

Cezar Augusto Medeiros Rebouças¹

Jeane Cruz Portela²

Francisco Ernesto Sobrinho³

Jussara Sonally Jácome Cavalcante¹

Maria Laiane do Nascimento Silva⁴

Joaquim Emanuel Fernandes Gondim¹

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 12/01/2014. Aprovado em 02/05/2014.

¹Graduando em Agronomia do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. E-mail: cezar_agusto1992@hotmail.com

²Professora Adjunta II do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. E-mail: jeaneportela@ufersa.edu.br

³Professor Adjunto aposentado e doutorando no Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. E-mail: fesobrinho@gmail.com

⁴ Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido. E-mail: nascimentoilaiane@yahoo.com

ACSA



AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO – ISSN
1808-6845

Artigo Científico

Caracterização física, química e morfológica do solo em várzea do município de Florânia, RN

RESUMO

No Semiárido brasileiro, as condições edafoclimáticas contribuem para a diversidade de solos, assim conhecer os atributos destes é essencial para adoção de práticas que visem a sua sustentação. Neste contexto, objetivou-se caracterizar os atributos químicos, físicos e morfológicos do solo em várzea, bem como avaliar a qualidade da água do açude utilizada nas atividades agropecuárias no município de Florânia, RN. Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas em três perfis de solo como também a água do açude. Os resultados mostram que as características morfológicas internas dos perfis de solo estudados refletem as condições do material de origem (gnaisse-granítico) e da paisagem, influenciando diretamente no tipo de atividades agropecuárias. O afloramento de rochas, a baixa profundidade efetiva e o caráter sódico dos solos apresentam limitações às atividades agrícolas, apesar das boas características químicas. A água do açude não apresentou restrições de uso quanto aos riscos de salinidade, problemas com infiltração e toxicidade de íons específicos, sendo classificada como C₂S₁.

Palavras-chave: Caatinga, Degradação, Vegetação aberta, Deposição de sedimentos, Afloramento de rochas

Characterization physics, chemistry and morphological in the lowland soil from municipality Florânia, RN

ABSTRACT

In the Brazilian semiarid region, climate and pedogenic conditions contribute to great soil diversity, hence background information of soil attributes is essential to local community knowledge and it also stimulates the adoption of sustainable on farm practices. In this context, aimed to characterize lowland soil chemical, physical and morphological attributes, and to evaluate the quality of the water reservoir used for agricultural and livestock activities in the urban perimeter of Florânia County, RN. Intact and deformed soil samples from three soil profiles and also water reservoir quality were collected. The results showed that internal morphological characteristics of the soil profiles were of geogenic origin (gneiss-granitic) and of the landscape, directly influencing the type of agricultural

activities. The rock emergency, low effective depth and soil sodic character impose some limitations to the development of agricultural activities, even though adequate chemical characteristics. The dam water showed no usage restrictions on the risks of salinity, infiltration problems and toxicity of specific ions, being classified as C₂S₁.

Keywords: Dry forest, Degradation, Open vegetation, Sediment deposition, Rock emergency.

INTRODUÇÃO

Os solos do Semiárido brasileiro são diversos, em consequência do material de origem, paisagem, relevo e da intensidade de aridez do clima; em que se verifica a ocorrência de diversas classes de solo, em abrangência, os Luvisolos, Planossolos e Neossolos, os quais se apresentam em grandes extensões sendo solos jovens, pouco evoluídos, baixa profundidade efetiva, afloramento de rochas e boas características químicas (OLIVEIRA *et al.*, 2003).

No entanto, os solos dessa região são intensamente degradados, principalmente devido à ação antrópica que não considera as particularidades locais. Por exemplo, as atividades agropecuárias em áreas inadequadas para esta atividade e o uso intensivo da terra com a adoção de práticas que aceleram o processo de degradação como: desmatamento, queimadas, eliminação da cobertura vegetal, monocultivos, retirada da piçarra, confecção de cerâmicas, pisoteio de animais com a pecuária extensiva etc (MAIA *et al.*, 2006; ARAÚJO FILHO, 2002). Tais práticas associadas às condições climáticas desfavoráveis da região, como distribuição irregular da precipitação pluvial e elevadas temperaturas, intensificam o processo de desertificação do semiárido, causando danos muitas vezes irreversíveis (SOUTO *et al.*, 2005).

No estado do Rio Grande do Norte, a região do Seridó é considerada uma das áreas mais críticas ao fenômeno da desertificação (COSTA *et al.*, 2009). Entretanto, o estudo dos solos na região seridoense ainda é escasso, deste modo, faz-se necessário estudar as particularidades locais, de forma qualitativa e quantitativa, a fim de identificar as principais causas da degradação dos solos, com o intuito de definir práticas de conservação que atenuem o processo de degradação.

Vale ressaltar que, na avaliação para estimar a degradação do solo deve considerar seu estado atual e as diversas interações deste com a paisagem em prol do funcionamento do sistema solo-planta-atmosfera (NORTCLIFF, 2002), pois o mesmo pode variar significativamente entre pontos relativamente próximos (LIMA *et al.*, 2006).

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi caracterizar os atributos físicos, químicos e morfológicos do solo em área de várzea e a avaliação da qualidade da água do açude utilizada nas atividades agropecuárias do perímetro suburbano no município de Florânia, RN, sub região seridoense no Semiárido do estado do Rio Grande do Norte.

MATERIAL E MÉTODOS

A área em estudo está localizada no perímetro suburbano oeste de Florânia, Rio Grande do Norte, banhado por um córrego, onde há um açude de pequeno porte no aterro da BR 226, com 315 m de altitude (BRASIL, 2005), compreendida na mesorregião do Seridó Ocidental e microrregião da Serra de Santana, distando da capital (Natal) em, aproximadamente, 216 km (Figura 1).

A região apresenta relevo ondulado e substrato granítico favorecendo a construção e o represamento da água superficial em açudes de tamanhos diversificados o qual minimiza os efeitos da escassez de água na região semiárida. A área à montante e à jusante do açude tem caráter de várzea rasa alongada pelo percurso do córrego que funciona como dreno. Os solos salinos dominam o ambiente (BRASIL, 2005), de relevo abaciado onde a umidade é mais constante devido à presença do lençol freático elevado mantido pela proximidade do açude, durante o ano.

De acordo com a classificação climática de Köppen, o município de Florânia apresenta clima do tipo BSw'h', caracterizando a região pelo clima semiárido, com duas estações distintas de seca e chuva. A precipitação pluvial anual normalmente aproxima-se de 560 mm. A principal atividade agropecuária desenvolvida na área em estudo é a pecuária extensiva, principalmente, para a produção de leite. A maior parte dos solos está ocupada pela vegetação natural (caatinga hiperxerófila). Pequenas parcelas são cultivadas com algodão arbóreo consorciado com milho e feijão e palma forrageira (BRASIL, 2005).

Realizou-se primeiramente uma excursão de caráter exploratório, a qual propôs um modelo de amostragem no ambiente e no contexto da área abaciada à jusante do açude. Os principais critérios para a escolha dos locais de amostragem foram a posição topográfica, caminhos preferenciais de erosão, risco de salinização do ambiente e as principais atividades desenvolvidas na área.

Foram amostrados e georreferenciados três perfis de solos: Luvisolo Crômico (P₁), Planossolo Nátrico (P₂) e Neossolo Flúvico (P₃), iniciando da parte mais elevada do terreno em direção ao fundo da várzea. As coordenadas do local dos perfis amostrados bem como a água do açude são apresentadas na tabela 1.

A identificação dos horizontes e a descrição morfológica dos perfis foram realizadas segundo Santos *et al.* (2005). Avaliou-se a cor do solo (seca e úmida), consistência (seca, úmida e molhada) e estrutura (desenvolvimento, classe e tipo).

Foram coletadas amostras de solos com estrutura deformada em todos os horizontes para as análises físicas e químicas, realizadas a partir da fração terra fina seca ao ar (TFSA). Para as análises físicas de densidade do solo e porosidade total coletaram-se amostras com estrutura indeformada com trado do tipo Uhland e anéis volumétricos com as dimensões de 0,05 m de altura e 0,05 m de diâmetro. As análises físicas e as químicas seguiram recomendações descritas no Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997) e foram realizadas no

Laboratório de Análises de Solo Água e Planta do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (LASAP/DCAT/UFERSA).



Figura 1. (a) Imagem de satélite com a identificação dos pontos amostrados, Florânia (RN) e (b) vista frontal do açude ao lado da área em estudo

Tabela 1. Coordenadas dos perfis de solo e água do açude em estudo

Perfil	Latitude	Longitude
P ₁	6° 7' 55,78" S	36° 49' 46,61" W
P ₂	6° 7' 53,72" S	36° 49' 47,98" W
P ₃	6° 7' 54,36" S	36° 49' 50,03" W
Açude	6° 7' 49,46" S	36° 49' 49,85" W

P₁: Luvissole Crômico; P₂: Planossolo Nátrico; e P₃: Neossolo Flúvico.

Os atributos físicos avaliados foram: análise granulométrica, pelo método da pipeta empregando o dispersante químico hexametáfosfato de sódio; densidade dos sólidos (ρ_s), pelo método do balão volumétrico; densidade do solo (ρ), pelo método do anel volumétrico e torrão parafinado, quando possível; e porosidade total calculada (α).

As características químicas foram as seguintes: pH em água, na proporção de 1:2,5; condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}); cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) trocáveis, empregando complexometria após extração com KCl 1 mol L⁻¹; alumínio (Al^{3+}) trocável, por extração com KCl 1 mol L⁻¹ e titulado com NaOH 0,025 mol L⁻¹; fósforo (P) disponível, sódio (Na^+) e potássio (K^+), extraídos em Mehlich-1, sendo o P disponível determinado por espectrofotometria do visível e os íons Na^+ e K^+ por fotometria de chamas; acidez potencial (H + Al), quantificada por titulação com NaOH 0,025 mol L⁻¹ após extração com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0; nitrogênio (N), 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 mol L⁻¹ após destilação; e matéria orgânica do solo (MOS), por titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,005 mol L⁻¹

depois de aquecida em chapa uniforme com dicromato de potássio 0,02 mol L⁻¹. A partir das análises realizadas foram obtidos os índices: soma de bases (SB); capacidade de troca catiônica efetiva (t); capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (T); saturação por bases (V %); saturação por alumínio trocável (m %) e a percentagem de sódio trocável (PST).

A análise da qualidade da água do açude seguiu metodologia adotada por Tedesco *et al.* (1995). O período da amostragem foi atípico, em que a precipitação pluvial foi escassa na região. Foram determinadas as seguintes características: pH, condutividade elétrica (CE_a), cátions (Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}) e ânions (Cl^- , HCO_3^- e CO_3^{2-}). Para avaliar os riscos com problemas de infiltração de água no solo foi calculada a razão de adsorção de sódio da água (RAS).

A análise da água foi realizada no laboratório de pesquisa do LASAP/DCAT/UFERSA.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes aos atributos morfológicos estão dispostos na Tabela 2. A cor do solo mais comum nos perfis foi Bruno amarelo; sendo esta atribuída a permanência de umidade no solo que favorece a formação da goethita e óxido de ferro conferindo cores amarelas ao solo (Schwertmann, 1985). No perfil 1 (Luvissole Crômico), a coloração avermelhada permite a sua classificação como Crômico. Em relação ao perfil 3 (Neossolo Flúvico), o valor 'solo seco' que se refere a luminosidade relativa da cor, apresenta valores 7 (sendo que o valor máximo é 8) em quase todos os horizontes, exceto no 3 C (0,12-0,22 m). Esta cor indica a presença de minerais claros como caulinita e quartzo, típicos de solos jovens.

De modo geral, a consistência do solo seco apresentou-se dura, principalmente com o aumento da profundidade do solo. Com o solo úmido, apresentou-se friável e muito friável, principalmente nos três primeiros horizontes do perfil 3 (Neossolo Flúvico), de 0,00-0,22 m. Quando o solo molhado, este verifica-se não pegajoso e não plástico, isto deve-se a pequena quantidade de argila e matéria orgânica nestes solos, que são responsáveis pela cimentação e agregação das partículas (TISDALL & OADES, 1982).

A estrutura apresentou desenvolvimento moderado principalmente nos perfis 1 e 2 (Luvisso Crômico e Planossolo Nátrico, respectivamente), e no perfil 3 (Neossolo Flúvico), houve uma mudança de fraco nos

horizontes superficiais A e C (0,00-0,12 m), para forte e moderado nos horizontes subjacentes (0,12-0,50 m). O perfil 1 apresentou classe estrutural média e prevaleceu muito pequena nos perfis seguintes. Quanto ao tipo de estrutura, variou entre blocos e granular, sendo que no perfil 1 em todos os horizontes a estrutura foi do tipo blocos.

A análise granulométrica dos três perfis de solos é apresentada na tabela 3. Para tal, os perfis 1 e 2 (Luvisso Crômico e Planossolo Nátrico, respectivamente) apresentaram relevante mudança textural em seus horizontes, exceto o perfil 3 (Neossolo Flúvico).

Tabela 2. Atributos morfológicos dos solos em estudo

Horizonte	Profundidade m	Cor		Consistência			Estrutura		
		Seca	Úmida	Seca	Úmida	Molhada	Des	Classe	Tipo
P ₁ , Luvisso Crômico									
A	0,00-0,05	10YR 5/4	10YR 3/4	Ld	Fr	ñPe e ñPl	Mo	Pq	Bl
AB	0,05-0,28	10YR6/3	10YR 5/4	D	Fi	Lpe e Lpl	Mo	Mé	Bl
C	0,28-0,45	10YR 5/6	10YR 5/6	D	Mfr	ñPe e Lpl	Mo	Mé	Bl
P ₂ , Planossolo Nátrico									
A	0,00-0,10	10YR 6/2	10YR 4/2	Ma	S	ñPe e ñPl	F	Mpq	Gr
B	0,10-0,18	10YR 5/4	10YR 4/3	D	Fi	ñPe e ñPl	Mo	Mpq	Bl
C	0,18-0,50	10 YR 6/2	10YR 4/1	D	Fr	ñPe e ñPl	Mo	Mpq	Gr
P ₃ , Neossolo Flúvico									
A	0,00-0,07	10YR 7/1	10YR 5/3	S	Mfr	ñPe e ñPl	F	Mpq	Gr
C	0,07-0,12	10 YR 7/1	10 YR 6/3	S	Mfr	ñPe e ñPl	F	Mpq	Gr
2 C	0,12-0,22	10 YR 4/2	10 YR 3/2	D	Mfr	Lpe e Lpl	Fo	Mpq	Bl
3 C	0,22-0,50	10 YR 7/6	10 YR 5/6	D	Fi	ñPe e ñPl	Mo	Mpq	Bl

Des: desenvolvimento; Ld: ligeiramente dura; D: dura; Ma: macia; S: solto; Fr: friável; Fi: firme; Mfr: muito friável; ñPe: não pegajoso; ñPl: não plástico; Lpe: ligeiramente pegajoso; Lpl: ligeiramente plástico; Mo: moderado; F: fraco; Fo: forte; Pq: pequeno; Mé: médio; Mpq: muito pequeno; Bl: blocos; e Gr: granular.

Tabela 3. Distribuição do tamanho das partículas e classificação textural dos solos

Horizonte	Profundidade m	Areia			Silte	Argila	Silte/ Argila	Classificação Textural (SBCS)
		Grossa	Fina	Total				
g kg ⁻¹								
P ₁ , Luvisso Crômico								
A	0,00-0,05	162	559	721	150	129	1,163	Franco arenosa
AB	0,05-0,28	104	345	449	185	366	0,505	Franco argilosa
C	0,28-0,45	161	426	587	145	268	0,541	Franco argilo arenosa
P ₂ , Planossolo Nátrico								
A	0,00-0,10	220	652	872	110	018	6,111	Areia franca
B	0,10-0,18	259	573	832	098	070	1,400	Areia franca
C	0,18-0,50	073	417	490	359	151	2,377	Franca
P ₃ , Neossolo Flúvico								
A	0,00-0,07	198	675	873	084	043	1,953	Areia franca
C	0,07-0,12	212	657	869	087	044	1,977	Areia franca
2 C	0,12-0,22	161	707	868	096	036	2,667	Areia franca
3 C	0,22-0,50	244	535	779	064	157	0,408	Franco arenosa

SBCS: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

No Luvisso Crômico (perfil 1), a textura variou de Franco-arenosa no horizonte A (0,00-0,05 m) a Franco-argilosa no AB (0,05-0,28 m) em razão do aumento da fração argila (0,129-0,366 g kg⁻¹) com o surgimento ainda insipiente da transição para um horizonte B; já o horizonte C (0,28-0,45 m) foi classificado como Franco-argilo-arenosa, em função do aumento da fração areia. No Planossolo Nátrico (perfil 2), a textura nos horizontes A e

B (0,00-0,10 e 0,10-0,18 m, respectivamente) não diferiu, sendo estes classificados como Areia-franca e o horizonte C (0,18-0,50 m) com classificação textural Franca, em que o maior teor de areia em superfície pode ter sido influenciado, além do material de origem, pela localização na paisagem e oscilação do lençol freático (raso), favorecendo o transporte e a deposição das partículas mais finas (argila) fora do local de origem. O Neossolo Flúvico

(perfil 3) apresenta relevo plano, o que favorece a maior energia da água proporcionando a maior concentração do teor de argila em profundidade. Ainda sobre o perfil 3, a textura Areia-franca corresponde aos horizontes A, C e 2 C (0,00-0,07, 0,07-0,12 e 0,12-0,22 m, respectivamente); já no horizonte 3 C (0,22-0,50 m), a classificação é Franco-arenosa, devido a diminuição das frações areia (0,868 a 0,779 g kg⁻¹) e silte (0,096 a 0,064 g kg⁻¹) e aumento da fração argila (0,036 a 0,157 g kg⁻¹) em profundidade.

No geral, os perfis de solo apresentaram teores expressivos da fração silte, e a relação silte/argila é um indicativo de solos jovens e pouco intemperizados. Os maiores teores de silte, com consequente maior magnitude da relação silte/argila, devem-se ao fato de serem, estes solos, produto direto do intemperismo de rochas cristalinas (gnaisse-granítico), e a pouca ação da água no intemperismo químico dessas rochas, em razão do déficit hídrico que é característico da região em estudo (DINIZ FILHO *et al.*, 2009; SOUZA *et al.*, 2010; SANTOS *et al.*, 2012). O perfil 1 (Luvissole Crômico) apresenta relação silte/argila abaixo de 1,0, exceto no horizonte A (0,00-0,05 m) que apresentou um valor de 1,163. Diniz Filho *et al.* (2009) encontraram a relação silte/argila dos Luvissoles Crômicos baixa, porém esses solos são produtos da alteração de sedimentos pré-intemperizados e dos fatores edafoclimáticos. Assim, a relação silte/argila é própria do material de origem, não expressando bem a maturidade genética do solo.

Em relação aos demais atributos físicos do solo (Tabela 4), os três perfis estudados apresentaram aumento da densidade do solo em profundidade, atentando para os valores acima de 1,65 kg dm⁻³ que podem apresentar impedimento ao desenvolvimento do crescimento radicular de plantas. Os valores para tal atributo variaram entre 1,42 a 1,77 kg dm⁻³ no Luvissole Crômico (perfil 1), 1,66 a 1,77 kg dm⁻³ no Planossolo Nátrico (perfil 2) e 1,51 a 1,72 kg dm⁻³ no Neossolo Flúvico (perfil 3), sendo estes valores dentro da faixa normalmente encontrados para solos arenosos. Oliveira *et al.* (2009) trabalhando no semiárido de Pernambuco e Paraíba encontrou valores similares. A porosidade total calculada (α) está diretamente e dependentemente ligada com as condições da densidade do solo, de forma que uma é inversamente proporcional à outra, além disso, é um atributo ao qual permite, juntamente com outros, medir o grau de degradação dos solos (compactação). Os valores encontrados para porosidade total foram baixos e variando de 24,8 a 40,34 %, sendo estes próximos aos encontrados por Oliveira *et al.* (2009), os quais registraram valores entre 25 a 44 % em estudo na região semiárida.

Os valores de densidade dos sólidos encontrados estão na faixa de 2,35 a 2,52 kg dm⁻³ e não houve discrepância em profundidade, devido, provavelmente, à presença representativa da fração silte e dos baixos teores de matéria orgânica no solo. Segundo Nahon (1991), devido aos baixos teores de matéria orgânica na região semiárida, os valores de densidade dos sólidos estão relacionados fortemente com a sua composição mineralógica.

Tabela 4. Caracterização de atributos físicos dos solos

Horizonte	Profundidade m	ρ_s kg dm ⁻³	ρ	α %
P ₁ , Luvissole Crômico				
A	0,00-0,05	2,38	1,42	40,34
AB	0,05-0,28	2,51	1,73	31,08
C	0,28-0,45	2,35	1,77	24,68
P ₂ , Planossolo Nátrico				
A	0,00-0,10	2,48	1,66	33,06
B	0,10-0,18	2,50	1,77	29,20
C	0,18-0,50	2,39	1,70	28,87
P ₃ , Neossolo Flúvico				
A	0,00-0,07	2,51	1,51	39,84
C	0,07-0,12	2,51	1,59	36,65
2 C	0,12-0,22	2,52	1,61	36,11
3 C	0,22-0,50	2,50	1,72	31,20

ρ_s : densidade dos sólidos; ρ : densidade do solo; e α : porosidade total calculada.

De acordo com a caracterização dos atributos químicos dos solos (Tabela 5), verificou-se que houve um aumento em profundidade nos valores de pH para os solos Luvissole Crômico (Perfil 1) e Neossolo Flúvico (Perfil 3), estando próximos da neutralidade (5,15 a 6,77). Enquanto no Planossolo Nátrico (Perfil 2), verifica-se maior valor em superfície, seguida da diminuição em profundidade, variando de 8,06 a 10,26, apresentando reação alcalina e, conseqüentemente, limitação a disponibilidade de nutrientes às plantas.

Não houve grande amplitude entre os valores da condutividade elétrica do solo (CE_{es}), apenas no Neossolo Flúvico (Perfil 3), na profundidade de 0,22-0,50 m, a CE_{es} passou de 0,84 dS m⁻¹, na camada anterior (0,12-0,22 m), para 3,30 dS m⁻¹ (Tabela 5). De modo geral, há uma tendência na elevação da CE_{es} , com exceção do Planossolo Nátrico (Perfil 2). O acúmulo de sais no solo, também é influenciado pela eficiência de drenagem interna do perfil e aos ciclos de água, seja pela irrigação ou pela precipitação pluvial (SOUZA *et al.*, 2007). A tendência para salinização dos solos no semiárido é comum, devido aos fatores climáticos, deficiência na drenagem, material de origem e o uso inadequado da irrigação.

Ainda em relação à tabela 5, observam-se baixos valores nos teores de nitrogênio (N) e matéria orgânica do solo (MOS), porém comum para as condições edafoclimáticas do semiárido. Além disso, as práticas inadequadas do manejo do solo e da planta como, por exemplo, queimadas, desmatamento, perda de solo por erosão e extração de piçarra e pecuária extensiva, contribuem para a redução acentuada no conteúdo de matéria orgânica e, conseqüentemente, o teor de N nos solos (FARIA *et al.*, 2010). Contudo, Salton (2005), afirma que quando o solo é submetido a manejos conservacionistas, esses atributos podem ser mantidos ou melhorados no sistema. De modo geral, os valores de MOS variam de 0,83 a 14,77 g kg⁻¹, tendendo a diminuição em profundidade, com exceção do perfil 2, na profundidade 0,18-0,50 m (4,51 g kg⁻¹). Isso pode ser justificado pela localização do perfil 2, no fundo da várzea, devido a deposição da matéria orgânica.

De modo geral, os teores de fósforo (P) disponível são baixos (6,80 a 33,00 mg dm⁻³) havendo uma diminuição em função das profundidades dos perfis, exceto no perfil 1 em que houve uma pequena elevação no teor de P (26,27 mg dm⁻³) em profundidade (0,28-0,45 m). Os solos do semiárido apresentam, em geral, baixos teores de P disponível (PEREIRA & FARIA, 1998; GALVÃO *et al.*, 2008), estando dessa forma dentro dos valores esperados. Este é um elemento de baixa mobilidade no solo, onde se encontra combinado com o Fe²⁺, Al³⁺, Ca²⁺ e a matéria orgânica. A forma como o fósforo está presente no solo depende do pH, em solos neutros e alcalinos encontra-se na forma de fosfatos de cálcio de baixa solubilidade, com predomínio do íon ortofosfato secundário (HPO₄²⁻). Moraes (1993) relata que o acúmulo de fósforo em superfície decorre da decomposição dos resíduos de plantas e da diminuição da fixação em função

do seu menor contato com os nutrientes inorgânicos do solo.

Analisando os perfis em estudo, verificam-se elevadas concentrações de bases trocáveis (K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺) e, conseqüentemente elevada soma e saturação por bases, sendo considerados eutróficos (V > 50%). Resultados semelhantes foram encontrados por Diniz Filho *et al.* (2009), em que a saturação por bases apresentou-se elevada, variando de 42 a 100 %, indicando acentuado caráter eutrófico desses solos.

Conforme tabela 5, verifica-se boas concentrações de potássio e diminuição em profundidade dos perfis, o que é justificado por Melo *et al.* (2008) devido a fácil lixiviação, em função de sua monovalência, apresentando, portanto, ligações mais fracas que o cálcio e magnésio.

Tabela 5. Caracterização dos atributos químicos dos solos

Horizonte	Profundidade m	pH (água)	CE _a dS m ⁻¹	N g kg ⁻¹	MOS	P	K ⁺ mg dm ⁻³	Na ⁺
P ₁ , Luvissole Crômico								
A	0,00-0,05	5,89	0,13	1,24	14,77	21,93	173,03	19,83
AB	0,05-0,28	6,77	0,51	1,24	5,42	14,53	46,17	222,20
C	0,28-0,45	6,74	1,03	0,21	4,02	26,27	35,77	497,40
P ₂ , Planossolo Nátrico								
A	0,00-0,10	10,26	0,37	1,21	3,87	33,00	68,70	685,90
B	0,10-0,18	9,65	0,16	0,67	0,83	30,30	39,27	155,43
C	0,18-0,50	8,06	0,15	1,75	5,37	19,30	28,17	135,40
P ₃ , Neossolo Flúvico								
A	0,00-0,07	5,15	0,89	1,38	7,40	14,10	94,70	48,50
C	0,07-0,12	5,28	0,42	0,63	5,03	23,60	76,00	27,50
2 C	0,12-0,22	6,74	0,84	0,77	4,40	10,10	42,40	67,40
3 C	0,22-0,50	6,51	3,30	0,72	3,48	6,80	14,30	850,10

pH: potencial hidrogeniônico; CE_a: condutividade elétrica da água; N: nitrogênio; MOS: matéria orgânica do solo; P: fósforo; K⁺: potássio; e Na⁺: sódio.

Tabela 5. Continuação...

Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al) cmol _c dm ⁻³	SB	t	T	V	m	PST
									%
P ₁ , Luvissole Crômico									
6,06	3,33	0,00	3,69	9,92	9,92	13,60	72,67	0,00	1,00
14,02	7,77	0,00	2,26	22,88	22,87	25,13	91,00	0,00	4,00
12,87	5,29	0,00	1,71	20,06	20,05	21,76	92,30	0,00	8,33
P ₂ , Planossolo Nátrico									
1,37	2,02	0,00	0,00	6,55	6,55	6,55	100,00	0,00	46,00
2,41	2,64	0,00	0,00	5,82	5,82	5,82	100,00	0,00	12,00
6,77	7,39	0,00	0,00	14,82	14,82	14,82	100,00	0,00	4,00
P ₃ , Neossolo Flúvico									
1,22	1,16	0,05	2,97	2,84	2,89	5,81	49,00	2,00	4,00
0,59	0,70	0,23	2,26	1,60	1,84	3,86	42,00	13,00	3,00
0,52	0,87	0,00	2,15	1,80	1,80	3,94	44,00	0,00	8,00
2,00	2,76	0,00	2,81	8,49	8,49	11,30	75,00	0,00	33,00

Ca²⁺: cálcio; Mg²⁺: magnésio; Al³⁺: alumínio; H + Al: acidez potencial; SB: soma de bases; t: capacidade de troca catiônica efetiva; T: capacidade de troca catiônica a pH 7,0; m: saturação por alumínio; e PST: percentagem de sódio trocável.

As concentrações de sódio foram elevadas, variando de 19,83 a 850,10 mg dm⁻³ (perfis 1, 2 e 3). Estudando os perfis 1 e 3 (Luvissole Crômico e Neossolo Flúvico, respectivamente), ocorreu um aumento da concentração de Na⁺ em profundidade, conforme relatadas, no perfil 1 na profundidade de 0,00-0,05 m (19,83 mg dm⁻³), de 0,05-0,28 m (222,20 mg dm⁻³), de

0,28-0,45 m (497,40 mg dm⁻³), ou seja, um aumento relevante da concentração, sendo menos expressivo no perfil 3 na profundidade de 0,00-0,07 m (48,50 mg dm⁻³), de 0,12-0,22 m (67,40 mg dm⁻³) e de 0,22-0,50 m (850,10 mg dm⁻³) exceto na profundidade de 0,07-0,12 m que ocorreu um decréscimo. Essas elevadas concentrações de Na justificam a elevada PST do solo, que no perfil 2,

principalmente em superfície (0,00-0,10 m), que de modo geral apresenta-se superior a 15 %, o que o classifica como um Planossolo Nátrico (PST > 15 %).

Os valores de pH próximos a neutralidade contribuíram para a indisponibilidade de alumínio e a praticamente nula saturação por alumínio (m%), com exceção da profundidade de 0,00-0,12 m, do perfil 3 (m = 2 a 13%).

A análise química da água do açude é apresentada na tabela 6. Verificou risco moderado de toxidez de íons Na^+ para uso de irrigação localizada. O sódio ocorre em quantidades variáveis nas águas naturais, mas valores acima de $9 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ podem causar distúrbios às plantas (AYERS & WESTCOT, 1999), sobretudo retardar a absorção de cálcio, magnésio e potássio.

Para os íons $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ($4,22 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$) não há restrição de uso e, quanto ao íon Cl^- ($4,33 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$) e HCO_3^- ($4,10 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$) apresentaram restrição moderada em detrimento com o valor de CO_3^{2-} ($0,50 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$) que apresentou severa restrição, conforme Ayres & Westcot (1999). Cabe ressaltar que, teores de HCO_3^- acima de $2 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, há restrição do uso da água para a irrigação, pois este é o limite aonde à presença deste íon inibe a absorção de zinco pelas plantas, fato este comprovado em plantas de arroz irrigado inundado que apresentaram deficiência de zinco causado pelo excesso de HCO_3^- , conforme relatado por Ayers & Westcot (1985).

Quanto aos riscos de salinidade, a água do açude tem moderada restrição de uso ($\text{CE}_a = 0,72 \text{ dS m}^{-1}$), conforme Ayers & Westcot (1985). Apesar da restrição de uso moderada, recomenda-se a adoção de práticas de manejo da irrigação, ou seja, a lavagem de manutenção dos sais na zona radicular da área de cultivo para evitar a

salinização já que se trata de uma região semiárida (DIAS *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2008).

Segundo Ayers e Westcot (1985), o pH da água do açude (7,54) está dentro da faixa de normalidade, para fins de irrigação (6,5 a 8,5), ressaltando-se que a água pode ser utilizada, sem restrição em sistemas de irrigação sem que haja, também, riscos de desequilíbrio nutricional às culturas. Segundo os autores, não há restrição de uso de águas com pH abaixo de 6,5; entretanto, valores de pH na faixa de 7,0 a 8,0 podem apresentar restrição de uso de ligeira a moderada em irrigação localizada, devido problemas de obstrução dos emissores por precipitação química. Deve-se ressaltar que, as obstruções devido a precipitação química de produtos como sulfato de cálcio se produzem gradualmente, sendo de difícil localização. A formação dos precipitados dependem do pH e da temperatura da solução nutritiva, além da ocorrência de íons incompatíveis e, sobretudo quando os íons atingem o limite de solubilidade quando há o aumento da concentração dos sais dissolvidos devido a evaporação da água.

Quanto aos riscos de sodificação, a água de açude não apresenta restrição de uso ($\text{RAS} = 2,17 \text{ (mmol L}^{-1})^{0,5}$ e $\text{CE}_a = 0,72 \text{ dS m}^{-1}$), sendo classificada como C_2S_1 . Entretanto, a presença de íons CO_3^{2-} e HCO_3^- , devido a evaporação intensa dos solos do semiárido, precipitam cálcio na forma de carbonato de cálcio (CaCO_3), sal de baixa solubilidade, que ao precipita-se retira da solução do solo parte do cálcio, proporcionando interferência no valor da RAS (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2006). Corrigindo o valor da RAS, tem-se que RAS corrigida (RAS) igual a $2,48 \text{ (mmol L}^{-1})^{0,5}$ não alterando a restrição de uso da água quanto aos riscos com problemas de infiltração.

Tabela 6. Caracterização da água de açude

Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	CO_3^{2-}	HCO_3^-	pH	CE_a	RAS*
$\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$							dS m^{-1}	$\text{(mmol}_c \text{ L}^{-1})^{0,5}$
3,15	2,38	1,84	4,33	0,5	4,1	7,54	0,72	2,17

*RAS: Relação de adsorção de sódio; CE_a : condutividade elétrica da água.

CONCLUSÕES

1. As características morfológicas dos perfis de solo estudados refletem as condições do material de origem (gnaisse-granítico) e da paisagem, o que define a pecuária extensiva como principal atividade local.

2. As variações na granulometria refletem basicamente o material de origem e as diferentes situações na deposição de sedimentos, o que são condicionadas ao relevo e as oscilações do curso d'água.

3. A relação silte/argila (> 1,0) encontrada nos perfis 2 e 3 indica solos jovens e pouco intemperizados, com exceção, no perfil 1 (Luvisolo Crômico) em decorrência da complexidade de fatores.

4. A elevada concentração das bases trocáveis, revelando caráter eutrófico desses solos, é oriunda do material de origem. Contudo, a pouca profundidade efetiva, a constituição textural em sua maioria arenosa, e

as elevadas concentrações de sódio, constituem restrições às atividades agropecuárias.

5. A água do açude não apresentou restrições de uso quanto aos riscos de salinidade, problemas com infiltração e toxicidade de íons específicos, sendo classificada como C_2S_1 .

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SILVA, E. F. F.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B.; LEAL, C. M. Uso e qualidade da água subterrânea para irrigação no semi-árido Piauiense. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, p.873-880, 2006.

ARAÚJO FILHO, J. A. *Caatinga: Agroecologia versus desertificação*. Ciência Hoje, v.30, p.44-45, 2002.

- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, FAO. 1999. 153p.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. Roma: FAO. 1985. 174p.
- BRASIL. **Ministério de Minas e Energia**. Diagnóstico do município de Florânia. Recife: CPRM/PRODEEM. 2005. 12p.
- COSTA, T. C. C.; OLIVEIRA, M. A. J.; ACCIOLY, L. J. O.; SILVA, F. H. B. B. Análise da degradação da caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/PB). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.961-974, 2009.
- DIAS, N. S.; DUARTE, S. N.; TELES FILHO, J. F.; YOSHINAGA, R. T. Salinização do solo por aplicação de fertilizantes em ambiente protegido. **Revista Irriga**, v.12, p.135-143, 2007.
- DINIZ FILHO, E. T.; ERNESTO SOBRINHO, F.; SILVA, F. N.; MARACAJÁ, P. B.; Maia, S. S. S. Caracterização e uso de solos em região semiárida no médio oeste do Rio Grande do Norte. **Revista Caatinga**, v.22, p.111-120, 2009.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: CNPS. 1997. 212p.
- FARIA, A. F.; SANTOS, A. C.; SANTOS, T. M.; BATISTELA FILHO, F. Influência do manejo do solo nas propriedades químicas e físicas em topossequência na bacia do Rio Araguaia, Estado do Tocantins. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.517-524, 2010.
- GALVÃO, S. R. S.; SALCEDO, I. H.; OLIVEIRA, F. F. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.99-105, 2008.
- LIMA, J. A. G.; MENDES, A. M. S.; DUDA, G. P.; FERREIRA, C. V. Variabilidade espacial de características físico-hídricas de um Cambissolo cultivado com mamão no semi-árido do RN. **Revista Caatinga**, v.19, p.192-199, 2006.
- 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**, v.30, p.837-848, 2006.
- MELO, R. M.; BARROS, M. F. C.; SANTOS, P. M.; ROLIM, M. M. Correção de solo salino-sódico pela aplicação de gesso mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.376-380, 2008.
- MORAES, A. **Pastagem como fator de recuperação de áreas degradadas**. In: Simpósio sobre Ecossistema de Pastagem, 2. 1993. Jaboticabal, Anais... Jaboticabal: Funep, 1993. v.1. p.191-221.
- NAHON, D. B. **Introduction to the petrology of soils and chemical weathering**. New York: Wiley. 1991. 312p.
- NORTCLIFF, S. Standardization of soil quality attributes. **Agricultural Ecosystems Environment**, v.88, p.161-168, 2002.
- OLIVEIRA, L. B.; RIBEIRO, M. R.; FERRAZ, F. B.; JACOMINE, P. K. T. Classificação de solos planossólicos do sertão do Araripe. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.685-693, 2003.
- OLIVEIRA, L. D.; FONTES, M. P. F.; RIBEIRO, M. R.; KER, J. C. Morfologia e classificação de Luvisolos e Planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semiárido do nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1333-1345, 2009.
- PEREIRA, J. R.; FARIA, C. M. B. Sorção de fósforo em alguns solos do semi-árido do nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.1179-1184, 1998.
- SALTON, J. C. **Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical**. Porto Alegre: UFRGS. 2005. 178p. (Tese de Doutorado)
- 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**, v.36, p.683-695, 2012.
- 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**. Viçosa: SBSC/CNPS. 2005. 100p.
- SCHWERTMANN, U. The effect of environments on iron oxide minerals. **Adv. Soil Science**, v.1, p.172-200, 1985.
- SILVA, S. M. S.; ALVES, A. N.; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. M.; SEVERINO, L. I. V. S.; SOARES, F. A. L. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.335-342, 2008.
- SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V.; ARAÚJO, G. T.; SOUTO, L. S. Decomposição de esterco dispostos em diferentes profundidades em área degradada no semi-árido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.125-130, 2005.
- SOUZA, E. R.; MONTENEGRO, A. A. A.; SANTOS, F. X.; COSTA NETO, C. N. Dinâmica da condutividade elétrica em um Neossolo Flúvico no Semiárido. **Revista de Biologia e Ciência Terra**, v.7, p.124-131, 2007.

- 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 uma topoclimossequência no maciço de Triunfo - sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1259-1270, 2010.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS. 1995. 174p.
- TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water stable aggregates in soil. **Journal Soil Science**, v.33, p.141-163, 1982.