

## XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HIDRÍCOS DO NORDESTE

### **ÁREAS DEGRADADAS POR EROÇÃO PRÓXIMAS AO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA LUIZ GONZAGA PE**

*Yoly Souza Ramos*<sup>1</sup>; *Juarez Paz Pedroza*<sup>2</sup>

**RESUMO** – Caracterizaram-se as propriedades físico-químicas e quantificaram as perdas de solo de áreas localizadas próximas às bordas do reservatório da Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga, no Estado de Pernambuco, com processos erosivos em estágio inicial, intermediário e severo. As medidas de tendência central (média e mediana) indicaram distribuição simétrica para os parâmetros estudados, exceto para areia grossa (AG), areia fina (ARF), silte (S) e argila (ARG) e confirmados pelas longas caudas (*whiskers*), nos *box-plots*. Os teores médios de AG foram maiores do que os de ARF, conferindo a ARF maior capacidade contaminação de sedimentos para o reservatório da UHE Luiz Gonzaga. A presença de *outliers* nos *box-plots* conferem observações atípicas, características de solos Neossolos Quartzarênicos em virtude dos altos teores de areia e baixas quantidades de ARG, S e material orgânica (MO). As maiores perdas de solo foram nas áreas com processos erosivos com estágio severo (A2, A12), com perdas de solo de 147,0 e 173,0 (kg/ha/ano), respectivamente. Os atributos físico-químicos das áreas experimentais imprimem baixa fertilidade natural e perdas significativas de solo, revelado suscetibilidade à erosão e conseqüentemente, compromete da vida útil do reservatório da Usina.

**ABSTRACT** - Characterized the physicochemical properties and quantify of soil in areas located presenting initial, intermediate or severe erosive processes, close to the reservoir edges of Luiz Gonzaga Hydroelectric Plant, in the State of Pernambuco. Measures of central tendency (mean and median ) showed symmetrical distribution for the parameters studied, except for coarse sand (CS), fine sand (FS), silt (S) and clay (C) and confirmed by long tails, in box-plots. The average levels of CS were higher than those of FS, giving greater capacity contamination of sediments into the reservoir UHE. The presence of outliers in the box-plots confer atypical observations, characteristics of soils Typic Quartzipsamments due to the high sand content and low amounts of C, S and organic matter (OM). The biggest losses were in areas with soil erosion with severe stage (A2, A12), with soil loss of 147,0 and 173,0 (kg/ha/year), respectively. The physico- chemical characteristics of the experimental areas print low fertility and significant losses of soil revealed susceptibility to erosion and consequently compromises the life of Reservoir Plant.

**Palavras-Chave** – Processos erosivos, neossolo quartzarênico e reservatórios.

---

1) Doutoranda em Engenharia Agrícola, UFCG/CTRN, Av. Aprígio Veloso, 882, Bloco CQ, Bodocongó, CEP: 58.429-900, Campina Grande, PB. Fone e fax: (83) 2101-1000 e e-mail: yolysramos@hotmail.com.

2) Professor, UAEAg/CTRN/UFCG. Av. Aprígio Veloso, 882, Bloco CQ, Bodocongó, CEP: 58.429-900, Campina Grande, PB. Fone e fax: (83) 2101-1000 e e-mail: juarez@deag.ufcg.edu.br

## 1 - INTRODUÇÃO

A erosão é um processo natural, oriunda da própria formação, desprendimento e arraste das partículas do solo. Existem dois tipos de erosão segundo a sua origem: a) erosão geológica ou natural, e b) erosão antrópica ou acelerada.

Para Millon (2013) a primeira ocorre na natureza há anos, mediante intemperização das rochas na superfície na Terra, onde as taxas de erosão preponderam sob condições ambientais não perturbadoras ou naturais e o equilíbrio ambiental é equilibrado. A segunda para Bertoni e Lombardi Neto (2010) é ocasionada pelo manejo inadequadas dos solos e intensificada pelos agentes erosivos.

Todavia, empreendimentos como as usinas hidrelétricas (UHE's) intensificam as etapas erosivas naturais, contribuindo para os desequilíbrios, risco no fornecimento de água e a geração de energia elétrica, eutrofização das águas, diminuição da área do espelho d'água e volume do reservatório, constituindo pra um grave problema com conseqüências hidráulicas e econômicas (MARTINS *et al.*, 2003 e ALMEIDA *et al.*, 2013).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivos caracterizar os parâmetros físico-químicos e quantificar as perdas do solo de dezesseis áreas degradadas, próximas às bordas do reservatório da Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga.

## 2 - MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado no período de março de 2012 a março de 2014, na Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga (antiga UHE Itaparica) situada no rio São Francisco na região fisiográfica denominada de Submédio São Francisco no Estado Pernambuco. A região está inserida no domínio morfoestrutural da bacia sedimentar, onde as condições litoestruturais e climáticas interferem na drenagem, cujos tributários são predominantemente intermitentes (CHESF, 2014). O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen é do tipo BShw', muito seco e quente, com estação chuvosa entre os meses de fevereiro a maio e precipitação média de 450 mm (LAMEPE, 2013).

O bioma característico da área é a Caatinga, diferenciado por uma vegetação xerófila de florística variável (JENKINS *et al.*, 1994). A vegetação nativa, uso e ocupação do solo as áreas apresentarem caatinga hiperxerófila antropizada, solo exposto e vegetação antropizada (Figuras 1 a 18).



Figura 1 – Vegetação antropizada (A1).



Figura 2 – Vegetação antropizada (A2).



Figura 3 – Solo exposto (A3).



Figura 4 – Solo exposto (A4).



Figura 5 – Caatinga hiperxerófila antropizada (A5).



Figura 6 – Solo exposto (A6).



Figura 7 – Caatinga hiperxerófila antropizada (A7).



Figura 8 – Caatinga hiperxerófila antropizada (A8).



Figura 9 – Caatinga hiperxerófila antropizada (A9).



Figura 10 – Solo exposto (A10).



Figura 11 – Caatinga hiperxerófila antropizada (A11).



Figura 12 – Solo exposto (A12).



Figura 13 - Vegetação antropizada (A13).



Figura 14 – Vegetação antropizada (A14).



Figura 15 – Vegetação antropizada (A15).



Figura 16 - Caatinga hiperxerófila antropizada (A16).

Foram escolhidas dezesseis áreas (A1 a A16) com processos erosivos, sendo os solos das áreas A1 a A16 classificados como Neossolo Quartzarênico (RQ), e da área A5 como Luvisolo Crômico Órtico (TCO) (EMBRAPA, 2006). Dessas áreas, cinco apresentaram processos de erosão em estágio inicial (A1, A5, A6, A11, A14), sete em estágio intermediário (A3, A4, A7, A8, A9, A10, A16) e quatro em estágio severo (A2, A12, A13, A15) (CHESF, 2014).

### 2.3 – Cálculo da perda de solo erodido

A intensidade de erosão laminar foi avaliada pelo cálculo da altura média de solo erodido, trimestralmente, baseados nos estudos de Morgan (2001), Guerra (2005) e Guerra (2007). Para a estimativa da altura do solo erodido foram instalados pinos de erosão de madeira, enumerados, georreferenciados com auxílio de GPS de mão MAP 1612 *Garmim* – WASS, fixados em local sem perturbação antrópica ou animal, na profundidade de 40 cm da superfície e distantes a 10 metros da borda do desbarrancamento. As leituras do rebaixamento da superfície da extensão da área monitorada foram realizadas em conjunto com a coleta das amostras do solo para determinação da laboratorial da densidade aparente, no período de dois anos.

O cálculo da perda de solo erodido foi adaptado por Guerra (2005) e Guerra (2007), onde:

$$\text{PSE} = \text{HS} \times \text{EXT} \times \text{DA} \quad (1)$$

PSD = Perda de solo através de erosão laminar

HS = Altura média da exposição dos pinos de erosão

EXT = Extensão da área monitorada (largura x comprimento)

DA = Densidade aparente do solo

### 2.5 – Análise físico-químicas

A coleta das amostras de solo das áreas com processos erosivos para as análises físico-químicas foi realizada nos horizontes A do RQ; e A do TCO, de acordo com Lemos & Santos (1996), tomando-se três amostras por área. As análises físicas incluíram determinações da granulometria pelo método do densímetro, empregando-se hexametáfosfato de sódio como dispersante químico; cálculo do grau de flocculação (GF) e relação silte argila (SA) e densidade global (Dg) pelo método da proveta, conforme Embrapa (1997). As análises químicas consistiram nas seguintes determinações: pH em água e em KCl (aferidos na relação de 1:2,5); complexo sortido, com  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$  extraídos com KCl 1N e determinados por complexometria com EDTA;  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$  extraídos com solução Mehlich e determinados por fotometria de chama; acidez

potencial (H+Al) extraída com acetato de cálcio pH 7,0 e determinada por titrimetria de neutralização; C orgânico determinado por oxidação via úmida com dicromato de potássio; N total determinado pelo método de Kjeldahl e destilação a vapor; e a matéria orgânica (MO) determinada pela oxidação por via úmida com dicromato de potássio.

A partir dos dados obtidos, foram calculados, conforme Embrapa (1997), a relação carbono nitrogênio (CN), a soma de bases (SB), a capacidade de troca de cátions (CTC), a saturação por bases (V%), a saturação por alumínio (m), a saturação por sódio trocável (PST) e fósforo assimilável (P).

## 2.6 – Estatística dos dados

Os dados foram analisados por estatística descritiva e para identificar a contagem de teores extremos dos parâmetros estudados foram utilizados diagramas *box-plot* por ser uma ferramenta estatística para a análise de valores discrepantes. Esse diagrama consiste em um retângulo definido pelo primeiro e terceiro quartis, contendo a mediana em seu interior. O diagrama contém valor máximo ( $V_{m\acute{a}x}$ ), valor mínimo ( $V_{m\acute{i}n}$ ), mediana (Md), primeiro ( $Q_1$ ) e terceiro quartil ( $Q_3$ ) da variável quantitativa, desvio padrão (S), coeficiente de variação (CV), coeficiente de assimetria ( $C_s$ ) e coeficiente de curtose ( $C_k$ ). Esse conjunto de parâmetros oferece a idéia da posição de dispersão, assimetria, caudas e dados discrepantes. Ressalta-se que *outlier*, ou ponto discrepante, é um valor que se localiza distante de quase todos os outros pontos da distribuição, conforme Triola (2005).

A mediana é uma medida de localização do centro da distribuição de n elementos, definida do seguinte modo: ordenados os elementos da amostra, a mediana é o valor, que a divide ao meio, isto é, 50% dos elementos da amostra são menores ou iguais a mediana e os outros 50% são maiores ou iguais à mediana (RAIMUNDO, 2008). Se n é ímpar, a mediana é o elemento médio  $(n+1)/2$ . Se n é par, a mediana é a semi-soma dos dois elementos médios  $(E1 + E2)/2$ , ou o resultado da média simples  $(n/2)$ .

Para se encontrar a posição do 1º Quartil ( $Q_1$ ) na série de dados, utilizou-se  $(n+1)/4$ , onde N= número de anos da série. Já, a mediana ou 2º Quartil ( $Q_2$ ), utilizou-se  $2(n+1)/4$ . Por ultimo, utilizou-se  $3(n+1)/4$  para o 3º Quartil ( $Q_3$ ). Os três quartis,  $Q_1$ ,  $Q_2$  e  $Q_3$ , dividem o conjunto de dados formando quatro subconjuntos, de maneira que 25% dos dados encontram-se abaixo de  $Q_1$ , 25% entre  $Q_1$  e  $Q_2$ , 25% entre  $Q_2$  e  $Q_3$  e 25% acima de  $Q_3$ . Lembrando que  $Q_2$  é a mediana e 50% dos dados estão acima e abaixo da mediana. As observações que estiverem acima de  $Q_3+(1,5)IQR$  ou abaixo de  $Q_1-(1,5) IQR$  são consideradas valores atípicos ou extremos exteriores e representadas por (\*) denominados *outliers*, onde IQR é a amplitude ou intervalo interquartil, que representa a

dispersão do valores da série. E para a execução das análises estatísticas foi empregado planilhas de cálculo do Microsoft Office Excel.

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

A estatística descritiva das características físico-químicas do solo das áreas com processos erosivos em estágio inicial, intermediário e severo encontra-se descrita na Tabela 1.

Tabela 1– Estatística descritiva dos atributos físicos e químicos do solo das áreas com processos erosivos.

Áreas	A	m	S	M	V <sub>mín</sub>	V <sub>máx</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>3</sub>	Coeficientes		
									CV	C <sub>s</sub>	C <sub>k</sub>
AG	16	573,10	135,70	526,50	411,00	845,00	497,25	646,75	0,20	1,03	-0,20
ARF	16	334,30	111,70	339,50	115,00	495,00	295,75	410,5	0,30	-0,13	-0,20
S	16	49,30	33,80	39,00	20,00	164,00	35,25	54,75	0,70	0,91	9,70
ARG	16	43,20	37,90	33,00	10,00	144,00	20,00	41,75	0,90	0,80	3,50
ARGN	16	2,50	7,70	0	0	30,00	0	0	3,10	0,97	12,20
GF	16	96,40	12,50	100,00	50,00	100,00	100	100	0,10	-0,86	15,00
AS	16	1,50	1,00	1,20	0,38	4,50	1	1,6125	0,60	0,90	6,30
Ca	16	1,00	0,60	0,81	0,30	2,63	0,51	1,31	0,60	0,95	4,00
Mg	16	0,60	0,40	0,60	0,10	1,42	0,27	0,71	0,60	0	0,50
Na	16	0,30	0,60	0,08	0	2,56	0	0,1225	2,50	1,10	13,60
SB	16	1,80	1,50	1,44	0,43	6,78	1,05	2,3	0,80	0,72	9,30
H	16	2,00	1,40	2,23	0,11	3,50	0,62	3,38	0,70	-0,49	-2,00
Al	16	0,10	0,40	0,02	0	1,56	0,01	0,03	3,30	0,60	16,00
CTC	16	6,50	10,30	4,45	0,54	44,00	2,29	5,71	1,60	0,59	13,90
M	16	1,10	0,80	1,10	0	3,42	0,62	1,335	0,80	0	3,00
PST	16	2,80	6,00	1,91	0	25,12	0	2,065	2,20	0,44	14,80

AG (areia grossa), ARF (areia fina), S (silte), ARG (argila), ARGN (argila natural), GF (grau de floculação), AS (relação silte argila), PHA (pH em água), pHKCL (pH em KCL), Ca (cálcio), Mg (magnésio), K (potássio), Na (sódio), SB (soma de bases), H (hidrogênio), Al (alumínio), CTC (capacidade de troca catiônica), m (saturação por alumínio), PST (saturação por sódio trocável), A (amostra); m (média), S (desvio-padrão); M (mediana), V<sub>Min</sub>(valor mínimo) V<sub>Máx</sub>(valor máximo), Q<sub>1</sub> (primeiro quartil), Q<sub>3</sub> (terceiro quartil), CV (coeficiente de variação), C<sub>s</sub> (coeficiente de assimetria) e C<sub>k</sub> (coeficiente de curtose).

As áreas com processos erosivos em estágio inicial caracterizaram-se por apresentar solos com maiores teores de S, ARG, SB, H, m, PST e relação CN. As áreas com processos erosivos em estágio intermediária apresentaram maiores teores areia fina, GF, AS, pH em água, pH em KCl, H, Al, CTC, C, N, MO e P. Por fim, as áreas com processos erosivos em estágio severo apresentaram maiores teores de Dg, areia grossa, argila natural e V.

As áreas com processos erosivos em estágio inicial caracterizaram-se por apresentar solos com maiores teores de S, ARG, SB, H, m, PST e relação CN. As áreas com processos erosivos em estágio intermediária apresentaram maiores teores areia fina, GF, AS, pH em água, pH em KCl, H, Al, CTC, C, N, MO e P. Por fim, as áreas com processos erosivos em estágio severo apresentaram maiores teores de Dg, areia grossa, argila natural e V.

Com base nos valores médios de proporção de argila, silte e areia e baseado no modelo de identificação de classes texturais de amostras de solo (triângulo textural) apresentada por EMBRAPA (2006), é possível classificar os perfis dos solos como textura areia.

Os teores médios de AG foram maiores do que os de ARF, conferindo a ARF maior capacidade de sedimento, segundo (NUNES e CASSOL, 2011). Ocorrendo devido à reatividade da fração argila (INDA *et al.*, 2006; MEURER *et al.*, 2006), ligada às suas cargas podem estar constituintes químicos que podem contaminar os recursos hídricos, no caso desse sedimento ser depositado em um reservatório por exemplo.

Os valores do pH em KCl foram maiores em solos com processos erosivos em estágio intermediário e menores em solos com processos erosivos em estágio severo. Esses resultados são atribuídos ao efeito da solução de KCl, que, em contato com a amostra de terra, induz a troca de cátions devido à maior concentração dos íons  $K^+$  liberando íons  $H^+$   $Al^{3+}$  para a solução, com conseqüente aumento da acidez (EBELING, 2008).

Sampaio (2005), Santos (2008) e Cunha (2010) revelam que a disponibilidade de fósforo e potássio é baixa em solos altamente intemperizados, com baixa capacidade de retenção e em áreas de clima semiárido. As áreas com processos erosivos com estágio severo apresentaram ausência de teores de fósforo e baixos teores de potássio revelando fertilidade natural limitada.

Os valores médios de SB e a V são excelentes indicativos das condições gerais da fertilidade do solo, sendo utilizadas na classificação de solos quanto a uma medida do eutrofismo. Com base nos dados apresentados, observaram-se baixa reserva química e caráter distrófico, ou seja, baixa fertilidade natural, apresentando saturação por bases inferior a 50 %.

As medidas de tendência central (média e mediana) foram bem próximas, indicando distribuição simétrica, confirmada pelos valores de simetria próximos de zero, exceto para os parâmetros AG, ARF, S e ARG. De acordo com Isaaks e Srivastava (1989), o coeficiente de assimetria ( $C_s$ ) é mais sensível a valores extremos do que a média, mediana e o desvio padrão, uma vez que um único valor pode influenciar fortemente o  $C_s$ , pois os desvios entre cada valor e a média são elevados à terceira potência. Os coeficientes de curtose ( $C_k$ ) foram próximos de zero para os parâmetros AG, ARF e Mg. Tais resultados indicam distribuição normal dos dados. Os  $C_k$  apresentaram-se com distribuição leptocúrtica nos parâmetros do solo AGR, ARF e H; e os demais se apresentam com distribuição platicúrtica.

O CV é adimensional e permite a comparação de valores entre diferentes atributos do solo. Sanchez (2009) revela que valores elevados de CV podem ser considerados como os primeiros indicadores da existência de heterogeneidade nos dados. A variabilidade do solo medida pelo CV, de acordo com a classificação de Warrick e Nielsen (1980), revelou baixa variabilidade para todos os atributos estudados ( $CV < 12\%$ ). Esses resultados corroboram, de forma geral, com os obtidos por Lima e Carvalho (2009), Silva e Lima (2013).

Analizando *box-plots*, percebeu-se que a longa cauda (*whiskers*) acima das caixas dos parâmetros AG, ARF, S e ARG indicou que as distribuições dos teores são assimétricas

positivamente. Os *outliers* (asteriscos) indicaram que existem observações atípicas nesse conjunto de dados, ressalva cujos parâmetros encontrados nos solos das áreas com processos erosivos estudadas foram S, ARG, ARGN, AS, Ca, Mg, Na, SB, Al, CTC, m e PST, exceto em AR, ARF, GF e H. A maior quantidade e/ou frequência das observações atípicas, ocorreram devido as características comumente encontradas nos RQ, principalmente, altos teores de areia e baixas quantidades de AR, S e MO, o que lhes confere baixa capacidade de agregação de partículas, baixos teores de argilas e de matéria orgânica e possuem baixa capacidade de retenção de água (Embrapa, 1997). Com isso, possuem alta lixiviação de nutriente e rápida decomposição da matéria orgânica (CORREIA *et al.*, 2004).

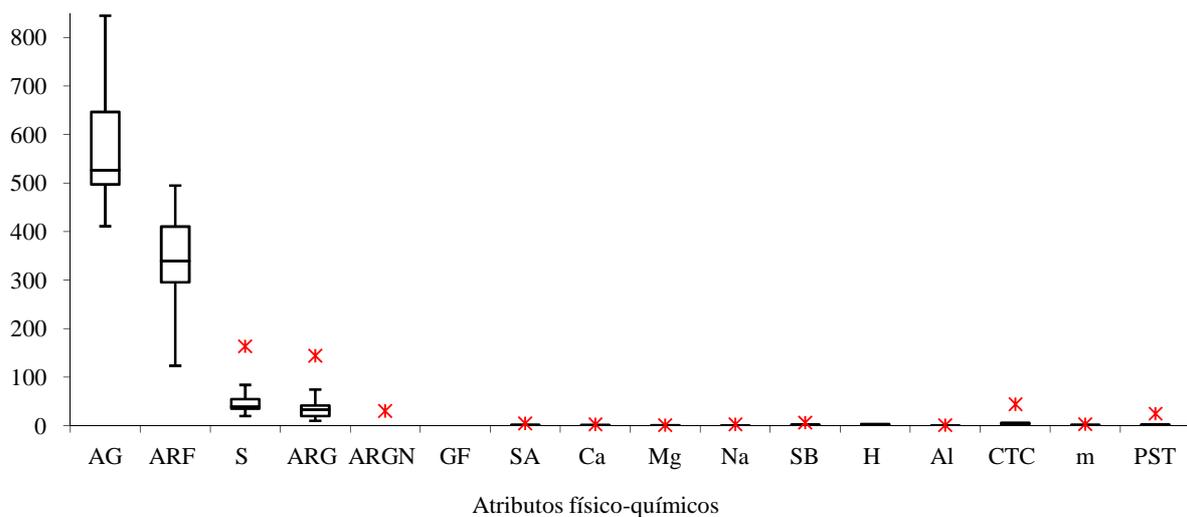


Gráfico 1 – Box-plot dos atributos físico químicos dos solos das áreas com processos erosivos e seus extremos.

Verificou-se que as maiores alturas médias dos solos erodidos corresponderam às áreas com processos erosivos com estágio severo (A2, A12), com perdas de solo de 147,0 e 173,0 (kg/ha/ano), respectivamente. E as menores alturas médias dos solos erodidos corresponderam às áreas com processos erosivos com estágio inicial (A5, A6, A11), com perdas de solo nulas, favorecidas devido declividade baixa (Tabela 2).

Tabela 2 - Altura média e a perda de solo, nas áreas com estágio de erosão.

Áreas	Erosão em estágio inicial					Erosão em estágio intermediário						Erosão em estágio severo				
	A1	A5	A6	A11	A14	A3	A4	A7	A8	A9	A10	A16	A2	A12	A13	A15
Altura média do solo erodido (m)	0,01	0	0	0	0,009	0,012	0,014	0,012	0,014	0,013	0,014	0,014	0,018	0,02	0,016	0,014
Perda de solo (kg/ha/ano)	85,0	-	-	-	74,5	102,9	119,0	90,0	105,7	98,8	114,1	112,0	147,0	173,0	135,2	141,1

## 5 - CONCLUSÃO

Os atributos físico-químicos das áreas experimentais imprimem fragilidade, sobretudo no que tange a suscetibilidade à erosão, maiores perdas de solo foram verificadas nas áreas com processos

erosivos com estágio severo e aportam para o assoreamento do reservatório em longo prazo técnicas de bioengenharia são necessárias para atalhar o comprometimento da vida útil do reservatório da Usina.

#### 4 - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. (2010). *Conservação do solo*. 7ª. ed. São Paulo: Ícone, 355p.

CHESF – Companhia Hidrelétrica do São Francisco. (2014). Relatório de mapeamento e monitoramento dos processos erosivos nas encostas do reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaparica. 205p.

CORRÊA, J. C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C. A. (2004). *Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas. v.39, n.12, 1231-1237p.

CUNHA, T.J.F. (2010). *Principais solos do semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo*. In: SÁ, I.B.; SILVA, P.; CARLOS, G. (Eds.). *Semiárido Brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação*. Petrolina: Embrapa Semiárido, 49-97p.

EBELING, A.G.; GILVANI, A.; ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G.; VALLADARES, G.S. *Relação entre acidez e outros atributos químicos em solos com teores elevados de matéria orgânica*. Bragantia, Campinas, v.67, n.2, 429-439p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. (1997). *Manual de Métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212p. (Documento, 1).

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. (2006). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Embrapa-CNPS, 2006. 306p.

GUERRA, A.J.T. (2005). *Experimentos e monitoramento em erosão dos solos*. Revista do Departamento de Geografia, n.16, 32- 37p.

GUERRA, A. J. T. (2007). *Experimentos e processos erosivos nas encostas*. In: Revista do Departamento de Geografia, n.16, p.32-37.

INDA JUNIOR, A.V.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C. (2006). *Composição da fase sólida mineral do solo*. In: Fundamentos de química do solo. Ed. MEURER, E.J. 3 ed. Revisada e ampliada. Porto Alegre: Evangraf. 31-61p.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, M. (1989). *An introduction to applied geostatistics*. New York: Oxford University. 560 p.

KIEHL, E. J. (1979). *Manual de Edafologia – Ralações solo-planta*. São Paulo: Editora Agronômica Ceres. 262p.

JENKINS, A.; PETERS, N.E.; RODHE, A. Hydrology. In: MOLDAN, B.; CERNY, J. (Coords.). (1994). *Biogeochemistry of small catchments: a tool for environmental research*. Chichester: John Wiley, 31-34p.

Laboratório de Meteorologia de Pernambuco – LAMEPE. *Climatologia*. <http://www.itep.br/LAMEPE.asp>. Acesso em: 29 Abr. 2014.

MARTINS, S.G.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; FERREIRA, M.M.; FONSECA, S.; MARQUES, J.J.G.S.M. (2003). *Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES)*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, n.3, 395-403p.

MILLON, C.P. (2013). *Quantificação experimental da alteração no balanço hídrico e erosão de um solo quartzarênico devido a substituição de pastagem por cana-de-açúcar*. São Carlos: Universidade de São Carlos. 100p. Tese de Doutorado.

MORGAN, R.P.C. (2001). *A simple approach to soil loss prediction: a revised Morgan–Morgan–Finney model*. In: Catena, 44, 305–322p.

MEURER, E.J.; RHENHEIMER, D.; BISSANI, C.A. (2006). *Fenômenos de sorção em solo*. Ed. MEURER, E.J. 3ª ed. Revisada e ampliada. Porto Alegre: Evangraf. 118-162p.

NUNES, M.C.M.; CASSOL, E.A. (2011). *Produção de sedimentos pela erosão em entressulcos em três Latossolos do Rio Grande do Sul*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 15, 541-547p.

RAIMUNDO, C.C.; TOLEDO FILHO, M.R.; MELO, M.L.; CARNAÚBA, F. (2008). *Uso do box plot na detecção dos valores extremos mensais de precipitação na região da Bacia do Rio Paraíba*. XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia. São Paulo-SP.

SAMPAIO, E.V.S.B. (2005). *Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil*. Revista de Geografia, Recife, v. 22, n. 01, 93-113p.

SANTOS, J.C.P. (2008). *Pernambuco: caracterização e ocorrência*. In: Cavalcanti, F.J.A. (Coord.). *Recomendação de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª aproximação*. Recife: IPA, 5-30p.

SILVA, S.A.; LIMA, J.S.S. (2013) *Atributos físicos do solo e sua relação espacial com a de cafeeiros produtividade do café arábica*. Coffee Science, Lavras, v. 8, n. 4, 395-403p.

TRIOLA, M. F. *Introdução à estatística*. 9ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. *Spatial variability of soil physical properties in the field*. In: HILLEL, D. (Ed.). *Applications of soil physics*. New York: Academic, 1980. p. 319-344.