

## Atributos físico-hídricos de um Latossolo Amarelo cultivado e sob mata nativa no Brejo Paraibano

José R. de S. Lima<sup>1</sup>, Eduardo S. de Souza<sup>2</sup>, Antonio C. D. Antonino<sup>3</sup>, Ivandro de F. da Silva<sup>4</sup>,  
Marcelo M. Corrêa<sup>1</sup>, Carlos A. B. de O. Lira<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns, Avenida Bom Pastor, Boa Vista, CEP 55292-270, Garanhuns-PE – Brasil. E-mail: romualdo\_solo@yahoo.com.br; marcelometri@yahoo.com

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Fazenda Saco, s/n, CEP 56900-000, Serra Talhada-PE – Brasil. E-mail: eduardosouza@uast.ufrpe.br

<sup>3</sup> Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia, Departamento de Energia Nuclear, Av. Prof. Luiz Freire, 1000, Cidade Universitária, CEP 50740-540, Recife-PE, Brasil. E-mail: acda@ufpe.br; cabol@ufpe.br

<sup>4</sup> Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias - Campus III, Departamento de Solos e Engenharia Rural, Universitário, CEP 58397-000, Areia-PB, Brasil. E-mail: ivandro@cca.ufpb.br

### RESUMO

O cultivo do solo pode provocar mudanças nos seus atributos físico-hídricos em função do manejo ao qual são submetidos. Deste modo, o objetivo do presente trabalho foi avaliar atributos físico-hídricos de um Latossolo Amarelo em área cultivada com caupi e sob mata nativa. Foram coletadas amostras deformadas (para a determinação da textura do solo) e indeformadas (visando à determinação da densidade do solo, macro, micro e porosidade total), nas camadas de 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, em uma área (04 ha) cultivada com caupi e numa área contígua de mata nativa (03 ha), localizadas na Fazenda Chã de Jardim, CCA/UFPB, Areia-PB. Em cada camada e nos diferentes sistemas de uso do solo foram coletadas cinco repetições totalizando 15 amostras por cada tratamento. Foram realizados, também, ensaios de infiltração para determinação da condutividade hidráulica saturada e dos parâmetros da curva de retenção da água no solo. Os resultados indicaram que o cultivo com caupi influenciou os atributos físico-hídricos do solo resultando em um aumento da densidade do solo, com conseqüente redução da porosidade total, da macroporosidade e da condutividade hidráulica saturada. Apesar da densidade do solo e da macroporosidade não atingirem os valores críticos preconizados na literatura como limitantes ao desenvolvimento das culturas, o cultivo de feijão caupi ocasionou mudança considerável da qualidade física do solo, quando comparado com a mata nativa.

**Palavras-chave:** condutividade hidráulica, densidade do solo, qualidade física do solo

### *Physical-hydric attributes of a cultivated Oxisol and under forest cover in the Brejo Paraibano region*

### ABSTRACT

The cultivation of the soil causes changes in their physical-hydrics attributes, depending on the management which are submitted. Thus, the objective of this work was to evaluate physical-hydrics attributes of an Oxisol cultivated with cowpea and under forest. Disturbed (for soil texture analysis) and undisturbed (for measure soil bulk density, macro, micro and total porosity) samples were collected in the 0-0.20, 0.20-0.40 and 0.40-0.60 m layers in an area cultivated with cowpea (04 ha) and a contiguous area of native forest (03 ha), located at CCA/UFPB belonging to the Municipality of Areia, PB. In each layer and in the soil use systems different were collected five repetitions, totaling 15 samples per treatment. Infiltration tests were conducted to determine the hydraulic conductivity and water retention curves parameters. The cowpea provided significantly higher values of soil bulk density and lower total porosity, macroporosity and saturated hydraulic conductivity. Despite soil bulk density and macroporosity did not reach the critical values recommended in the literature as limiting the development of crops, cowpea caused substantial changes of soil physical-hydric quality, when compared with native forest.

**Key words:** hydraulic conductivity, soil bulk density, soil physical quality

## Introdução

A microrregião do Brejo Paraibano foi caracterizada, nas décadas de 1970-1990, pelo uso intensivo de culturas como a cana-de-açúcar sendo que, com a crise do Proálcool e o fechamento das duas grandes usinas de açúcar da região (Usina Santa Maria e Usina Tanques) observou-se, de um lado, um aumento do desemprego, mesmo que sazonal e de outro, a transformação de terras das usinas, antes cobertas com a monocultura da cana-de-açúcar, em diversas áreas ocupadas pela agricultura familiar (Lima & Mello, 2009). Neste contexto as culturas tradicionais (milho, feijão e mandioca), além da fruticultura (banana) e pastagens, passaram a ocupar os solos dessa microrregião.

Os solos desta microrregião sempre foram expostos à alta intensidade de uso e, de acordo com Dexter & Youngs (1992), a compreensão e a quantificação do impacto do uso e manejo do solo na sua qualidade física são fundamentais no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis. Portugal et al. (2010) também relatam que a avaliação das alterações ocorridas em propriedades dos solos em função do seu uso e manejo assume grande importância prática uma vez que o entendimento das modificações ocorridas nas propriedades químicas e físicas, decorrentes do seu cultivo, pode fornecer elementos para produção em bases sustentáveis.

A qualidade física de um solo é função de suas propriedades estruturais e hídricas. A estrutura é fundamental na caracterização do comportamento hidráulico dos macroporos e a textura nas características hidráulicas controladas pelos microporos (Lin et al., 1999).

Diferentes propriedades físicas têm sido usadas para avaliar a qualidade física do solo, sendo as mais comuns: densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total, estabilidade de agregados e resistência do solo à penetração (Assis & Lança, 2005; Aratani et al., 2009; Nunes et al., 2010; Tavares Filho et al., 2010), além das propriedades hídricas do solo (Alves et al., 2005; Góes et al., 2005; Cardoso et al., 2011; Figueiredo et al., 2009; Fontenele et al., 2009; Matias et al., 2009).

Áreas recém-implantadas com cultivos e/ou pastagens logo após a retirada da mata nativa, podem exibir qualidade física do solo adequada enquanto áreas com maior tempo de exploração podem apresentar degradação física do solo.

Tendo em vista a importância de se estudar a qualidade físico-hídrica dos solos, e na literatura nacional a maioria dos trabalhos ser realizada nas condições edafoclimáticas das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, principalmente com as culturas da soja, milho, trigo, cana-de-açúcar, e do reduzido número de trabalhos desta natureza com a cultura do caupi nas condições da região Nordeste do Brasil, o objetivo do presente trabalho foi avaliar as propriedades físicas e hídricas de um Latossolo Amarelo sob mata nativa e cultivado com caupi no Brejo Paraibano.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Chã de Jardim, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias

da Universidade Federal da Paraíba (CCA/UFPB), Areia-PB (6°58'12" S e 35°42'15" O e 620 m).

O clima na região, pela classificação de Köppen, é do tipo As', quente e úmido, com chuvas de outono-inverno. A Normal Climatológica do município de Areia-PB (1961-1990) indica que o mesmo apresenta uma precipitação média anual de 1.400 mm, temperatura média anual de 24,5 °C e umidade relativa média anual de 80%. O quadrimestre mais chuvoso - constituído dos meses de abril, maio, junho e julho - representa 62% da precipitação média anual (Oliveira et al., 2009). O solo da área é classificado como Latossolo Amarelo distrófico (Embrapa, 2006).

A cultura do caupi (*Vigna unguiculata* L Walp.) foi implantada em 2001, em área anteriormente cultivada com amoreira e colocada em pousio por cerca de cinco anos (capoeira), a qual foi roçada manualmente e destocada. Após a destoca a área foi preparada convencionalmente através de duas gradagens pesadas e uma leve. A cultura foi conduzida em condições de sequeiro numa área de 4 ha sendo que tanto o plantio quanto a colheita foram feitas de forma manual. Ao lado dessa área cultivada existe uma área de mata nativa, remanescente da Mata Atlântica, pertencente ao Engenho Bujari, a qual foi usada como condição de referência.

Após quatro ciclos de cultivo com caupi (01 em 2001, 01 em 2002 e 02 em 2003), foram coletadas amostras deformadas e indeformadas de solo nas profundidades de 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, nos diferentes sistemas de uso do solo (caupi e mata nativa). Em cada profundidade e nos diferentes sistemas de uso do solo foram coletadas cinco (05) repetições, totalizando 15 amostras por cada tratamento.

Nas amostras deformadas foi determinada a composição textural do solo (Tabela 1), de acordo com a metodologia descrita em Embrapa (1997).

Em cada sistema de uso foram realizadas as seguintes determinações: macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e porosidade total (PT), densidade do solo (DS), umidade na capacidade de campo (CC), umidade no ponto de murcha permanente (PMP) e capacidade de água disponível (CAD), condutividade hidráulica saturada (KS) e curva de retenção da água no solo (parâmetros  $\theta_s$ ,  $\alpha$ ,  $n$  e  $m$ ).

A porosidade total (PT), em  $m^3 m^{-3}$ , foi obtida pela relação entre a densidade do solo (DS) e a densidade de partículas (DP), considerada igual a  $2,65 kg dm^{-3}$ , conforme a equação seguinte:

$$PT = 1 - \left( \frac{DS}{DP} \right)$$

**Tabela 1.** Análise granulométrica do Latossolo Amarelo sob diferentes usos e profundidades, em Areia-PB

Área	Camada m	Areia	Silte	Argila
		g kg <sup>-1</sup>		
Mata	0-0,20	638,9a	129,6a	231,5a
	0,20-0,40	553,8 a	144,4a	301,8 a
	0,40-0,60	452,0b	110,3a	437,7a
Caupi	0-0,20	628,9a	140,7a	230,4a
	0,20-0,40	558,2 a	140,8a	301,0 a
	0,40-0,60	490,4a	117,1a	392,5b

Valores da mesma variável e na mesma profundidade seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Foram coletadas para a determinação da densidade do solo DS ( $\text{kg dm}^{-3}$ ) amostras indeformadas utilizando-se o amostrador tipo Uhland, com anéis de PVC com 0,05 m de altura e 0,05 m de diâmetro, conforme Embrapa (1997). A microporosidade  $Mi$  ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) foi obtida como o teor de água retido no potencial matricial de  $-0,006$  MPa, de acordo com Danielson & Sutherland (1986). A macroporosidade  $Ma$  ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) foi obtida pela diferença entre  $PT$  e  $Mi$ .

A  $CC$ , em  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ , foi obtida como o teor de água retido no potencial matricial de  $-0,01$  MPa, o  $PMP$ , em  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ , no potencial de  $-1,5$  MPa e a  $CAD$  pela diferença entre  $CC$  e  $PMP$  (Portugal et al., 2010).

A condutividade hidráulica saturada ( $KS$ ) e os parâmetros da curva de retenção da água no solo em cada área (mata nativa e caupi), foram determinados por meio de ensaios de infiltração, conforme metodologia Beerkan, descrita em maiores detalhes em Souza et al. (2008). Os ensaios de infiltração foram realizados com infiltrômetro de anel simples, de 0,15 m de diâmetro, na superfície (camada de 0-0,20 m) e nas profundidades de 0,20 (camada de 0,20-0,40 m) e 0,40 m (camada de 0,40-0,60 m), utilizando-se o método proposto por Haverkamp et al. (1994). O ensaio de infiltração consiste em acompanhar o tempo em que volumes especificados de água levam para infiltrar no solo, podendo esses volumes variar de 70 a 250 mL dependendo da taxa de infiltração, a fim de evitar uma carga de pressão e consequente fluxo forçado no solo. A infiltração acumulada é obtida calculando-se a razão entre o volume acumulado e a área do infiltrômetro de anel simples ( $A = 0,018 \text{ m}^2$ ).

A curva de retenção, obtida pela metodologia Beerkan, foi ajustada à equação de van Genuchten (1980), com a hipótese de Burdine (1953), conforme equação 2, para se obter os parâmetros  $\theta_s$ ,  $\alpha$ ,  $n$  e  $m$  para cada sistema de uso e profundidades.

$$\theta(\psi) = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) \left[ 1 + (\alpha \cdot \psi)^n \right]^{-1-\frac{2}{n}}$$

sendo  $\theta_s$  a umidade saturada;  $\theta_r$  a umidade residual, considerada igual a zero, de acordo com Antonino et al. (2005);  $\psi$  o potencial matricial (cm);  $\alpha$  representa o inverso da pressão de borbulhamento ( $\text{cm}^{-1}$ ), a partir da qual a água começa a ser drenada do solo previamente saturado;  $n$  e  $m$  são parâmetros de ajuste da equação.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos (mata nativa e caupi) e quatro repetições. Os efeitos dos tratamentos (usos) sobre as propriedades físicas do solo foram testados por meio de análise de variância (ANOVA). Analisou-se o efeito do uso do solo nas suas propriedades físicas em cada profundidade, separadamente. Quando as variáveis foram estatisticamente diferentes, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## Resultados e Discussão

A densidade do solo ( $DS$ ) foi significativamente maior no solo cultivado em comparação com a área de mata nativa

(Tabela 2), independentemente da profundidade. De acordo com Matias et al. (2009) e Fontenele et al. (2009), que também encontraram menor  $DS$  em área sob mata nativa, isto ocorre devido à maior quantidade de matéria orgânica na área sob mata nativa, além do efeito do uso contínuo de máquinas e implementos agrícolas no sistema cultivado, embora ocorra em solos cultivados, uma estabilidade menor da estrutura do solo (Góes et al., 2005), em virtude do revolvimento do solo e dos menores teores de carbono orgânico aportados pelo sistema.

**Tabela 2.** Densidade do solo ( $DS$ ), macroporosidade ( $Ma$ ), microporosidade ( $Mi$ ) e porosidade total ( $PT$ ) sob diferentes usos e profundidades, em Areia-PB

Atributo	Camada (m)	Mata	Caupi
$DS$ ( $\text{kg dm}^{-3}$ )	0,0-0,20	1,01 b	1,21 a
	0,20-0,40	1,16 b	1,35 a
	0,40-0,60	1,11 b	1,32 a
$PT$ ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )	0,0-0,20	0,619 a	0,545 b
	0,20-0,40	0,564 a	0,490 b
	0,40-0,60	0,581 a	0,503 b
$Ma$ ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )	0,0-0,20	0,460 a	0,380 b
	0,20-0,40	0,376 a	0,278 b
	0,40-0,60	0,257 b	0,276 a
$Mi$ ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )	0,0-0,20	0,159 a	0,164 a
	0,20-0,40	0,188 a	0,212 a
	0,40-0,60	0,324 a	0,227 b

Valores seguidos da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Com o aumento de  $DS$  sob o cultivo de caupi ocorreu, conseqüentemente, uma redução da porosidade total ( $PT$ ) em todas as camadas de solo e da macroporosidade ( $Ma$ ) nas duas primeiras camadas. Resultados similares foram obtidos por Nunes et al. (2010), Portugal et al. (2010), Tavares Filho et al. (2010) e por Cunha et al. (2011).

Muitos autores, a exemplo de Portugal et al. (2010), consideram que  $0,50 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$  seja a  $PT$  ideal uma vez que propicia boa infiltração e retenção de água, aeração, crescimento radicular e desenvolvimento de atividade biológica. Verifica-se que, apesar da compactação ocorrida no solo sob cultivo de caupi, somente na camada de 0,20-0,40 m é que a  $PT$  ( $0,490 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$ ) ficou um pouco abaixo do valor ideal.

A redução da macroporosidade ( $Ma$ ) também não deve ter afetado as plantas de caupi, visto que seu menor valor foi de  $0,257 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$ , na camada de 0,40-0,60 m e, de acordo com Cunha et al. (2011), condições físicas do solo são, de maneira geral, favoráveis ao crescimento das plantas que têm sido associadas a uma porosidade de aeração mínima de  $0,10 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$ , abaixo da qual a difusão de oxigênio se torna limitante ao desenvolvimento das raízes.

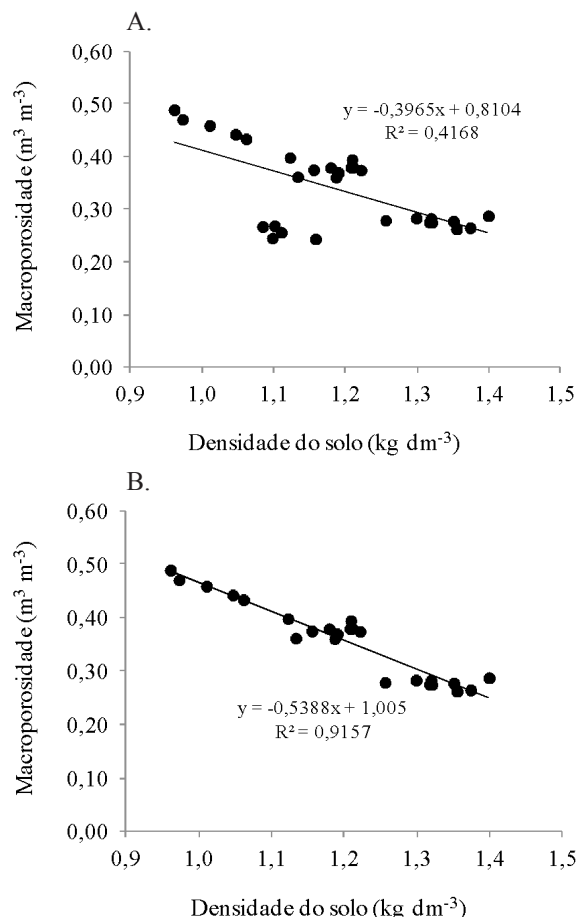
Verifica-se ainda, na Tabela 2, que o cultivo de caupi não interferiu na microporosidade ( $Mi$ ) nas profundidades de 0-0,20 e 0,20-0,40 m, em comparação com a mata nativa. Na profundidade de 0,40-0,60 m a  $Mi$  foi significativamente maior na mata nativa devido, possivelmente, ao maior teor de argila nesta camada (Tabela 1).

Aratani et al. (2009) também encontraram, avaliando a qualidade física de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso, menores valores de microporosidade e maiores de porosidade total e macroporosidade sob mata nativa. Isto ocorre em função do aumento da  $DS$  e da diminuição da matéria orgânica (Silva et al., 2005; Matias et al., 2009) quando

se cultiva o solo devido à diminuição do carbono orgânico e do efeito do uso contínuo de máquinas e implementos agrícolas no sistema cultivado. A macroporosidade e a microporosidade quantificam dois domínios de poros mutuamente diferentes (estruturais e matriciais, respectivamente). Por esta razão, nas camadas superiores a macroporosidade diminuiu com o aumento da DS do solo com mata nativa para o solo cultivado com caupi enquanto que a microporosidade não apresenta diferença visto que, neste domínio, os poros são predominantemente dependentes da textura do solo, sobretudo os teores de argila e silte (Tabela 1), que foram semelhantes nas camadas superficiais dos dois solos.

A Figura 1 demonstra existir uma correlação negativa e claramente linear entre a densidade do solo (DS) e a macroporosidade (Ma). Quando os valores DS e Ma da camada 0,40-0,60 m do perfil de mata foram mantidos, o coeficiente de determinação foi igual a  $R^2 = 0,4168$  (Figura 1A). Considerando como outliers optou-se em remover esses valores e a relação entre DS e Ma e o  $R^2$  atinge valores muito próximos do máximo ( $R^2 = 0,9157$ ) (Figura 1b). Esses resultados corroboram com Argenton et al. (2005), que também encontraram correlação negativa da DS com a Ma.

O valor de  $R^2$  ajustado sugere que, sem a remoção dos outliers, 42% da variação na DS podem ser explicados pela variação na Ma (Figura 1A). Assim, uma vez que os perfis de solos sob as duas condições (mata nativa e cultivado) têm a



**Figura 1.** Relação entre densidade do solo e macroporosidade com (a) e sem outliers (b) de um Latossolo Amarelo sob dois tipos de usos e diferentes profundidades em Areia-PB

mesma classe textural e considerando que o valor crítico de Ma para o crescimento e desenvolvimento adequado das plantas é de  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  (Cunha et al., 2011) obteve-se um valor crítico de DS a partir da equação de regressão  $Ma = -0,3965 DS + 0,8104$  (Figura 1A), igual a  $1,68 \text{ kg dm}^{-3}$ . Enquanto o valor de  $R^2$ , com a remoção dos outliers, sugere que 91% da variação na DS podem ser explicados pela variação na Ma, caso em que, a partir da equação de regressão  $Ma = -0,5388 DS + 1,005$  (Figura 1B), obteve-se o valor de crítico de DS igual a  $1,79 \text{ kg dm}^{-3}$ , indicando um grau de compactação capaz de restringir o crescimento e o desenvolvimento dos sistemas radiculares de plantas ou causar problemas em termos de infiltração de água e de aeração do solo.

As propriedades hídricas do solo, quais sejam, a condutividade hidráulica saturada (KS), a capacidade de campo (CC), o ponto de murcha permanente (PMP), a capacidade de água disponível (CAD) e a curva de retenção, representada pelos parâmetros da equação de van Genuchten ( $\theta_s$ ,  $n$ ,  $m$  e  $\alpha$ ), são apresentadas na Tabela 3. Apesar de cinco (05) repetições, essas variáveis não foram influenciadas por valores extremos e se decidiu trabalhar com a média aritmética.

Em relação à KS verifica-se que a mesma foi sempre maior na mata nativa que no cultivo de caupi; no entanto, só ocorreram diferenças significativas nas camadas de 0-0,20 e de 0,40-0,60 m. Na camada de 0-0,20 m a KS para mata nativa foi 84% maior ( $16.043,8 \text{ mm d}^{-1}$ ) que na área sob cultivo de caupi ( $8.698,1 \text{ mm d}^{-1}$ ). A variação de manejos adotados no solo cultivado nos últimos anos utilizando-se culturas com sistemas radiculares menos agressivos e profundos, reduzindo a atividade biológica no solo e aumentando o surgimento de crosta na superfície do solo, faz com ocorra redução de KS na superfície do solo cultivado. Souza et al (2007) verificaram, estudando o efeito de crosta no mesmo solo, que sua presença

**Tabela 3.** Condutividade hidráulica saturada (KS), capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP), capacidade de água disponível (CAD) e parâmetros de ajuste ( $\theta_s$ ,  $n$ ,  $m$  e  $\alpha$ ) da curva de retenção (equação de van Genuchten, 1980) sob diferentes usos e profundidades em Areia-PB

Atributo	Camada (m)	Mata	Caupi
KS (mm d <sup>-1</sup> )	0,0-0,20	16.043,8 a	8.698,1 b
	0,20-0,40	3.370,9 a	2.592,6 a
	0,40-0,60	2.849,7 a	621,4 b
CC (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,0-0,20	0,100 b	0,155 a
	0,20-0,40	0,124 b	0,203 a
	0,40-0,60	0,233 a	0,220 a
PMP (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,0-0,20	0,031 a	0,033 a
	0,20-0,40	0,033 b	0,056 a
	0,40-0,60	0,094 a	0,066 b
CAD (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,0-0,20	0,069 b	0,123 a
	0,20-0,40	0,091 b	0,147 a
	0,40-0,60	0,139 a	0,154 a
$\theta_s$ (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,0-0,20	0,557 a	0,490 b
	0,20-0,40	0,508 a	0,441 b
	0,40-0,60	0,523 a	0,453 b
n	0,0-0,20	2,232 b	2,311 a
	0,20-0,40	2,266 a	2,258 b
	0,40-0,60	2,181 b	2,240 a
m	0,0-0,20	0,104 b	0,134 a
	0,20-0,40	0,117 a	0,114 b
	0,40-0,60	0,083 b	0,107 a
$\alpha$ (m <sup>-1</sup> )	0,0-0,20	3,867 a	0,564 b
	0,20-0,40	0,699 a	0,290 b
	0,40-0,60	0,228 a	0,288 a

Valores seguidos da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

tornava o solo 3 vezes menos condutor que aqueles sem crosta. O aumento de KS na camada de 0,40-0,60 m no solo da mata nativa se deve ao fato da maior atividade biológica e diversidade de plantas com sistema radicular agressivo e profundo.

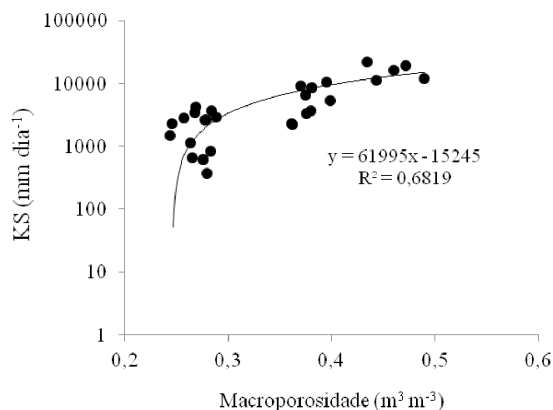
A KS é numericamente igual à taxa constante de infiltração, uma vez que é obtida quando o solo se encontra saturado, situação em que o gradiente de potencial se torna constante e igual à unidade e, em contrapartida, o fluxo de água no solo (ou taxa de infiltração) fica igual à condutividade hidráulica. Deste modo e se comparando esses resultados de KS em mata e caupi com valores de taxa de infiltração, constata-se que o mesmo está dentro do intervalo de valores obtidos por outros autores para Latossolos (Alves et al., 2005; Góes et al., 2005; Souza et al., 2008; Fontenele et al., 2009; Cardoso et al., 2011).

O maior valor de KS na área de mata nativa pode ser explicado, de acordo com Alves et al. (2005), pela melhor estrutura do solo, que apresenta maior continuidade de poros desde a superfície, pelo fato de a camada superficial não ter sido revolvida estando o solo em equilíbrio. Souza et al. (2008) também destacam que a KS depende da estrutura do solo.

De acordo com Assis & Lanças (2005), a redução nos valores de condutividade hidráulica em solos cultivados em comparação com os de mata nativa reflete a redução dos poros de maior diâmetro (macroporosidade), os quais são responsáveis pela aeração e pela drenagem da água no perfil do solo. Em face disto foi feita uma análise de regressão entre KS e Ma (Figura 2).

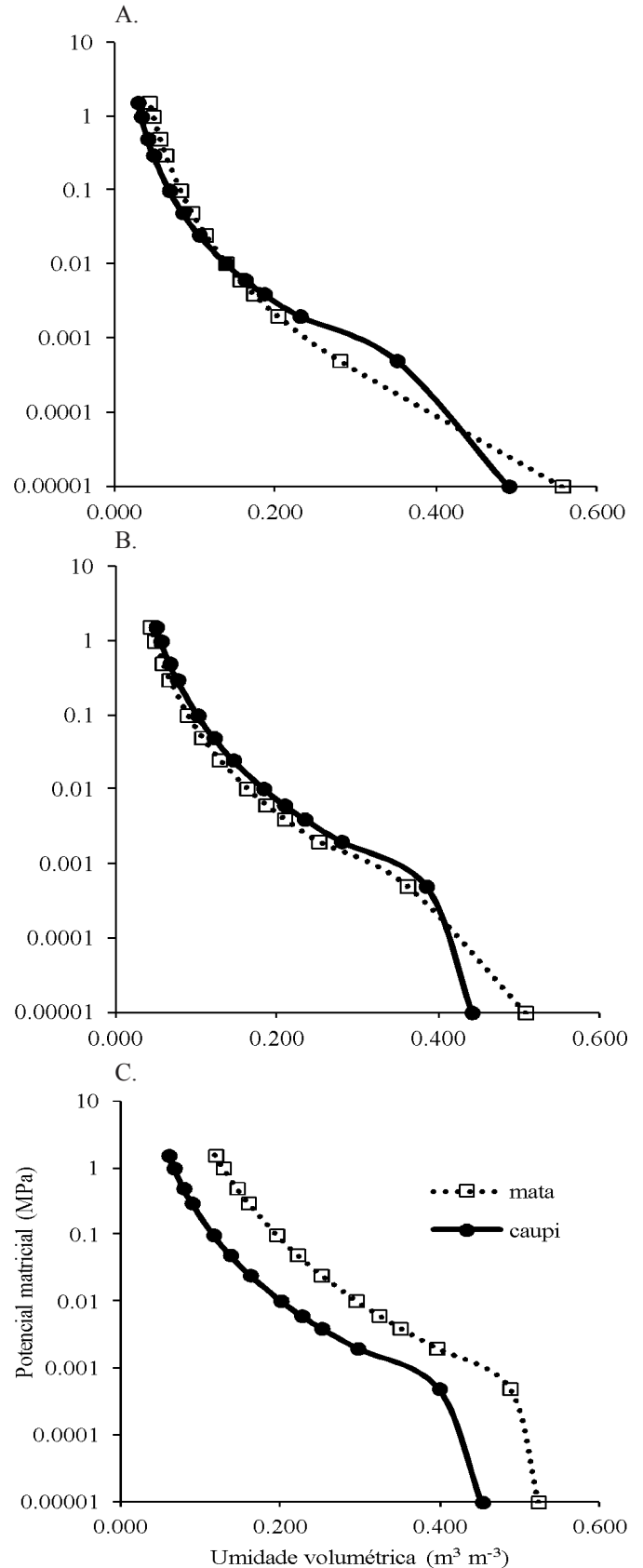
Verifica-se, na Figura 2, que existe correlação positiva entre a KS e a Ma para os dois tipos de uso do solo e profundidades indicando que há influência da Ma sobre a KS, conforme assumido por Assis & Lanças (2005).

Em relação aos parâmetros da curva de retenção, observou-se que  $\theta_s$  foi significativamente maior na área de mata nativa em todas as profundidades, o que era esperado, dado os resultados obtidos de PT, uma vez que  $\theta_s$  é função da PT. Em relação a n e m, que são parâmetros de forma, dependentes da textura do solo (Souza et al., 2008), verificou-se comportamento idêntico uma vez que m é obtido a partir de n (hipótese de Burdine (1953):  $m = 1-2/n$ ), com maiores valores na área sob caupi nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m. Em relação ao  $\alpha$ , que representa o inverso da pressão de borbulhamento, observa-se



**Figura 2.** Relação macroporosidade (Ma) e condutividade hidráulica saturada (KS) para o Latossolo Amarelo sob diferentes usos e profundidades em Areia-PB

que os valores na mata nativa foram significativamente maiores quando comparados com a área cultivada com caupi, nas duas



**Figura 3.** Curvas de retenção da água no solo nas camadas (A) 0-0,20 m, (B) 0,20-0,40 m e (C) 0,40-0,60 m de um Latossolo Amarelo sob diferentes usos e profundidades em Areia-PB

camadas mais superficiais, sendo que na última camada de solo não ocorreu diferença significativa. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al. (2005) e, de acordo com esses autores, a redução dos valores de  $\alpha$  em solo cultivado indica um aumento da retenção de água quanto à área com mata, fato também ocorrido neste experimento.

Quando se comparam os valores da água retida na capacidade de campo (CC) e capacidade de água disponível (CAD) no solo para as plantas, verifica-se que a redução do parâmetro  $\alpha$  na área sob caupi promoveu o aumento significativo da CC e, conseqüentemente, da CAD, nas duas primeiras camadas indicando que o aumento de DS e Mi, com conseqüente redução da PT e Ma (Tabela 2), provocou aumento da retenção de água no solo, neste sistema de uso.

As curvas de retenção da água no solo para os diferentes sistemas de uso e profundidades são apresentadas na Figura 3. Observa-se que a mata nativa apresentou comportamento semelhante ao caupi nas primeira e segunda camadas de solo (Figura 3A e 3B), principalmente nas maiores tensões; já na última camada (Figura 3C) a mata nativa apresentou maior umidade em todas as tensões analisadas. Como explicitado anteriormente, essa maior retenção de água na camada de 0,40-0,60 m pode estar associada ao maior teor de argila.

Figueiredo et al. (2009) encontraram baixa retenção de água em solo sob cerrado nativo quando comparada com solo sob sistemas de cultivo. Segundo esses autores, isto se deve à menor densidade do solo conferindo maior porosidade total e macroporosidade, influenciando positivamente a condutividade hidráulica.

## Conclusões

O cultivo de caupi influenciou nos atributos físico-hídricos do solo, resultando no aumento da densidade do solo com conseqüente redução da porosidade total e da macroporosidade em relação ao solo da mata.

O aumento da densidade do solo e a redução da macroporosidade na área cultivada com caupi promoveram redução da condutividade hidráulica saturada e do parâmetro  $\alpha$  da curva de retenção, proporcionando uma mudança considerável no comportamento hidrodinâmico desses solos.

Apesar da densidade do solo e da macroporosidade não atingirem os valores críticos preconizados na literatura como limitantes ao desenvolvimento das culturas, o cultivo de feijão caupi ocasionou mudança considerável da qualidade física do solo, detectada nas análises das curvas de retenção.

## Literatura Citada

- Alves, M.C.; Suzuki, L.E.A.S.; Hipólito, J.L.; Castilho, S.R. Propriedades físicas e infiltração de água de um Latossolo Vermelho Amarelo (Oxisol) do noroeste do estado de São Paulo, Brasil, sob três condições de uso e manejo. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, v. 30, p. 167-180, 2005. <[http://www.udc.es/iux/almacen/articulos/cd30\\_art09.pdf](http://www.udc.es/iux/almacen/articulos/cd30_art09.pdf)>. 15 Fev. 2013.
- Antonino, A.C.D.; Hammecker, C.; Montenegro, S.M.G.; Netto, A.M.; Angulo-Jaramillo, R.; Lira, C.A.B.O. Subirrigation of land bordering small reservoirs in the semi-arid region in the Northeast of Brazil: Monitoring and Water balance. *Agricultural Water Management*, v. 73, n.2, p. 131-147, 2005. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2004.10.001>>.
- Aratani, R.G.; Freddi, O.S.; Centurion, J.F.; Andrioli, I. Qualidade física de um Latossolo Vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, n.3, p. 677-687, 2009. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000300020>>.
- Argenton, J.; Albuquerque, J.A.; Bayer, C.; Wildner, L.P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, n.3, p. 425-435, 2005. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000300013>>.
- Assis, R.L.; Lanças, K.P. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho distroférrico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, n.4, p. 515-522, 2005. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000400004>>.
- Burdine, N.T. Relative permeability calculations from size distribution data. *Journal of Petroleum Technology*, v. 5, n.3, p. 71-78, 1953. <<http://dx.doi.org/10.2118/225-G>>.
- Cardoso, E.L.; Silva, M.L.N.; Curi, N.; Ferreira, M.M.; Freitas, D.A.F. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no pantanal sul-matogrossense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, n.2, p. 613-622, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000200030>>.
- Cunha, E.Q.; Stone, L.F.; Moreira, J.A.A.; Ferreira, E.P.B.; Didonet, A.D.; Leandro, W.M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I – Atributos físicos do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, n.2, p. 589-602, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000200028>>.
- Danielson, R. E.; Sutherland, P. L. Porosity. In: Klute, A. (Ed.). *Methods of soil analysis: Physical and mineralogical methods*. Madison, American Society of Agronomy, 1986. p. 443-461.
- Dexter, A. R.; Youngs, I. M. Soil physic toward 2000. *Soil and Tillage Research*, v. 24, n.2, p. 101-106, 1992. <[http://dx.doi.org/10.1016/0167-1987\(92\)90095-S](http://dx.doi.org/10.1016/0167-1987(92)90095-S)>.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212p.
- Figueiredo, C.C.; Santos, G.G.; Pereira, S.; Nascimento, J.L.; Alves Júnior, J. Propriedades físico-hídricas em Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, n.2, p.146-151, 2009. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662009000200006>>

- Fontenele, W.; Salviano, A. A. C.; Mousinho, F. E. P. Atributos físicos de um Latossolo Amarelo sob sistemas de manejo no cerrado piauiense. *Revista Ciência Agronômica*, v. 40, n.2, p. 194-202, 2009. <<http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/download/511/329>>. 25 Jan. 2013.
- Góes, G.B.; Greggio, T.C.; Centurion, J.F.; Beutler, A.N.; Andriolli, I. Efeito do cultivo da cana-de-açúcar na estabilidade de agregados e na condutividade hidráulica do solo. *Irriga*, v. 10, n.2, p. 116-122, 2005. <<http://200.145.140.50/ojs1/include/getdoc.php?id=475&article=168&mode=pdf>>. 25 Jan. 2013.
- Haverkamp, R.; Ross, P.J.; Smettem, K.R.J.; Parlange, J.Y. Three dimensional analysis of infiltration from the disc infiltrometer. 2. Physically based infiltration equation. *Water Resources Research*, v. 30, n.11, p. 2931-2935, 1994. <<http://dx.doi.org/10.1029/94WR01788>>.
- Lima, F.S.; Mello, F.S. Espaço agrário e pequena produção no Brejo Paraibano: o caso da floricultura da comunidade Avarzeado. In: Encontro Nacional de Geografia Agrária, 19., São Paulo. Anais... São Paulo, 2009. p.1-21.
- Lin, H.S.; McInnes, K. J.; Wilding, L.P.; Hallmark, C.T. Effects of soil morphology on hydraulic properties: II. Hydraulic pedotransfer functions. *Soil Science Society of America Journal*, v. 63, n.4, p. 955-961, 1999. <<http://dx.doi.org/10.2136/sssaj1999.634955x>>.
- Matias, S.S.R.; Borba, J.A.; Ticelli, M.; Panosso, A.R.; Camara, F.T. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes usos. *Revista Ciência Agronômica*, v. 40, n.3, p. 331-338, 2009. <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/751/350>>. 25 Jan. 2013.
- Nunes, L.A.P.L.; Dias, L.E.; Jucksch, I.; Barros, N.F. Atributos físicos do solo em área de monocultivo de cafeeiro na zona da mata de Minas Gerais. *Bioscience Journal*, v. 26, n.1, p. 71-78, 2010. <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7040/4666>>. 25 Jan. 2013.
- Oliveira, I.A.; Lima, J.R.S.; Silva, I.F.; Antonino, A.C.D.; Gouveia Neto, G.C.; Lira, C.A.B.O. Balanço de energia em mamona cultivada em condições de sequeiro no Brejo Paraibano. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 4, n.2, p. 185-191, 2009. <<http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v4i2a11>>.
- Portugal, A.F.; Costa, O.D.A.V.; Costa, L. M. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da zona da mata mineira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, n.2, p. 575-585, 2010. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v34n2/v34n2a32.pdf>>. 22 Jan. 2013.
- Silva, A.J.N.; Cabeda, M.S.V.; Lima, J.F.W.F. Efeito de sistemas de uso e manejo nas propriedades físico-hídricas de um Argissolo Amarelo de Tabuleiro Costeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, n.6, p. 833-842, 2005. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000600001>>.
- Souza, E.S.; Antonino, A.C.D.; Angulo-Jaramillo, R.; Netto, A.M. Caracterização hidrodinâmica de solos: Aplicação do método Beerkan. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, n.2, p.128-135, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662008000200004>>.
- Souza, E.S.; Antonino, A.C.D.; Lima, J.R.S.; Gouveia Neto, G.C.; Silva, J.M.; Silva, I.F. Efeito do encrostamento superficial nas propriedades hidráulicas de um solo cultivado. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 2, p. 69-74, 2007. <<http://agraria.pro.br/sistema/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=156&path%5B%5D=72>>. 13 Jan. 2014.
- Tavares Filho, J.; Barbosa, G.M.C.; Ribon, A.A. Physical properties of dystrophic red Latosol (Oxisol) under different agricultural uses. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, n.3, p. 925-933, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000300034>>.
- van Genuchten, M.Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, v. 44, n.5, p.892-898, 1980. <<http://dx.doi.org/10.2136/sssaj1980.03615995004400050002x>>.