Úmido	Seco	Úmido	Seco	Molhado	Desen	Clas	Tipo
Perfil 1, Neossolo Litólico									
A	0,00-0,11	2,5Y 3/2	2,5Y 4/4	Fi	Ld	NPe e NPI	Mo	Mé	Bs
Perfil 2, Neossolo Regolítico									
A	0,00-0,22	10YR 2/2	10YR 4/3	Pfi	Ma	NPe e NPI	Mo	Mé	Bl
C	0,22-0,60	10YR 3/2	10YR 3/6	Fi	D	LPe e LPI	Fo	Mé	Bl
Perfil 3, Neossolo Flúvico									
A	0,00-0,10	10YR 2/2	10YR 3/6	Fi	D	NPe e NPI	Mo	Pe	Bs
C	0,10-0,20	2,5Y 3/2	2,5YR 4/4	Fr	D	NPe e NPI	Mo	Pe	Gr
2 C	0,20-0,30	2,5Y 3/2	2,5YR 4/4	Fr	D	NPe e NPI	Mo	Pe	Gr
3 C	0,30-0,40	2,5Y 3/2	10YR 3/6	Fr	D	NPe e NPI	Mo	Pe	Gr
4 C	0,40-0,55	10YR 2/2	10YR 3/4	Fi	D	NPe e NPI	Mo	Mé	Bs e Gr
5 C	0,55-0,70	10YR 3/3	10YR 3/6	Fi	Md	LPe e PI	Mo	Mé	Bs e Gr

6 C	0,70-0,80	10YR 3/4	10YR 5/8	Fi	Md	LPe e Pl	Mo	Mé	Bs e Gr
7 C	0,80 +	10YR 3/6	10YR 4/6	Fi	Md	LPe e Pl	Mo	Mé	L
Perfil 4, Neossolo Flúvico									
A	0,00-0,22	2,5Y 3/2	2,5Y 4/4	Fr	Ld	NPe e LPI	Mo	Mé	Ba
AC	0,22-0,52	2,5Y 3/2	2,5Y 4/4	Fr	Ld	NPe e LPI	Mo	Mé	Ba
C	0,52-0,95	10YR 3/4	10YR 3/6	Mfr	D	NPe e LPI	Mo	Mé	Ba
2 C	0,95 +	10YR 3/3	10YR 3/6	Mfr	D	NPe e NPI	Mo	Mé	Ba
Perfil 5, Neossolo Flúvico									
AP	0,00-0,20	10YR 3/4	10YR 4/6	Mfr	D	NPe e NPI	Mo	Mé	Bs
C	0,20-0,45	10YR 3/4	10YR 4/6	Mfr	Md	NPe e NPI	Mé	Mé	Bl
2 C	0,45-0,73	10YR 3/4	10YR 4/6	Mfr	D	NPe e NPI	Fo	Mé	Bs

Prof: profundidade; Desen: desenvolvimento; Clas: classe; Fi: firme; Pfi: pouco firme; Fr: friável; Mfr: muito friável; Ld: ligeiramente dura; Ma: macia; D: dura; Md: muito dura; Mo: moderado; Fo: forte; Mé: médio; Pe: pequeno; Bs: blocos subangulares; Bl: blocos laminares; Gr: granular; L: laminar; Ba: blocos angulares.

A característica mais distintiva dos perfis foi à profundidade de ocorrência do horizonte C, sendo registrado no Neossolo Regolítico (Perfil 2), na profundidade de 0,22-0,60 m, sendo bem mais raso do que os Neossolos flúvicos (Perfis 3, 4 e 5), na profundidade (0,10-0,80+, 0,52-0,95+ e 0,20-0,73 m). Esse fato pode ser justificado pela origem dos sedimentos depositados no passado e na atualidade que estão sendo removidos pelo processo erosivo, chegando assim, ao estágio mais avançado da erosão (voçorocas), como também é influenciado pela sua localização na paisagem (sopé de elevação de encosta), que favorece a remoção do material de origem (material sedimentado no passado).

Analisando a maior profundidade efetiva do horizonte C no Neossolo Flúvico (perfil 3), deve-se ao

assoreamento da barragem de alvenaria construída em uma perna de córrego, isto é, córrego de pequena extensão, tributário da margem direita do riacho Garganta. E os Neossolos Flúvicos (Perfis 4 e 5), bem mais profundos estão relacionados com as condições impostas pela paisagem, localizados no fundo do vale em maior espessura.

Para a análise granulométrica (Tabela 3), os perfis apresentaram variações nas classes texturais, prevalecendo a fração areia, sendo característico da composição dos Neossolos (OLIVEIRA, 2008), com destaque para o aumento relevante da fração silte em profundidade, sendo um indicativo de solos jovens com pouca atividade intempérica.

Tabela 3. Distribuição do tamanho das partículas e classificação textural de Neossolos, Florânia (RN).

Horizonte	Prof m	Areia			Silte	Argila	Silte/Argila	Classificação Textural (SBCS)
		Fina	Grossa	Total				
g kg ⁻¹								
Perfil 1, Neossolo Litólico								
A	0,00-0,11	0,374	0,404	0,778	0,150	0,072	2,083	Areia-franca
Perfil 2, Neossolo Regolítico								
A	0,00-0,22	0,371	0,405	0,776	0,171	0,053	3,226	Areia-franca
C	0,22-0,60	0,308	0,316	0,624	0,204	0,172	1,186	Franco-arenosa
Perfil 3, Neossolo Flúvico								
A	0,00-0,10	0,524	0,303	0,827	0,106	0,067	1,582	Areia-franca
C	0,10-0,20	0,708	0,208	0,916	0,042	0,042	1,000	Areia
2 C	0,20-0,30	0,761	0,174	0,935	0,036	0,029	1,241	Areia
3 C	0,30-0,40	0,639	0,259	0,898	0,073	0,029	2,517	Areia
4 C	0,40-0,55	0,572	0,257	0,829	0,106	0,065	1,631	Areia-franca
5 C	0,55-0,70	0,100	0,103	0,203	0,456	0,341	1,337	Franco-argilosa
6 C	0,70-0,80	0,115	0,124	0,239	0,430	0,331	1,299	Franco-argilosa

7 C	0,80+	0,035	0,127	0,162	0,493	0,345	1,429	Franco-argilo-siltosa
Perfil 4, Neossolo Flúvico								
A	0,00-0,22	0,053	0,384	0,437	0,465	0,098	4,745	Franco-siltosa
AC	0,22-0,52	0,101	0,449	0,550	0,348	0,102	3,412	Franco-arenosa
C	0,52-0,95	0,100	0,473	0,573	0,346	0,081	4,272	Franco-arenosa
2 C	0,95+	0,154	0,471	0,625	0,323	0,052	6,212	Franco-arenosa
Perfil 5, Neossolo Flúvico								
AP	0,00-0,20	0,158	0,503	0,661	0,267	0,072	3,708	Franco-arenosa
C	0,20-0,45	0,091	0,500	0,591	0,289	0,120	2,408	Franco-arenosa
2 C	0,45-0,73	0,023	0,443	0,466	0,432	0,102	4,235	Franca

Prof: profundidade; SBCS: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

No perfil 2 (Neossolo Regolítico) na profundidade 0,22-0,60 m houve aumento no teor da fração argila ($0,172 \text{ g kg}^{-1}$) tendo classificação textural franca-arenosa. Já no perfil 3 (Neossolo Flúvico) houve em profundidade (0,20-0,30 a 0,80+ m) uma redução expressiva da fração areia ($0,935$ a $0,162 \text{ g kg}^{-1}$), enquanto os teores das frações silte e argila aumentaram nas respectivas profundidades. No perfil 4 (Neossolo Flúvico) na profundidade de 0,00-0,22 m as frações areia e silte foram semelhantes com classificação textural franco-siltosa, e de 0,22-0,52 a 0,95+ m (Franco arenosa) apresentando diminuição na fração silte e aumento da fração areia em profundidade. No perfil 5 (Neossolo Flúvico), na profundidade 0,45-0,73 m houve uma redução da fração areia e aumento da fração silte, sendo classificado como franca. Dados semelhantes foram encontrados por Lima et al. (2007), ao desenvolverem estudo com indicadores da qualidade do solo no município de Tauá-CE em condições de clima e vegetação similares.

Os valores de silte correspondem aos normalmente verificados para solos jovens a partir de rochas cristalinas com origem da deposição de sedimentos na região semiárida, este que é um indicativo de solos jovens e pouco intemperizados (SOUZA et al., 2010).

Quanto aos demais atributos físicos (Tabela 4), os perfis apresentaram alta densidade do solo (ρ), este que pode condicionar impedimento quanto ao desenvolvimento radicular das plantas. A porosidade total (α) do solo reflete as condições de estrutura do mesmo e está relacionada diretamente e dependentemente com os valores de densidade do solo. Os valores de porosidade total foram baixos, devido à maior presença da fração areia total, que favorece a infiltração de água no solo, a macroporosidade e redução dos microporos, este que proporciona o aumento da porosidade total e é proporcionado pela fração argila (REICHERT et al., 2003).

Tabela 4. Caracterização dos atributos físicos na topossequência de Neossolos, Florânia (RN).

Horizonte	Prof m	ρ_s kg dm ⁻³	ρ	α %	DMP g kg ⁻¹
Perfil 1, Neossolo Litólico					
A	0,00-0,11	2,44	2,06	15,57	0,15
Perfil 2, Neossolo Regolítico					
A	0,00-0,22	2,37	1,78	24,89	0,28
C	0,22-0,60	2,42	1,85	23,55	-
Perfil 3, Neossolo Flúvico					
A	0,00-0,10	2,52	1,67	33,85	-
C	0,10-0,20	2,59	-	-	-
2 C	0,20-0,30	2,63	-	-	-
3 C	0,30-0,40	2,62	-	-	-
4 C	0,40-0,55	2,49	-	-	-
5 C	0,55-0,70	2,59	1,40	46,12	-
6 C	0,70-0,80	2,63	1,24	52,81	-

7 C	0,80+	2,47	1,48	40,25	-
Perfil 4, Neossolo Flúvico					
A	0,00-0,22	2,21	1,39	36,97	-
AC	0,22-0,52	2,54	1,52	40,3	-
C	0,52-0,95	2,56	1,94	24,24	-
2 C	0,95+	2,58	1,64	36,41	-
Perfil 5, Neossolo Flúvico					
AP	0,00-0,20	2,62	1,77	32,44	0,15
C	0,20-0,45	2,58	1,58	38,76	-
2 C	0,45-0,73	2,6	1,68	35,38	-

Prof: profundidade; ρ_s : densidade de partículas; ρ : densidade do solo; α : porosidade total; DMP: diâmetro médio ponderado.

Os valores da densidade de partículas encontrados variaram (2,21 a 2,63 kg dm⁻³) entre os perfis e profundidades em função da composição granulométrica que é condicionada pelo mesmo material de origem. Os solos da região semiárida são pobres em matéria orgânica e pouco evoluídos (Tabela 5), e os valores de densidade de partícula estão relacionados fortemente com a sua formação mineralógica, principalmente da fração silte (VASCONCELOS & MATALLO JÚNIOR, 2003; NAHON, 1991).

Os resultados do DMP dos agregados foram baixos, isso, possivelmente, é decorrente das frações inorgânicas do solo (Tabela 4), baixo teor de matéria orgânica (Tabela 5) como também, ação dos animais presentes na área em estudo, o que favorece à perda da estabilidade dos agregados estáveis e, conseqüentemente, implicações nos atributos do solo que são facilmente modificados pelo manejo inadequado do solo e da planta. Para que ocorra agregação do solo faz-se necessário a presença de agentes cimentantes que proporcionem tal fenômeno, todavia os perfis, além de apresentarem baixos valores de matéria

orgânica, são pobres nos teores de óxidos de ferro, evidenciado pelos expressivos teores de silte (HILLEL et al., 1980; OADES & WATERS, 1991).

Os resultados referentes às análises química dos perfis (P₁, P₂, P₃, P₄ e P₅), estão dispostos na tabela 5. Os solos apresentaram pequena variação entre os valores de pH, havendo uma predominância entre 6 e 7, exceto nas profundidades de 0,55 a 0,70 m do perfil 3 (Neossolo Flúvico), que apresentou pH igual a 5,89. E nas profundidades de 0,52 a 0,95 m, no perfil 4 (Neossolo Flúvico), que variou entre 8,86 e 8,87. Pode-se inferir assim, que o solo apresentou reação alcalina. Esse fato deve-se a baixa concentração de alumínio trocável nos perfis e nas profundidades estudadas, como também, aos elevados teores de cálcio trocável, possivelmente, oriundo do material de origem (Gnaiss granítico e sedimentos fluviais). Oliveira (2008), trabalhando com recuperação de áreas degradadas da Jica na região semiárida, em Pedro Avelino-RN, encontrou variação de pH aproximadamente nessa faixa, entre 5,47 e 9,15.

Tabela 5. Caracterização dos atributos químicos de Neossolos, Florânia (RN).

Horizonte	Prof m	pH (água)	CE dS m ⁻¹	N g kg ⁻¹	MOS	P mg dm ⁻³	K ⁺	Na ⁺
Perfil 1, Neossolo Litólico								
A	0,00-0,11	7,07	0,44	0,28	33,83	193,6	187,6	1351,9
Perfil 2, Neossolo Regolítico								
A	0,00-0,22	6,69	0,37	0,7	28,53	211,97	174,64	1292,17
C	0,22-0,60	6,99	0,44	0,14	24,35	32,25	109,65	1365,21
Perfil 3, Neossolo Flúvico								
A	0,00-0,10	6,9	0,55	0,26	25,98	227,88	174,64	1312,09
C	0,10-0,20	7,14	0,41	0,21	23,38	250,19	116,15	1298,81
2 C	0,20-0,30	6,97	0,45	0,23	22,13	218,71	109,65	1258,97
3 C	0,30-0,40	7,04	0,4	0,35	22,48	174,61	90,15	83,65

4 C	0,40-0,55	6,55	0,48	0,14	23,51	124,63	109,65	70,37	
5 C	0,55-0,70	5,89	0,53	0,65	25,98	17,24	161,64	83,65	
6 C	0,70-0,80	6,34	0,38	0,65	25,87	20,37	155,14	96,94	
7 C	0,80+	6,22	0,38	0,91	27,99	9,96	129,15	90,3	
Perfil 4, Neossolo Flúvico									
A	0,00-0,22	6,94	0,49	1,19	31,14	12,5	64,16	63,73	
AC	0,22-0,52	7,49	0,51	0,4	26,47	18,2	103,15	110,22	
C	0,52-0,95	8,87	1,27	0,07	25,25	5,04	51,16	1511,29	
2 C	0,95+	8,86	1,46	0,05	25,11	13,29	44,66	2142,11	
Perfil 5, Neossolo Flúvico									
AP	0,00-0,20	7,11	0,43	0,4	28,32	73,78	109,65	83,65	
C	0,20-0,45	7,29	0,44	0,21	29,73	24,1	77,15	103,58	
2 C	0,45-0,73	7,46	0,44	0,21	26,99	70,84	57,66	70,37	

Prof: profundidade; pH: potencial hidrogeniônico; CE: condutividade elétrica; N: nitrogênio; MOS: matéria orgânica do solo; P: fósforo; K⁺: potássio; Na⁺: sódio.

Tabela 5. Continuação...

Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H + Al)	SB	t	T	V	m	PST
			cmol _c dm ⁻³						
						%			
Perfil 1, Neossolo Litólico									
5,24	0,99	0,00	0,96	12,59	12,59	13,55	92,94	0,00	43,40
Perfil 2, Neossolo Regolítico									
4,17	0,78	0,00	2,84	11,02	11,02	13,86	79,52	0,00	40,57
10,09	2,79	0,00	1,52	19,10	19,10	20,62	92,64	0,00	28,80
Perfil 3, Neossolo Flúvico									
4,81	1,59	0,00	1,95	12,56	12,56	14,50	86,58	0,00	39,35
2,65	1,01	0,00	0,00	9,61	9,61	9,61	100,00	0,00	58,81
2,89	2,28	0,00	1,04	10,92	10,92	11,96	91,31	0,00	45,78
3,66	2,43	0,00	0,94	6,69	6,69	7,63	87,68	0,00	4,77
2,92	5,83	0,00	1,29	9,33	9,33	10,62	87,88	0,00	2,88
14,31	11,92	0,23	4,01	27,01	27,24	31,02	87,07	0,86	1,17
12,33	12,89	0,00	3,99	26,04	26,04	30,03	86,70	0,00	1,40
14,27	9,16	0,00	4,87	24,15	15,33	20,20	75,90	0,00	2,23
Perfil 4, Neossolo Flúvico									
8,76	9,07	0,00	2,44	18,27	18,27	20,71	88,21	0,00	1,34
7,14	7,48	0,00	0,00	15,36	24,09	24,09	100,00	0,00	1,51
3,02	6,78	0,00	0,00	16,51	16,51	16,51	100,00	0,00	39,81
2,69	5,3	0,00	0,00	17,42	17,42	17,42	100,00	0,00	53,49
Perfil 5, Neossolo Flúvico									
3,87	3,32	0,00	0,00	7,83	7,83	7,83	100,00	0,00	4,64
5,54	3,82	0,00	0,00	10,01	10,01	10,01	100,00	0,00	4,50
5,02	3,85	0,00	0,00	9,32	9,32	9,32	100,00	0,00	3,28

Ca²⁺: cálcio; Mg²⁺: magnésio; Al³⁺: alumínio; (H + Al): acidez potencial; SB: soma de bases; t: capacidade de troca catiônica efetiva; CTC: capacidade de troca catiônica potencial; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; PST: porcentagem de sódio trocável.

Não ocorreram variações relevantes da condutividade elétrica (CE), apenas no perfil 4 (Neossolo Flúvico) houve um aumento em profundidade (1,27 e 1,46 dS m⁻¹). Esse fato deve-se provavelmente ao aumento do teor de sódio trocável em profundidade. A condutividade elétrica é um parâmetro muito utilizado em regiões que apresentam baixos índices pluviométricos, como as regiões de clima árido e semiárido, ou áreas litorâneas que possuem influências do mar, principalmente, por apresentar concentração de sais em solução a níveis que prejudicam o desenvolvimento de certos cultivos (OLIVEIRA, 2008). Na área em estudo, a condutividade elétrica teve uma variação entre 0,37 dS m⁻¹ no perfil 2 em superfície a 1,46 dS m⁻¹ em profundidade no perfil 4. Os valores mais baixos são encontrados em superfície na parte superior da topossequência e os valores mais elevados estão na parte baixa, o escoamento superficial que favorece o transporte e deposição das partículas pela água da chuva e/ou vento para o fundo do vale pode ter contribuído com esses valores elevados da CE no fundo do vale, também a umidade que permanece por mais tempo na localidade referida, o que justifica os valores elevados, mesmo com a evaporação da água com maior intensidade no período seco.

Verificou-se que os valores de nitrogênio (N) e matéria orgânica do solo (MOS) (Tabela 5) estão diretamente interligados, uma vez que o primeiro necessita da mineralização do segundo para tornar-se disponível. Em geral, os valores encontrados da MOS foram baixos (22,13 a 33,83 g kg⁻¹), com baixa amplitude de variação, resultados semelhantes encontrados por Jacomine (1996). Esse fato está diretamente ligado a quantidade de resíduo orgânico sobre a superfície, já que a vegetação da Caatinga perde suas folhas como estratégia de sobrevivência em função das elevadas temperaturas, baixa precipitação pluvial e intensa radiação solar, como também, a ação antrópica.

Esses fatores, por sua vez ainda contribuem para que o resíduo sobre o solo seja facilmente decomposto. A variação dos teores de nitrogênio acompanhou os valores de matéria orgânica, pois a mesma é considerada fator chave e um dos mais sensíveis e críticos indicadores da qualidade do solo, em função de suas inúmeras participações no funcionamento do ecossistema e agroecossistema (SIKORA & STOTT, 1996).

Observa-se em todos os perfis em estudo que os teores de fósforo são elevados, havendo uma diminuição no perfil 4, variando entre 5,04 a 13,29 mg dm⁻³. O teor de fósforo é importante nas regiões em processo de desertificação, uma vez que esse nutriente promove a formação inicial das plântulas. A sua deficiência reduz a taxa de crescimento e estabelecimento das plantas, limitando a capacidade produtiva das culturas (CECATO et al., 2004). De forma geral, o pH que proporciona maior

disponibilidade de fósforo está entre 6,0 e 6,5, sendo 6,3 o pH ideal para a disponibilidade desse nutriente às plantas (RAIJ et al., 1981).

Em todos os perfis há uma elevada concentração das bases trocáveis, K⁺, Na⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ (Tabela 5). Esses valores refletem na elevada soma de bases (SB), CTC a pH 7 (T), CTC efetiva (t) e saturação por bases (V). Devido aos altos valores de pH do solo, a saturação por alumínio é nula em praticamente todos os perfis e profundidades, exceto no perfil 3, na profundidade de 0,55 a 0,70 m, que apresentou 0,86 % de saturação por alumínio, em função do menor pH. Os valores de cálcio foram sempre maiores que os de magnésio, com exceção do perfil 4 (Neossolo Flúvico). Os valores de potássio trocável variaram entre 44,76 e 174,64 mg dm⁻³, com maiores teores observados nos horizontes superficiais.

Ao avaliar a qualidade química desses solos é necessário atenção aos valores de sódio e conseqüentemente a PST, pois pode mascarar os valores da soma e saturação por bases, uma vez que os teores de sódio encontram-se elevados na maioria das profundidades, diferenciando-se apenas nas cinco últimas profundidades do perfil 3, de 0,30 a 0,80 + m, nas primeiras profundidades do perfil 4, de 0,00 a 0,52 m e no perfil 5, de 0,00 a 0,73 m, que apresentaram normalidade. A sodicidade dos solos reduz o potencial produtivo das culturas. Esse processo provoca a dispersão das argilas, redução da infiltração e retenção de água disponível no solo, os fluxos de ar e o crescimento e desenvolvimento das raízes.

Do ponto de vista da fertilidade do solo, de acordo com recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999), os solos estudados apresentam teores elevados de cálcio, magnésio e potássio trocáveis. De acordo com esses parâmetros, os solos apresentam potencial do ponto de vista agrícola. Quanto ao elemento sódio, merece especial atenção aos altos valores encontrados em praticamente todos os perfis (Tabela 5), sendo considerados eutróficos (V > 50%) mascarando a fertilidade apresentada.

CONCLUSÕES

1. O estudo das relações solo-paisagem estabeleceu características peculiares ao ambiente; dentre elas, o vale que é formado em "V" e serve como reservatório de água favorecendo atividades agrícolas ao longo do ano.
2. As características locais como o afloramento de rochas, baixa profundidade efetiva, susceptibilidade à erosão e os baixos teores de matéria orgânica restringem as atividades agropecuárias.
3. A boa fertilidade do solo é determinada em função do material de origem e conseqüente caráter

eutrófico, embora com limitações devido a alguns atributos físicos, a escassez de água e o caráter sódico.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro (Projeto Universal 484911/2011-2).

REFERÊNCIAS

- Araújo Filho, J. A. Caatinga: agroecologia versus desertificação. **Ciência Hoje**, v. 30, n.180, p. 44-45, 2002.
- Bui, E. N. Soil survey as a knowledge system. **Geoderma**, v.120, p.17-26, 2004.
- Cecato, U.; Pereira, L. A. F.; Galbeiro, S. Influência das adubações nitrogenada e fosfata sobre a produção e características das rebrota do capim-Marandu (*Brachiaria Brizantha* (Hochst) Stapf cv Marandu). **Acta Scientiarum**, Maringá, v.26, p.399-407, 2004.
- Dexter, A. R.; Youngs, I. M. Soil physic toward 2000. **Soil Tillage Research**, v.24, p.101-106, 1992.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: CNPS. 1997. 212p.
- Ernesto Sobrinho, F.; Resende, M.; Moura, A. R. B.; Oliveira, M.; Muggler, C. C. **Levantamento de reconhecimento semi-detalhado dos solos e caracterização do ambiente agrícola da Serra de Santana**, Rio Grande do Norte. Mossoró: Fundação Guimarães Duque. 1987. 125p.
- Ernesto Sobrinho, F.; Resende, M.; Moura, A. R. B.; Schaun, N.; Resende, S. B. **Sistema do pequeno agricultor do seridó norte rio grandense: a terra, o homem e o uso**. Mossoró: Fundação Guimarães Duque. 1983. 200p.
- Hickmann, C.; Costa, L. M.; Schaefer, C. E. G. R.; Fernandes, R. B. A. Morfologia e estabilidade de agregados superficiais de um argissolo vermelho-amarelo sob diferentes manejos de longa duração e Mata Atlântica secundária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, p.2191-2198, 2011.
- Hillel, D. **Fundamentals of soil physics**. New York: Academic Press. 1980. 413p.
- Jacomine, P. K. T. Solos sob caatinga: Características e uso agrícola. In: Alvarez V. V. H.; Fontes, L. E. F.; Fontes, M. P. F. (ed.) O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1996. p.95-111.
- Lemos, R. C.; Santos, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Campinas: SBCS. 1996. 84p.
- Lima, H. V.; Oliveira, T. S.; Oliveira, M. M.; Mendonça, E. S.; Lima, P. J. B. F. Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.1085-1098, 2007.
- Maia, S. M.F.; Xavier, F. A. S.; Oliveira, T. S.; Mendonça, E. S.; Araújo Filho, J. A. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.5 p. 837-848, 2006.
- Nahon, D. B. **Introduction to the petrology of soils and chemical weathering**. New York: Wiley. 1991. 312p.
- Oades, J. M.; Waters, S. G. Aggregate hierarchy in soils. **Australian Journal Soil Research**, v.29, p.815-828, 1991.
- Oliveira, D. A.; Duda, G. P.; Mendes, A. M. S.; Oliveira, R. A.; Fernandes, M. B. Caracterização química do solo em uma área de implantação do projeto de recuperação de áreas degradadas da Jica no município de Pedro Avelino-RN. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.21, p.179-188, 2008.
- Oliveira, J. B. **Pedologia aplicada**. Piracicaba: FEALQ. 2008. 592p.
- Raij, B. V.; Feitosa, C. T.; Grohmann, F. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais brasileiro. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 18. 1981. Salvador, **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1981. v.1. p.46-67.
- Reichert, J. M.; Reinert, D. J.; Braida, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v.27, p.29-48, 2003.
- Ribeiro, A. C.; Guimaraes, P. T. G.; Alvarez V. V. H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. 1999. 359p.
- Santos, J. C. B.; Souza Júnior, V. S.; Corrêa, M. M.; Ribeiro, M.R.; Almeida, M. C.; Borges, L. E. P. Caracterização de Neossolos Regolíticos da região semiárida do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, p.683-695, 2012.
- Sikora, L. J.; Stott, D. E. Soil organic carbon and nitrogen. In: Doran, J. W.; Jones, A. J. (ed.) **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America. 1996. p.157-168.
- Souza Neto, L. D; Bertrand, D. **Mapeamento dos sítios arqueológicos do município de Flôrania/RN**. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2005. p.1518-3394.
- Souza, R. V. C. C.; Ribeiro, M. R.; Souza Júnior, V. S.; Corrêa, M. M.; Almeida, M. C.; Campos, M. C. C.; Ribeiro Filho, M. R.; Schulze, S. B. B. Caracterização de solos em um topoclimosequência no maciço de Triunfo-sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, p.1259-1270, 2010.
- Vasconcelos, R. R.; Matallo Júnior, H. **Estimativa de perdas econômicas provocadas pelo processo de desertificação na região do Semi-Árido do NE**. In:

- Schenkel, C. S.; Matallo Júnior, H., (ed.)
Desertificação. Brasília: UNESCO. 2003. 27p.
- Yoder, R. E. A direct method of aggregate analysis of
soils and a study of the physical nature of erosion
losses. **Journal of American Society of Agronomy**,
v.28, p.337-351, 1936.