

# COMPORTAMENTO FÍSICO-HÍDRICO DE UM ARGISSOLO AMARELO DISTRÓFICO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NO NORDESTE PARAENSE

Elineuza Faria da Silva Trindade\*

Eduardo Jorge Maklouf Carvalho\*\*

Paulo César Sobral Corrêa\*\*\*

## RESUMO

A dinâmica da água no solo é uma das características do solo modificada de acordo com o manejo do mesmo. Assim, a prática de Plantio Direto na Capoeira (corte e trituração) permite, entre outras vantagens, uma melhor conservação da água e regulação térmica do solo devido a manutenção da sua cobertura pela biomassa triturada da vegetação secundária em pousio. O objetivo deste trabalho foi comparar os efeitos dessa nova modalidade de Plantio Direto (PD) com a de corte e queima sobre as propriedades físico-hídricas do solo no município de Marapanim (PA), na mesorregião do Nordeste Paraense. O experimento foi conduzido em Argissolo Amarelo distrófico, em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Os tratamentos foram: Capoeira ( $T_1$ ); Corte-queima com cultivo de milho x mandioca ( $T_2$ ); Corte-trituração com cultivo de milho x mandioca ( $T_3$ ); Corte-trituração com cultivo de maracujá ( $T_4$ ), em 4 profundidades (0-10; 10-20; 20-30; 30-50 cm). O pouco tempo de implantação do sistema de Plantio Direto na Capoeira não foi suficiente para promover melhoria na retenção e na disponibilidade de água para as plantas, necessitando de uma sucessão de corte e trituração da capoeira (após pousio) para uma melhor avaliação dos benefícios desse sistema nas características analisadas.

**Palavras-chave:** Plantio Direto-Amazônia. Manejo do Solo. Corte-Queima. Corte-Trituração.

\* Doutoranda em Ciências Agrárias pela Universidade Federal Rural (UFRA)/ Embrapa Amazônia Oriental. Belém, Pa. E-mail: elineuza\_trindade@hotmail.com.

\*\* Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental. Belém, Pa. E-mail: maklouf@cpatu.embrapa.br.

\*\*\* Engenheiro Agrônomo. Belém, Pa. E-mail: sobralpaulo@hotmail.com.

# PHYSICO-HYDRIC BEHAVIOR OF A DYSTROPHIC YELLOW ARGISOIL UNDER DIFFERENT MANAGEMENT SYSTEMS IN NORTHEAST OF PARÁ STATE

## ABSTRACT

The water dynamic in the soil is one of the soil characteristics which is modified according to its management. As a result, Direct Planting in the Capoeira (slash and burn) allows among other benefits, better water conservation and soil thermal regulation due to the maintenance of soil coverage by chopped biomass in secondary vegetation on fallow ground. The objective of this study was to compare the effects of this new modality of Direct Planting (DP) with slash and burn on physical – hydric soil properties in the Municipality of Marapanim (PA), in Northeast Pará. The experiment was randomly conducted in dystrophic Yellow Argisoil, with three repetitions. The treatments were: Capoeira ( $T_1$ ); Slash burn with corn growing versus manioc root plantation ( $T_2$ ); Slash and chop with corn growing versus manioc root ( $T_3$ ); Slash and chop with passion fruit growing ( $T_4$ ), in 4 deepness (0-10; 10-20; 20-30; 30-50 cm). The short period available for implementation of the system of Direct Planting in the Capoeira was not sufficient to promote an improvement in water retention and availability for the plants, making it necessary a sequence of slash-and-chop of capoeira (after the fallow period) for a better evaluation of the benefits of this system under those characteristics assed.

**Key-words:** No-tillage- Amazonia . Soil Management. Slash-Burn. Slash-Chop.

## 1 INTRODUÇÃO

As características físicas de um solo são modificadas de acordo com o tipo de uso e cultivo a que ele é submetido, dependendo principalmente do grau de compactação, do teor de matéria orgânica, da ausência ou presença de cobertura vegetal, do sistema de cultivo empregado e da profundidade.

O cultivo intensivo e a frequente exposição do solo à ação direta das gotas de chuva promovem rápida degeneração das propriedades físicas da camada superficial e acarretam reflexos ao desenvolvimento das culturas, que sentem dificuldade para absorver água e nutrientes.

Sarvasi et al. (1992), Souza e Alves (2003) afirmam que a dinâmica da água no solo, também, é uma característica modificada de acordo com o uso, pois é dependente de fatores como a porosidade, uma vez que a compactação e a descontinuidade dos poros reduzem a permeabilidade, implicando no empobrecimento e perda de solo pela erosão hídrica.

Vários trabalhos asseguram que a contribuição do sistema de plantio direto na palha promove melhoria mais significativa das propriedades físico-hídricas, químicas e biológicas do solo ao longo dos anos – geralmente após 6 ou 7 anos da adoção do sistema (LOPES et al., 2004), devido à manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo. Contudo, uma nova modalidade de plantio direto, chamado *Plantio Direto na Capoeira* ou *Agricultura sem queima*, desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Amazônia Oriental,

desde 1995, vem sendo testada no Nordeste Paraense como alternativa ao uso do fogo na agricultura familiar já apresentando resultados significativos em menos tempo, como nos trabalhos de Kato (1998), Bervaldo (2005) e Sommer (2004). Porém, neste sistema, resultados de melhorias da qualidade física do solo ainda são incipientes, apresentando, apenas, tendências de melhorias nas variáveis densidade e porosidade do solo, como os apontados nos estudos de Marcolan et al. (2009) e Cardoso Júnior et al. (2007).

A base desse sistema é o reaproveitamento de toda a biomassa aérea da vegetação secundária (capoeira) como fonte de matéria orgânica para o sistema. Com um implemento batizado de Tritucap, que acoplado a um trator de rodas, possibilita, em uma única operação, o corte da vegetação triturando a biomassa enquanto o material triturado é distribuído homoganeamente sobre o solo na forma de cobertura morta (*mulch*) (BLOCK (1999)). Com a cobertura proporcionada ao solo pelo material triturado Kato et al. (2002) complementam que além da melhoria das propriedades do solo, com essa técnica evita-se, ainda, perdas de nutrientes acumulados na parte aérea da capoeira, poluição ambiental e riscos de incêndio, bem como a flexibilização do calendário agrícola.

Assim, objetivou-se comparar os efeitos dos sistemas de corte e queima e corte e trituração da capoeira sobre as propriedades físico-hídricas do solo no município de Marapanim (PA), na mesorregião do Nordeste do Paraense.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na parte sul do município de Marapanim, Estado do Pará, inserido na microrregião do Salgado, entre as coordenadas geográficas de 00°42'52" de latitude sul e de 47°41'37" de longitude a W Gr, em áreas de agricultores familiares parceiros do Projeto Tipitamba.

Os aspectos sociais e econômicos do município não diferem muito dos demais localizados na microrregião do Salgado Paraense. Com uma população de 28.011 habitantes (IBGE, 2010), sua estrutura produtiva tem base na agricultura de subsistência realizada por pequenos produtores, onde as principais culturas

são: mandioca, milho, arroz e feijão em escala reduzida e com baixos níveis de produtividade. As culturas permanentes que, em geral, tendem a melhorar a renda dos produtores e a oferta de emprego no campo pouco tem contribuído para a fixação do homem à terra.

O tipo climático a que o município está sujeito é intermediado entre Aw/Am e o regime pluviométrico caracterizado por um período chuvoso (janeiro a julho) e outro mais seco (agosto a dezembro).

O solo da região foi caracterizado como um Argissolo Amarelo distrófico típico, textura arenosa/média, com gradiente textural (relação B/A) significativo da ordem de 2,00. A profundidade efetiva do solo é de 60 cm.

Para efeito de análise estatística, foi utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizado, obedecendo a um esquema fatorial de 4x3, sendo os fatores avaliados de diferentes tipos de cobertura, com três repetições. Os tratamentos consistiram de áreas de:

- ✓ T<sub>1</sub>- capoeira natural, com aproximadamente 15 anos (área de referência);
- ✓ T<sub>2</sub>- capoeira derrubada e queimada, cultivada com milho e mandioca em consórcio;

- ✓ T<sub>3</sub>- capoeira cortada e triturada, cultivada com milho e mandioca em consórcio;
- ✓ T<sub>4</sub>- capoeira cortada e triturada, com monocultivo de maracujá.

O experimento foi implantado em 2003. A área referente ao tratamento T<sub>2</sub> foi queimada no ano de 2005 e as referentes aos tratamentos T<sub>3</sub> e T<sub>4</sub> foram trituradas em 2003. As coletas das amostras de solo se deram no ano de 2006, para todos os tratamentos.

As médias obtidas nas análises físicas foram submetidas à análise de variância e comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5%, utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2000).

As determinações analíticas das amostras foram realizadas no Laboratório de Solos da Embrapa, de acordo com os procedimentos contidos no Manual de Métodos de Análise de Solos (EMBRAPA, 1997), para as variáveis físicas densidade e porosidade do solo.

Após a determinação da retenção de água nas tensões de 10, 33, 100, 500, 1.000 e 1.500 kPa, procedeu-se ao ajuste das curvas de retenção de água de acordo com o modelo proposto por Van Genuchten (1980).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização físico-hídrica do solo representada por meio das Tabelas 1 e 2 e pelas curvas de retenção de água é de fundamental importância na relação entre a umidade existente nas camadas do solo e a tensão na qual a água está retida. Os conteúdos de água retida nos diferentes pontos de tensão representada pelas curvas características de retenção de água (Figuras 1, 2, 3 e 4) demonstram essa relação com maior eficiência, onde se observam as variações das características físicas e hídricas, por camada e por sistema de uso de solo estudado.

A tendência da horizontalidade inicia-se a partir da tensão de aproximadamente -500 cm (Figuras 1, 2, 3 e 4) para os tratamentos analisados, resultados esses semelhantes aos encontrados por Oliveira Júnior et al. (1997) estudando solos do Nordeste Paraense. A interpretação quanto à horizontalidade das curvas características a partir da tensão de -500 cm indica que para esses solos é mínima a quantidade de água disponível (AD) para os vegetais, uma vez que com a redução no teor de umidade do solo, as raízes têm dificuldade para retirar a água que envolve as partículas do solo.

Tabela 1 - Resultados médios das análises físico-hídricas dos solos nos sistemas de uso.

Prof.	Classe	g kg <sup>-1</sup> de solo			m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>			g kg <sup>-1</sup> de solo			kg dm <sup>-3</sup>		
		textural	Grossa	Fina	Areia	Argila	Espaço de Poros			MO	DS	DP	
(cm)				Silte	Total	Mac	Mic	Pt	AD				
0-10	AF	524Aa	326Aa	90Aa	60Aa	0,28Bb	0,20Aa	0,48Ab	0,16Aa	16,50Ac	1,34Ba	2,57Aa	
10-20	FA	423Aa	364Aa	106Ba	107Aa	0,23Bb	0,19Aa	0,43Aa	0,13Aa	11,08Ab	1,51Bb	2,63Aa	
20-40	FA	378Aa	339Aa	116Ba	167Ba	0,20Aa	0,22Aa	0,41Aa	0,10Aa	7,98Aa	1,53Ab	2,61Aa	
40-60	FAA	343Aa	343Aa	95Aa	220Ba	0,18Aa	0,23Aa	0,41Aa	0,12Aa	6,44Aa	1,54Ab	2,63Aa	
<b>Sistema Capoeira Queimada: milho/mandioca (T<sub>2</sub>)</b>													
0-10	AF	557Ab	317Aa	30Aa	97Aa	0,18Aa	0,32Bb	0,50Ab	0,24Aa	14,31Ab	1,25Aa	2,51Aa	
10-20	FA	473Ab	347Aa	48Aa	133Aa	0,15Aa	0,31Bb	0,45Aa	0,16Aa	8,94Aa	1,39Ab	2,54Aa	
20-40	FA	413Aa	328Aa	63Aa	197Ab	0,12Aa	0,30Aa	0,42Aa	0,15Aa	8,34Aa	1,47Ab	2,52Aa	
40-60	FAA	337Aa	305Aa	112Ab	247Ab	0,12Aa	0,31Aa	0,43Aa	0,16Aa	5,76Aa	1,43Ab	2,52Aa	
<b>Sistema Corte e Trituração da Capoeira: milho/mandioca (T<sub>3</sub>)</b>													
0-10	AF	538Aa	319Aa	60Aa	83Aa	0,28Bb	0,26Aa	0,54Ab	0,11Aa	12,89Ab	1,19Aa	2,58Aa	
10-20	FA	394Aa	376Aa	136Ba	94Aa	0,20Bb	0,24Aa	0,44Aa	0,19Aa	11,08Ab	1,44Ab	2,65Aa	
20-40	FA	414Aa	334Aa	52Aa	200Ab	0,17Aa	0,27Aa	0,43Aa	0,19Aa	6,77Aa	1,46Ab	2,57Aa	
40-60	FAA	397Aa	303Aa	54Aa	247Ab	0,11Aa	0,31Aa	0,42Aa	0,21Aa	4,66Aa	1,47Ab	2,53Aa	
<b>Sistema Corte e Trituração da Capoeira: maracujá (T<sub>4</sub>)</b>													
0-10	AF	391Aa	417Aa	85Aa	108Aa	0,10Aa	0,38Bb	0,48Ab	0,13Aa	13,86Ab	1,33Ba	2,57Aa	
10-20	FA	354Aa	430Aa	97Ba	120Aa	0,07Aa	0,33Bb	0,40Aa	0,33Bb	8,37Aa	1,53Bb	2,56Aa	
20-40	FA	338Aa	384Aa	82Aa	197Ab	0,09Aa	0,29Aa	0,38Aa	0,25Ab	5,81Aa	1,54Ab	2,56Aa	
40-60	FAA	311Aa	365Aa	74Aa	250Ab	0,09Aa	0,31Aa	0,40Aa	0,19Aa	4,53Aa	1,53Ab	2,56Aa	

Fonte: dados da pesquisa.

Nota: médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%.

A manutenção da cobertura do solo é muito importante na retenção e disponibilidade de água por manter a umidade e a temperatura do solo. No caso deste experimento, a eficiência não foi constatada, pois a quantidade de matéria orgânica (Tabela 1) que permanece no solo nos tratamentos onde houve trituração da capoeira não apresentou efeito positivo nessas características. Provavelmente, pelo pouco tempo de implantação do sistema, o que pode ser caracterizado pela semelhança estatística entre os tratamentos. Isso justifica a similaridade dos valores de água disponível encontrada nos diferentes tratamentos (Tabela 1). Esses resultados contrariam os encontrados por Sommer (2004) também em experimento de curta duração (1996-1998) no sistema de corte e trituração. Embora o efeito do plantio direto no solo seja largamente verificado, o benefício sobre algumas propriedades pode não ser imediato, como comentado por Lopes et al. (2004) e completado por Dalmago (2004) ao observar que a condição hídrica do solo em plantio direto depende do processo de evolução inserido em cada sistema de manejo e de todas as variáveis intervenientes que atuam ao longo do tempo, o que pode ter ocorrido neste trabalho.

Observando-se, ainda, as curvas características de retenção de água (Figuras 1 e 2) para as camadas de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, verifica-se que a retenção de água entre as tensões de -10 cm a -100 cm para os tratamentos  $T_2$  e  $T_4$  é mais elevada do que no tratamento com capoeira natural ( $T_1$ ). Essa elevação pode ser atribuída, principalmente, aos valores mais altos de microporosidade (Tabela 1) observados nessas camadas em consequência das práticas de preparo de área e de plantio e manejo das culturas.

Os resultados de densidade e porosidade do solo demonstrados na Tabela 1 complementam a justificativa para a retenção de água dada no parágrafo anterior. Os resultados dessas variáveis apresentaram variação relativamente pequena,

não permitindo destacar com ênfase os efeitos dos tratamentos nessas características. O tratamento  $T_4$  foi o que apresentou maior densidade e, conseqüentemente, menor porosidade total, o que pode estar associado ao método de preparo de área que utilizou trator + triturador e por influência da cultura do maracujá a qual promove menor mobilização do solo, concordando com Cardoso Júnior et al. (2007), em trabalho desenvolvido em Igarapé-Açu (PA), também estudando a influência da cultura do maracujá nesse sistema. Do mesmo modo, Bervald (2005) atribuiu o aumento de densidade encontrado em solos sob capoeira triturada à passagem do triturador, porém afirmou que esse resultado não atingiu um limite crítico, sendo significativamente igual à densidade encontrada no tratamento que utilizou queima, destoca e gradagem. Em ambos os estudos, os autores concluíram que esse aumento de densidade não influenciou o rendimento das culturas envolvidas no sistema de corte e trituração.

Quanto à água disponível (Tabela 1), observa-se que parece haver certa relação com os valores de microporosidade e o conteúdo de matéria orgânica. Os valores de água disponível são mais baixos no tratamento  $T_1$ , e aumentando para os tratamentos  $T_2$ ,  $T_3$  e  $T_4$ , respectivamente. Os maiores conteúdos de água disponível foram observados nas camadas de 0-10 cm, 10-20 cm e de 40-60 cm no tratamento  $T_4$ , o que pode ser função dos valores altos de microporosidade nas mesmas. Os valores mais altos de AD nas camadas de 0-10 cm nos tratamentos  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  e  $T_4$ , com baixos conteúdos de argila total (Tabela 1), podem ser atribuídos ao conteúdo de matéria orgânica no  $T_1$ , a microporosidade e matéria orgânica no sistema  $T_2$ , a matéria orgânica no sistema  $T_3$ , e a microporosidade no tratamento  $T_4$ .

O valor baixo de AD na camada de 0-10 cm no sistema  $T_4$  pode ser atribuído ao baixo conteúdo de matéria orgânica presente nessa

camada, apesar do valor alto de microporosidade causado pela trituração da capoeira.

Os resultados de retenção de água (Tabela 2) permitem observar a tendência de aumentar

com a profundidade em todas as tensões consideradas, a exceção da tensão -60 cm na camada de 0 a 10, onde ocorre uma diminuição para a tensão de -100 cm e aumentando em seguida com a profundidade.

Tabela 2 - Resultados médios de retenção de água do solo em diferentes tensões nos sistemas de uso estudados.

Prof. (cm)	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>				
	Retenção de Água				
	60	100	330	1000	1500
<b>CAPOEIRA - T<sub>1</sub></b>					
0-10	0,203	0,193	0,160	0,143	0,043
10-20	0,193	0,180	0,147	0,130	0,067
20-40	0,415	0,220	0,210	0,177	0,147
40-60	0,413	0,233	0,223	0,193	0,167
<b>DERRUBADA E QUEIMADA (milho e mandioca) - T<sub>2</sub></b>					
0-10	0,280	0,113	0,107	0,090	0,040
10-20	0,263	0,137	0,127	0,120	0,051
20-40	0,253	0,170	0,160	0,140	0,100
40-60	0,277	0,193	0,180	0,163	0,113
<b>CORTADA E TRITURADA (milho e mandioca) - T<sub>3</sub></b>					
0-10	0,263	0,140	0,137	0,113	0,033
10-20	0,243	0,150	0,143	0,120	0,057
20-40	0,267	0,187	0,173	0,147	0,080
40-60	0,310	0,203	0,187	0,163	0,100
<b>CORTADA E TRITURADA (maracujá) - T<sub>4</sub></b>					
0-10	0,383	0,130	0,117	0,103	0,050
10-20	0,330	0,133	0,110	0,100	0,077
20-40	0,384	0,170	0,153	0,140	0,107
40-60	0,400	0,190	0,170	0,157	0,127

Fonte: dados da pesquisa.

Estatisticamente, houve diferença significativa pelo teste de Scott-Knott a 5% para os teores de água disponível (Tabela 1), entre tratamentos, apenas na camada de 10-20 cm no tratamento T<sub>4</sub> em relação aos outros. Essa diferença deve-se, possivelmente, ao conteúdo elevado de areia fina (Tabela 1) nesta camada, para o tratamento T<sub>4</sub>, facilitando a disponibilidade de água aí encontrada.

Quanto à densidade e porosidade do solo (Tabela 1), de modo geral, não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre tratamentos, sugerindo a necessidade de um maior tempo de estudos com trituração de capoeira nesta área. A seguir são apresentadas as curvas de características de retenção de água para as várias camadas de solo e diversos sistemas de uso (Figuras 1, 2, 3 e 4).

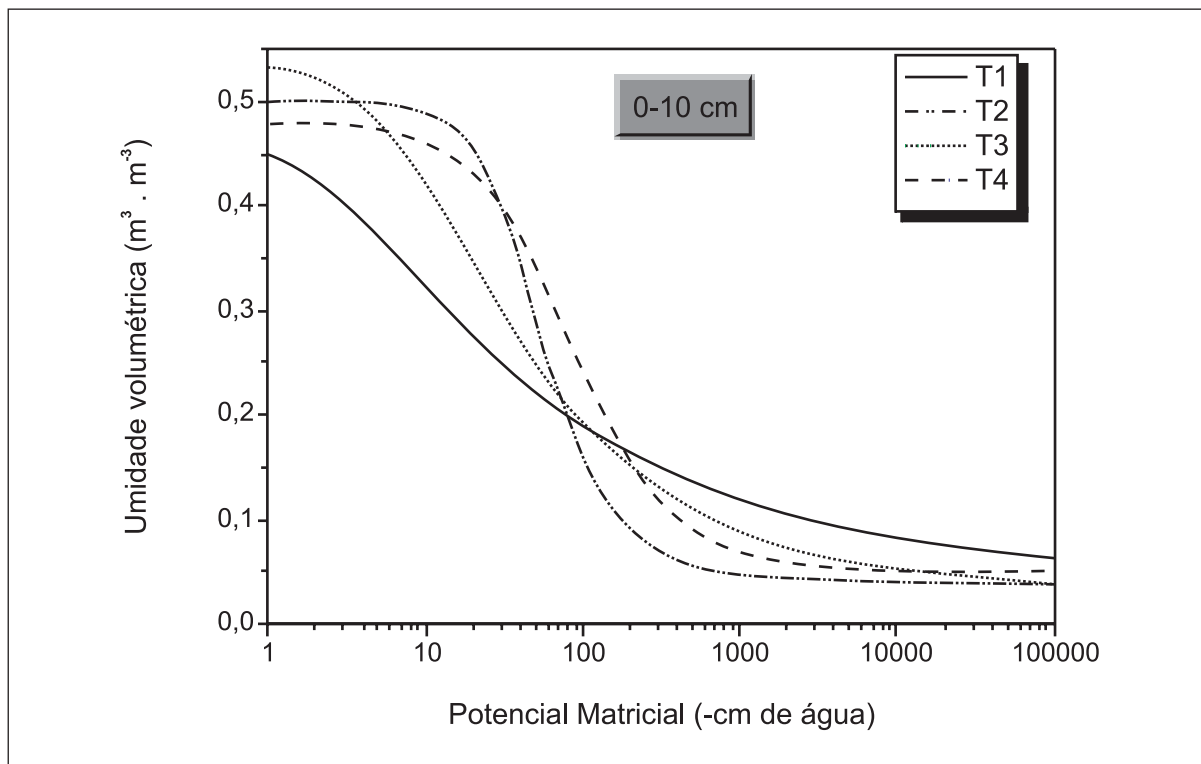


Gráfico 1 - Curvas características de retenção de água da camada de 0-10 cm dos solos nos sistemas de uso.

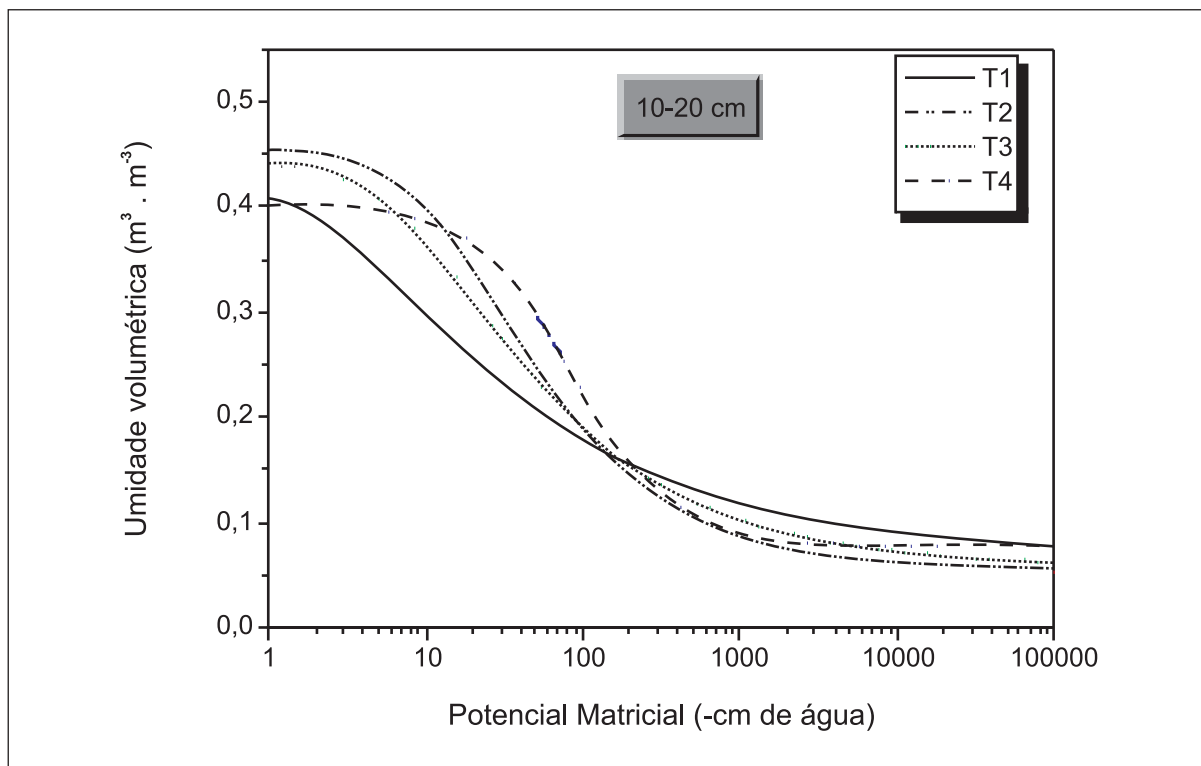


Gráfico 2 - Curvas características de retenção de água da camada de 10-20 cm dos solos nos sistemas de uso.



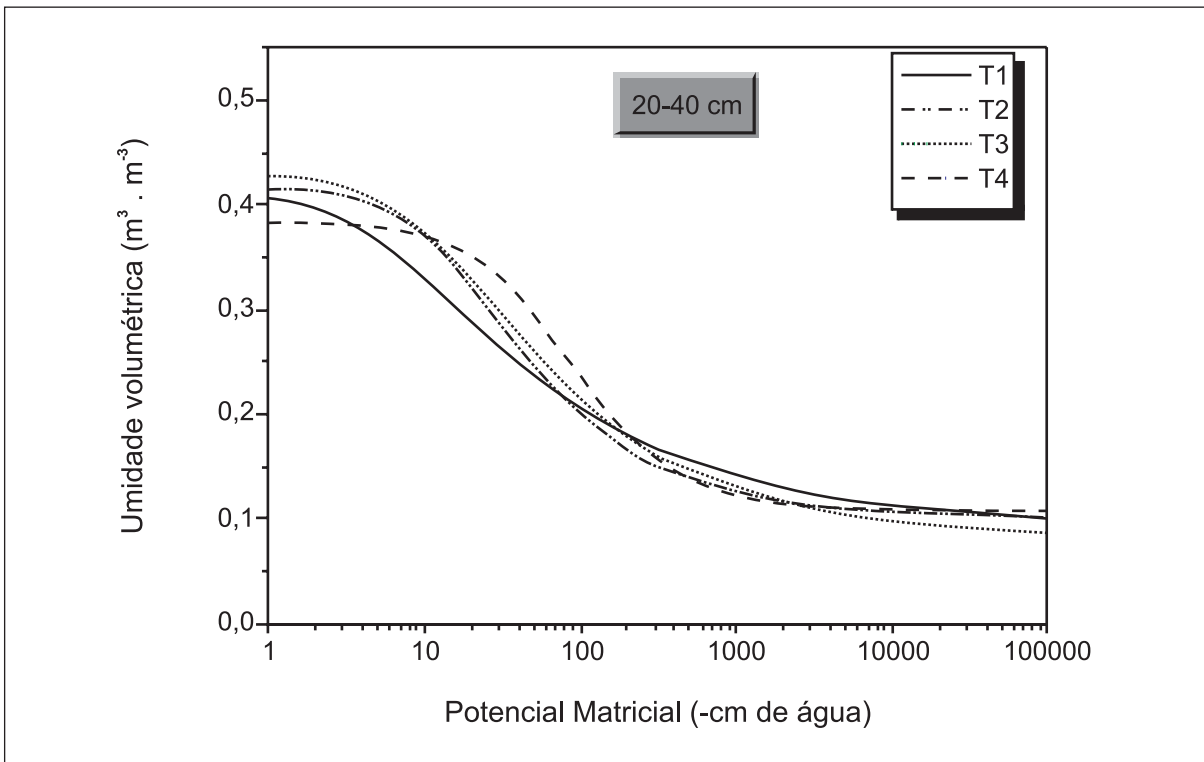


Gráfico 3 - Curvas características de retenção de água da camada de 20-40 cm dos solos nos sistemas de uso.

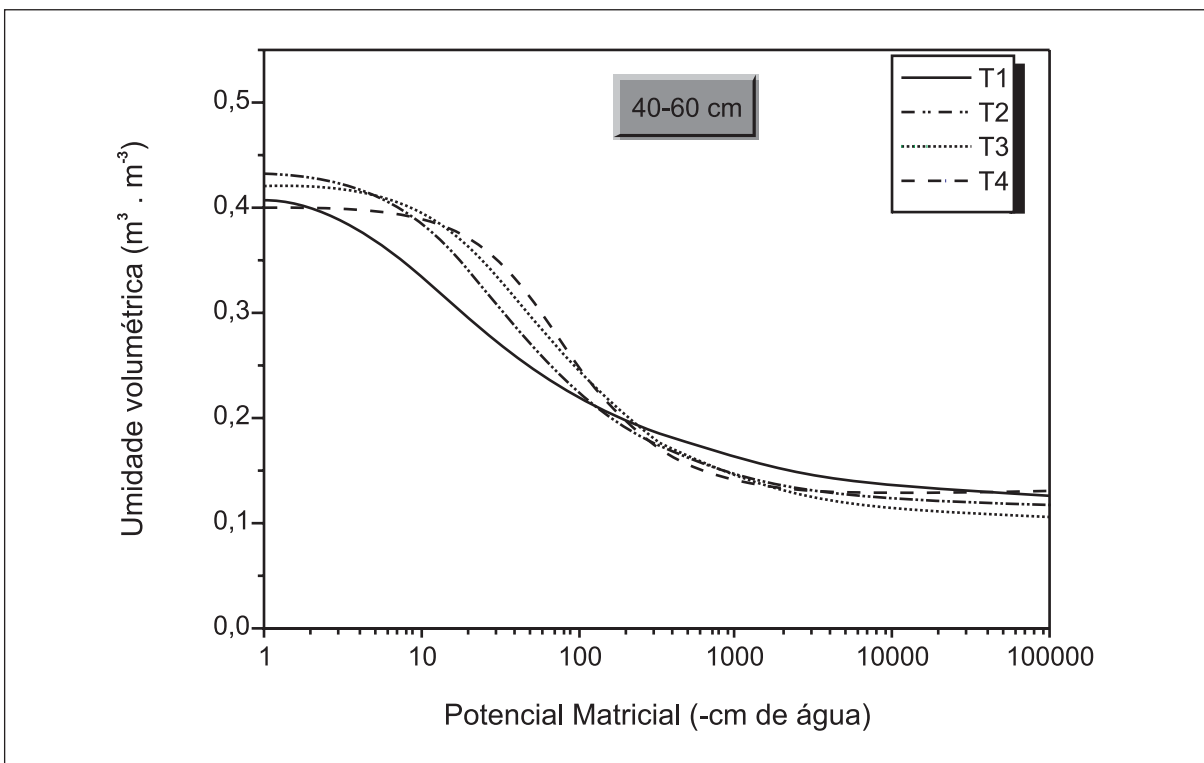


Gráfico 4 - Curvas características de retenção de água da camada de 40-60 cm dos solos nos sistemas de uso.

## 4 CONCLUSÕES

O pouco tempo de implantação do sistema de corte e trituração da vegetação secundária não foi suficiente para promover melhoria na retenção e na disponibilidade de água para as plantas quando comparado à técnica de corte e queima. No entanto, os tratamentos que utilizaram a trituração da capoeira apresentaram indicativos de melhoria da qualidade físico-hídrica do solo em valores numéricos.

A quantidade de matéria orgânica adicionada pela trituração da capoeira não apresentou efeito positivo em relação à retenção e disponibilidade de água no solo quando comparada aos solos sob queima da vegetação.

Os valores altos de densidade do solo encontrados nos tratamentos com trituração da capoeira podem estar relacionados à passagem da máquina de trituração, influenciando negativamente a infiltração e o armazenamento de água no solo.

Há necessidade de uma sucessão de corte e trituração da capoeira (após pousio) para uma melhor avaliação dos benefícios desse sistema nas características do solo, o que poderia contribuir para uma maior sustentabilidade do sistema produtivo.

## REFERÊNCIAS

- BERVALD, C. M. P. **Tecnologia mecanizada em preparo de área sem queima no nordeste paraense**. 2005. 107 p. Tese (Doutorado) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (RS), 2005.
- BLOCK, A. **Entwicklung und Erprobung eines Doppelrotor hackslers als Alternative zur Brandrodungswirtschaft in Nord-Ost Amazonien**. 1999. 86 f. (Diplomarbeit im wissenschaftlichen Studiengang Agrarwissenschaften an der Universität Göttingen, Fachbereich Agrarwissenschaften), – Georg August Universität Göttingen, Göttingen, Deutschland, 1999.
- CARDOSO JÚNIOR, E. Q.; KATO, O. R.; KATO, M. do S. A.; LOPES, S. da C.; SÁ, T. D. de A. **Métodos de preparo de área sobre algumas características físicas do solo e da produção de maracujazeiro (*Passiflora edulis*) no Nordeste do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 21 p.
- DALMAGO, G. A. **Dinâmica da água no solo em cultivos de milho sob plantio direto e preparo convencional**. 2004. 245 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997.
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45, 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 225-258.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades @**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 8 jul. 2010.
- KATO, O. R.; KATO, M. S. A.; JESUS, C. C. de.; RENDEIRO, A. C. **Época de preparo de área e plantio de milho no sistema de corte e trituração no município de Igarapé-Açu, Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002 (Comunicado Técnico, n. 64).
- KATO, O. R. **Fire-free land preparation as an alternative to slash-and-burn agriculture in the Bragantina region, Eastern Amazon: crop performance and nitrogen dynamics**. 1998. 132 f. Tese (Doctoral) – George-August University, Göttingen, 1998.
- LOPES, A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA, 2004. 110 p.
- OLIVEIRA JÚNIOR, R. C. de. et al. **Levantamento de reconhecimento de alta intensidade dos solos da folha de Marapanim, Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1997. 53 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa, 180).
- MARCOLAN, A. L.; LOCATELLI, M.; FERNANDES, S. R. Densidade e resistência à penetração de um Latossolo pelo corte e trituração da capoeira, substituindo a derruba e queima, no preparo da área para plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009, Fortaleza. **O solo e a produção de bioenergia: perspectivas e desafios**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. 1 CD ROM.

SARVASI, F. O. C.; VIEIRA, S. R.; CASTRO O. M.; BARBOSA, C. C. Curvas de retenção de água, por tensiometria, para dois solos da região de Alfena (MG). **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, DF, n. 27, p. 893-900, 1992.

SOMMER, R. **Water nutrient balance in deep soils under shifting cultivation with and without burning in the eastern Amazon**. 2004. 240 f. PhD (Thesis) – Göttingen, Cuvillier, 2004.

SOUZA, Z. M. ALVES, M. C. Movimento de água e resistência à penetração em um latossolo vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos. **R. Bras. Eng. Agríc. Amb.**, Campina Grande, PB, n. 7, p. 18-24, 2003.

STAUT, L. A. Como minimizar o estresse hídrico da soja. **Dourados News**, Dourados, 2006. Disponível em: <[http://www.douradosnews.com.br/editoriais/view.php?ma\\_id=184670-56k](http://www.douradosnews.com.br/editoriais/view.php?ma_id=184670-56k)>. Acesso em: 29 ago. 2006.

VAN GENUCHTEN, M.T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil. Soil Science Society of America. **Journal**, Madison, v. 44, n. 5, p.892-898, 1980.