



XX Congreso Latinoamericano y XVI Congreso Peruano de la Ciencia del Suelo

“EDUCAR para PRESERVAR el suelo y conservar la vida en La Tierra”

Cusco – Perú, del 9 al 15 de Noviembre del 2014
Centro de Convenciones de la Municipalidad del Cusco

ESTOQUES E FLUXOS DE N EM SISTEMA AGROFLORESTAL, REGIÃO DE CERRADO (BRASIL)

Alves, R.P.^{1*}; Oliveira, F. R¹; Silva, H. C. A¹; Sampaio J. A. G¹; Timóteo, L. G.¹; Silva, V. X. de S¹; Hoffman, M.R.¹; Carvalho, A. M.²; Nardoto, G.B¹

¹Universidade de Brasília (UnB); Brasília, DF, Brasil

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Unidade Cerrados, Brasília, DF, Brasil

*Autor de contacto: Email: raypinheiroalves@gmail.com; Instituto de Ciências Biológicas, Campus Universitário Darcy Ribeiro, 70910-900, Brasília, DF; (+55) (61)9559-2010

RESUMEN

Sistemas Agroflorestais surgem como opção na busca por sistemas produtivos conservacionistas, por sua diversificação e promoção de serviços ambientais. O objetivo deste estudo foi avaliar estoques e fluxos de N no sistema solo-planta-serapilheira de um SAF, em região de Cerrado do Brasil Central. O teor médio de N no solo foi 0,18%, decrescendo com a profundidade (0-20cm). O estoque médio de N no solo foi 3,08 Mg.ha⁻¹ (0-20cm). N-NH₄⁺ predominou em relação à N-NO₃ ao longo do experimento. Maiores emissões de N₂O ocorreram na transição chuva-seca de 2014, com fluxo médio de 45,9 µg m⁻² h⁻¹ N₂-N₂O enquanto na estação seca do mesmo ano foi 16,6 µg m⁻² h⁻¹ N₂-N₂O. A razão C:N da serapilheira apresentou valor médio de 20,4 ± 1,4 e concentração de N de 1,7% ± 0,2, enquanto a perda da massa foliar média no experimento de decomposição por *litterbags*, aos 120 dias, foi apenas 19,6%. A concentração média de N foliar para as espécies arbóreas avaliadas, foi de 2,3%, enquanto para a serapilheira o valor médio de N foi 1,5%. Assim, espécies frutíferas apresentaram taxa de retranslocação média de N de 36,6% e madeiras 32,7%. Após ajustar a taxa de retranslocação foliar média de N, encontrou-se a taxa de 49,3%. A disponibilidade de N no solo indicou que a qualidade do material foliar das espécies plantadas, favoreceu a disponibilidade de N no sistema solo-planta-serapilheira. As taxas de retranslocação foliar de N indicaram a importância da ciclagem interna para a manutenção do N no sistema.

PALABRAS CLAVE

Dinâmica de nitrogênio; Retranslocação foliar; Decomposição

INTRODUCCIÓN

A expansão agrícola enquanto fenômeno econômico no Brasil, tem convertido extensas áreas nativas, levando a perda de biodiversidade, alterações nas estruturas e funções da paisagem e de ecossistemas como o Cerrado. Estas mudanças provavelmente estão modificando a ciclagem de nutrientes nesses sistemas. Dentro do contexto de desmatamento, conversão de vegetação nativa e pastagem ou área agrícola, seguidos de intensificação e melhoramento de técnicas agrícolas, os Sistemas Agroflorestais (SAFs) biodiversos surgem como opção estratégica no cenário de busca por sistemas de produção conservacionistas, devido à sua diversificação, rentabilidade e promoção de serviços ambientais, favorecendo a agricultura familiar (EMBRAPA, 2011).

Entende-se por sistemas agroflorestais o conjunto de práticas que combinem agricultura, silvicultura e pastagem, que promovam o crescimento interativo entre plantas, árvores e/ou animais. Estas práticas proporcionam diversos serviços e benefícios ambientais, além de o aumentar a resiliência dos agroecossistemas (Ajayi, et al. 2011). Os SAFs geralmente são utilizados para diversificar a produção, diminuir efeitos econômicos sazonais, aumentar níveis de matéria orgânica, recuperar propriedades físico-químicas e ciclagem de nutrientes no solo, com foco conceitual na produção sustentável (Loss et al., 2009). Diversas técnicas de SAFs têm sido desenvolvidas nos trópicos, especialmente devido às condições climáticas favoráveis e fatores socioeconômicos (Nair e Nair, 2014).

O plantio simultâneo ou sucessional de espécies anuais e perenes de interesse madeireiro, bem como espécies leguminosas, tendem a favorecer a produção de serapilheira (Tapia-Coral et al., 2005) que proporciona deposição de matéria orgânica no solo, tornando-se fonte importante de nutrientes mineralizáveis.

Estudos sobre SAF têm demonstrado uma participação cada vez mais ampla deste sistema produtivo na ciclagem de nutrientes. A biodiversidade da fauna e da flora, o componente microbiótico, o manejo do solo e a manutenção da sua estrutura têm efeitos diretos sobre os ciclos de carbono e nutrientes, refletindo na fertilidade do solo (Alves et al., 2012; Silva et al., 2012; Silva, 2013).

Para este estudo, foi escolhido um SAF no bioma Cerrado, na Região Administrativa de Planaltina-DF, com a intenção de obter dados dos principais fluxos e estoques de N que permitam auxiliar o entendimento da dinâmica deste elemento na interação solo-planta-serapilheira de SAFs.

MATERIALES Y MÉTODOS

A área de estudo (~~Figura 1~~~~Figura 1~~) está localizada nas proximidades da BR-020, Km-54, em uma propriedade rural particular ("Sítio Dagrofloresta" - <http://www.dagrofloresta.com.br>), inserida na Região Administrativa de Planaltina-DF (15°34'51" S, 47°22'42"W), dentro da sub-bacia do Ribeirão Santa Rita, em uma área de latossolo vermelho escuro de acordo com EMBRAPA (2006), que inicialmente foi cerradão, fitofisionomia florestal característica do Bioma Cerrado, caracterizada pela grande proporção de estrato lenhoso em relação aos outros (Ribeiro & Walter, 1998). O clima segundo Köppen é Aw.

Para determinar as concentrações de N-NO_3^- , N-NH_4^+ e as taxas de mineralização e nitrificação líquida de N, coletou-se 10 amostras simples (aprox. 100g) de solo superficial (0-5cm) em quatro períodos sazonais (chuva, transição chuva-seca, seca e transição seca-chuva), entre os anos de 2011 e 2014. Para a determinação dos teores de N, foram coletadas amostras em cinco perfis (0-5, 5-10, 10-20 cm de profundidade), especialmente distribuídos na área do SAF. Para o estoque de N no solo foram feitas coletas de densidade aparente em cinco perfis de solo (0-5; 5-10; 10-20cm de profundidade) com cilindros de 100cm^3 de acordo com o método da EMBRAPA (1997).

Para determinar os teores de N das plantas, foram coletadas folhas sadias de três indivíduos de cada espécie do SAF, enquanto para a serapilheira coletou-se cinco amostras, em quadrantes de 25 x 25cm, especialmente distribuídas de forma aleatória na área do SAF. Para avaliar a taxa de decomposição foram coletadas folhas senescentes encontradas na superfície do solo do SAF, para a composição de litterbags. Para determinar o fluxo de N_2O , foram usadas câmaras estáticas fechadas (38 x 58cm). As amostragens foram feitas com seringas descartáveis de 60 mL, posteriormente mantidas em vials de vidro borossilicato de 20 mL.

Formatado:
fonte: Autom

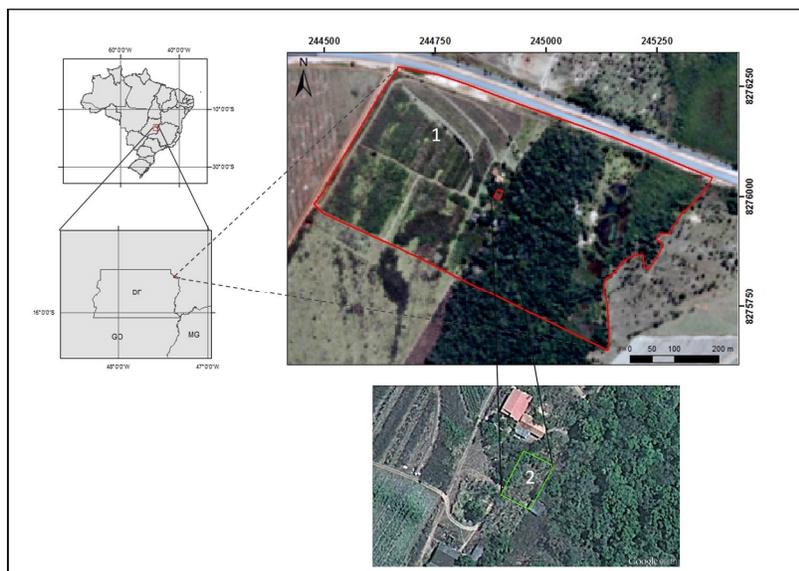


Figura 1 - Localização do Sítio Dagrofloresta, Planaltina-DF (área 1, delimitada em vermelho); SAF estudado (área 2, delimitada em verde).

Para verificar a taxa de retranslocação foliar de N foram selecionadas doze espécies presentes no SAF: *Magnifera indica* (manga), *Anona muricata* L (graviola), *Caesalpinia peltophoroides* (sibipiruna), *Centrolobium tomentosum* (araribá), *Hymenaea courbaril* L. (jatobá), *Schizolobium parahybae* (guapuruvu), *Persea americana* (abacate), *Artocarpus integrifolia* L. (jaca), *Morus nigra* (amora), *Musa spp.* (banana), *Coffea arabica* L.(café) e *Inga edulis* (ingá). Foram coletadas folhas totalmente expandidas (maduras) de três indivíduos de cada uma das 12 espécies durante a estação chuvosa, e para a determinação da concentração de N nas folhas secas foram coletadas folhas secas dispostas sobre o solo, destas mesmas 12 espécies arbóreas do SAF, na estação seca subsequente.

Para determinar os teores de N, as amostras de solo foram secas ao ar e destorroadas em peneira de 2 mm, enquanto o material foliar e a serapilheira foram lavadas com água destilada, secas em estufa a 65°C por 72 horas e moídas a fino pó. Com o material preparado, foram pesadas sub-amostras de 10 a 30 mg de solo e de 1,5 a 2 mg de material vegetal acondicionadas em cápsula de estanho. No Laboratório de Ecologia Isotópica, CENA/USP, estas cápsulas foram submetidas a um analisador elementar (Carlo Erba, modelo 1110, Milão, Itália), que determina a concentração de N total por intermédio da combustão.

Na determinação do processo de decomposição da serapilheira utilizou-se *litterbags* (sacolas de tela de nylon de malha de 2 mm) de 20 x 20 cm, contendo 10g do material senescente seco em estufa a 65°C durante 72 horas. Os *litterbags* foram retirados com 15, 30, 60, 90 e 120 dias após colocados em campo. Em cada avaliação foram retirados 5 unidades por tempo de coleta. Após a retirada das sacolas a serapilheira remanescente foi seca em estufa a 65°C durante 72 horas e pesada (massa seca final). A taxa de resíduos vegetais remanescentes foi obtida pela diferença entre a quantidade total inicial dos resíduos (100%) e cada um dos índices de decomposição em porcentagem. Também foi calculada a média da perda da massa foliar em porcentagem das amostras retiradas em cada coleta para todos os tempos determinados. Os coeficientes de decomposição K e K' foram calculados de acordo com Olson (1963). O coeficiente K' é referente à quantidade de material decomposto em um dado intervalo de tempo, ao passo que o K se refere a razão instantânea de decomposição, estando ligado ao modelo exponencial.

A determinação das concentrações de N₂O foram feitas no laboratório da Embrapa Cerrados, através de cromatógrafo de gás (ThermoTraceGC) equipado com uma coluna empacotada com Porapak Q e um detector de captura de elétrons.

A taxa de retranslocação foliar foi avaliada comparando a concentração de N em folhas verdes totalmente expandidas e folhas que foram abscindidas (Nardoto., 2006). Para calcular a taxa de retranslocação utilizou-se a equação: $([\text{nutriente folha verde}] - [\text{nutriente folha seca}]) \times 100 / [\text{nutriente folha verde}]$. Estimou-se a massa perdida ao longo da senescência de acordo com van Heerwaarden et al. (2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No SAF, o teor médio de N no solo foi de 0,18%, decrescendo ao longo da profundidade (até 20 cm), assim como em outros estudos feitos em solos de cerrado (Bustamante et al., 2004; Coletta et al., 2009; Parron et al., 2010). O estoque médio de N no solo (0-20cm) foi de 3,08 Mg.ha⁻¹. O valor médio da razão C/N (~14,3) encontrado no solo, situa-se abaixo dos valores encontrados em áreas de cerrado *sensu stricto* (Nardoto & Bustamante, 2003; Nardoto, 2005) e mata de galeria (Parron et al., 2004), mantendo-se sob 20:1, valor considerado limite entre os processos de mineralização e imobilização de N (Killham, 1994).

A concentração de N-NH₄⁺ variou entre 9,5 mg N kg⁻¹ (chuva) e 44,3 mg N kg⁻¹ (seca). Já a concentração de N-NO₃⁻ variou entre 2,1 mg N kg⁻¹ (chuva-seca) e 7,4 mg N kg⁻¹ (seca-chuva) (Figura 2).

A umidade do solo (0-5 cm) variou entre 20 e 54% ao longo do período avaliado. As taxas de mineralização líquida de N variaram ao longo do período avaliado, atingindo o maior pico de mineralização no auge do período chuvoso de 2012, com média de 0,4 mg N kg⁻¹ dia⁻¹ enquanto no período de transição seca chuva de 2012, predominou o processo de imobilização de N. A nitrificação líquida de N também apresentou variação nos períodos avaliados, apresentando as maiores taxas no período de transição seca-chuva de 2012, com média de 0,24 mg N kg⁻¹ dia⁻¹.

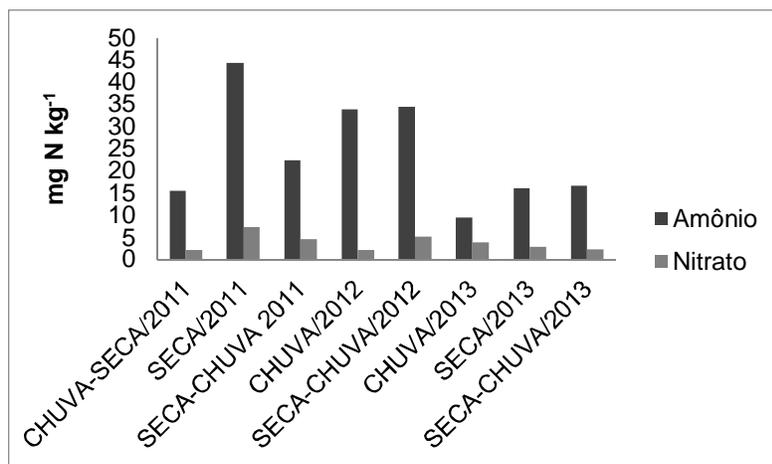


Figura 2 - N inorgânico disponível no solo referente ao intervalo de 0-5 cm de profundidade, ao longo de três anos no SAF, Planaltina-DF.

Apesar da variação na concentração, a forma disponível predominante de N-inorgânico foi N-NH₄⁺ em todos os períodos amostrados, mesmo padrão encontrado em estudos recentes sobre dinâmica de N em áreas de cerrado *sensu stricto* (Nardoto; Bustamante, 2003). Este predomínio de NH₄⁺, de forma geral, revela baixas emissões de N₂O (Davidson et al. 2000; Pinto et al, 2006). Em relação ao período de transição chuva-seca de 2014, a taxa média de emissão de N₂O foi de 45,9 µg m⁻² h⁻¹ de N₂-N₂O enquanto para a estação seca foi de 16,6 µg m⁻² h⁻¹ de N₂-N₂O. Os maiores fluxos no período de transição chuva-seca coincidiram com valores maiores de umidade o solo, que acabou favorecendo a emissão de N₂O, como encontrado por Davidson et al (2000) em áreas de Cerrado nativo.

A razão C:N da serapilheira avaliada apresentou valor de 20,4 ± 1,4, e concentração de N 1,7% ± 0,2, e a média da perda da massa foliar dos *litterbags*, aos 120 dias, foi 19,55%. O valor de K= 0,64, encontrado para o SAF é inferior a valores encontrados na Mata Atlântica (Meguro et. al

1979; Varjabedian e Pagano 1988) mas é superior a valores encontrados em áreas de vegetação nativa do Cerrado (Jacobson et al. 2011).

A concentração média de N foliar para as espécies arbóreas (8 frutíferas e 4 madeireiras), foi de 2,3%, enquanto o valor médio de N nas folhas secas destas espécies foi 1,5%. A taxa de retranslocação de N das espécies avaliadas variou de 9,5 a 67% e a taxa de retranslocação foliar média de N para as 12 espécies foi de 35,8%. Após ajustar a taxa de retranslocação foliar média de N, de acordo com o ajuste de van Heerwaarden (2003), encontrou-se a taxa de 49,3%. As espécies investigadas apresentaram taxas de retranslocação foliar média de N similares às taxas observadas em espécies arbóreas nativas de cerrado sentido restrito, cujas taxas ficam próximas de 30% e acima de 45% após ajustadas (Nardoto et al., 2006). Contudo, houve acentuada variação na taxa de retranslocação entre as espécies, indicando o predomínio da característica fisiológica em relação à plasticidade ambiental. A retranslocação dos nutrientes de folhas senescentes para outros órgãos em crescimento ou armazenamento pode manter uma quantidade relevante de nutrientes em plantas maduras, reduzindo a energia utilizada para adquirir nutrientes pelas raízes. Quando comparadas, as taxas de retranslocação de N foliar entre as espécies arbóreas avaliadas no SAF e espécies arbóreas nativas de cerrado sentido restrito, sob o mesmo regime de sazonalidade de precipitação, indicam a importância da ciclagem interna como mecanismo de manutenção de N no sistema.

CONCLUSIÓN

O padrão de disponibilidade de N e emissão de N₂O do solo encontrado ao longo do ano indica que a qualidade do material foliar produzido pelas espécies de SAF plantadas está favorecendo o aumento na disponibilidade de N no sistema planta-serapilheira-solo, indicando, a importância da qualidade da matéria orgânica depositada no sistema, que contribui diretamente no aumento da produtividade do solo, mas também para o aumento das emissões de gases nitrogenados.

Por outro lado, as taxas de retranslocação foliar de N para as espécies arbóreas do SAF indicam a importância da ciclagem interna para a manutenção do nitrogênio no sistema e podem subsidiar a seleção de espécies para o consórcio agroflorestal mais rentável para o produtor. A ciclagem de nutrientes e o aporte de matéria orgânica advinda do sistema agroflorestal, após 10 anos de implementado, conseguiram promover uma maior fertilidade do solo, mantendo um sistema com possibilidade de altos índices de produtividade sem entrada de fontes minerais de nutrientes.

BIBLIOGRAFÍA

- Ajayi OC, Place F, Akinnifesi FK, Sileshi GW (2011) Agricultural success from Africa: the case of fertilizer tree systems in southern Africa (Malawi, Tanzania, Mozambique, Zambia and Zimbabwe). *Int J Agric Sustain* 9:129–136. doi:10.3763/ijas.2010.0554
- Alves, R.P., Silva, S.M., Rodovalho, N.L., Hoffman, M.R., Nardoto, G.B. 2012. Dinâmica de nitrogênio em sistema agroflorestal na região de Cerrado (Brasil Central). Resumo expandido apresentado no XIX CLACS, Mar del Plata, Argentina, 16 a 20 de abril de 2012.
- Bustamante, M.M.C., et al. N-15 natural abundance in woody plants and soils of central Brazilian savannas (cerrado). *Ecological Applications*, Washington, v.14, n.4, p. S200, S213, 2004.
- Carvalho, A.M.de.; Bustamante, M.M.C.; Alcântara, F.A. DE.; Resck, I. S.; Lemos, S. S. 2009. Characterization by solid-state CPMAS 13C NMR spectroscopy of decomposing plant residues in conventional and no-tillage systems in Central Brazil. *Soil & Tillage Research* 101:100-107.
- Coletta, L.; Nardoto, G. B.; Latansio-A S.R.; Rocha, H. R. da.; Aidar, M.P.M.; Ometto, J.P.H.B. 2009. An isotopic view of vegetation and carbon and nitrogen cycles in a Cerrado ecosystem, southern Brazil. *Scientia Agricola*, v. 66, p. 467-475.
- Davidson, E.A.; Keller, M.; Erickson, H.E.; Verchot, L.V.; Veldkamp, E. 2000. Testing a conceptual model of soil emissions of nitrous and nitric oxides. *Bioscience*, Washington, v. 50, n. 8, p. 667-680.
- EMBRAPA 2006. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos/ [editores técnicos, Humberto Gonçalves dos Santos... et al.] – 2.ed. – Rio de Janeiro: Embrapa Solos.
- EMBRAPA 1997. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. - 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 212p.
- EMBRAPA, 2011. SISAP – Amazônia Oriental. Disponível em: <http://www.cpa.embrapa.br/publicacoes/portifolio-cpa-pt.pdf/view> acessado em 10 de julho de 2013.

- Loss A., Pereira M.G., Schultz N., Dos Anjos L.H.C., Da Silva E.M.R. 2009. Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo em sistema integrado de produção agroecológica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44 (1): 68-75.
- Jacobson, T.K.B.; Bustamante, M. M. C. 2011. Kozovits, A. R. Diversity of shrub tree layer, leaf litter decomposition and N release in a Brazilian Cerrado under N, P and N plus P additions. *Environmental Pollution* (1987), v. 159, p. 2236-2242.
- Killham, K. *Soil Ecology*. University Press, Cambridge, Inglaterra. 242p., 1994.
- Meguro, M., Vinuesa, G.N.; Delitti, B.C. 1979. Ciclagem de nutrientes minerais na Mata Mesófila secundária - São Paulo. I - Produção e conteúdo de nutrientes minerais no folhedo. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 7:11-31.
- Mesquita, R.C.G.; Workman, S.; Neely, C. 1998. Slow litter decomposition in a Cecropiadominated secondary forest of central Amazonia. *Soil Biol. Biochem.*, 30:167-175.
- Nair, P.K.R., Nair V.D., 2014. 'Solid-fluid-gas': the state of knowledge on carbon-sequestration potential of agroforestry systems in Africa. *Curr Opin Environ Sustain* 6:22-27. doi:10.1016/j.cosust. 2013.07.014.
- Nardoto, G.B.; Bustamante, M.M.C. 2003. Effects of fire on soil nitrogen dynamics and microbial biomass in savannas of Central Brazil. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, Brasília, 38, n. 8, p. 955-962.
- Nardoto, G.B. 2005. Abundância natural de 15N na Amazônia e Cerrado – implicações para a ciclagem de nitrogênio. 2005. 100 p. Tese (Doutorado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP, Piracicaba.
- Nardoto, G.B., Bustamante, M.M.C., Pinto, A.S., Klink, C.A. 2006. Nutrient use efficiency at ecosystem and species level in savanna áreas os Central Brazil and impacts off ire. *Journal of Tropical Ecology* 22:191-201.
- Olson, J.S. 1973. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology* 44:321-331.
- Parron, L.M.; Bustamante, M.M.C.; Camargo, P.B. de. 2004. Composição isotópica de carbono e nitrogênio em solos e plantas de uma mata de galeria: efeito do gradiente topográfico. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 24p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 127).
- Parron, L.M.; Bustamante, M.M.C; Markewitz, D. 2010. Fluxes of nitrogen and phosphorus in a gallery forest in the Cerrado of central Brazil. *Biogeochemistry* (Dordrecht): 1 – 22.
- Pinto, A.S; Bustamante, M.M.C; Silva, M.R.S.S.; Kissele, K.W.; Brossard, M.; Kruger, R; Zep, R.G.; Burke, R.A. 2006. Effects of Different Treatments of Pasture Restoration on Soil Trace Gas Emissions in the Cerrados of Central Brazil. *Earth Interactions*. Volume 10, paper n.1.
- Ribeiro, J. F., Walter, B. M. T. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano, S. M., Almeida, S. P. ed. *Cerrado ambiente e flora*. Planaltina, DF: EMBRAPA/CPAC, p. 89-166.
- Somarriba, E. 1992. Revisiting the past: an essay on agroforestry definition. *Agrof. Systems*, 19:233-240.
- Silva, S.M., Alves, R.P., Rodovalho, N.L, Hoffmann, M., Nardoto, G.B. Dinâmica de carbono em um sistema agroflorestal simultâneo na região de Cerrado do Brasil Central. Resumo apresentado no 18º Congresso de Iniciação Científica da UnB, em Brasília, entre 22 e 25 de outubro de 2012.
- Silva, S.M. Quantificação de carbono de um sistema agroflorestal em área de Cerrado no Brasil Central. Trabalho de final de curso, Gestão Ambiental, UnB. 59p, 2013.
- Tapia-Coral S.C., Luizão F.J., Wandelli, E., Fernandes, C.M. 2005. Carbon and nutrient stocks in the litter layer of agroforestry systems in central Amazonia, Brazil. *Agrof. Systems* 65:33-42.
- Van Heerwaarden, L. M., Toet, S. & Aerts, R. 2003. Current measures of nutrient resorption efficiency lead to a substantial underestimation of real resorption efficiency: facts and solutions. *Oikos*. 101:664-669.
- Varjabedian, R.; Pagano, S.N. 1989. Produção e decomposição de folhedo em um trecho de Mata Atlântica de encosta no Município do Guarujá, SP. *Acta Botanica Brasilica* 1(2) (supl.): 243-256.