

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SOB CONVERSÃO DE FLORESTA AMAZÔNICA PARA DIFERENTES SISTEMAS NA REGIÃO NORTE DO PARÁ, BRASIL

CHEMICAL ATTRIBUTES OF SOIL UNDER CONVERSION OF RAINFOREST FOR DIFFERENT SYSTEMS IN THE NORTHERN REGION OF THE STATE OF PARÁ, BRAZIL

Carlos Antonio da SILVA JUNIOR¹; Cácio Luiz BOECHAT²; Laércio Alves de CARVALHO³

1. Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Sensoriamento Remoto, Bolsista CNPq, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, SP, Brasil. carlosjr@dsr.inpe.br ; 2. Doutorando em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil; 3. Professor adjunto da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul - UEMS - Cidade Universitária de Dourados - Zona rural, Dourados, MS, Brasil.

RESUMO: Considerando que o solo é a base para uma agricultura e uma produção florestal sustentável, é necessário adotar práticas de manejo que conservem e, ou, restaurem sua fertilidade. O objetivo do presente estudo foi analisar os efeitos de diferentes sistemas de manejo de culturas e uso da terra nas propriedades químicas do solo tendo como referência a mata nativa adjacente. A pesquisa foi conduzida no município de Concórdia do Pará, na região Norte do Estado do Pará, em área de Latossolo Vermelho distroférico. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 2, sendo cinco tratamentos (AP - área de pasto, SAF - área com sistema agroflorestal, MN - área de mata nativa, CP - área de capoeira e CM - área cultivada com mandioca) e duas profundidades (0-0,10 m e 0,10-0,20 m), com cinco repetições. Os parâmetros analisados para cada área foram: pH, P, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, H+Al, SB, CTC, V% e MO. Os resultados foram avaliados pela análise de variância (ANOVA), seguido do teste de Tukey (p<0,05) para a comparação das médias, quando significativo. As características químicas originais do solo, considerando a mata como referência, foram alteradas de acordo com o sistema vegetal e manejos utilizados, sendo a matéria orgânica, o principal atributo relacionado à fertilidade do solo, diretamente afetado com a alteração da vegetação original. O sistema SAF estudado, não apresentou melhorias na fertilidade do solo ou sequer manteve a qualidade próxima do solo sob a mata nativa, exceto para o fósforo. Os resultados indicaram que a conversão da vegetal original (floresta amazônica) para os demais sistemas estudados, causou declínio principalmente nos teores de carbono orgânico do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Ambientes. Conservação do solo. Manejo vegetal. Sistemas de exploração. Uso do solo.

INTRODUÇÃO

O uso sustentável dos recursos naturais, especialmente do solo e da água, tem vindo a crescer como tema relevante, principalmente devido ao aumento de atividades antrópicas, considerando que a manutenção da qualidade desses recursos é essencial para o crescimento e desenvolvimento de plantas e sustentabilidade dos sistemas agrícolas (ARAÚJO et al., 2010).

Os sistemas ou ambientes naturais apresentam integração direta entre a cobertura vegetal e os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, decorrente de processos essenciais relacionados aos ciclos biogeoquímicos, acumulação e decomposição da matéria orgânica de serrapilheira e raízes. Entretanto, a ação antropogênica promove alterações nesses atributos e, na maioria das vezes, causa impactos ambientais negativos (SILVA et al., 2007; SINGH; SHARMA, 2007).

As propriedades do solo sob floresta são principalmente influenciadas pela vegetação associadas a sua serrapilheira, atividade da raiz e microclima (OLLINGER et al., 2002; TSUI et al., 2004; KARA; BOLAT, 2008). Um exemplo desta associação, é que de 30% a 50% das florestas da Amazônia ocorrem em solos inférteis (QUESADA et al., 2009).

A fertilidade do solo é extremamente complexa em solos sob condições tropicais (OSTERTAG, 2001). A maioria das pesquisas tem se concentrado em estudar o elemento P (SATO; COMERFORD, 2005; COSTA et al., 2009; TRINDADE et al., 2010), em razão de se disponibilizar no solo lentamente por meio do intemperismo de minerais primários, onde atinge o máximo de disponibilidade em solos de meia-idade, seguido por adsorção por minerais secundários e do declínio na disponibilidade em solos altamente intemperizados.

No entanto, estudos experimentais sugerem que para o nitrogênio (N) do solo a limitação é

generalizada ao nível mundial (LEBAUER; TRESEDER, 2008), e solos com elevado grau de intemperização mostram limitação de N, além da limitação de P (LAMBERS et al., 2008). Há também casos em que o cálcio (Ca) ou K podem limitar o crescimento das plantas, ou fornecer co-limitação com N e P (CUEVAS; MEDINA, 1988). Os micronutrientes necessários para o crescimento das plantas também podem se ligar fortemente aos minerais do solo e matéria orgânica, e poderiam não estar disponível em certos casos (KASPARI et al., 2008). Não sendo o caso dos solos sob condições tropicais com baixos teores de matéria orgânica e baixos valores de pH.

Estudos realizados por Costa et al. (2006) e Carneiro et al. (2009), em áreas de vegetação nativa de Cerrado, convertidas em pastagem ou área de cultivo de grãos, observaram que os atributos químicos e microbiológicos do solo são alterados.

Os sistemas agroflorestais, formados por muitas espécies de culturas diferentes apresentam maiores benefícios ecológicos e econômicos (WANG; CAO, 2011). É geralmente aceito que os sistemas de cultivo perene são mais adequados para a manutenção da fertilidade do solo do que o sistema de culturas anuais (VAN WAMBEKE, 1992). Por esta razão, os sistemas agroflorestais multi-estratificados com culturas perenes é uma opção promissora para uso em longo prazo da terra (AKYEAMPONG et al., 1999), entretanto esses sistemas agroflorestais requerem seleção de espécies adequadas, manejo adequado (SCHROTH et al., 2000) e acompanhamento das mudanças na fertilidade do solo.

O objetivo do presente estudo foi analisar os efeitos de diferentes sistemas de manejo de culturas e uso da terra nas propriedades químicas do solo tendo como referência a mata nativa adjacente.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no município de Concórdia do Pará - PA, situada na região Norte do Estado, nas coordenadas geográficas, 01°59'27''S de latitude e 47°56'56''W de longitude, com uma altitude média de 440 m. O clima corresponde ao mega térmico úmido, tipo Am, segundo classificação de *Köppen-Geiger*. Apresenta temperatura elevada com média de 26° C, precipitações abundantes com mais de 2.000 mm anuais e umidade do ar acima de 80%, demonstrando um clima tropical úmido com abundância de chuvas no verão e escassez no inverno. O solo das áreas é classificado como LATOSSOLO VERMELHO distroférrico

argissólico, com textura média moderada (EMBRAPA, 2006).

O delineamento experimental adotado foi blocos ao acaso com cinco repetições. Os tratamentos foram: AP – área de desmatamento com o pH corrigido neste período com incorporação de calcário dolomítico, sendo utilizada com pastagem de *Brachiaria brizantha* para bovinocultura de corte a 20 anos, sem qualquer tipo de manutenção do solo, seja correção da acidez ou aplicação de fertilizantes; SAG – área sob sistema agroflorestal com 8 anos, sendo as culturas de exploração comercial o cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), a andiroba (*Carapa guianensis*) e o cacau (*Theobroma cacao*) e sem qualquer tipo de manejo para melhoria da fertilidade do solo; MN – área sob remanescente da floresta amazônica sem qualquer perturbação antrópica direta; CP – área de desmatamento, atualmente sob vegetação mista espontânea (capoeira) sem qualquer intervenção antrópica direta durante 30 anos e CM – área desmatada e atualmente sob cultivo de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) no seu segundo ano de exploração. No primeiro plantio, utilizou-se preparo convencional na área, com duas passagens de arado e três passagens de grade leve com aplicação de calcário dolomítico durante a implantação, além de adubação de acordo com a análise do solo.

Para a caracterização química do solo, dez amostras simples foram coletadas em pontos equidistantes com trado do tipo “holandês” para formação de uma amostra composta nas profundidades de 0-0,10 e 0,10-0,20 m da superfície dentro de cada sistema. As amostras foram secas a sombra, passadas em peneiras com malha 2,0 mm (TFSA) e em seguida enviadas ao Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental.

Para cada área em estudo, a amostragem de solo foi realizada em julho de 2008, efetuando-se as seguintes determinações: pH em KCl (1:2,5); P e K (extração com Mehlich⁻¹, determinação de P por colorimetria e K por fotometria de chama); Ca, Mg e Al trocáveis (extração com KCl a 1 mol L⁻¹, determinação por espectrofotometria de absorção atômica e titulação); Na (extração com KCl a 1 mol L⁻¹ e determinação por fotometria de chama) e carbono orgânico total – COT (determinado pelo método de Walkley-Black); N total (método Kjeldahl), conforme método proposto por Embrapa (1997).

Todos os dados foram expressos baseados em terra fina seca ao ar. Os resultados foram avaliados por meio da análise de variância (ANOVA). Quando os resultados da análise de variância foram significativos, aplicou-se o teste de

Tukey ($p < 0,05$) para a comparação de médias, utilizando o programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de pH em todos os tratamentos e profundidades avaliadas são considerados agronomicamente baixos (RIBEIRO et al., 1999). Os tratamentos SAF, MN e CP apresentaram os valores mais baixos para este atributo químico em ambas as profundidades, o que já era esperado, pois os solos da região são naturalmente ácidos e devido ao processo de degradação da matéria orgânica e da sua rápida mineralização, que causa acidificação natural do solo nestes ambientes. Os tratamentos CM e AP apresentaram valores estatisticamente superiores, principalmente no CM na camada de 0–0,10 m, contudo esta diferença foi numericamente pouco significativa na camada de 0,10–0,20 m (Tabela 1). Este resultado confirma a correção efetuada nestas áreas, entretanto observa-se que na camada de 0,10–0,20 m no tratamento CM o pH está muito abaixo do ideal sugerindo que o cálculo da dose e a incorporação do corretivo não tenha sido efetuadas corretamente.

A acidez potencial (H+Al) nos solos estudados apresentou valores esperados para cada sistema, sendo $MN > CP > SAF > AP > CM$ em ambas as profundidades avaliadas. Os valores para MN (5,5 e 4,75 $cmol_c dm^{-3}$) nas profundidades de 0–0,10 e 0,10–0,20 m são considerados médios, no tratamento CP (4,36 e 3,96 $cmol_c dm^{-3}$) estão entre médio a baixo, nos tratamentos SAF e AP são considerados baixos e no tratamento CM baixo (0,10–0,20 m) a muito baixo (0–0,10 m).

O teor de Al trocável aumentou em profundidade nos tratamentos MN e CM. Observa-se que os valores mais altos de Al em profundidade acompanham a redução do pH nas camadas avaliadas, fato coerente observado por Zambrosi et al. (2007).

Os resultados encontrados, apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) nos teores de Ca, Mg, K e Na do solo relacionado a cada tipo de sistema (vegetação) e profundidade estudada.

Os teores Ca e Mg apresentaram amplitude de baixo a bom (RIBEIRO et al., 1999). Na profundidade de 0–0,10 m, o teor de Ca se apresentou baixo no tratamento SAF, médio nos tratamentos AP e CP e bom nos tratamentos MN e CM e na camada de 0,10–0,20 foi baixo no SAF e MN; e médio nos tratamentos AP, CP e CM. O cálcio é um elemento químico que possui pouca mobilidade no solo, portanto observaram-se

diferenças nos teores deste elemento nos tratamentos MN, CP e CM em profundidade.

Os teores de Mg foram considerados médios em ambas as profundidades, não sendo observado diferença significativa em profundidade, exceto no tratamento CM que recebeu calcário, sendo um indicio de que não houve lixiviação. Os teores de Mg estão abaixo do limite crítico para culturas, sugerido por Ribeiro et al. (1999).

Os teores de K trocável são considerados baixos em todos os tratamentos e profundidades avaliadas (RIBEIRO et al., 1999). Somente o tratamento MN apresentou diferenças no teor de potássio em profundidade. Na camada de 0–0,10 m o MN apresentou concentração superior aos demais tratamentos que não diferiram entre si.

Com base nos resultados da Tabela 1, percebe-se que mesmo apresentando diferenças entre os tratamentos e profundidade, os teores de Na no solo foram considerados baixos (RAIJ, 1991).

Notadamente, os teores de P disponível estão muito baixos (RIBEIRO et al., 1999) sob qualquer tipo de manejo adotado ao longo das duas faixas de profundidade estudadas (Tabela 1). Contudo o tratamento SAF apresentou teores entre baixo (0,10–0,20) e médio (0–0,10) para este elemento.

Com exceção do tratamento CM que recebeu calcário na sua primeira implantação e o tratamento CP que se encontra no limite inferior da faixa considerada média, os demais tratamentos apresentaram saturação por bases (V) considerada baixa na profundidade de 0–0,10 m, sendo o maior valor (74,58%) observado no tratamento CM e o menor (30,67%) no SAF. Na profundidade de 0,10–0,20 m os tratamentos CM e AP se enquadraram na faixa média e os valores dos demais tratamentos considerados baixos. Sendo que o tratamento CM novamente apresentou o maior valor para este atributo, associado a aplicação do calcário que proporcionou aumentos nos valores da soma de bases (SB), principalmente pelo cálcio adicionado. Contudo, os menores valores encontrados nos demais tratamentos podem ser relacionados aos valores elevados da CTC, que reduziram os valores de V principalmente nos tratamentos MN e CP, onde os valores da CTC foram influenciados pela acidez potencial nestes solos, confirmado pelos valores de SB, considerados de amplitude média em ambas as profundidades (Tabela 1).

Os teores de matéria orgânica variaram entre tratamentos e profundidades (Tabela 1). Os valores encontrados nos tratamentos AP, CP e MN são classificados como médios e nos tratamentos SAF e CM baixos na profundidade de 0–0,10 (RIBEIRO et al., 1999). Na profundidade de 0,10–0,20 m somente

o tratamento MN apresentou valor médio, os demais tratamentos apresentaram valores considerados baixos para este atributo. Em ambas as camadas avaliadas o tratamento MN foi superior, sendo

explicado pelo maior aporte de carbono pela biomassa vegetal, principalmente e maior quantidade de matéria orgânica estabilizada (MADARI et al., 2010).

Tabela 1. Atributos químicos do solo em duas profundidades sob diferentes sistemas de culturas vegetais e manejo do solo.

Tratamento	pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
	H ₂ O	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³			
<i>Profundidade 0,0 - 0,10 m*</i>						
AP	4,4 (±0,19) ^a Ba	1,0 (±0,01) Ca	0,07 (±0,008) Ba	0,06 (±0,004) Ba	1,56 (±0,25) Ca	0,54 (±0,09) ABa
SAF	4,0 (±0,10) CDa	9,8 (±1,78) Aa	0,06 (±0,008) Ba	0,06 (±0,005) Ba	1,06 (±0,09) Da	0,46 (±0,09) Ba
MN	3,9 (±0,31) CDa	2,2 (±0,45) Ca	0,09 (±0,006) Aa	0,08 (±0,009) Aa	2,52 (±0,48) Ba	0,64 (±0,23) ABa
CP	3,8 (±0,41) Da	1,8 (±0,44) Ca	0,05 (±0,008) Ba	0,06 (±0,003) Ba	2,14 (±0,30) Ba	0,68 (±0,13) Aa
CM	5,4 (±0,31) Aa	3,6 (±0,55) Ba	0,06 (±0,007) Ba	0,04 (±0,003) Ca	3,00 (±0,30) Aa	0,74 (±0,05) Aa
<i>Profundidade 0,10 - 0,20 m*</i>						
AP	4,4 (±0,13) Aa	1,0 (±0,01) Ba	0,06 (±0,011) Aa	0,05 (±0,007) Aa	1,36 (±0,15) ABa	0,54 (±0,05) ABa
SAF	4,1 (±0,09) ABCa	7,8 (±0,84) Ab	0,05 (±0,008) Aa	0,04 (±0,004) Ab	0,90 (±0,08) Ca	0,38 (±0,04) Ba
MN	3,9 (±0,10) CDa	1,6 (±0,55) Ba	0,05 (±0,011) Ab	0,05 (±0,006) Ab	0,98 (±0,11) BCb	0,50 (±0,10) ABa
CP	3,82 (±0,47) Da	1,6 (±0,55) Ba	0,06 (±0,010) Aa	0,06 (±0,001) Aa	1,32 (±0,16) ABCb	0,62 (±0,08) Aa
CM	4,3 (±0,30) ABb	1,6 (±0,54) Ba	0,05 (±0,009) Aa	0,03 (±0,002) Ba	1,54 (±0,31) Ab	0,52 (±0,11) ABb
Tratamento	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC	V	MO
	cmol _c dm ⁻³			%		g kg ⁻¹
<i>Profundidade 0,0 - 0,10 m</i>						
AP	0,26 (±0,05) BCa	3,33 (±0,27) Ca	2,22 (±0,31) Ba	5,56 (±0,39) Ca	39,95 (±3,9) Bb	20,25 (±0,7) Ca
SAF	0,60 (±0,07) Aa	3,70 (±0,2) BCa	1,63 (±0,11) CDa	5,33 (±0,28) Ca	30,67 (±2,9) Ca	14,14 (±0,9) Da
MN	0,42 (±0,08) Bb	5,50 (±0,70) Aa	3,33 (±0,70) Aa	8,83 (±0,96) Aa	37,55 (±5,5) BCa	32,98 (±2,8) Aa
CP	0,42 (±0,08) Ba	4,36 (±0,57) Ba	2,94 (±0,39) Ba	7,30 (±0,50) Ba	40,32 (±5,3) Ba	28,48 (±1,9) Ba
CM	0,10 (±0,01) Ca	1,32 (±0,31) Db	3,84 (±0,34) Ca	5,16 (±0,55) Ca	74,58 (±4,2) Aa	14,30 (±1,2) Da
<i>Profundidade 0,10 - 0,20 m</i>						
AP	0,26 (±0,05) Ca	2,91 (±0,09) CDa	2,02 (±0,17) Aa	4,92 (±0,19) Ba	40,93 (±2,3) ABa	15,38 (±0,7) Cb
SAF	0,66 (±0,18) ABa	3,20 (±0,61) BCa	1,37 (±0,12) BCa	4,58 (±0,57) Bb	30,50 (±5,3) CDb	11,12 (±0,6) Db
MN	0,72 (±0,10) Aa	4,75 (±0,36) Ab	1,58 (±0,20) ABb	6,34 (±0,43) Ab	24,96 (±2,6) Db	22,36 (±1,1) Ab
CP	0,50 (±0,10) Ba	3,96 (±0,31) Ba	2,06 (±0,24) Ab	6,02 (±0,46) Ab	34,18 (±2,4) BCb	19,10 (±1,0) Bb
CM	0,28 (±0,08) Cb	2,41 (±0,19) Da	2,15 (±0,36) Cb	4,56 (±0,32) Ba	46,94 (±5,3) Ab	12,01 (±0,3) Db

* Médias seguidas de mesma letra maiúscula para tratamento dentro de profundidade e mesma letra minúscula para profundidade dentro de tratamento não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; ^a n = 5 ± erro padrão. AP: área de pasto; SAF: área com sistema agroflorestal; MN: área de mata nativa; CP: área de capoeira; e CM: área cultivada com mandioca.

Silva et al. (2007) observaram que mudanças na cobertura vegetal original, no sentido floresta – capoeira – pastagem, resultaram na diminuição nos teores de K, Ca, Mg, matéria orgânica, P, soma de bases, saturação por bases e capacidade de troca catiônica, sendo os maiores teores na camada superficial, o que explicaria alguns resultados encontrados.

Os tratamentos SAF e CM apresentaram os menores valores para matéria orgânica do solo, demonstrando que o manejo efetuado nestas áreas tem proporcionado perdas de carbono orgânico e menor aporte de material orgânico. De acordo com Bayer e Mielniczuk (2008), sob vegetação natural a matéria orgânica do solo se encontra estável e, quando submetida ao uso agrícola, pode ocorrer redução acentuada no seu conteúdo, principalmente quando utilizados métodos de preparo com intenso

revolvimento do solo e sistemas de cultura com baixa adição de resíduos.

CONCLUSÕES

As características químicas do solo são alteradas de acordo com sistema vegetal e manejos inseridos;

A matéria orgânica, principal atributo relacionado à fertilidade do solo é diretamente afetada com a alteração da vegetação original;

O sistema agroflorestal amostrado, não apresenta melhorias na fertilidade do solo, exceto no teor do elemento fósforo;

Os resultados menos expressivos para a capacidade de troca catiônica e matéria orgânica são observados nos sistemas de área de pastagem, sistema agroflorestal e cultivo da mandioca.

ABSTRACT: Whereas soil is the basis for farming and forestry sustainable, it is necessary to adopt management practices that maintain and or restore fertility of the soil. The study was conducted in Concórdia do Pará city, in northern of Pará state, in an area of Oxisol (or LATOSSOLO VERMELHO distroférico according to Brazil soil classification). The experimental design was randomized blocks, in a factorial 5 x 2, with five treatments (AP - pasture area, SAF - area under agroforestry, MN - area under native forest, CP - area under scrub and CM - Area cultivated with cassava) and two depths (0 to 0.10 and 0.10-0.20 m), with five replications. The parameters analyzed for each area were: pH, P, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, H+Al, SB, CTC, V% and MO. The results were evaluated by analysis of variance (ANOVA) followed by Tukey test (p<0.05) for comparison of means, when significant. The unique chemical characteristics of the soil, considering the forest as a reference have been changed according to the plant and system management strategies used. The organic matter, the main attribute related to soil fertility was directly affected with changes of the original vegetation. The SAF system studied, showed no improvements in soil fertility or even maintained the quality near the ground under the native forest, except for the content of the element phosphorus. Results indicated that the conversion of original vegetation (rainforest) to other systems, cause mainly a decline in soil organic carbon.

KEYWORDS: Environments. Soil conservation. Vegetation management. Soil use. Exploration system.

REFERÊNCIAS

- AKYEAMPONG, E.; HITIMANA, L.; TORQUEBIAU, E.; MUNYEMANA, P. C. Multistrata agroforestry with beans, bananas and *Grevillea robusta* in the highlands of Burundi. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 35, n. 3, p. 357–369, 1999.
- ARAÚJO, F. S.; SALVIANO, A. A. C.; LEITE, L. F. C.; SOUZA, Z. M.; SOUSA, A. C. M. Physical quality of a yellow Latossol under integrated crop-livestock system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 717-723, 2010.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O., eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.7-18.
- CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.1, p.147-157, 2009.
- COSTA, E. A.; GOEDERT, W. J.; SOUZA, D. M. G. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 7, p. 1185-1191, 2006.
- COSTA, S. E. V. G. A.; SOUZA, E. D.; ANGHINONI, I.; FLORES, J. P. C.; CAO, E. G.; Phosphorus and root distribution and corn growth as related to long-term tillage systems and fertilizer placement. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1237-1247, 2009.
- CUEVAS, E.; MEDINA, E. Nutrient dynamics within Amazonian forests. II. Fine root growth, nutrient availability and leaf litter decomposition. **Oecologia**, Berlin, v. 76, n. 2, p. 222–35, 1988.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- KARA, Ö.; BOLAT, I. Soil microbial biomass C and N changes in relation to forest conversion in the northwestern Turkey. **Land Degradation & Development**, Chichester, v. 19, n. 4, p. 421–428, 2008.

- KASPARI, M.; WRIGHT, J.; YAVITT, J.; HARMS, K.; GARCIA, M.; SANTANA, M. Multiple nutrients limit litterfall and decomposition in a tropical forest. **Ecology Letters**, Oxford, v.11, n.1, p.35–43, 2008.
- LAMBERS, H.; RAVEN, J. A.; SHAVER, G. R.; SMITH, S. E. Plant nutrient-acquisition strategies change with soil age. **Trends in Ecology & Evolution**, Oxford, v. 23, n. 2, p. 95–103, 2008.
- LEBAUER, D. S.; TRESEDER, K. K. Nitrogen limitation of net primary productivity in terrestrial ecosystems is globally distributed. **Ecology**, Washington, v. 89, n. 2, p. 371–379, 2008.
- MADARI, B. E.; CUNHA, T. J. F.; NOVOTNY, E. H.; MILORI, D. M. B. P.; MARTIN NETO, L.; BENITES, V. M.; COELHO, M. R.; SANTOS, G. A. Matéria Orgânica dos Solos Antrópicos da Amazônia (Terra Preta de Índio): Suas Características e Papel na Sustentabilidade da Fertilidade do Solo. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. (Org.). **As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua Caracterização e Uso deste Conhecimento na Criação de Novas Áreas**. 1 ed. Manaus, AM: Editora da Universidade Federal do Amazonas / Embrapa CPAA, 2010, p. 172-188.
- OLLINGER, S. V.; SMITH, M. L.; MARTIN, M. E.; HALLET, R. A.; GOODALE, C. L.; ABER, J. D. Regional variation in foliar chemistry and N cycling among forests of diverse history and composition. **Ecology**, Washington, v. 83, n. 2, p. 339–355, 2002.
- OSTERTAG, R. Effects of nitrogen and phosphorus availability on fine root dynamics in Hawaiian montane forests. **Ecology**, Washington, v. 82, n. 2, p. 485–499, 2001.
- QUESADA, C. A.; LLOYD, J.; ANDERSON, L. O.; FYLLAS, N. M.; SCHWARZ, M.; CZIMCZIK, C. I. Soils of Amazonia with particular reference to the Rain for sites. **Biogeosciences Discussion**, München, v. 6, n. 2, p. 3851–3921, 2009.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa, MG, 1999. 359p.
- SATO, S.; COMERFORD, N. B. Influence of soil ph on inorganic phosphorus sorption and desorption in a humid brazilian Ultisol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 685-694, 2005.
- SALGADO, B. G. **Caracterização de sistemas agroflorestais com café em Lavras - MG**. 2004. 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.
- SAS Institute Inc., SAS ® 9.1.2. **Qualification Tools User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2004.
- SCHROTH, G.; TEIXEIRA, W. G.; SEIXAS, R.; SILVA, L. F.; SCHALLER, M. Effect of five tree crops and a cover crop in multi-strata agroforestry at two fertilization levels on soil fertility and soil solution chemistry in central Amazonia. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 221, n. 2, p. 143–156, 2000.
- SILVA, M. B.; KLIEMANN, H. J.; SILVEIRA, P. M.; LANNA, A. C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 12, p. 1755-1761, 2007.
- SILVA, R. C.; PEREIRA, J. M.; ARAÚJO, Q. R.; PIRES, A. J. V.; DEL REI, A. J. Alterações nas propriedades químicas e físicas de um Chernossolo com diferentes coberturas vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 101-107, 2007.
- SINGH, B.; SHARMA, K. N. Tree growth and nutrient status of soil in a poplar (*Populus deltoides Bartr.*) based agroforestry system in Punjab, India. **Agroforestry System**, New York, v. 70, n. 2, p. 125–134, 2007.

TRINDADE, R. S.; ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G. Leaf area of common bean genotypes during early pod filling as related to plant adaptation to limited phosphorus supply. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 115-124, 2010.

TSUI, C. C.; CHEN, Z. S.; HSIEH, C. F. Relationships between soil properties and slope position in a lowland rain forest of southern Taiwan. **Geoderma**, Amsterdam, v. 123, n. 1-2, p.131–142, 2004.

Van WAMBEKE, A. **Soils of the tropics**. McGraw-Hill, New York, 1992. 343p.

ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L. R. F.; CAIRES, E. F. Teores de alumínio trocável e não trocável após calagem e gessagem em Latossolo sob sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 3, p. 487-495, 2007.

WANG, G.; CAO, F. Integrated evaluation of soil fertility in Ginkgo (*Ginkgo biloba* L.) agroforestry systems in Jiangsu, China. **Agroforestry Systems**, New York, v. 83, n. 1, p. 89–100, 2011.