

ANAIS

Artigos aprovados – 2014

Volume II

ISSN: 2316-7637



III SIMPÓSIO
DE ESTUDOS E PESQUISAS EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS
NA AMAZÔNIA

**Universidade do Estado do Pará, Centro de Ciências Naturais e
Tecnologia**
18, 19 e 20 de novembro de 2014

ESTOQUE DE CARBONO E DENSIDADE DO SOLO EM CULTIVO DE PALMA DE ÓLEO NA AMAZÔNIA ORIENTAL

Walmir Ribeiro de Carvalho¹, Steel Silva Vasconcelos², Helen Monique Nascimento Ramos¹, Saime Joaquina Souza de Carvalho Rodrigues¹, Possidônio Guimarães Rodrigues¹, Cléo Marcelo de Araujo Souza³

⁽¹⁾ Doutorando em Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias, UFRA, Belém, PA, CEP 66.077-901. E-mail: walricar@ig.com.br, helenmoniquen@yahoo.com.br, saimecarvalho@yahoo.com.br, possirodrigues@yahoo.com.br

⁽²⁾ Pesquisador, Embrapa Amazônia Oriental. Caixa Postal 48, Belém, PA, CEP 66095-100. E-mail: steel.vasconcelos@embrapa.br

⁽³⁾ Msc., Analista A, Embrapa Amazônia Oriental. Caixa Postal 48, Belém, PA, CEP 66095-100. E-mail: cleo.souza@embrapa.br

RESUMO

A Palma de óleo é uma importante oleaginosa utilizada na produção de biodiesel, mas ainda são incipientes os resultados do impacto da cultura no estoque de carbono e na densidade do solo na região amazônica. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da sucessão de floresta secundária em sistemas de palma de óleo, na densidade aparente e armazenamento do estoque de carbono em diferentes locais de coleta em Latossolo Amarelo distrófico. O estudo foi realizado no Nordeste do Pará, município de Tomé-Açu. Foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm de profundidade para análise de carbono total e densidade do solo em quatro locais (coroa, carreador, linha do dendê e pilha) dentro do sistema com palma de óleo com preparo de área mecanizado e comparados com um sistema de referência representado por uma floresta secundária. Os resultados mostraram que as maiores densidades do solo foram encontradas no sistema com palma óleo no carreador até a profundidade de 20 cm. Os maiores estoques de carbono do solo foram observados na profundidade de 0-30 cm na floresta seguido do local coroa na palma de óleo.

Palavras-chave: Floresta secundária. Latossolo Amarelo. Nordeste do Pará.

1. INTRODUÇÃO

O cultivo de palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq., família Arecaceae) atualmente configura-se como um componente agrícola importante para a região Amazônica, pois o Estado do Pará se destaca como o principal Estado produtor do Brasil, respondendo por mais de 70% da produção nacional. No entanto, o sistema de cultivo predominantemente utilizado é o convencional, que se preconiza no monocultivo e consumo de insumos industrializados, sendo, incompatíveis com a realidade socioeconômica do produtor rural familiar da região amazônica (Santiago et al., 2013).

A implantação e manejo de sistema de cultivo com Palma de óleo de produção acarretam transformações na dinâmica do carbono orgânico (C) no solo (Frazão et al., 2012). Dependendo das características da área e do sistema de manejo adotado, essas transformações podem representar uma mudança no papel do solo como reservatório de C, alterando as taxas

de emissão de dióxido de carbono para a atmosfera (Fernandes e Fernandes, 2014), o qual contribui de forma significativa para o aumento da temperatura da atmosfera.

Nos cultivos de palma de óleo há uma heterogeneidade na utilização do espaço (Law et al., 2009; Frazão et al., 2012), resultante de diferentes tipos de manejo em uma mesma área onde circulam máquinas pelos carregadores e pessoas responsáveis pela colheita, adubação e manutenção do sistema, assim como da deposição localizada de folhas podadas. Isso faz com que segundo Haron et al., (1998) a cultura da palma de óleo apresente mais variação espacial no carbono orgânico do solo que a maioria das culturas.

Devido a mudanças no uso do solo pelas práticas de manejo no cultivo de palma de óleo, estudos foram realizados na Malásia por Law et al. (2009) em relação à variação espacial da concentração C orgânico no solo em diferentes áreas no interior de um cultivo com idade de 27 anos. Law et al. (2009) concluíram que o manejo do carbono no solo em local específico pode ser uma estratégia para aumentar o sequestro de carbono orgânico do solo nessa cultura.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da substituição de floresta secundária por sistema de produção convencional de palma de óleo e as consequências na densidade aparente e estoques de carbono do solo nas diferentes áreas de manejo operacionais em Latossolo Amarelo distrófico da Amazônia Oriental.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Este estudo foi realizado em um experimento desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em agosto de 2012, no município de Tomé-Açu, Pará, em área de monocultivo de palma de óleo, em propriedade de produtor rural cooperado da Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu (CAMTA). A área de estudo situava-se a 10 km do distrito de Quatro Bocas, pertencente à Mesorregião do Nordeste Paraense e à Microrregião Tomé-Açu, entre as coordenadas geográficas 02° 20' 59" de latitude sul e 48° 15' 36" de longitude a oeste de Greenwich, com altitude média de 45 m (Figura 1).

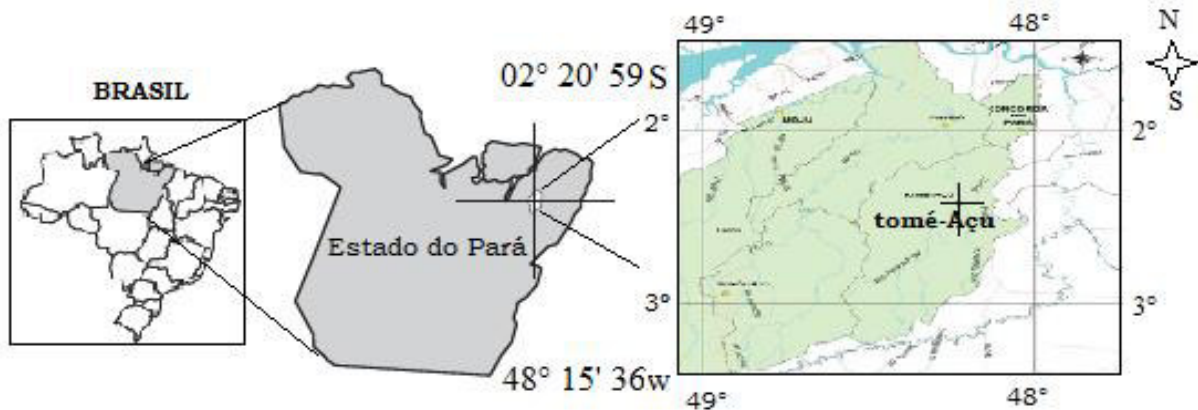


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo, município de Tomé-Açu, Estado do Pará, Brasil.

O solo é classificado como Latossolo Amarelo com textura franco-arenosa nos primeiros 20 cm e franco argilo-arenosa conforme se aprofunda no perfil. A caracterização química e granulométrica do solo esta apresentada na Tabela 1. O clima é classificado como tropical quente úmido (Ami segundo a classificação de Köppen), com uma estação seca de agosto a outubro; a precipitação pluviométrica anual é de 2.463,8 mm, com alta incidência de chuvas de dezembro a maio, correspondendo a 81,2% do total da precipitação anual. A temperatura média anual é 26,3°C, variando mensalmente entre 21,0°C (agosto) e 33,8°C (outubro) com brilho solar anual de 2.372,3 horas. Estas informações das variáveis meteorológicas foram coletadas na Estação Climatológica da Embrapa Amazônia Oriental localizada em Tomé-Açu-Pa, e compreendem valores médios do período de 1985 a 2013 (Figura 1).

2.2 Histórico da área

Anteriormente à instalação do experimento, a respectiva área de estudo era coberta por floresta secundária, com idade aproximada de 15 anos, com altura média do dossel de 15 metros, densidade média de 520 árvores por hectare com diâmetro à altura do peito (DAP) acima de 10 cm, predominando as espécies *Tapirira guianensis* Aubl., *Vismia guianensis* Aubl. Prers., *Inga alba* Willd. e *Apeiba burrcelli* Sprangue. Esta mesma formada depois de repetidos ciclos de corte e queima, para agricultura de subsistência (arroz – *Oryza sativa*, mandioca – *Manihot e sculenta*, milho – *Zea mays* e feijão-caupi – *Vigna unguiculata*).

2.2.1 Cultivo da palma de óleo

Em 2006, o preparo da área consistiu de corte da floresta, desmatamento, enleiramento e destoca com trator de esteira, calagem, nivelamento com aração e gradagens. Em seguida, houve piqueteamento das covas de plantio (40 cm x 40 cm x 40 cm) e plantio de puerária (*Pueraria phaseoloides* (Roxb) Benth). As mudas foram plantadas no local definitivo com um ano de idade com densidade de 143 plantas por hectare, com as plantas arranjadas em triângulo equilátero de 9 m de lado, ou seja, espaçamento de 7,8 m entre as linhas de plantio e 9 m entre as plantas na linha. No primeiro ano de cultivo foi realizada adubação em cova com 800 g de superfosfato triplo (SFT) por planta. No início e final do período chuvoso, foi realizada aplicação de cobertura com 200 g de ureia, 100 g de cloreto de potássio (KCl), 100 g de sulfato de magnésio (MgSO₄), 13 g de bórax e 8 g zinco (Zincop 101). Nos demais anos, até o terceiro ano após o plantio no campo (início da produção). A adubação foi realizada a lanço com uso de maquinário.

Tabela 1 - Caracterização física e química em diferentes profundidades do solo nos sistemas avaliados.

| Uso do solo | Areia g kg ⁻¹ | Silte | Argila | pH água | P mg dm ⁻³ | K | Na | Ca | Mg cmol/dm ⁻³ | Al | H+Al |
|-------------------|-----------------------------|-------|--------|------------|--------------------------|-------|------|-----|-----------------------------|-----|------|
| 0 - 5 cm | | | | | | | | | | | |
| Palma de óleo | 625 | 176 | 200 | 5,0 | 64,9 | 118,7 | 15,3 | 3,9 | 0,9 | 0,2 | 3,8 |
| Floresta | 779 | 102 | 120 | 5,0 | 4,6 | 4,8 | 38,4 | 5,2 | 3,1 | 0,4 | 4,9 |
| 5 - 10 cm | | | | | | | | | | | |
| Palma de óleo | 562 | 219 | 220 | 5,0 | 8,7 | 93,2 | 9,9 | 3,0 | 0,6 | 0,3 | 3,3 |
| Floresta | 719 | 122 | 160 | 5,2 | 4,6 | 4,6 | 26,8 | 5,6 | 2,1 | 0,3 | 3,8 |
| 10 - 20 cm | | | | | | | | | | | |
| Palma de óleo | 527 | 213 | 260 | 5,0 | 4,6 | 66,1 | 7,9 | 2,3 | 0,5 | 0,3 | 2,5 |
| Floresta | 579 | 181 | 240 | 5,3 | 4,9 | 2,2 | 18,4 | 3,6 | 1,3 | 0,3 | 3,1 |
| 20 - 30 cm | | | | | | | | | | | |
| Palma de óleo | 452 | 209 | 340 | 5,1 | 2,0 | 29,9 | 6,0 | 1,7 | 0,4 | 0,3 | 2,0 |
| Floresta | 461 | 159 | 380 | 4,9 | 1,6 | 9,8 | 2,8 | 0,9 | 0,4 | 0,6 | 3,0 |

O manejo do sistema convencional consistiu no coroamento das plantas, com utilização de capina química (glifosato) por três vezes ao ano, roçagem das entrelinhas, poda manual de limpeza até o terceiro ano e colheita dos cachos. A colheita foi realizada manualmente com sacho e a coleta dos cachos com utilização de trator através do carreador. Segundo o produtor rural, a produção anual foi de 10 toneladas de cacho por hectare. O material vegetal resultante das podas de limpeza e a folha após a coleta dos cachos foram deixados ao lado da linha de plantio, formando uma pilha de restos culturais que entram em decomposição.

2.3 Descrição do experimento

Foram avaliadas a densidade aparente e a concentração de carbono no solo em quatro locais diferentes no interior do plantio convencional de palma de óleo, denominados de tratamentos: área da coroa (Coroa), linha da palma, carreador, pilha do material podado (Pilha), que foram comparados com a floresta secundária local de aproximadamente 15 anos.

2.3.1 Coleta de amostras de solo

A coleta de amostras deformadas de solo foi realizada em agosto de 2012 utilizando trado tipo sonda. Em área de 2 ha da cultura de palma de óleo, estabeleceram-se, ao acaso, 5 parcelas, medindo cada parcela aproximadamente 15,6 x 18 m, sendo coletadas cinco amostras simples que foram reunidas para formar 1 amostra composta por local e parcela, nas profundidades de: 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm na coroa da palma em direção à linha das plantas, no meio do carreador e na pilha de material podado (Figura 2), totalizando 48 amostras simples e 16 compostas por parcela. Na floresta foi realizado o mesmo procedimento em aproximadamente 2 ha, em 5 parcelas selecionadas ao acaso, nas mesmas profundidades.

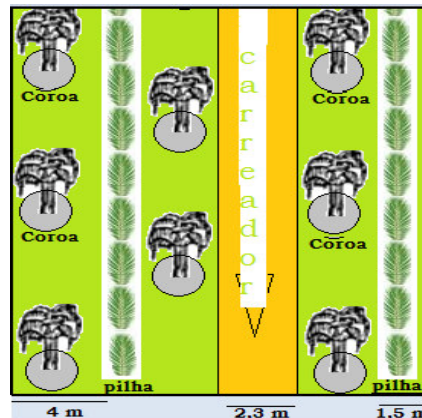


Figura 2 – Esquema dos locais de coleta no cultivo de Palma de óleo.

Amostras indeformadas para determinação da densidade do solo foram coletadas em cada parcela dos sistemas de uso. Escavaram-se 3 trincheiras medindo 70 cm de comprimento, 70 cm de largura e 70 cm de profundidade em cada local. Retiraram-se amostras indeformadas nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm de três faces internas da trincheira com auxílio de trado extrator e anéis de aço (Kopeck) de bordas cortantes com volume interno conhecido. A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997), em que amostras indeformadas foram colocadas em

estufa a 105°C até atingir peso constante. As amostras de solo foram conduzidas ao Laboratório de Análise de Sistemas Sustentáveis (LASS) da Embrapa Amazônia Oriental, onde foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA).

2.3.2 Estoque de C no solo

Para determinação da concentração de C total, cerca de 20 g de TFSA foram triturados em almofariz (pilão de ágata) e tamisados em peneira de 0,25 mm (60 mesh). Em seguida, foi pesado aproximadamente 0,20 g, para determinação da concentração de C por combustão a seco, em analisador elementar da marca LECO, modelo CNS 2000 (forno a 1350°C). O estoque de carbono total do solo foi calculado segundo (Veldkamp, 1994).

Como a densidade do solo variou significativamente entre diferentes locais de coleta das amostras, houve a necessidade de corrigir o estoque considerando-se em massas equivalentes de solo (Sisti et al., 2004). Para isso, tomamos como área de referência a massa de solo da floresta. Para a correção do estoque de C por área no sistema de produção de palma de óleo foi estimada a largura da área da pilha (1,5 m) e a largura da área da palma (4 m), sendo a área restante definida como área de carreador, ou seja, a área desse local representou, respectivamente, 10, 52 e 38% da área total.

2.4 Análise estatística

Foi utilizado um delineamento inteiramente ao acaso, com dois tratamentos (cultivo de palma de óleo e floresta secundária) e cinco repetições (ou pseudorepetições) por local de amostragem. Os dados de densidade do solo e estoque de carbono do solo, em cada local de coleta, foram comparados através de ANOVA com um fator. As análises foram feitas separadamente para cada profundidade. Aplicou-se o teste Tukey a 5% para a comparação das médias dos diferentes locais no plantio de palma de óleo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Densidade aparente do solo

De maneira geral, a densidade do solo variou de 0,90 kg dm⁻³ (Floresta) a 1,46 kg dm⁻³ (Carreador), ficando dentro da faixa de variação relatada por Desjardins et al. (2004) em Latossolos sob floresta primária na Amazônia Oriental - 1,20, 1,36 e 1,37 kg dm⁻³ nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, respectivamente (Figura 3).

Na profundidade de 0-5 cm (Figura 3A), no sistema de palma de óleo a média da densidade do carreador foi maior estatisticamente em relação aos demais locais de coleta. Este resultado está relacionado ao manejo de colheita dos frutos de dendê que é realizado com uso de máquinas, que se deslocam neste local. O solo pode tornar-se compactado principalmente pelo uso de máquinas e implementos agrícolas e pelo pisoteio de animais (Reichert et al., 2007), pois promove-se adensamento do solo pela aplicação de energia mecânica pelos mesmos.

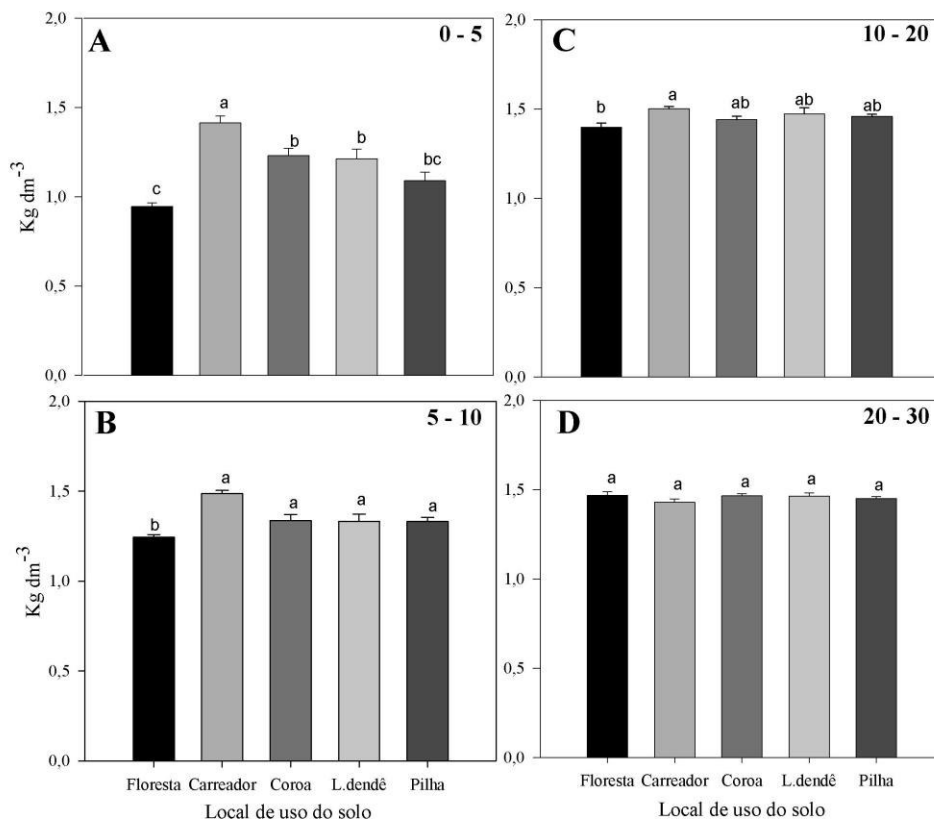


Figura 3. Densidade do solo em floresta secundária e em diferentes locais de coleta (carreador, coroa, linha e pilha) em cultivo de palma de óleo em Tomé-Açu, Pará. Profundidades de coleta 0-5 (3A), 5-10 (3B), 10-20 (3C) e 20-30 cm (3D). Médias seguidas da mesma letra em cada profundidade não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Barras representam erro padrão.

Foi observada menor densidade na floresta secundária em relação ao carreador, coroa e linha do dendê no cultivo de palma de óleo, não diferindo significativamente do valor médio observado na pilha na profundidade de 0-5 cm. Possivelmente esta diferença entre o cultivo de palma de óleo e a floresta secundária está associada ao uso de tratores no manejo do sistema com palma de óleo, pois a compactação do solo pode ocorrer em qualquer localização do sistema agrícola quando a carga aplicada no solo for superior à capacidade de suporte do mesmo (Veiga et al., 2007), pois há uma diminuição no seu volume devido a compressão exercida pelo trator, ocasionando um rearranjo mais denso das partículas do solo (Curi

et al., 1993). A deposição de resíduos sobre a superfície do solo reduz o efeito negativo do tráfego de máquinas, pois absorve parte da pressão exercida na superfície (Braidá et al., 2006), provavelmente o que pode explicar os resultados obtidos na pilha.

Nas profundidades de 5-10, 10-20 e 20-30 cm (Figura 3 B, C e D), não houve diferença significativa entre os locais de coleta no cultivo de palma óleo. Na profundidade de 5-10 cm (Figura 3B) todos os locais de coleta apresentaram maior densidade do solo em relação à floresta secundária, enquanto que na profundidade de 10-20 cm houve diferença somente entre a densidade do carreador e o da floresta. O maior valor de densidade do solo nas primeiras camadas do carreador demonstra que este local é altamente afetado pelas operações de máquinas pesadas e trânsito de pessoas no manejo da cultura e colheita.

Diferenças significativas de densidade do solo no sistema com palma de óleo em relação à floresta (Figura 3) demonstram que há ligeira alteração estrutural do solo, ou seja, compactação causada possivelmente pelo desmatamento (corte raso da floresta), mecanização no preparo de área e operações nos tratamentos culturais. Hamza e Anderson (2005) afirmam que o uso do solo com práticas agrícolas, cultivo intensivo, sistema de manejo inadequado, com movimento de máquinas, implementos agrícolas, pessoas e animais, promovem uma modificação na estrutura do solo em relação à condição original.

3.2 Concentração e Estoque do Carbono no solo

De modo geral, nos diferentes locais no interior da cultura de palma óleo, nas profundidades até 10 cm, não houve diferenças nos estoques de C no solo (Tabela 2). Nas profundidades superiores a 10 cm, observou-se maior estoque na coroa em relação aos demais locais, não diferindo estatisticamente da floresta secundária. O maior estoque de C na coroa pode estar relacionado à maior presença de raízes fasciculadas que já entraram em estado de decomposição neste local. De acordo com Rasse et al. (2005) o aumento dos estoques de C no solo na cultura da palma de óleo está diretamente relacionado com o crescimento das raízes e Kumar et al. (2006) afirmam que a quebra de raízes e a exsudação radicular contribuem para elevar o estoque de carbono em subsuperfície.



Tabela 2. Estoque de carbono nas diferentes profundidades e locais de coleta em cultivo de palma de óleo e floresta, Pará, Amazônia Oriental, Brasil.

| Profundidade do solo (cm) | Estoque de C (Mg ha ⁻¹) por Local | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|---------|-------|---------|-----------|---------|----------|---------|--|--|
| | Coroa | | Pilha | | Carreador | | Floresta | | | |
| 0-5 | 8,1 | ±0,34 b | 8,6 | ±0,80 b | 7,9 | ±0,25 b | 11,2 | ±1,08 a | | |
| 5-10 | 10,0 | ±0,18 a | 8,6 | ±0,72 a | 9,2 | ±0,41 a | 10,1 | ±0,62 a | | |
| 10-20 | 16,9 | ±0,66 a | 11,8 | ±0,25 b | 13,4 | ±0,45 b | 17,6 | ±1,00 a | | |
| 20-30 | 16,8 | ±0,05 a | 10,7 | ±0,25 c | 11,6 | ±0,38 c | 14,5 | ±0,55 b | | |
| 0-30 | 51,9 | ±0,94 a | 39,7 | ±1,81 b | 42,1 | ±1,32 b | 53,4 | ±2,49 a | | |

Os valores representam à média (n=5), números após ± são erro padrão da média. Médias seguidas de mesma letra não diferiram significativamente entre os locais de coleta em cada profundidade pelo teste de Tukey (P<0,05).

Quando avaliamos o estoque de carbono na camada de 0-30 cm observamos que há maior estoque de carbono no local coroa no cultivo de palma de óleo e na floresta secundária em relação aos demais locais avaliados, provavelmente devido a entrada de matéria orgânica derivada de raízes e impactos da compactação do solo observada em locais mais distantes da planta onde passa o trator (Frazão et al., 2012). Devido a palma de óleo possuir raízes fasciculadas, o uso de máquinas durante o manejo pode contribuir para a gradual deterioração das condições físicas do solo, que restringem o crescimento das raízes (Yahia et al., 2010), uma importante fonte de carbono no solo.

CONCLUSÃO

1. Observou-se adensamento no cultivo da palma de óleo, em relação à área de referência, porém a densidade do solo ainda não é um fator limitante para o crescimento radicular.
2. A conversão de floresta para cultivo de palma de óleo resulta em perda de carbono estocado no solo.

REFERÊNCIAS

BRAIDA, J. A.; REICHERT, J.; VEIGA, M.; REINERT, D. J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio de Proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.605-614, 2006.

CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KÄMPF, N.; MONIZ, A. C.; FONTES, L. E. F. **Vocabulário da ciência do solo**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 90p

DESJARDINS, T.; BARROS, E.; SARRAZIN, M.; GIRARDIN, C.; MARIOTTI, A. Effects of forest conversion to pasture on soil carbon content and dynamics in Brazilian Amazonia. **Agriculture Ecosystems Environment**, v.103, p.365-373, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ed. Rio de Janeiro, 1997, 212 p.

FERNANDES, F. A.; FERNANDES, A. H. B. M. **Cálculo dos estoques de carbono do solo sob diferentes condições de manejo**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2009. 4 p. (Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico, 69). Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/download.php?arq_pdf=COT69>. Acesso em: 04 out. 2014.

FRAZÃO, L. A.; PAUSTIAN, K.; CERRI, C. E.; CERRI, C. C. Soil carbon stocks and changes after oil palm introduction in the Brazilian Amazon. **GCB Bioenergy**, 2012, doi:10.1111/j.1757-1707.2012.01196.x

HAMZA, M. A.; ANDERSON, W. K. Soil compaction in cropping systems: a review of the nature, causes and possible solutions. **Soil Tillage and Research**, v.82, p.121-145, 2005.

KUMAR,S.; STOHLGREN, T. J.; CHONG, G. W.. Spatial heterogeneity influences native and non native plant species richness. **Ecology**, v.87, p.3186-3199, 2006.

LAW, M. C.; BALASUNDRAM, S. K.; HUSNI, M. H. A.; AHMED, O. H.; HARUN, M. H. Spatial variability of soil organic carbon in oil palm. **International Journal of Soil Sciences**. V. 4, p. 93–103, 2009.

RASSE, D. P.; RUMPEL, C.; DIGNAC, M. F. Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilization. **Plant and Soil**, v.269, p.341-346, 2005.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. **Tópicos Ciência Solo**, v. 5, p. 49-134, 2007.

SANTIAGO, W. R.; VASCONCELOS, S. S.; KATO, O. R.; BISPO, C. J. C.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; CASTELLANI, D. C. Nitrogênio mineral e microbiano do solo em sistemas agroflorestais com palma de óleo na Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**, v. 43, p. 395-405, 2013.

SISTI, C. P. J.; SANTOS, H. P.; KOHHAN, R.; ALBES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODEY, R. M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v.76, p.39-58, 2004.

VEIGA, M.; HORN, R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Soil compressibility and penetrability of an Oxisol from southern Brazil, as affected by long-term tillage systems. **Soil Tillage Research**, v. 92, p. 104- 113, 2007.

VELDKAMP, E. Organic Carbon Turnover in Three Tropical Soils under Pasture after Deforestation. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, p.175-180, 1994.

YAHYA, Z.; HUSIN, A.; TALIB, J.; OTHMAN, J.; AHMED, O. H.; JALLOH, M. B. Oil palm (*Elaeis guineensis*) roots response to mechanization in Bernam Series Soil. **American Journal of Applied Sciences**, v. 7, p. 343–348, 2010.