



Alterações nos teores de carbono e nitrogênio em áreas decorrentes da mudança do uso da terra no Centro-Sul brasileiro⁽¹⁾

Amanda Rocha Fiallos⁽²⁾; Andressa Gonçalves Cerqueira⁽²⁾; Amanda Corrêa Capellari⁽³⁾; Thalita Pereira Lavorenti⁽³⁾; Dener Márcio da Silva Oliveira⁽⁴⁾; Carlos Eduardo Pellegrino Cerri⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (Processo FAPESP n° 2014/08632-9)

⁽²⁾ Estudante de graduação; Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"; Piracicaba, São Paulo; amanda.fiallos@usp.br; ⁽³⁾ Estudante de graduação; Escola de Engenharia de Piracicaba; ⁽⁴⁾ Estudante de doutorado; Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"; ⁽⁵⁾ professor associado; Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

RESUMO: A expansão da cana-de-açúcar para áreas de pastagem gera questionamentos acerca da sustentabilidade ambiental do etanol. A mudança do uso da terra vegetação nativa-pastagem-cana-de-açúcar pode acarretar em impactos negativos sobre o solo. Nesse aspecto, a matéria orgânica do solo (MOS) apresenta-se como um sensível indicador dessas mudanças. Dessa forma, o trabalho teve como objetivo avaliar os impactos da mudança do uso da terra nos teores de C e N. As amostragens foram conduzidas em cronosequência de vegetação nativa – pastagem – cana-de-açúcar, em três localidades: Jataí- GO (LAT_17S), Valparaíso – SP (LAT_21S) e Ipaussu – SP (LAT_23S). Nesses locais, o solo foi amostrado em nove pontos para cada uso, na profundidade de 0-0,1 m. Os teores de C e N foram determinados via combustão seca. Decréscimos nos teores de C e N na conversão de áreas de vegetação nativa para os outros usos foram encontrados em todas as regiões avaliadas. Entretanto não houve diferenças significativas entre as mudanças pastagem e cana-de-açúcar.

Termos de indexação: Matéria Orgânica do solo, sustentabilidade do solo, qualidade da matéria orgânica.

INTRODUÇÃO

Desde a década de 1970 os biocombustíveis são estudados como alternativa para o uso do petróleo devido à preocupação com a poluição ambiental e a emissão de gases de efeito estufa (GEE) para a atmosfera. Nesse contexto, a demanda por culturas agrícolas energéticas é acentuada, com destaque para a cana-de-açúcar. Atualmente, 50% do volume produzido de cana-de-açúcar no país é destinado ao processamento para geração de biocombustível (ÚNICA 2015).

Com a implantação de culturas agrícolas energéticas há uma crescente preocupação com a conservação e sustentabilidade do meio. Dentre os potenciais impactos associados à implantação de

culturas agrícolas energéticas, pode-se evidenciar a mudança do uso da terra (MUT). Atualmente no Brasil, estudos baseados em imagens de satélite mostram que, entre 2000 e 2010, a expansão da cana-de-açúcar no sul do Brasil Central ocorreu principalmente sobre pastagens (73,04%) e vegetação nativa (0,5%) (ADAMI et al., 2012).

Esta mudança causa impactos diretos na matéria orgânica do solo (MOS). A MOS pode ser definida como um complexo conjunto de materiais orgânicos com diferentes composições, disponibilidade aos microrganismos e função no ambiente (CARTER, 2001). Alterações na MOS podem ser medidas por meio de mudanças no teor total de C e N no solo, em suas frações químicas, físicas ou em combinações dessas (BLAIR et al., 1997).

O objetivo deste estudo foi desenvolver uma avaliação comparativa das alterações nos teores de C e N no solo decorrentes da conversão de vegetação nativa para – pastagem e posteriormente para cana-de-açúcar, uma das transições mais comuns da MUT no Centro Sul do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em três cronosequências de mudança de uso da terra, em que houve a conversão vegetação nativa – pastagem – cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil. As áreas se localizam nos municípios de Jataí - GO (LAT_17S), Valparaíso - SP (LAT_21S) e Ipaussu - SP (LAT_23S) (Tabela 1). Cada uso da terra foi amostrado em nove pontos na profundidade de 0-0,1 m. As amostras foram secas ao ar e passadas em peneiras de 2 mm (TFSA).

Alíquotas de 10 g de TFSA foram tamisadas em peneira de 100 mesh e os teores de carbono total (CT) e nitrogênio total (NT) nessas amostras foram determinados via combustão seca utilizando-se o analisador elementar e espectrômetro de massas do Laboratório de Ecologia Isotópica do CENA/USP.

Os dados foram analisados como em um delineamento inteiramente casualizado e cada uso

da terra foi considerado um tratamento. As médias foram comparadas por meio do teste de Tukey ($p < 0,05$) utilizando-se o pacote estatístico SAS.

Tabela 1 - Descrição do histórico de uso e principais práticas de manejo aplicadas nas áreas em estudo.

Local ¹	Uso	Descrição
LAT_17S Clima Awa Latossolo Vermelho Argilo-arenoso	Vegetação Nativa	Fitofisionomia classificada como formação florestal "Cerradão", bioma Cerrado, caracterizada por espécies escleromórficas e xeromórficas.
	Pastagem	A mudança de uso da terra de vegetação nativa para pastagem ocorreu no início da década de 1980. A pastagem é composta por gramíneas do gênero <i>Brachiaria</i> , com taxa de lotação de 1,5 UA ha ⁻¹ . A
	Cana-de-açúcar	A mudança de uso da terra de pastagem para cana-de-açúcar ocorreu em 2009. O solo é preparado com uso de subsolador, grade e arado. A área recebe fertilizantes com doses comumente recomendadas para a cultura. A cana-de-açúcar é colhida mecanicamente e a queima nunca foi realizada desde a implantação.
LAT_21S Clima Aw Argissolo Vermelho-amarelo Franco-arenoso	Vegetação Nativa	A vegetação local enquadra-se na fitofisionomia floresta sazonal semidecidual, bioma Floresta Atlântica, Trata-se de uma área de transição (Floresta Atlântica/Cerrado).
	Pastagem	A mudança de uso da terra de vegetação nativa para pastagem ocorreu no início da década de 1980. A pastagem é composta por gramíneas do gênero <i>Brachiaria</i> , com taxa de lotação de 2,0 UA ha ⁻¹ .
	Cana-de-açúcar	A mudança de uso da terra de pastagem para cana-de-açúcar ocorreu em 2010. O solo é preparado com uso de subsolador, grade e arado. A área recebe fertilizantes com doses comumente recomendadas para a cultura. A cana-de-açúcar é colhida mecanicamente e a queima nunca foi realizada desde a implantação.
LAT_23S Clima Cwa Nitossolo Vermelho Argiloso	Vegetação Nativa	A vegetação local enquadra-se na fitofisionomia floresta sazonal semidecidual, bioma Floresta Atlântica, Trata-se de uma área de transição (Floresta Atlântica/Cerrado).
	Pastagem	A mudança de uso da terra de vegetação nativa para pastagem ocorreu no início da década de 1979. A pastagem é composta por gramíneas do gênero <i>Cynodon</i> , com taxa de lotação de 1,0 UA ha ⁻¹ .
	Cana-de-açúcar	A mudança de uso da terra de pastagem para cana-de-açúcar ocorreu em 1990. O solo é preparado com uso de subsolador, grade e arado. A área recebe fertilizantes com doses comumente recomendadas para a cultura. A cana-de-açúcar é colhida mecanicamente desde 2003 e a queima foi interrompida a partir desse mesmo ano. Desde 2013, 50 % da palha é removida do solo para produção de energia.

¹: Classificação climática segundo Köppen. Classificação de solos segundo Embrapa, 2013.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises realizadas evidenciaram mudanças substanciais nos teores de C e N devido a mudança do uso da terra de áreas em processo de expansão da cana-de-açúcar no Centro Sul do Brasil (Figuras 1 e 2). As tendências foram muito semelhantes em localidades LAT_17S e LAT_21S. Nessas áreas ocorreu redução dos teores tanto de C quanto de N quando se retirou a vegetação nativa. Além disso, não houve mudanças significativas na conversão pastagem e cana-de-açúcar, indicando impactos semelhantes em ambos os sistemas em vista os teores de C e N.

Os maiores teores de C observados para a vegetação nativa na camada superficial quando comparados às áreas de pastagem e cana-de-açúcar corroboraram os resultados observados por SOUZA et al. (2012). A mudança do uso da terra acarreta significativas perdas de C do solo, que são explicadas pelo aumento na taxa de mineralização, o que pode ter significativo impacto nos níveis de MOS (KASCHUK et al., 2011). Vários estudos mostram que a substituição de ecossistemas naturais por culturas agrícolas ou pastagens diminuem C nos solos tropicais (ASSAD et al, 2013).

No Brasil, esta perda de C devido a MUT em vista a expansão agrícola através da derrubada de florestas leva a uma liberação líquida de 121 Gt de C para a atmosfera (1 Gt = 10⁹ t), acarretando em aumentos dos gases de efeito estufa (GEE).

Pesquisas indicam que as MUT contribua com 14% das emissões antrópicas desses gases, principalmente do dióxido de carbono (CO₂) (Ministério da Ciência e Tecnologia, 2004).

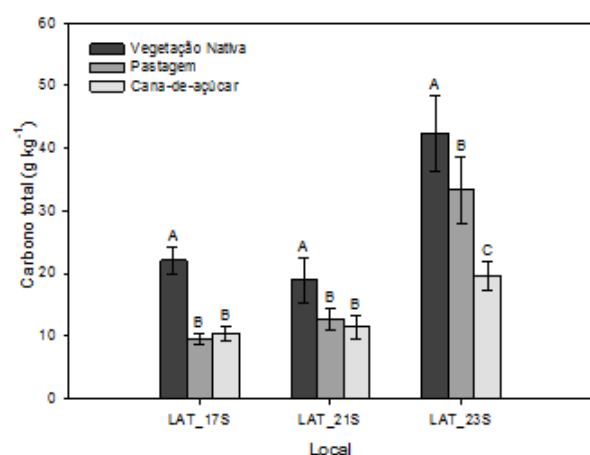


Figura 1 – Carbono total (g kg⁻¹) na camada de 0-0,1 m de solos sob diferentes usos da terra no Centro-Sul do Brasil. Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). As barras representam o desvio-padrão da média.



As mudanças do uso da terra em biomassa e MOS são as principais incertezas em culturas energéticas em avaliações do ciclo de vida de produtos agrícolas tropicais. O C armazenado no solo desempenha um papel fundamental na dinâmica dos GEE (COTRUF0 et al., 2011). Assim, as mudanças nos estoques de C (CT) e N (NT) no solo podem gerar controvérsias sobre a sustentabilidade ambiental dos biocombustíveis (BERNDES et al, 2013).

Dependendo do potencial de redução de GEE de cada biocombustível com relação ao combustível de origem fóssil, a conversão de sistemas nativos em produção de bioenergia poderia resultar em centenas de anos até que a emissão oriunda da mudança de uso da terra (MUT) pudesse ser compensada (FARGIONE et al., 2008; LANGE, 2011).

O presente trabalho demonstra que os teores de N devido a MUT para as áreas cultivadas com pastagem e cana-de-açúcar foram inferiores aos observados para vegetação nativa. O N é um dos elementos mais limitantes da produtividade vegetal, devido à baixa disponibilidade de N e à grande necessidade deste elemento por parte dos vegetais. Isto explica porque 95% ou mais do nitrogênio contido no solo apresenta-se na forma orgânica, sendo uma pequena parte mineralizada. Desta forma, este composto está muito mais susceptível à mineralização, quando comparado ao carbono. Semelhantes aos teores de C, a conversão de ecossistemas naturais para terra agrícola diminui a quantidade de N (MURTY et al., 2002).

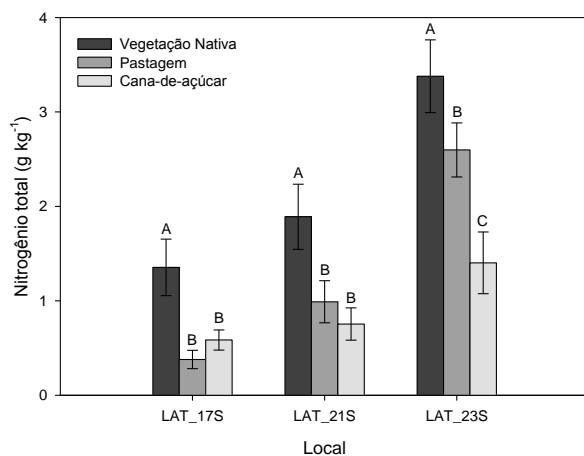


Figura 2 - Nitrogênio total (g kg⁻¹) na camada de 0-0,1 m de solos sob diferentes usos da terra no Centro-Sul do Brasil. Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey (p<0,05). As barras representam o desvio-padrão da média.

Entretanto na LAT_23S houve maior discrepância em relação as diferenças encontradas entre os teores de C e N nas áreas de vegetação nativa, pastagem e cana-de-açúcar (Figura 2). Nesta latitude, os baixos valores de CT e NT na cana-de-açúcar, sendo 20g kg⁻¹ e 1,4g kg⁻¹ (Figuras 1 e 2 respectivamente) na camada 0-0,1 m de profundidade podem ser associados aos 12 anos de queima (Tabela 1). Segundo Cerri et al. (2011) o baixo teor de C no solo em áreas com cana-de-açúcar associa-se à queima na pré-colheita, entre outros aspectos. Estudos têm demonstrado que a adoção do manejo verde (colheita sem queima), estão associados ao aumento do C no solo, com taxas de 1,5 Mg C ha⁻¹ y⁻¹ (CERRI et al. 2011). Assim, é possível que a introdução da cana-de-açúcar em áreas de pastagem utilizadas de forma ineficiente torne-se ainda mais positiva a poupança de carbono associadas com o etanol de cana brasileiro, por aumentos em C e N.

Analisando a Figura 3, que expressa a relação C:N nas diferentes MUT, pode-se observar que na área LAT_17S, houve aumento desta relação em vista a área de pastagem, enquanto, na LAT_21S, houve aumento da relação C:N para pastagem e cana-de-açúcar em comparação a vegetação nativa. Na LAT_23S, não houve diferença significativa entre a área nativa e as áreas de pastagem e cana-de-açúcar.

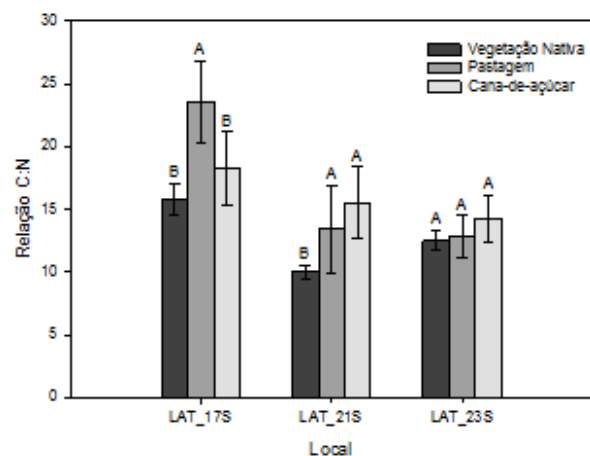


Figura 3 – Relação carbono:nitrogênio na camada de 0-0,1 m de solos sob diferentes usos da terra no Centro-Sul do Brasil. Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey (p<0,05). As barras representam o desvio-padrão da média.

CONCLUSÕES

A conversão de áreas de vegetação nativa determinou decréscimos nos teores de C e N em todos os locais avaliados.



Em contrapartida conversão pastagem para cana-de-açúcar não ocasionou alterações nos teores de C e N nas áreas sem queima (LAT_17 e LAT_21).

A conversão da vegetação nativa para as áreas cultivadas ocasionou o aumento da relação C:N, exceto na LAT_23S, onde não houve variação significativa entre os cultivos.

REFERÊNCIAS

ADAMI, M., RUDORFF, B. F. T., FREITAS, R. M., AGUIAR, D. A., SUGAWARA, L. M., & MELLO, M. P. (2012). Remote sensing time series to evaluate direct land use change of recent expanded sugarcane crop in Brazil. *Sustainability*, 4(4), 574-585, 2012.

ASSAD, E. D., PINTO, H. S., MARTINS, S. C., GROppo, J. D., SALGADO, P. R., EVANGELISTA, B., ... & Martinelli, L. A. (2013). Changes in soil carbon stocks in Brazil due to land use: paired site comparisons and a regional pasture soil survey. *Biogeosciences*, 10(10), 6141-6160

BERNDES, G., AHLGREN, S., BORJESSON, P., & COWIE, A. L. (2013). Bioenergy and land use change state of the art. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, 2(3), 282-303.

BLAIR, G.J.; LEFROY, R.D.B.; SINGH, B.P. & TILL, A.R. Development and use of a carbon management index to monitor changes in soil C pool size and turnover rate. In: CADISCH, G. & GILLER, K.E., eds. *Driven by nature: Plant litter quality and decomposition*. London, CAB International, 1997. p.273-281.

CARTER, M.R. Organic matter and sustainability. In: REES, R.M.; BALL, B.C.; CAMPBELL, C.D. & WATSON, C.A., eds. *Sustainable management of soil organic matter*. New York, CABI Publishing, 2001. p.9-22.

CERRI, C.C.; CERRI, C.E.P.; DAVIDSON, E.A.; BERNOUX, M.; FELLER, C. A ciência do solo e o seqüestro de carbono. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, n.3, p. 29-34, 2004.

CERRI, C.C.; GALDOS, M.V.; MAIA, S.M.F.; BERNOUX, M.; FEIGL, B.J.; POWLSON, D.; Cerri, C.E.P. 2011. Effect of sugarcane harvesting systems on soil carbon stocks in Brazil: an examination of existing data. *European Journal of Soil Science* 62: 23-28.

COTRUFO, M.F.; CONANT, R.T.; PAUSTIAN, K. Soil organic matter dynamics: land use, management and global change. *Plant and Soil*, 338: 1-3, 2011.

FARGIONE, J.; HILL, J.; TILMAN, D.; POLASKY, S.; HAWTHORNE, P. Land clearing and the biofuel carbon debt. *Science*, Washington, Dc, v.319, p. 1235-1238, 2008.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Quantifying effects of different agricultural land uses on

soil microbial biomass and activity in Brazilian biomes: inferences to improve soil quality. *Plant and Soil*, The Hague, v. 338, p. 467-481, 2011.

LANGE, M. The GHG balance of biofuels taking into account land use change. *Energy Policy*, Guildford, v.39, p.2373-2385, 2011.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. Brasília, 74p, 2004.

MURTY, D., KIRSCHBAUM, M.U.F., McMURTRIE, R.E., McGILVRAY, A., 2002. Does conversion of forest to agricultural land change soil carbon and nitrogen? A review of the literature. *Glob. Chang. Biol.* 8, 105-123.

SOUZA, R.A.; TELLES, T.S.; MACHADO, W.; HUNGRIA, M.; TAVARES FILHO, J.; GUIMARAES, M.F. Effects of sugarcane harvesting with burning on the chemical and microbiological properties of the soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v. 155, p. 1-6, 2012.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR, 2012. Área Plantada com cana-de-açúcar, 2012 - 2012. Disponível em: Acesso em: 05 maio 2015.