

# COMPACTAÇÃO DO SOLO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS COM DENDEZEIRO NA AMAZÔNIA ORIENTAL

Cleo Marcelo de Araújo Souza<sup>1</sup>, Elaine Rodrigues Santos<sup>2</sup>, Jocélia Maciel Barros<sup>3</sup>, Willen Ramos Santiago<sup>4</sup>, Carlos José Capela Bispo<sup>5</sup>, Steel Silva Vasconcelos<sup>6</sup>, Osvaldo Ryohei Kato<sup>6</sup>

**RESUMO:** A compactação do solo consiste em um dos fatores relacionados à ação de impeditiva das raízes, dificultando as culturas em expressar seu máximo potencial produtivo. Este trabalho tem por objetivo avaliar alterações na resistência à penetração de raízes e densidade do solo em razão da conversão de uma floresta secundária em sistemas agroflorestais com dendezeiro no nordeste Pará. Foram avaliados três sistemas de produção de dendê (adubadeiras, biodiverso manual e biodiverso mecanizado) e comparados com uma floresta secundária (13 anos). Foram avaliados a resistência à penetração, densidade e conteúdo de água volumétrico do solo nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm. Os resultados mostraram que o sistema de plantio direto, associado ao uso da mecanização proporcionou maior compactação do solo e que os sistemas biodiverso manual e adubadeiras foram os sistemas que mais contribuíram para a redução da compactação do solo e resistência ao desenvolvimento radicular, respectivamente, minimizando os efeitos da mecanização.

**Palavras-chave:** Cultivo de dendê, compactação do solo, sistemas agroflorestais

**ABSTRACT:** Soil compaction is one of the factors impeding the action of the roots, preventing the cultures to express their full productive potential. This study aims to evaluate changes in the soil resistance to penetration and soil bulk density in reason to the conversion of a secondary forest with oil palm in agroforestry systems in northeastern of Para. Were evaluated three systems for the production of palm oil (Spreaders, manual and mechanized biodiverse) and compared with a secondary forest (13 years). We evaluated the resistance to penetration, density and soil volumetric water content at 0-10, 10-20, 20-30 and 30-40 cm of depths. The results showed that the no-tillage system, associated with the use of mechanization provided greater soil compaction and that biodiverse manual and Spreaders systems were that contributed most to the reduction of soil compaction and root development resistance, respectively, minimizing the effects of mechanization.

**Key-words:** Palm oil cultivation, soil compaction, agroforestry systems.

## Introdução

O dendezeiro (*Elaeis guineensis*) é uma das principais culturas oleaginosas cultivadas no Brasil, cuja produção do óleo vegetal destina-se principalmente a suprir a demanda da indústria alimentícia e de biocombustíveis. O Estado do Pará é o maior produtor nacional de óleo de palma, com destaque para a região Nordeste do Estado, onde estão localizados os principais pólos produtores dessa oleaginosa.

Os sistemas comerciais de produção de palma de óleo, normalmente, são praticados nos moldes convencionais, preconizando-se o monocultivo e o consumo de grande quantidade de insumos, principalmente fertilizantes, contrapondo-se ao tipo de agricultura predominantemente praticada pelo produtor rural em escala familiar, na região amazônica, que consiste na agricultura itinerante ou agricultura de corte-e-queima, caracterizada pelo corte e a queima da vegetação

1- Ms. C., Analista A, Embrapa Amazônia Oriental, E-mail: cleo@cpatu.embrapa.br;

2- Ms. C.; Bolsista de DTI, CNPq, Embrapa Amazônia Oriental, E-mail: elainesanufra@yahoo.com.br;

3- Eng<sup>a</sup>. Agr<sup>o</sup>., Bolsista FAPESPA, Embrapa Amazônia Oriental, E-mail: joceliaufra@yahoo.com.br;

4- Eng<sup>o</sup>. Agr<sup>o</sup>., Estudante de Pós-Graduação, Universidade Federal Rural da Amazônia, E-mail: agrowillen@yahoo.com.br;

5- Pesquisador, Natura Inovação e Tecnologia de Produtos Ltda, Tecnologias Sustentáveis-Bioagricultura. Rodovia Anhanguera Km 30.5, Polvilho, Cajamar (SP), 07750-000, E-mail: cjcapela@yahoo.com.br;

6- Ph.D. Pesquisador A, Embrapa Amazônia Orienta, E-mail: steel@cpatu.embrapa.br; kato@cpatu.embrapa.br.

secundária na etapa de preparo da área (KATO et al., 2004, DENICH et al., 2005). Assim, há necessidade de se investigar sistemas de produção compatíveis com a realidade sócio-econômica do produtor familiar.

Os sistemas agroflorestais (SAFs), que são arranjos produtivos caracterizados pelo consórcio entre árvores, arbustos, espécies agrícolas e/ou animais na mesma área, simultânea ou sequencialmente (ASSIS JUNIOR et al., 2003), têm sido indicados como alternativa sustentável de uso da terra por produtores rurais familiares na Amazônia (CASTRO et al., 2009). Desde 2007 estão sendo realizadas pesquisas na Amazônia Oriental, visando desenvolver sistemas de produção de palma de óleo em arranjos agroflorestais, contemplando o produtor rural familiar.

Sistemas de manejo e uso do solo podem provocar alterações significativas em alguns atributos do solo, dentre estes estão a resistência mecânica à penetração de raízes e a densidade do solo (PRADO et al., 2002; MARCHÃO et al., 2007), diretamente relacionados com o nível de compactação do solo. A compactação é um processo que leva ao aumento de sua resistência, redução da porosidade, da continuidade dos poros, da permeabilidade e disponibilidade de nutrientes e águas, prejudicando o crescimento e o desenvolvimento radicular (PRADO et al., 2002)

O objetivo deste trabalho foi avaliar alterações na resistência à penetração de raízes e densidade do solo em razão da conversão de uma floresta secundária em sistemas agroflorestais com dendezeiro, no município de Tomé-Açu, Pará.

## **Material e Métodos**

O estudo foi conduzido no município de Tomé-Açu (2° 40' 54" S e 48° 16' 11" W), na unidade demonstrativa 2 (UD-2) do "Projeto dendê: sistemas agroflorestais na agricultura familiar", uma parceria das empresas Natura/Embrapa/CAMTA, na Mesorregião Nordeste do Estado do Pará, a 230 km da capital Belém. O clima do município é o tropical quente e úmido, do tipo Ami conforme a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 27,9 °C e precipitação total anual em torno de 2.500 mm, com distribuição mensal irregular, definindo uma estação bastante chuvosa (novembro a junho), variando de 175 a 533 mm mês<sup>-1</sup>, e uma menos chuvosa (julho a outubro), variando de 60 a 109 mm mês<sup>-1</sup>. Predomina no município o latossolo amarelo com textura variando de média a argilosa (BAENA; FALESI, 1999).

Foram avaliados três sistemas de produção de dendê e uma floresta secundária, como descrito a seguir: (a) *Sistema Adubadeiras* (tratamento T1) – plantio de dendezeiro consorciado com espécies da família Fabaceae (antiga família Leguminosae) com função de adubadeiras, cujo preparo de área foi realizado mecanicamente, totalizando dois hectares; (b) *Sistema Biodiverso mecanizado* (tratamento T2) – sistema agroflorestal biodiversificado, cujo preparo de área também foi realizado mecanicamente, tendo o dendezeiro como principal cultura de valor econômico, consorciado com espécies madeireiras, frutíferas e/ou oleaginosas e plantas com função de adubadeiras, totalizando dois

hectares; (c) *Sistema Biodiverso manual* (tratamento T3) – semelhante ao sistema Biodiverso mecanizado, diferindo apenas pelo preparo da área, que foi realizado manualmente, totalizando dois hectares; (d) Capoeira (CAP) – floresta secundária, de treze anos, utilizada como área de referência. Antes da implantação dos sistemas a cobertura vegetal da área consistia de uma floresta secundária de aproximadamente dez anos. Cada sistema de produção de dendê é constituído por 11 (onze) linhas duplas de dendezeiro, espaçadas por uma faixa de 15m, onde foram cultivadas as espécies consortes. Em cada linha dupla há 18 (dezoito) plantas de dendezeiro (09 em cada linha simples). Assim, em cada sistema de produção há 198 (cento e noventa e oito) plantas de dendezeiro, ou seja, 99 (noventa e nove) plantas por hectare. Os dendezeiros estão distribuídos no espaçamento de 9,0 m (na linha simples) x 7,5 m (entre linhas simples) x 15 m (entre linhas duplas). O preparo das áreas ocorreu entre setembro e outubro de 2007 e o plantio das mudas de dendezeiro foi realizado entre fevereiro e março de 2008.

No preparo da área foi adotada a técnica do plantio direto na capoeira (PDC) ou sistema de corte-e-trituração (KATO et al., 2004, DENICH et al., 2005), no qual a vegetação secundária é triturada com formação de cobertura morta (*mulch*). Nos sistemas Adubadeiras e Biodiverso mecanizado, a trituração da vegetação foi realizada mecanicamente, sem o revolvimento do solo, por meio de um protótipo de triturador, denominado “Tritucap” (DENICH et al., 2004), enquanto que no sistema Biodiverso manual o preparo da área foi realizado por meio de motosserra, facão e machado.

A avaliação da densidade do solo e granulometria seguiu a metodologia proposta pela EMBRAPA (1997). Em cada tratamento foram demarcadas duas parcelas representativas de 25 x 50 m e, em cada parcela, foram cavadas quatro trincheiras com 1,2 m de comprimento, 0,7 m de largura e 0,5 m de profundidade nas linhas das adubadeiras e SAF. Em cada trincheira foram coletadas amostras indeformadas, em duas faces, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm, com auxílio de trado extrator e anéis de aço de volume interno conhecido (anéis de Kopecky). As amostras foram secas em estufa de circulação forçada a 105 °C por 72 horas. Foram coletadas, com auxílio de um trado tipo sonda, amostras compostas de solo nas quatro profundidades, colocadas em frascos plásticos hermeticamente fechados e levados ao laboratório para determinação dos pesos úmido e seco, em estufa à 105 °C por 72 horas (EMBRAPA, 1997). Para avaliação do conteúdo de água volumétrico do solo foi utilizada a seguinte equação:  $\theta = \rho \times U$ , onde  $\theta$  é o conteúdo de água volumétrico,  $\rho$  é a densidade do solo e  $U$  é a razão entre a massa de água e a massa de sólidos presentes na amostra (LIBARDI, 2010).

Os valores de resistência à penetração foram determinados utilizando-se um penetrômetro eletrônico, modelo FALKER PenetroLOG – PLG 1020, com aptidão eletrônica para aquisição de dados, com capacidade de carga de 75 kgf, precisão de 20,1 kPa, provido de uma haste de 40 cm, equipado com um cone de aço de diâmetro de 7,94 mm. Em cada parcela, foram escolhidos 20 pontos

aleatórios na linha das adubadeiras como na linha do SAF e, em cada ponto o penetrômetro foi inserido no solo até a profundidade de 40 cm.

## **Resultados e Discussão**

A resistência do solo à penetração é um dos atributos físicos mais indicativos de compactação do solo (TORRES, 2011). Diante disto, nas avaliações de resistência à penetração realizadas nas áreas em estudo pode-se observar que, segundo ARSHAD et al. (1996), existem classes de resistência do solo que variam de alto a muito alto a partir de 10 cm de profundidade nos tratamentos biodiverso mecanizado, biodiverso manual e adubadeiras, em comparação com a capoeira (Figura 1). Entretanto, apesar do tratamento adubadeiras ter sido preparado mecanicamente, apresentou menores valores de resistência quando comparado aos tratamentos biodiverso mecanizado e manual. Foram observados maiores valores de densidade nos tratamentos biodiverso mecanizado e adubadeiras (Figura 2). Estes resultados estão de acordo com a afirmação de MARCOLAN et al. (2009) e CARVALHO et al. (2008) que destacam que em sistemas de plantio direto, com pouco revolvimento do solo, bem como o uso de máquinas pesadas podem promover a compactação do solo, que podem causar efeitos restritivos ao crescimento das plantas, embora diferentes espécies de plantas possam crescer em diferentes valores de resistência crítica (WATANABE et al., 2002). Observou-se também uma variação de resistência à penetração com a densidade e a granulometria do solo estudado, onde os valores de areia e argila foram inversamente proporcionais, ou seja, à medida que aumentou de profundidade, os solos se tornaram mais argilosos (Tabela 1).

Foi observado um aumento dos valores de conteúdo de água no solo com o aumento da profundidade (Figura 3). Entretanto, os resultados mostraram que o conteúdo de água no solo não influenciou nos valores de resistência à penetração do solo nos tratamentos estudados. Estes resultados se devem ao manejo do material resultante da poda das espécies do SAF, que foram distribuídos uniformemente ao redor das espécies tanto das adubadeiras quanto do SAF. Segundo SOUZA et al. (2010), a umidade do solo pode influenciar diretamente, em menor ou maior grau, a resistência à penetração do solo, o que não foi observado neste experimento.

## **Conclusões**

O sistema de plantio direto, associado ao uso da mecanização proporcionou maior compactação do solo.

O uso da cobertura morta proporcionou maior conteúdo de água no solo favorecendo a redução da resistência à penetração de raízes no solo.

Os sistemas biodiverso manual e adubadeiras foram os sistemas que mais contribuíram para a redução da compactação do solo e resistência ao desenvolvimento radicular, respectivamente, minimizando os efeitos da mecanização.

## Agradecimentos

Aos técnicos do Laboratório de Ecofisiologia Vegetal e Propagação de Plantas da Embrapa Amazônia Oriental. À Cooperativa Agrícola Mista de Tomé Açú (CAMTA). Ao produtor Ernesto Suzuki. A Natura Inovação e Tecnologia de Produtos Ltda. À Fundação Arthur Bernardes (FUNARBE).

TABELA 01 – Granulometria de um Latossolo Amarelo, de áreas de sistemas agroflorestais com cultivo de cultivo de dendê e em floresta secundária (capoeira). Média seguida de letras maiúsculas (fração do solo) e minúsculas (profundidade) iguais, não difere estatisticamente pelo teste de Tukey (5%).

Fração (g kg <sup>-1</sup> )	Profundidade (cm)			
	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40
Areia	726 Aa	596 Ab	494 Ac	416 Ad
Silte	125 Ba	155 Ca	141 Ca	139 Ba
Argila	150 Bd	250 Bc	365 Bb	445 Aa

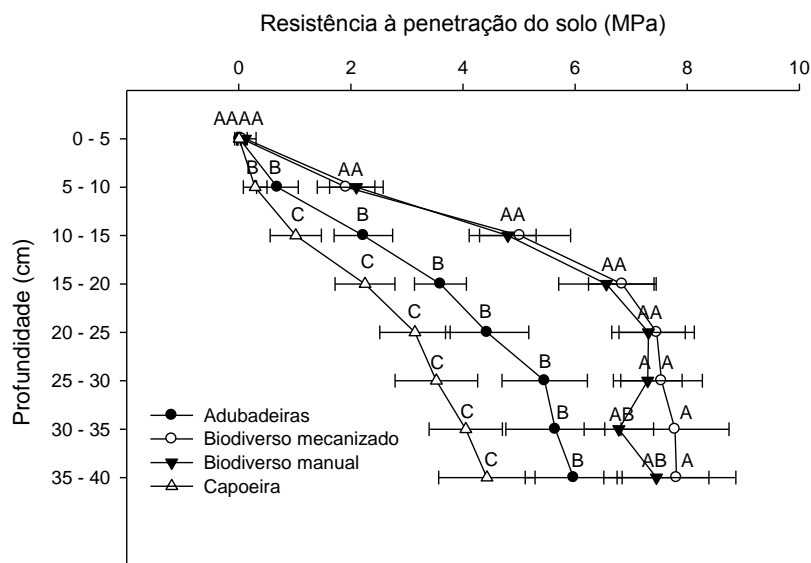


FIGURA 01 – Resistência do solo à penetração em sistemas agroflorestais com cultivo de cultivo de dendê (Biodiverso e Aduadeiras) e em floresta secundária (capoeira). Média seguida de letras iguais, não difere estatisticamente pelo teste de Tukey (5%).

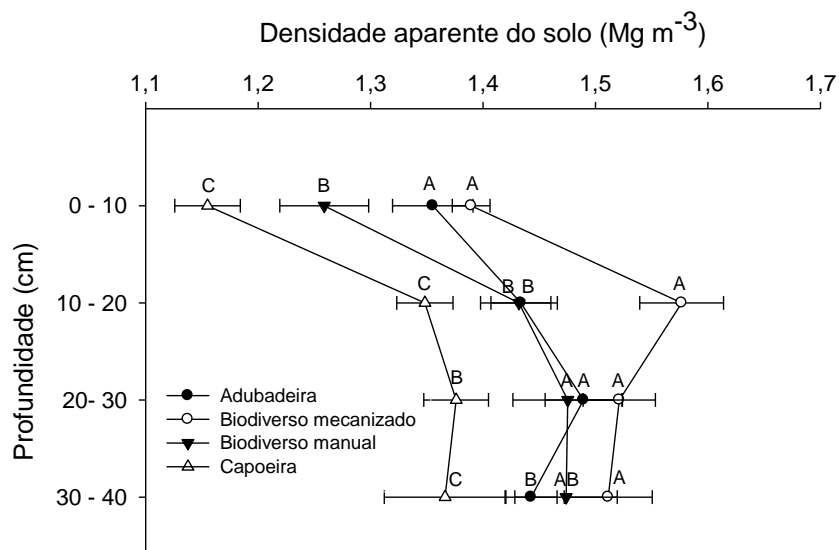


FIGURA 02 – Densidade aparente do solo em sistemas agroflorestais com cultivo de cultivo de dendê (Biodiverso e Adubadeiras) e em floresta secundária (capoeira). Média seguida de letras iguais, não difere estatisticamente pelo teste de Tukey (5%).

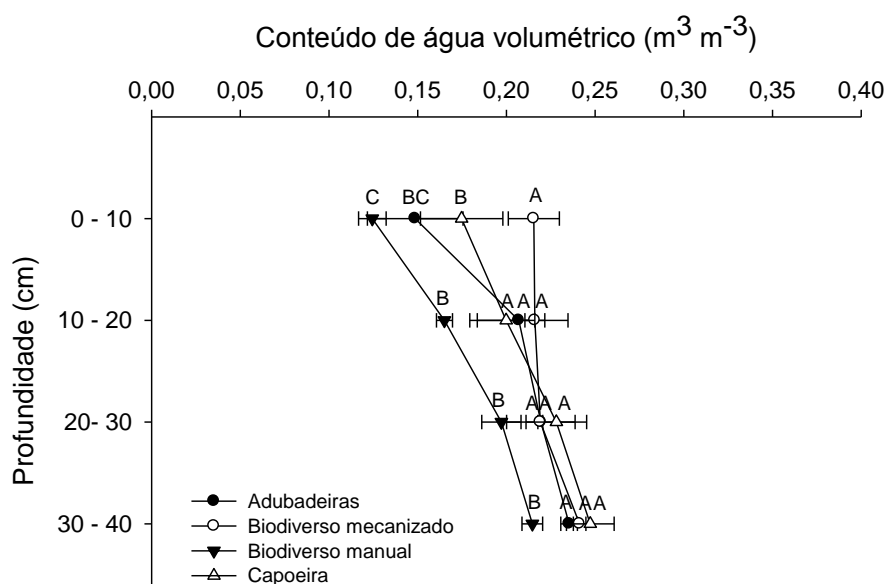


FIGURA 03 – Conteúdo de água volumétrico do solo em sistemas agroflorestais com cultivo de cultivo de dendê (Biodiverso e Adubadeiras) e em floresta secundária (capoeira). Média seguida de letras iguais, não difere estatisticamente pelo teste de Tukey (5%).

## Referências Bibliográficas

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. **Physical tests for monitoring soil quality**. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Ed.). *Methods for assessing soil quality*. Madson: Soil Science Society of America, 1996. p. 123-142. (SSSA. Special Publication, 49).

ASSIS JUNIOR, S. L.; ZANUNCIO, J. C.; KASUYA, M. C. M.; COUTO, L.; MELIDO, R. C. N. Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monoculturas, mata natural e área desmatada. **Revista Árvore**, v. 27, p. 35-41, 2003.

BAENA, A. R. C.; FALESI, I. C. **Avaliação do potencial químico e físico dos solos sob diversos sistemas de uso da terra na Colônia Agrícola de Tomé-Açu, Estado do Pará.** Belém: EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 1999. 23 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa, 18.).

CARVALHO, L. A.; NETO, V. J.M.; SILVA, L. F.; PEREIRA, J. G.; NUNES, W. A. G. A.; CHAVES, C. H. C. Resistência mecânica do solo à penetração (RMP) sob cultivo de cana-de-açúcar, no município de Rio Brilhante, MS. **Agrarian**, v. 1, n. 2, p. 7-22, 2008.

CASTRO, A. P.; FRAXE, T. J. P.; SANTIAGO, J. L.; MATOS, R. B.; PINTO, I. C. Os sistemas agroflorestais como alternativa de sustentabilidade em ecossistemas de várzea no Amazonas. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 2, p. 279-288, 2009.

DENICH, M.; VIELHAUER, K.; KATO, M. S. D. A.; BLOCK, A.; KATO, O. R.; SÁ, T. D. D. A.; LUCKE, W.; VLEK, P. L. G. Mechanized land preparation in forest-based fallow systems: The experience from Eastern Amazonia. **Agroforestry Systems**, v. 61, p. 91-106, 2004.

DENICH, M.; VLEK, P. L. G.; SA, T. D. D.; VIELHAUER, K.; LUCKE, W. G. A. Concept for the development of fire-free fallow management in the Eastern Amazon, Brazil. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 110, p. 43-58, 2005.

EMBRAPA. CNPS. **Manual de métodos de análise de solo.** 2. Ed. Atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

KATO, O. R.; KATO, M. D. S. A.; SÁ, T. D. D. A.; FIGUEIREDO, R. D. O. Plantio direto na capoeira. **Ciência e Ambiente**. v. 29, p. 99-111, 2004.

KREBS, F. D.; FOLTZ, D. R. B.; BERRA, E. F. Avaliação da resistência à penetração de um Argissolo Bruno-Acinzentado sob diferentes espécies de Eucaliptus (*E. urophylla*, *E. cloeziana* e *E. citriodora*). **FertBio 2010**, Guarapari, CD-Rom, 2010.

LIBARDI, P. L. III - Água no solo. In: VAN LIER, Q. J. (Ed.). **Física do solo.** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2010, 298p.

MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.6, p.873-882, 2007.

MARCOLAN, A. L.; LOCATELLI, M. FERNANDES, S. R. Atributos químicos e físicos de um Latossolo e rendimento de milho em diferentes sistemas de manejo da capoeira. **Comunicado Técnico 352**, Embrapa, Porto Velho, RO, nov, 2009, p.6.

PRADO, R. M.; ROQUE, C. G.; SOUZA, Z. M. Sistemas de preparo e resistência à penetração e densidade de um Latossolo Vermelho eutrófico em cultivo intensivo e pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 12, p. 1795-1801, 2002

SOUZA, F. R.; ROSA JUNIOR, E. J.; FIETZ, C. R.; BERGAMIN, A. C.; VENTUROSOS, L. R.; ROSA, Y. B. C. J. Atributos físicos e desempenho agrônomo da cultura da soja em um Latossolo Vermelho distroférrico submetido a dois sistemas de manejo. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 6, p. 1357-1364, 2010.

TORRES, J. L. R.; MARTINS, M. E.; FABIAN, A. J.; PEREIRA, M. G.; VIEIRA, D. M. S.; BRITO, A. C. B. Produção de biomassa e compactação do solo em áreas de cana-de-açúcar colhidas manual e mecanicamente. **XXXIII Congresso Brasileiro de Ciências do Solo**, Uberlândia, MG, CD-Rom, 2011.

WATANABE, S. H.; TORMENA, C. A.; ARAUJO, M. A.; VIDIGAL FILHO, P. S.; PINTRO, J. C. COSTA, A. C. S.; MUNIZ, A. S. Propriedades físicas de um latossolo vermelho distrófico

influenciadas por sistema de preparo de solo utilizados para implantação da cultura da mandioca. **Acta Sci.**, v. 24, p. 1255-1264, 2002.