

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS MULTIESTRATA SUCESSIONAL E EM ÁREAS DE REGENERAÇÃO NATURAL

Daniel Kramer Schwiderke⁽¹⁾; Raul Matias Cezar⁽²⁾; Fabiane Machado Vezzani⁽³⁾; Luís Cláudio Maranhão Froufe⁽⁴⁾; Carlos Eduardo Sícoli Seone⁽⁵⁾.

RESUMO

Os sistemas agroflorestais multiestrata sucessional (agrofloresta - AG) podem ser definidos como a interação entre espécies arbóreas, culturas agrícolas de ciclos anuais, semi-perenes e perenes. Este sistema vem ganhando cada vez mais destaque no Brasil. Diante disto o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do tempo de condução de sistemas agroflorestais multiestrata sucessional nos atributos químicos do solo e compará-los com áreas de regeneração natural. Este experimento foi realizado no município de Adrianópolis – PR, sendo composto por três tratamentos: agrofloresta com até cinco anos (AG 05); agrofloresta de 5 - 10anos (AG 10); áreas de regeneração natural de 10 anos (RN). O delineamento experimental utilizado foi o delineamento de blocos ao acaso. Foram determinados o pH CaCl₂, pH SMP, Ca⁺² e Mg⁺², K⁺ trocável, P disponível e carbono orgânico. Os valores de pH CaCl₂, Ca⁺² e K⁺ foram maiores no tratamento AG 05. Os valores de pH SMP, Mg⁺², P disponível, e carbono orgânico não diferiram entre os tratamentos. Pode-se concluir que os sistemas agroflorestais multiestrata sucessionais impactaram de forma positiva os atributos químicos de qualidade do solo quando comparados com áreas de regeneração natural.

Palavras-chave: Ciclagem de nutrientes, carbono no solo, conservação do solo.

ABSTRACT

Multistrata successional agroforestry (agroforestry - AG) can be defined as an interaction between tree species, annual crops, semi-evergreen and perennial. This system has gained prominence in Brazil. Thus, the aim of this study was to evaluate the influence of driving time multistrata successional agroforestry in soil chemical properties and compares them to the areas of natural vegetative regeneration. This experiment was conducted in Adrianópolis city, PR State, being composed of three treatments: up to 05 years agroforestry systems (AG 05) old; 5-10 years old agroforestry (AG 10); 10 years old areas of natural regeneration. The design of experiment was randomized complete block design. Were evaluated the pH values CaCl₂, pH SMP, Ca⁺² and Mg⁺², K⁺ exchangeable, available P and organic carbon. The pH CaCl₂, Ca⁺² and K⁺ were highest at AG 05. The pH SMP, Mg⁺², P, and organic carbon did not differ between treatments. It can be concluded that the successional agroforestry multistrata positively impacted the chemical attributes of soil quality when compared with areas of natural vegetative regeneration.

Keywords: nutrient cycling, soil carbon, soil conservation.

INTRODUÇÃO

A transformação de áreas florestais para culturas agrícolas representa mudanças drásticas nestes ecossistemas, provocando alterações nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (LIMA et al., 2011), sendo estas alterações influenciadas pelo manejo empregado nas culturas agrícolas (MENEZES et al., 2008). Estas alterações têm estreita relação com a dinâmica da matéria orgânica e com o ciclo biogeoquímico dos nutrientes, modificando assim a capacidade produtiva destes ecossistemas, resultando em crescente interesse no estudo da dinâmica do carbono e de nutrientes em diferentes manejos agrícolas empregados (MAFRA et al., 2008).

Entre os diferentes manejos agrícolas estão os sistemas agroflorestais (agrofloresta - AG). Estes sistemas podem ser definidos como uma forma de uso do solo, no qual espécies arbóreas e culturas agrícolas de ciclos anuais, semi-perenes e perenes crescem em associação, algumas vezes, inclusive com animais. Essa interação pode ocorrer de diferentes formas e em vários tempos, utilizando práticas de manejo compatíveis com o nível tecnológico dos agricultores envolvidos (NAIR et al., 2009; RIGHI & BERNARDES, 2008). Estas integrações resultam em uma maior proteção ambiental e em um desenvolvimento global sustentável (QUINKENSTEIN et al., 2009).

Os estudos envolvendo tais sistemas de produção têm avançado em várias regiões do Brasil, incentivados tanto pelo uso de práticas conservacionistas do solo e da água, quanto pela manutenção de produtividades satisfatórias e, até

⁽¹⁾ Engenheiro Agrônomo, estudante de pós-graduação em Ciência do Solo na Universidade Federal do Paraná, e-mail: d.schwiderke@yahoo.com.br;

⁽²⁾ Engenheiro Agrônomo, estudante de pós-graduação em Ciência do Solo na Universidade Federal do Paraná, e-mail: raulmatiascezar@yahoo.com.br; ⁽³⁾ Engenheira Agrônoma, Doutora em Ciência do Solo, Professora da UFPR/Universidade Federal do Paraná. E-mail: vezzi@ufpr.br;

⁽⁴⁾ Engenheiro Florestal, Doutor em Produção Vegetal, Pesquisador EMBRAPA Florestas/Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, e-mail: luisao@cnpf.embrapa.br; ⁽⁵⁾ Biólogo, Doutor em Biologia Vegetal, Pesquisador EMBRAPA Florestas/Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, e-mail: eduardo@cnpf.embrapa.br.

mesmo, com maiores retornos ao produtor (SALGADO et al., 2006). Os sistemas agroflorestais podem promover a recuperação de áreas degradadas, em razão da maior dinâmica do carbono orgânico, da disponibilização de nutrientes no solo (FAVERO et al., 2008) e proporcionar a manutenção da biodiversidade (SOUZA et al., 2012).

Com relação aos indicadores químicos, estudos demonstram que a fertilidade do solo aumenta em sistemas agroflorestais (BOLEY et al., 2009). Segundo Menezes et al. (2008) o pH e os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} são mais altos em sistemas agroflorestais do que nos solos das florestas remanescentes adjacentes. Já os teores de matéria orgânica, P e K no solo não diferem nos dois sistemas, indicando que os sistemas agroflorestais preservam algumas propriedades químicas do solo com valores similares. Em 2003, Alfaia et al. (2004) estudando sistemas agroflorestais encontraram no solo maiores teores de cálcio e magnésio, níveis semelhantes de carbono, e teores menores de fósforo e potássio, quando comparadas a florestas adjacentes. Sendo que os menores teores de P e K são atribuídos a intensa retirada de produtos agroflorestais destes sistemas. O cultivo consorciado favorece a manutenção do pH e a redução da saturação por alumínio, embora as necessidades de nutrientes dos componentes do consórcio devam ser satisfeitas por meio de entradas externas, para evitar o empobrecimento gradual do solo (NEVES et al., 2007). Já Fávero et al. (2008) encontraram maiores valores de pH, de potássio, de magnésio, de soma de bases e saturação por bases e menores valores de alumínio e menor saturação por alumínio em sistemas agroflorestais, sendo que estes efeitos foram mais acentuados na profundidade de 0 a 5 cm.

Essas alterações nos indicadores químicos são resultado do desenvolvimento dos sistemas e ocorrem em função do tempo de condução dos sistemas agroflorestais multiestratos sucessionais. Ao comparar diferentes tempos de condução, Sharma et al. (2009) encontraram maiores teores de nutrientes na fase inicial da sucessão, em sistemas com idade de 5 a 20 anos.

Buscando melhor compreender as mudanças que poderão ocorrer nos indicadores químicos de qualidade do solo com o passar do tempo, faz-se necessário avaliar a ciclagem de nutrientes nos sistemas agroflorestais multiestratos sucessionais. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do tempo de condução de sistemas agroflorestais multiestratos sucessionais nos atributos químicos do solo e compará-los com áreas de regeneração natural, buscando relacionar este tempo de condução com o aumento da qualidade do solo e desta forma identificando sistemas agrícolas mais sustentáveis.

MATERIAL E MÉTODOS

Área Experimental

Este experimento foi realizado no município de Adrianópolis – PR, em um sistema agroflorestal multiestrato sucessional e em uma área de regeneração natural pertencente a um produtor ligado à Associação Cooperafloresta. O clima da região é classificado em Cfa, conforme Koeppen. A vegetação nativa é a Floresta Ombrófila Densa Submontana (BROWN et al., 2009). A precipitação média anual é de 1727 mm e a temperatura média anual de 23, 2 °C (IAPAR, 2011). Os solos da área de estudo foram classificados como Neossolo Regolítico Eutrófico típico.

Delineamento Experimental e Tratamentos

O experimento foi composto por três tratamentos: agrofloresta com até cinco anos (AG 05); agrofloresta de 5 – 10 anos (AG 10); RN: Áreas de regeneração natural de 10 anos. O delineamento experimental utilizado foi o blocos ao acaso, com três repetições multiamostrais, totalizando nove parcelas estudadas. Cada repetição foi composta por uma parcela de 10 X 10 metros.

Atributos químicos do solo

Em cada parcela foram coletados solos nas profundidades de 0-2,5; 2,5-5,0; 5-10; 10-15; 15-30; 30-45; 45-60 centímetros. Nas camadas superficiais (até 15 centímetros) a coleta foi realizada com a abertura de sete minitrincheiras, já nas demais profundidades a coleta foi realizada com trado holandês, sendo coletadas quatorze amostras em cada parcela. As coletas foram realizadas em maio de 2012. Após a coleta as amostras foram levadas ao Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Universidade Federal do Paraná. As amostras foram secas e passadas em peneira de 2 mm. Foram determinados o pH em cloreto de cálcio (CaCl_2) 0,01 M, pH SMP, Ca^{+2} e Mg^{+2} extraídos por KCl 1 N, K^+ trocável extraído por Mehlich I e determinado por fotometria de chama acidez ativa, P disponível extraído por Mehlich I e carbono orgânico (método espectrofotométrico).

Análises estatísticas

A homogeneidade das variâncias foi testada pelo teste de Bartlett, os resultados foram submetidos à análise de variância “ANOVA”, e as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos atributos químicos são apresentados no quadro 1.

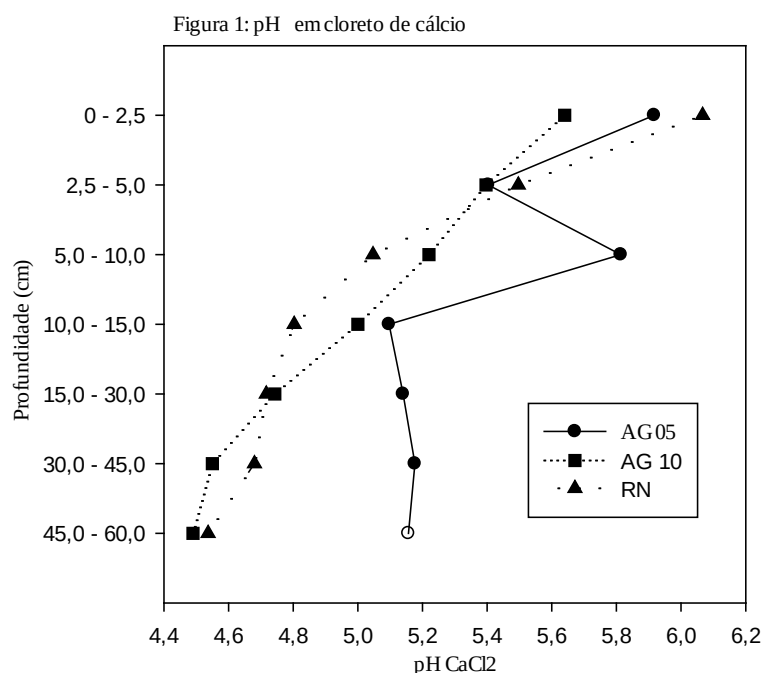
Os valores de pH em CaCl_2 (Figura 1) variaram entre 4,49 a 6,07. Os AG 05 apresentaram os maiores valores de pH, os AG 10 apresentaram os menores valores, já o tratamento RN obteve valores intermediários entre os dois tratamentos. Os maiores valores foram observados na superfície do solo, (0 – 2,5 cm) havendo diminuição destes valores em profundidade. Estes resultados podem ser explicados pela absorção, exportação, e pela lixiviação de bases trocáveis pelas espécies florestais, este fato é confirmado pela menor concentração de bases trocáveis, principalmente

Ca e Mg, nas áreas de AG 10 e RN. Outro fator que pode estar contribuindo para a diminuição do pH é a liberação de ácidos orgânicos pela decomposição da serapilheira (MAFRA et al., 2008).

Quadro 1: Atributos químicos do solo nos tratamentos agrofloresta de 05 anos (AG 05), agrofloresta de 5-10 anos, e regeneração natural (RN) nas profundidades avaliadas

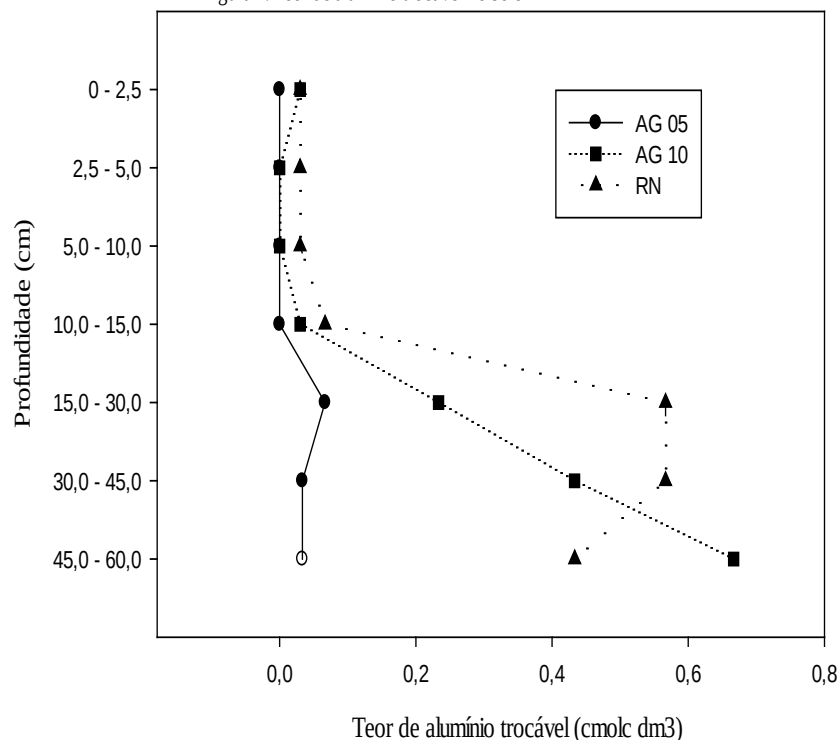
Tratamento	Profundidade (cm)	pH CaCl ₂	pH SMP	Al ³⁺	Ca ⁺²	Mg ²⁺	K ⁺	P	C
				----- cmol _c dm ⁻³ -----			mg dm ⁻³	g dm ⁻³	
AG 5	0 - 2,5	5,92 aA	6,69 aA	0,00 b	6,40 aA	2,43 aA	0,17 aA	5,03 aA	33,70 aA
	2,5 - 5,0	5,40 aB	6,35 aB	0,00 b	7,63 aAB	3,13 aAB	0,13 aB	3,47 aAB	22,23 aB
	5,0 - 10,0	5,81 aB	6,46 aAB	0,00 b	7,03 aBC	3,00 a ABC	0,11 aC	3,13 aB	20,97 aC
	10,0 - 15,0	5,10 aC	6,34 aB	0,00 b	5,97 aCD	2,47 aC	0,06 aD	1,60 aB	15,60 aCD
	15,0 - 30,0	5,14 aC	6,51 aAB	0,07 b	4,57 aCD	2,43 aC	0,08 aCD	3,07 aB	13,67 aDE
	30,0 - 45,0	5,18 aC	6,66 aAB	0,03 b	4,67 aD	2,07 aC	0,06 aD	3,70 aB	9,00 aE
	45,0 - 60,0	5,16 aC	6,75 aB	0,03 b	3,83 aD	1,83 aBC	0,05 aD	3,73 aB	8,10 aE
AG 10	0 - 2,5	5,64 bA	6,58 aA	0,03 ab	6,17 bA	2,86 aA	0,15 bA	6,50 aA	26,07 aA
	2,5 - 5,0	5,40 bB	6,40 aB	0,00 ab	5,33 bAB	2,16 aAB	0,10 bB	4,50 aAB	21,53 aB
	5,0 - 10,0	5,22 bC	6,42 aB	0,00 ab	4,50 bBC	1,80 aABC	0,07 bC	2,93 aB	15,27 aC
	10,0 - 15,0	5,00 bC	6,36 aB	0,03 ab	2,90 bCD	1,14 aC	0,05 bD	1,80 aB	13,70 aCD
	15,0 - 30,0	4,74 bC	6,18 aB	0,23 ab	3,43 bCD	1,37 aC	0,05 bCD	2,97 aB	11,17 aDE
	30,0 - 45,0	4,55 bC	6,19 aB	0,43 ab	2,67 bD	1,33 aC	0,04 bD	2,03 aB	9,93 aE
	45,0 - 60,0	4,49 bC	6,24 aB	0,07 ab	2,13 bD	1,33 aBC	0,04 bD	0,9 aB	9,37 aE
RN	0 - 2,5	6,07 abA	6,77 aA	0,03 a	7,50 bA	4,27 aA	0,17 bA	7,20 aA	35,93 aA
	2,5 - 5,0	5,50 abB	6,49 aB	0,03 a	4,63 bAB	3,03 aAB	0,10 bB	2,80 aAB	21,87 aB
	5,0 - 10,0	5,05 abB	6,31 aB	0,03 a	3,17 bBC	2,27 aABC	0,06 bC	3,10 aB	14,93 aC
	10,0 - 15,0	4,80 abC	6,28 aB	0,07 a	2,93 bCD	1,77 aC	0,05 bD	0,23aB	14,00 aCD
	15,0 - 30,0	4,72 a bC	6,39 aB	0,06 a	2,50 bCD	1,20 aC	0,04 bCD	0,17aB	12,10 aDE
	30,0 - 45,0	4,68 abC	6,46 aB	0,06 a	2,27 bD	1,37 aC	0,03 bD	0,10 aB	8,70 aE
	45,0 - 60,0	4,54 abC	6,31 aB	0,04 a	2,30 bD	2,93 aBC	0,03 bD	0,10 aB	8,43 aE

Letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre tratamentos para mesmas profundidades; Letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre profundidades do mesmo tratamento Tukey a 5%.



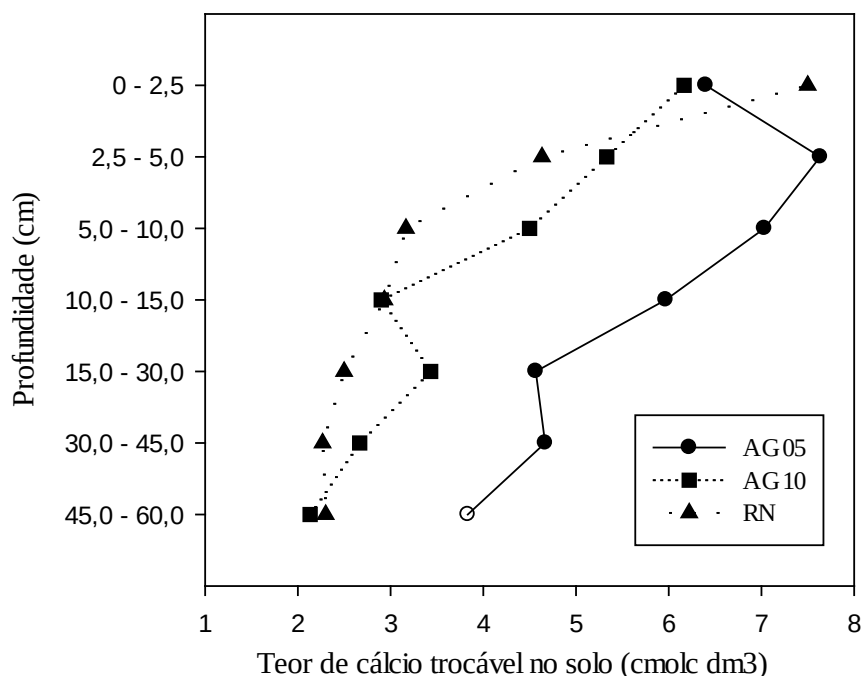
Estes resultados contrapõe os resultados obtidos por Menezes et al. (2008) que observou valores de pH maiores em AG's do que áreas de floresta remanescente, porem isto pode ser explicado pelo fato que o histórico destas áreas mostra a ocorrência de queimadas, e que esta teria aumentado o pH em todos os tratamentos em estudo pela adição de bases trocáveis provenientes da biomassa vegetal.

Figura 2: Teor de alumínio trocável no solo



Os valores de pH SMP variaram de 6,19 à 6,75, porém não diferiram estatisticamente entre os tratamentos, sendo os maiores valores observados também em superfície.

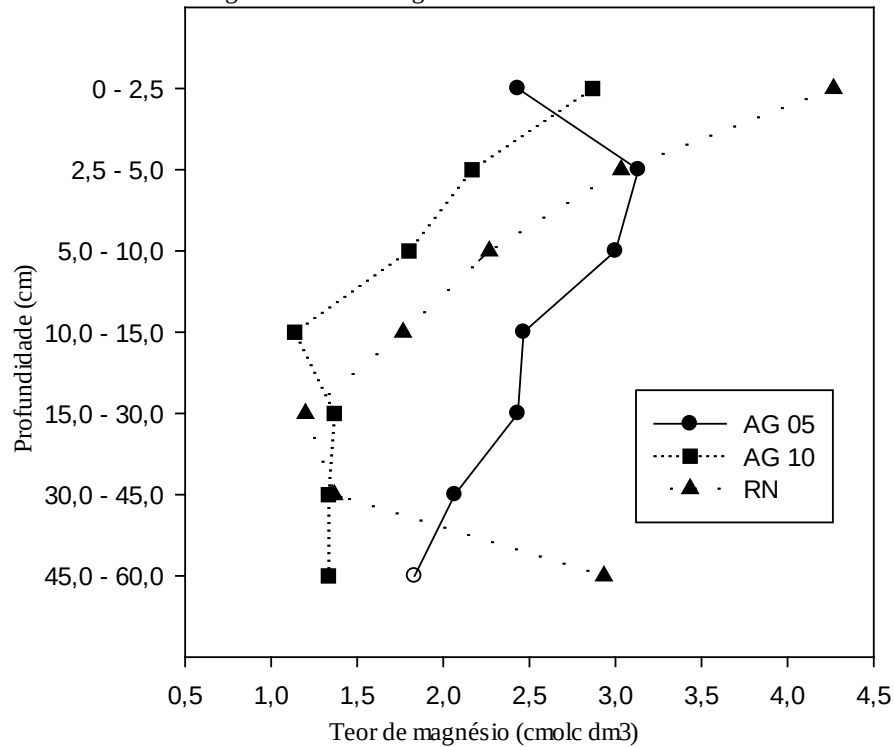
Gráfico 03: Teor de cálcio trocável no solo



Os teores de alumínio trocável (Figura 2) variaram de 0,00 a 0,07 cmolc dm⁻³, sendo maiores nas áreas de regeneração natural, com exceção da profundidade 45 - 60 centímetros, o tratamento AG 10 apresentou teores intermediários, e o tratamento AG 05 apresentou os menores teores de alumínio trocável. Este comportamento pode ser explicado em função dos valores de pH, isto porque em baixos valores de pH ocorre a solubilização do alumínio trocável do solo (MAFRA et al., 2008). Estes valores são menores que os encontrados por Barros et al. (2010) em mata nativa no município de Adrianópolis.

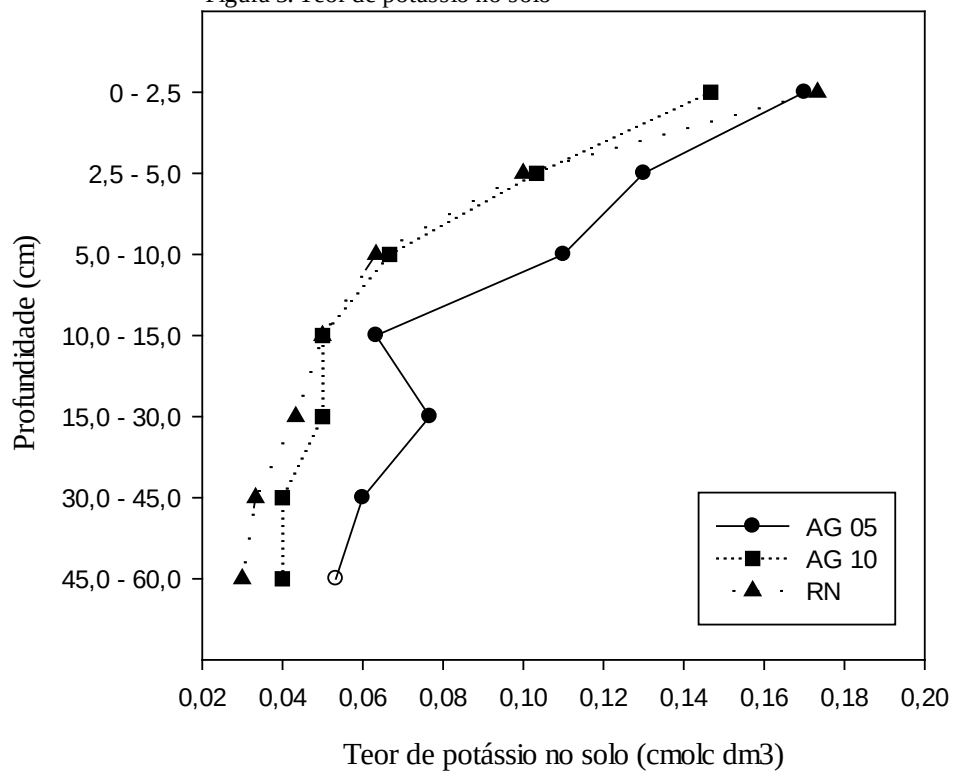
Os teores de cálcio variaram de 2,13 a 7,62 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ entre os tratamentos. O tratamento AG 05 apresentou os maiores teores de cálcio (Figura 3), já os tratamentos AG 10 e RN apresentaram menores teores e não diferiram estatisticamente entre si. Houve um gradiente ao longo do perfil, sendo os maiores teores encontrados em superfície e decrescendo em profundidade.

Figura 4: Teor de magnésio no solo



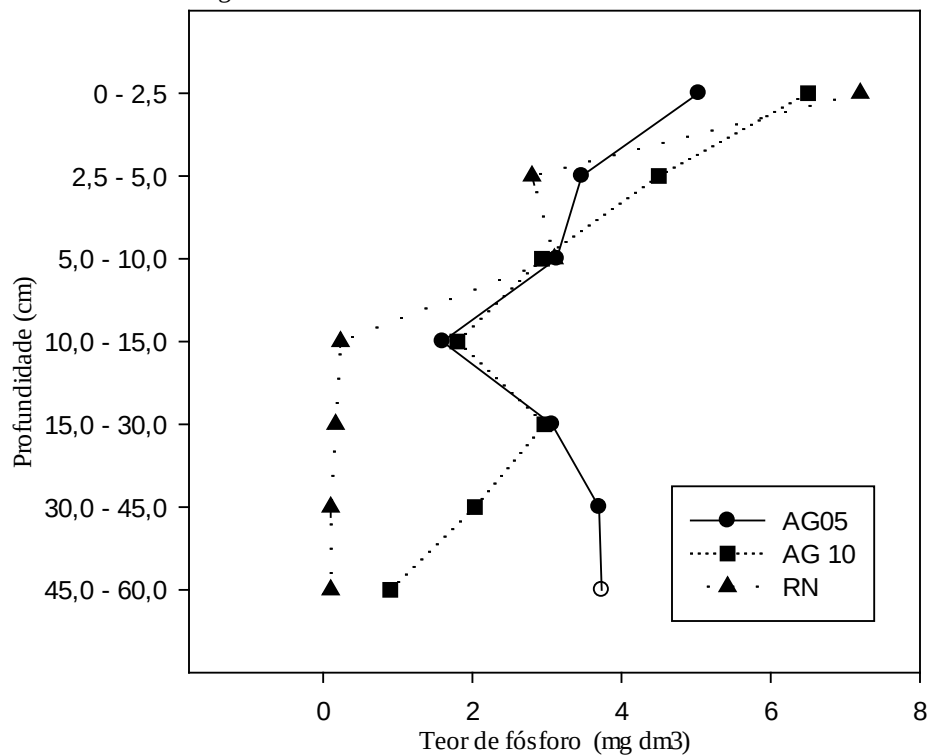
Os teores de magnésio (Figura 4) não variaram entre os tratamentos, ficando entre 1,13 a 4,27 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$. Os maiores teores foram observados em superfície diminuindo com a profundidade.

Figura 5: Teor de potássio no solo



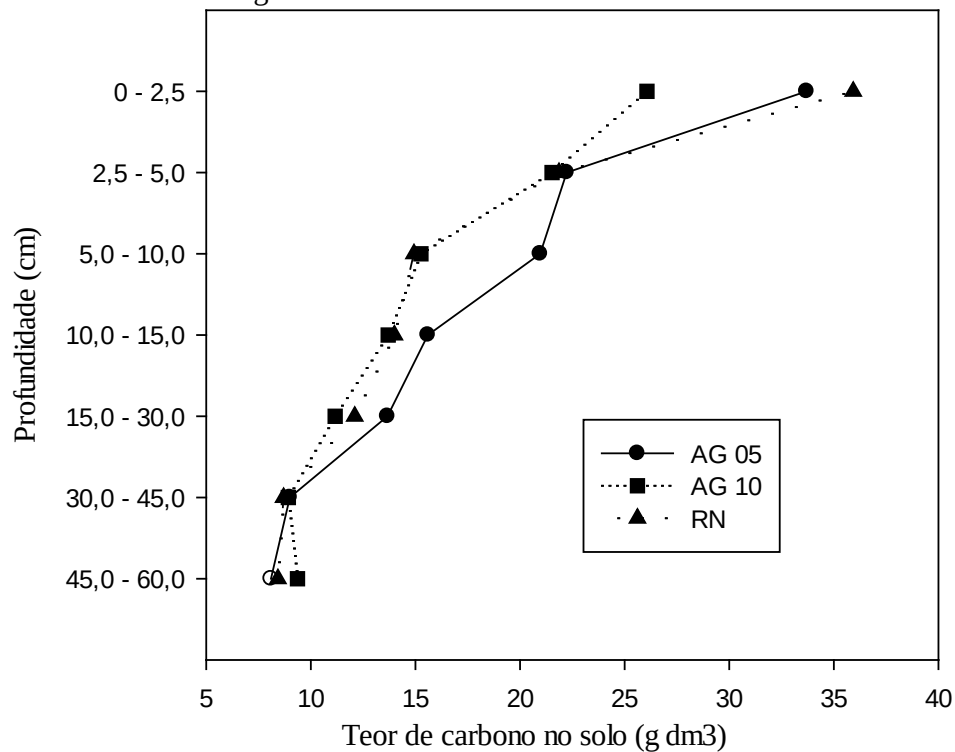
Os teores de fósforo (Figura 6) não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos, apenas diferença entre profundidades, sendo superior em superfície, isto está relacionado à baixa mobilidade deste nutriente e a ação conjunta do bombeamento de nutrientes pelas raízes das camadas mais profundas (LIMA et al., 2011).

Figura 6: Teor de fósforo no solo



Os teores de carbono no solo (Figura 7) não apresentaram diferenças entre os tratamentos, somente foi observado um decréscimo em profundidade. Isto comprova que as AG's tem o potencial de produzir alimentos sem diminuir o teor de carbono no solo, este resultado corrobora com os resultados de Menezes et al. (2008) e Froufe et al. (2011).

Figura 7: Teor de carbono no solo



CONCLUSÕES

Os sistemas agroflorestais multiestrata sucessionais impactaram de forma positiva os atributos químicos de qualidade do solo quando comparados com áreas de regeneração natural, contribuindo para a produção de alimentos e a sustentabilidade dos agroecossistemas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Projeto Agroflorestar, coordenado pela Cooperafloresta e patrocinado pelo Programa Petrobras Ambiental, em cujo âmbito de ações este trabalho foi desenvolvido.

REFERÊNCIAS

- ALFAIA, S. S.; RIBEIRO, G. A.; NOBRE, R.; LUIZÃO, R. C. & LUIZÃO, F. J. Evaluation of soil fertility in smallholder agroforestry systems and pastures in western Amazonia. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 102, p. 409 - 414, 2004.
- BARROS, Y. J.; MELO, V. F.; DIONISIO, J. A.; OLIVEIRA, E. B.; CARON, L.; KUMMER, L.; AZEVEDO, J. C. R.; SOUZA, L. C. P. Indicadores de qualidade de solos em área de mineração e metalurgia de chumbo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 1397 - 1411, 2010.
- BOLEY, J. D.; DREW, A. P. & ANDRUS, R. Effects of active pasture, teak (*Tectona grandis*) and mixed native plantations on soils chemistry in Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 257, p. 2254 - 2261, 2009.
- BROWN, G. G.; MASHIO, W.; FROUFE, L. C. M. Macrofauna do solo em sistemas agroflorestais e Mata Atlântica em regeneração nos municípios de Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, PR. **Documento 184 – EMBRAPA FLORESTAS**, 2009.
- FAVERO, C.; LOVO, I. C. & MENDONÇA, E. S. Recuperação de área degradada com sistema agroflorestal no Vale do Rio Doce, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, p. 861 - 868, 2008.
- FROUFE, L. C. M.; RACHWAL, M. F. G.; SEONE, C. E. S. Potencial de sistemas agroflorestais multiestrata para sequestro de carbono em áreas de ocorrência Floresta Atlântica. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 66, p. 143-154, 2011.
- IAPAR – **instituto Agrônomo do Paraná. Cartas Climáticas do Paraná**. Disponível em: < <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em 20 jul. 2011.
- LIMA, S. S.; LEITE, L. F. C.; AQUINO, A. M. OLIVEIRA, F. C. & CASTRO, A. A. J. F. Serapilheira e teores de nutrientes em argissolo sob diferentes manejos no norte do Piauí. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, p. 75 - 84, 2010.
- LIMA, S. S.; LEITE, L. F. C.; OLIVEIRA, F. C.; COSTAS, D. B. Atributos químicos e estoque de carbono e nitrogênio em Argissolo Vermelho – Amarelo sob sistemas agroflorestais e agricultura de corte e queima no norte do Piauí. **Revista Árvore**, v. 35, p. 51- 60, 2011.
- MAFRA, A. L.; GUEDES, S. F. F.; FILHO, O. K.; SANTOS, J. C. P.; ALMEIDA, J. A.; DALLA ROSA, J. Carbono orgânico e atributos químicos do solo em áreas florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, p. 217- 224, 2008.
- MENEZES, J. M. T.; LEEUWEN, J.; VA LERI, S. V.; CRUZ, M. C. P. & LEANDRO, C. Comparação entre solos sob uso agroflorestal e em florestas remanescentes adjacentes, no norte de Rondônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 893 - 898, 2008.
- NAIR, P. K. R.; NAIR, V. D.; KUMAR, B. M. & HAILE, S. G. Soil carbon sequestration in tropical agroforestry systems: a feasibility appraisal. **Environmental Science & Policy**, Exeter, v. 12, p. 1099 - 1111, 2009.
- NEVES, Y. P.; MARTINEZ, H. E. P.; SOUZA, C. M.; CECONS, P. R. Teor de água e fertilidade do solo com cafeeiros cultivados em sistemas agroflorestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, p. 575 - 588, 2007.
- QUINKENSTEIN, A.; WÖLLECKE, J.; BÖHM, C.; GRÜNEWALD, H.; FREESE, D.; SCHNEIDER, B. U. & HÜTTL, R. F. Ecological benefits of the alley cropping agroforestry system in sensitive regions of Europe. **Environmental Science & Policy**, Exeter, v. 12, p. 1112 - 1121, 2009.
- RIGHI, C. A. & BERNARDES, M. S. Disponibilidade de energia radiante em um sistema agroflorestal com seringueiras: produtividade do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 67, p. 533 - 540, 2008.
- SALGADO, B. G.; MACEDO, R. L. G.; ALVARENGA, M. I. N. & VENTURIN, N. Avaliação da fertilidade dos solos de sistemas agroflorestais com cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Lavras-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, p. 343-349, 2006.
- SHARMA, G.; SHARMA, R. & SHARMA, E. Impacto f standage on soil C, N and P dtnamics in a 40 year chronosequence of Alder-cardamom agroforestry stands of the Sikkim Himalaya. **Pedobiologia**, Jena, v. 52, p. 401 - 414, 2009.
- SOUZA, H. N.; GOEDE, R. G. M.; BRUSSARD, L.; CARDOSO, I. M.; DUARTE, E. M. G.; FERNANDES, R. B. A.; GOMES, L. C.; PULLEMAN, M. M. Protective shade, tree diversity and soil properties in coffee agroforestry systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 146, p. 179 – 196, 2012.