

Efecto de enmiendas agrícolas en las reservas de carbono y nitrógeno en Oxisoles de la Amazonía del Brasil

Effect of agricultural correctives in the stocks of carbon and nitrogen of Oxisol in the Brazilian amazon

José Augusto Amorim Silva do Sacramento^{1*}, Paulo Henrique da Silva Gomes², Carlos Alberto Costa Veloso³, Arystides Resende Silva³, Edilândia Farias Dantas⁴, Juan Daniel Villacis Fajardo⁵

1. Instituto de Biodiversidade e Florestas, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Pará, Brasil. 2. Secretaria de Agricultura de Óbidos, Prefeitura de Óbidos, Pará, Brasil. 3. Centro de Pesquisa Agropecuário do Trópico Úmido, Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará, Brasil. 4. Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil. 5. Universidade Estadual do Amapá, Macapá, Amapá, Brasil. *Autor para correspondencia: jassacramento@yahoo.com.br

Rec: 2019-03-19 Acep: 2020-03-17

Resumen

En un Oxisol Distrófico de textura arcillosa del campo experimental de la Empresa Brasileña de Producción Agropecuaria (Embrapa) en la ciudad de Belterra, estado de Pará (Brasil) se evaluó el efecto de los correctivos agrícolas (cal dolomita y yeso) en las reservas de carbono y nitrógeno en el suelo. Las muestras de suelo fueron tomadas en pequeñas calicatas de 0.60 x 0.60 x 0.60 en tres repeticiones y un diseño en bloques al azar con cinco tratamientos (cal/yeso -kg/ha) en sistemas agrícolas durante 5 años en rotación de maíz/soya bajo siembra directa (SSD). Los tratamientos (T), cal (GO)/yeso (GO), fueron: T1 (C0G0) = sin cal/sin yeso, T2 (C1G1) = 1000/500, T3 (C4G2) = 4000/1000, T4 (C4G2) = (4000/1000), más un testigo en bosque nativo (BNA) sin enmiendas. Las muestras fueron tomadas de 0 – 5; 5 – 10; 10 – 20; 20 – 40 e 40 – 60 cm de profundidad en el suelo. Los resultados mostraron que la aplicación de yeso más cal en sistema de siembra directa de cultivos comerciales maíz/soya aumenta la disponibilidad de nutrientes en las capas superiores del suelo hasta 20 cm de profundidad. Los mejores resultados en el perfil del suelo se obtuvieron con el tratamiento C4G2.

Palabras clave: Siembra directa, bosque nativo, atributos físicos y químicos.

Abstract

In a clay-colored dystrophic Oxisol from the experimental field of the Brazilian Agricultural Production Company (EMBRAPA) in the city of Belterra, State of Pará, the effect of the agricultural corrective measures (cal dolomita and gypsum) on the carbon and nitrogen reserves was evaluated. ground. The soil samples were taken in small pits of 0.60 x 0.60 x 0.60 in three replications and a random block design with three replications and five treatments (lime / gypsum -kg / ha) in agricultural systems under direct seeding (SSD): Treatment 1 (C0G0) = no lime / no gypsum, Treatment 2 (C1G1) = 1000/500, Treatment 3 (C4G2) = 4000/1000, Treatment 4 (C4G2) = (4000/1000) plus a witness in forest Native (BNA) without amendments. The soil samples were taken every 10 cm up to 60 cm deep. The results showed that the application of gypsum and lime in the direct seeding system of commercial crops increases the availability of nutrients in the upper layers of the soil up to 20 cm deep. The best results in the soil profile were obtained with the C4G2 treatment.

Key words: No tillage, native forest, physical and chemical characteristics.

Introducción

En la Amazonía de Brasil es común la práctica de tumba y quema de la vegetación para el establecimiento de cultivos (Rego y Kato, 2017). En este sistema convencional la ruptura de los agregados del suelo favorece el contacto directo de la biomasa microbiana con el material orgánico, acelerando la tasa de descomposición de los constituyentes orgánicos, lo que favorece la emisión de CO₂ a la atmósfera. Por otra parte, el sistema de siembra directa (SSD) favorece el drenaje y la reducción de emisiones CO₂ a la atmósfera debido a la mayor producción y acumulación de biomasa vegetal y el control de los procesos erosivos (Guimarães, 2015).

La aplicación de cal dolomita como correctivo es una práctica común para reducir los niveles tóxicos de Al³⁺ y Mn²⁺ en el suelo. El yeso agrícola (CaSO₄·2H₂O) se aplica como complemento al encalado, resultando Al(SO₄) (Sumner, 1995) un compuesto no fitotóxico que favorece el desarrollo radicular, lo que eleva los niveles de carbono y nitrógeno del suelo (Costa, 2015). La aplicación conjunta de estas enmiendas es frecuente en Brasil para favorecer la sostenibilidad de los cultivos y la conservación de los ecosistemas, debido a la reducción del lavado de residuos agrotóxicos (Casão Jr. et al., 2012).

Este trabajo tuvo por objetivo evaluar los efectos de la aplicación de cal agrícola y yeso en sistemas de siembra directa maíz/soya y en bosque nativo sobre los contenidos de carbono y nitrógeno en Oxisoles de la Amazonía de Brasil.

Materiales y métodos

Area de estudio

El experimento se realizó en el Campo Experimental de la Empresa Brasileña de Pesquisa Agropecuaria (Embrapa-Amazonía Oriental), localizado en el municipio de Belterra, Pará, a 2° 63' S y 54° 95' W, a 175.74 m.s.n.m. Desde 2012 en el sitio experimental se utiliza el Sistema de Siembra Directa (SSD) en rotación de los cultivos de maíz/soya. De acuerdo con la clasificación de Köppen el clima en la zona es tropical (Am) con una precipitación, promedio, de 1116 mm entre julio de 2015 y julio de 2016; una temperatura mínima de 22 °C y máxima de 29 °C. La cal dolomita (15% de Mg, PRNT = 90%) fue aplicada en la superficie del suelo e incorporada a 20 cm de profundidad con arado, 60 días antes de la siembra de maíz; y el yeso (15% de S y 26% de Ca) fue aplicado 30 días después del encalado. En la Tabla 1 se incluye el resultado del análisis de suelo entre 0 y 20 cm de profundidad.

Muestreo y análisis del suelo

Las muestras de suelos disturbado y no disturbado fueron recolectadas en el área experimental en sitios cultivados durante 5 años en rotación de maíz/soya en un sistema de siembra directa (SSD). Las muestras fueron tomadas de 0 – 5; 5 – 10; 10 – 20; 20 – 40 e 40 – 60 cm de profundidad en el suelo. Las muestras fueron tomadas en pequeñas calicatas de 0.60 x 0.60 x 0.60 en tres repeticiones y dispuestas en un diseño en bloques al azar con tres repeticiones y cinco tratamientos (T) (cal/yeso -kg/ha): T1 (COG0) = sin cal/sin yeso, T2 (C1G1) = 1000/500, T3 (C4G2) = 4000/1000, T4 (C4G2) = (4000/1000) más un testigo en bosque nativo (BNA) de primera sucesión de las especies Angelim (*Dinia excelsa* Ducke), Faveira-pastelta (*Parkia pendula* Benth.), Paricá (*Parkia multijugaa* Benth.) y Freijó (*Cordia goeldiana* Huber).

Análisis de las características físicas del suelo

La densidad del suelo fue determinada por el método de anillo volumétrico; para la densidad de partículas se siguió la metodología del matraz aforado y la porosidad total fue determinada a través de la relación entre la densidad del suelo y la densidad de partícula, teniendo en cuenta el principio de la determinación del volumen total del suelo ocupado por agua y aire (Embrapa, 2017).

Carbono orgánico y nitrógeno total

La determinación del carbono orgánico total en el suelo (COT) se hizo de acuerdo con el método de Yeomans y Bremner (1988). El nitrógeno total (NT) por destilación de Kjeldahl y determinación según Bremner (1996). El análisis de reservas de carbono y nitrógeno total se calculó a partir de la ecuación 1 propuesta por (Cardoso et al., 2010):

$$EstCOT \text{ y } NT = (C \text{ y } N \times Ds \times e) / 10, \text{ Ec. 1}$$

donde, C y N = niveles de carbono y nitrógeno; Ds = densidad del suelo; e = espesor; 10 = unidad de conversión para mg/ha.

Diseño experimental y análisis de los datos

El diseño experimental fue en bloques al azar, con tres repeticiones, y cinco tratamientos dispuestos en parcelas subdivididas. Los resultados de las características físicas del suelo (Ds, Dp y PT) y los contenidos C y N, fueron sometidos al análisis de varianza (Anova). Las medias fueron comparadas por el test de Tukey al 5% de probabilidad, utilizando el software ASSISTAT Versión 7.7 beta 2011 (Silva y Azevedo, 2016).

Tabla 1. Caracterización química y física del suelo. Municipio de Belterra, Pará, Brasil.

Prof. (cm)	pH (H ₂ O)	P (mg/kg)	Ca	Mg	K	Al	H+Al	T	Sat. (%)	MO	Ar	Limo	Arc.
(Cmol _c /kg)									(g/kg)				
0 – 20	4.9	6.0	1.6	0.8	0.14	0.6	7.2	9.74	26.08	31	39	261	700

pH = potencial hidrogeno (acidez activa), P = fósforo; Ca = calcio, Mg = magnesio; K = potasio; Al = aluminio; H + Al = acidez potencial; T = Acidez total (pH = 7); Sat. = saturación por bases; MO = materia orgánica; Ar = arena total; Arc. = arcilla.
FUENTE: Veloso et al., 2012.

Resultados y discusión

La densidad del suelo (Ds) no varió entre tratamientos. El área testigo de bosque nativo (BNA) presentó los menores valores hasta 20 cm de profundidad en el suelo. Los tratamientos presentaron valores similares de Ds en las profundidades entre 0 y 60 cm. No obstante después de 10 cm de profundidad, la densidad del suelo presentó valores superiores (Tabla 2).

La porosidad total (PT) presentó mayores valores en el área de referencia de bosque nativo (BNA) hasta 20 cm de profundidad debido, posiblemente, a la mayor presencia de materia orgánica, lo que favorece la agregación y formación de la estructura y menores niveles de carbono orgánico en esta profundidad (Tabla 2).

De acuerdo con Kiehl (1979) la distribución de la porosidad total de un suelo ideal para la producción agrícola debe ser de 0.50 dag/m³. En el presente estudio, sólo los resultados de porosidad obtenidos en los tratamientos C2G2 en la profundidad 0.10 – 0.20 m y en el tratamiento C4G2 en las profundidades 0.10 – 0.20 y 0.40 – 0.60 m presentaron valores de porosidad ajustados a la clase de suelo ideal para la producción agrícola.

Los niveles de carbono en la profundidad 0 – 5 cm en el BNA fueron significativos (P < 0.05) cuando se comparan con los demás tratamientos (Tabla 3). De acuerdo con Malavolta (1989) los niveles de carbono encontrados en el BNA en la profundidad de 0 – 5 cm pueden ser considerados altos, seguidos de valores medios para los demás tratamientos en la profundidad entre 0 y 20 cm y niveles bajos en profundidades entre 20 y 60 cm para todos los tratamientos.

Para Guimarães et al. (2015) las reservas de carbono orgánico total (COT) se relacionan con las características físicas y biológicas del suelo, por su estrecha relación con la estructura y la estabilidad de agregados del suelo, y por su importancia como fuente de energía para los

Tabla 2. Características físicas del suelo (densidad del suelo - Ds, densidad de partícula - Dp y porosidad total - PT) en áreas con diferentes niveles** de cal C y yeso G. Región Amazónica de Brasil

Profundidad del suelo (cm)	Ds	Dp	PT
	(Mg/m ³)		(%)
C0G0			
0 – 5	1.16	2.4	51
5 – 10	1.24	2.5	49
10 – 20	1.29	2.5	48
20 – 40	1.25	2.4	47
40 – 60	1.30	2.6	49
C1G1			
0 – 5	1.10	2.4	54
5 – 10	1.19	2.5	52
10 – 20	1.22	2.6	52
20 – 40	1.32	2.4	49
40 – 60	1.25	2.6	51
C2G2			
0 – 5	1.16	2.5	53
5 – 10	1.15	2.5	53
10 – 20	1.18	2.5	50
20 – 40	1.25	2.4	48
40 – 60	1.24	2.6	52
C4G2			
0 – 5	1.15	2.5	53
5 – 10	1.16	2.4	52
10 – 20	1.21	2.5	50
20 – 40	1.21	2.5	52
40 – 60	1.25	2.5	50
BNA			
0 – 5	0.94	2.4	60
5 – 10	1.06	2.3	54
10 – 20	1.07	2.5	56
20 – 40	1.13	2.5	54
40 – 60	1.21	2.5	52

No se aplicó la prueba de comparación de promedios porque la prueba de 'F' de interacción no fue significativa.

** (cal/yeso -kg/ha) C0G0 = control; C1G1 (1000/500); C2G2 (2000/1000); C4G2 (4000/1000); BNA = bosque nativo.

Tabla 3. Reservas de COT en áreas con diferentes niveles** de cal C y yeso G. Región Amazónica de Brasil.

Profundidad del suelo (cm)	COG0	C1G1	C2G2	C4G2	BNA
Reservas de COT (g/kg⁻¹)					
0 - 5	24.3bA*	20.9bA	25.1bA	22.9bA	33.6aA
5 - 10	22.2aA	19.9aA	22.7aA	21.8aA	22.3aB
10 - 20	21.6aA	17.7aA	19.9aA	23.4aA	21.5aB
20 - 40	14.4aB	10.7aB	12.2aB	14.2aB	14.4aC
40 - 60	9.2aC	8.1aB	8.7aB	10.8aB	8.5aD

*Medias seguidas por letras iguales minúscula en columna y mayúscula en fila no difieren estadísticamente entre sí ($P > 0.05$).

** (cal/yeso -kg/ha) COG0 = control; C1G1 (1000/500); C2G2 (2000/1000); C4G2 (4000/1000); BNA = bosque nativo.

microorganismos. Los resultados en el presente estudio están relacionados con la alta producción de materia orgánica del bosque nativo (BNA), la producción de biomasa del sistema de siembra directa y el efecto de la agregación de cationes Ca^{2+} contenidos en la cal y yeso y disponible a través del perfil del suelo.

El incremento de C está relacionado con las fracciones de la materia orgánica, principalmente la fragmentada, que igualmente se relaciona con el material recientemente agregado al suelo (Rossi et al., 2012). De acuerdo con Matías et al. (2012), la tasa de estratificación de carbono orgánico, que compara la reserva de éste en la capa superficial del suelo con la de las capas inferiores, es esencial en el control de la erosión, la infiltración de agua y en la conservación de nutrientes.

Hasta 60 cm de profundidad en los suelos no se encontraron diferencias ($P > 0.05$) en el COT. No obstante hasta esta profundidad los mayores contenidos ocurrieron en los tratamientos C4G2 (116.6 mg/ha) y COG0 (116.3 mg/ha) (Tabla 4). De acuerdo con Álvarez et al. (1999), con excepción de algunos tratamientos, en los demás se presentaron reservas de COT (entre 23.6 y 35.7 mg/ha) consideradas aceptables. En este caso, los tratamientos de encalado y aplicación de yeso asociados al sistema de siembra directa contribuyeron con estos resultados.

De acuerdo con Embrapa (2015) el proceso más eficiente para aumentar las reservas de carbono en el suelo es aquél que incorpora fuentes de nitrógeno (N) en el sistema, un elemento necesario para la eficiencia de los microorganismos y las plantas.

Para aumentar las reservas de carbono en el suelo es necesario un balance positivo del nitrógeno. En la región del estudio, en sistemas

de siembra directa se estima que para almacenar una 1 t de carbono en el suelo se necesitan aproximadamente 80 kg de nitrógeno. Con excepción de los tratamientos COG0, C1G1 y C2G4 en profundidades entre 40 y 60 cm, que presentaron niveles bajos de N (< 0.8 g/kg), los demás tratamientos presentaron niveles entre medio y alto (Tabla 5).

El nitrógeno total (NT), un parámetro importante en la producción agrícola, principalmente en la evaluación de los servicios ecosistémicos, presentó diferencias entre tratamientos ($P < 0.05$) (Tabla 6).

Estos resultados son debidos a los niveles y reservas de COT residuales del bosque recién convertido para sistemas de producción agrícola, a los residuos de vegetación en el sistema de siembra directa (SSD) y a la alta relación C/N por los cultivos utilizados en la rotación.

Las mayores reservas de COT y NT se concentraron entre 20 y 40 cm de profundidad en el suelo. De acuerdo con Gubiani (2015) el suelo bajo SSD presentó mayores reservas de C y N acumulado en el perfil del suelo, debido a la tasa de incorporación de residuos vegetales sobre la superficie y a las características físico-químicas del suelo, en particular la cantidad y el tipo de coloides inorgánicos.

Considerando que el área objeto de este estudio fue convertida recientemente de bosque nativo a área de cultivo con aplicaciones de cal y yeso bajo sistema de siembra directa, se puede inferir que las existencias de COT y NT permanecen prácticamente inalteradas y que, aun así, fue posible identificar el tratamiento C2G2 como principal incorporador de carbono y nitrógeno en el suelo.

Tabla 4. Reservas de carbono orgánico total (COT) del suelo en áreas con diferentes niveles** de cal C y yeso G. Región Amazónica de Brasil.

Profundidad del suelo (cm)	C0G0	C1G1	C2G2	C4G2	BNA
Reservas de COT (Mg/ha⁻¹)					
0 – 5	14.5	11.5	15.0	13.3	15.7
5 – 10	13.9	11.9	12.8	12.7	12.1
10 – 20	28.1	21.3	23.9	24.1	23.6
20 – 40	35.7	28.2	30.0	34.8	33.8
40 – 60	23.8	20.1	21.5	27.6	20.9
	116.3	93.0	103.3	116.6	106.2

No se aplicó la prueba de comparación de promedios porque la prueba de 'F' de interacción no fue significativa.

** (cal/yeso -kg/ha) C0G0 = control; C1G1 (1000/500); C2G2 (2000/1000); C4G2 (4000/1000); BNA = bosque nativo.

Tabla 5. Reservas de N del suelo en áreas con diferentes niveles** de cal C y yeso G. Región Amazónica de Brasil.

Profundidad del suelo (cm)	C0G0	C1G1	C2G2	C4G2	BNA
Reservas de NT (g/kg⁻¹)					
0 – 5	1.7	1.5	1.8	1.7	2.3
5 – 10	1.6	1.4	1.5	1.7	1.7
10 – 20	1.5	1.4	1.5	1.5	1.6
20 – 40	1.3	0.9	0.9	1.1	1.3
40 – 60	0.7	0.6	0.8	0.7	0.8

No se aplicó la prueba de comparación de promedios porque la prueba de 'F' de interacción no fue significativa.

** (cal/yeso -kg/ha) C0G0 = control; C1G1 (1000/500); C2G2 (2000/1000); C4G2 (4000/1000); BNA = bosque nativo.

Tabla 6. Reservas de N en el suelo en áreas con diferentes niveles** de cal C y yeso G. Región Amazónica de Brasil.

Profundidad del suelo (cm)	C0G0	C1G1	C2G2	C4G2	BNA
Reservas de NT (Mg ha⁻¹)					
0 – 5	1.0 aC*	0.8 aC	1.1 aCD	1.0 aC	1.1aCD
5 – 10	1.0 aC	0.8 aC	0.8 aD	0.9 aC	0.8 aD
10 – 20	1.9 aC	1.6 aBC	1.8 aBCD	1.8 aBC	1.8 aCD
20 – 40	3.1 aB	2.4 aB	2.3 aB	2.6 aB	3.1 aB
40 – 60	1.9 aC	1.5 aBC	1.9 aBC	1.8 aBC	2.1 aBC
	9.4 aA	7.2 cA	7.9 bcA	8.3 bcA	8.7 abA

*Medias seguidas por letras iguales minúscula en columna y mayúscula en fila no difieren estadísticamente entre sí (P > 0.05).

** (cal/yeso -kg/ha) C0G0 = control; C1G1 (1000/500); C2G2 (2000/1000); C4G2 (4000/1000); BNA = bosque nativo.

Conclusiones

Los correctivos agrícolas, yeso y cal, asociados con la siembra directa presentaron los mayores efectos en las capas superficiales del suelo, lo que favorece la disponibilidad de nutrientes entre 0 y 20 cm, justamente la zona de crecimiento radicular de la mayoría de las plantas cultivadas.

En el tratamiento C4G2 (4000/1000 kg/ha) hasta 60 cm de profundidad en el suelo se presentaron los mejores resultados para las reservas de carbono y nitrógeno, con significancia para las reservas de este último nutriente. En este tratamiento los valores de nitrógeno fueron los que más se aproximaron al área de referencia (bosque nativo) en las condiciones edafoclimáticas de la región Oeste de Pará, Amazonia de Brasil.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Embrapa Amazônia Oriental por la asociación en la idealización, conducción y ejecución de esta investigación.

Referencias

- Albuquerque, M. A. 2012. Estoques de carbono e nitrogênio e emissões de gases de efeito estufa em Latossolo Vermelho sob sistemas de culturas em plantio direto (Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Alvarez Venegas, V.H.; Novais, R. F.; Barros, N.F.; Cantarutti, R.B.; Lopes, A.S. 1999. Interpretação dos resultados das análises de solos. En: Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G. (Ed.), *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. pp. 25-32. Viçosa, Brasil: CFSEMG.
- Bonini, C. S. B.; Alves, M. C. 2012. Qualidade física de um Latossolo Vermelho em recuperação há dezessete anos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 16 4: 329–336p. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000400001>.
- Castro, G. S. A.; Crusciol, C. A. C.; Calonego, J. C.; Rosolem, C. A. 2015. Management Impacts on Soil Organic Matter of Tropical Soils. *Vadose Zone Journal* 14:1: doi:10.2136/vzj2014.07.0093
- Casão Junior, R.; Araújo, A. G.; Llanilo, R. F. 2012. Plantio direto no Sul do Brasil: Fatores que facilitaram a evolução do sistema e o desenvolvimento da mecanização. Londrina, Brasil: IAPAR.
- Cardoso, E. L.; Silva, M. L. N.; Silva, C. A.; Curi, N.; Freitas, D. A. F. de. 2010. Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 45 9: 1028-1035p. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2010000900013>.
- Costa, C. H. M. 2015. Calagem superficial e aplicação de gesso em sistema plantio direto de longa duração: efeitos no solo e na sucessão milho/crambe/feijão-caupi. (Tese de doutorado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de ciências Agrônômicas, Botucatu, São Paulo.
- Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 2015. XXI Ciênc. para a vida – Carbono nos porões - Embrapa. Brasil.
- Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 2017. Embrapa Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análises de solos. Brasília, Brasil: Embrapa
- Grohs, D. S., Polleto, N., Mundstock, C. M. R. 2009. Teores de nitrogênio mineral do solo para predição do potencial produtivo de cevada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 33 6:1745-1754p. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000600023>.
- Gubiani, E. 2015. Estoque de carbono e nitrogênio em solo sob sistemas de manejo e culturas de inverno. (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
- Guimarães, T. M.; Filho, A. C. A.C., Costa C. H. M. 2015. Efeito da calagem no estoque de carbono do solo em sistema semeadura direta. *Journal of Agronomic Sciences* 4 especial:71-90p. <http://www.dca.uem.br/V4NE/05-11.pdf>
- Kiehl, E.J. 1979. Manual de edafologia. Relações solo-planta. São Paulo, Brasil: Ceres.
- Malavolta, E., 1989. ABC da adubação. São Paulo, Brasil: Ceres.
- Matias, S. S. R; Correa, M. A. R.; Camargo, L. A.; Farias, M. T.; Centurion, J. F.; Nóbrega, J. C. A. 2012 Influência de diferentes sistemas de cultivo nos atributos físicos e no carbono orgânico do solo. *Revista Brasileira Ciências Agrárias* 73: 414-420p. doi:10.5039/agraria.v7i3a1462
- Rego, A.K.C.; Kato, O. R.; Agricultura de corte e queima e alternativas agroecológicas na Amazônia. 2017. *Novos Cadernos NAEA20* 3:203-224p. <https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/3482>
- Rossi, C.Q., Pereira, M. G., Giácomo, S. G., Betta, M., Polidoro, J. C. 2012. Frações lábeis da matéria orgânica em sistema de cultivo com palha de braquiária e sorgo. *Revista Ciência Agronomica Londrina* 43 1: 38–46p. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902012000100005>
- Santos, H. G. dos; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C. dos; Oliveira, V. A. de; Oliveira, J. B. de; Coelho, M. R.; Lumberras, J. F.; Cunha, T. J. F. 2018. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, Brasil: Embrapa.
- Silva, F. DE A. S. E.; Azevedo, C. A. V. de. 2009. Principal components analysis in the software assistat-statistical attendance. In: World congress on computers in agriculture, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Sumner, M. E. 1995. Amelioration of subsoil acidity with minimum disturbance. In: Jayawar-Dane , N.S. & Stewart, B.A. (Ed.). *Subsoil management technics*. pp. 147-184). Athens, Grécia: Lews Publishers.
- Veloso, C. A. C., Silva, A. R. B., Franzine, V. I., Silva, A. R. 2012. Produtividade do milho no Oeste do Pará em função de doses de calcário e gesso – Belém, PA. Belém, Brasil: Embrapa Amazônia Oriental.
- Yeomans, J. C.; Bremner, J. M. 1988. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 19 13:1467-1476p. <https://doi.org/10.1080/00103628809368027>