

Distribuição horizontal e vertical de fósforo em sistemas de cultivos exclusivos de soja e de integração lavoura-pecuária-floresta

Debora Diel⁽¹⁾, Maurel Behling⁽²⁾, Austeclínio Lopes de Farias Neto⁽²⁾ e Elaine Cristina Casula Isernhagen⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Federal de Mato Grosso, Avenida Alexandre Ferronato, nº 1.200, Setor Industrial, CEP 78550-000 Sinop, MT, Brasil. E-mail: debora_diel@hotmail.com, elainecasula@gmail.com ⁽²⁾Embrapa Agrossilvipastoril, Rodovia MT 222, Km 2,5, CEP 78550-970 Sinop, MT, Brasil. E-mail: maurel.behling@embrapa.br, austerfarias@gmail.com

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição horizontal e vertical do fósforo no solo e a produtividade de soja em sistemas de cultivos exclusivos e de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Foram avaliados os tratamentos: floresta plantada de eucalipto; lavoura de soja e milho safrinha consorciado com *Urochloa brizantha* 'Marandu'; pastagem de *U. brizantha*; sistema de ILPF; e duas áreas controle, com floresta nativa e pousio. O solo foi coletado nas camadas de 0–5, 5–10, 10–20 e 20–30 cm, para determinação das características químicas. As avaliações foram realizadas no segundo ano agrícola após a implantação do experimento. No sistema de ILPF, solo e produtividade foram avaliados em quatro transectos equidistantes, no centro do renque e a 3, 6, 10 e 15 m do renque, nas faces norte e sul. Os teores de P disponível (Mehlich-1) foram maiores nas camadas superficiais do solo, nos sistemas com soja/milho safrinha e com ILPF. No ILPF, os teores de P disponível não diferiram entre as distâncias do renque das árvores, e a produtividade de soja não diferiu da observada no sistema com soja/milho safrinha. Portanto, com dois anos de implantação, o sistema ILPF ainda não é capaz de interferir marcadamente nas características químicas do solo e na produtividade da soja.

Termos para indexação: *Eucalyptus*, agrossilvipastoril, ILPF, nível crítico, P remanescente, sistemas de produção.

Phosphorus horizontal and vertical distribution in single soybean crop and in integrated crop-livestock-forest systems

Abstract – The objective of this work was to evaluate the horizontal and vertical distribution of soil phosphorus and soybean yield in single-crop and in integrated crop-livestock-forest (ICLF) systems. The evaluated treatments were: forest planted with eucalyptus; soybean crop and off-season corn intercropped with *Urochloa brizantha* 'Marandu'; *U. brizantha* pasture; ICLF system; and two control areas, with native forest and fallow. Soil samples were taken at the depths of 0–5, 5–10, 10–20, 20–30 cm for determining chemical characteristics. Evaluations were done in the second crop year after the implementation of the experiment. In the ICLF system, soil and yield were evaluated in four equidistant transects, at the center of the tree rows, and at 3, 6, 10, and 15 m from the rows on the northern and southern sides. Available P levels (Mehlich-1) were greater at the upper soil layers, in the systems with soybean/off-season corn and ICLF. In ICLF, available P contents did not differ between the distances from the tree rows, and soybean yield did not differ from the one observed in the soybean/off-season corn system. Therefore, a two-year ICLF is not yet capable of major interference on soil chemical characteristics and on soybean yield.

Index terms: *Eucalyptus*, agrossilvipastoral, ICLF, critical level, remaining P, production systems.

Introdução

O sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) visa diversificar as atividades e intensificar o uso da terra, além de servir como alternativa para aumentar a renda dos agricultores (Alvarenga et al., 2010). A interação entre os componentes do sistema (animais, forrageiras, culturas anuais e espécies florestais) pode aumentar a produtividade das áreas agrícolas, pela melhoria das propriedades físicas,

químicas e biológicas do solo, bem como pela quebra de ciclos bióticos (pragas e doenças) (Balbino et al., 2011; Vilela et al., 2011; Anghinoni et al., 2012).

A integração lavoura-pecuária (ILP) consiste de um sistema de integração já bem estabelecido, que possibilita a exploração econômica da área durante todo o ano, o que favorece o aumento da oferta de grãos, de carne e de leite, a um custo menor, em virtude do sinergismo entre lavouras e pastagens (Alvarenga &

Noce, 2005). Contudo, segundo Balbino et al. (2011), a inclusão do componente arbóreo aos componentes lavoura e pastagem (ILPF) representa um avanço inovador em relação à ILP.

A inclusão de árvores no sistema de produção pode influenciar a quantidade e a disponibilidade de nutrientes na zona de absorção radicular das culturas consorciadas. Isso ocorre porque o sistema radicular das árvores, por ser mais profundo, intercepta os nutrientes localizados em camadas do solo pouco acessíveis às raízes das culturas agrícolas ou forrageiras e os disponibiliza na superfície do solo (Castro et al., 1996). Dessa forma, a deposição de biomassa das árvores e das gramíneas na superfície do solo consiste num meio importante de ciclagem de nutrientes. Além disso, a disponibilidade de grande quantidade de resíduos orgânicos, em constante renovação pelas árvores e pela pastagem, aumenta os teores de carbono e melhora as condições de aeração, de infiltração de água e de estruturação do solo (Loss et al., 2011; Silva et al., 2011; Freitas et al., 2013).

Apesar de vários estudos mostrarem os benefícios da ILPF sobre diferentes variáveis, informações relativas à disponibilidade de nutrientes nesses sistemas ainda demandam maior entendimento. O efeito de interação entre os componentes do sistema de ILPF sobre a disponibilidade de nutrientes pode ser positivo (favorecimento), neutro ou negativo (competição), e depende de diversos fatores ecológicos (Callaway & Walker, 1997). Portanto, são necessários trabalhos que ajudem a entender melhor as relações entre as árvores e os diferentes componentes de sistemas de ILPF, para se definir uma distância mínima entre as faixas de árvores e o componente agrícola, que possa favorecer interações positivas entre eles.

Sistemas de ILPF dimensionados adequadamente elevam a eficiência de utilização de nutrientes, principalmente a do fósforo, que é o nutriente mais limitante à produtividade em solos tropicais. É importante destacar que, nesses solos, mesmo a aplicação de grandes quantidades de fertilizantes fosfatados costuma ser econômica, tendo em vista o elevado potencial de resposta das plantas ao nutriente (Sousa et al., 2004). Em sistemas de ILPF, a participação de formas orgânicas no estoque dos nutrientes aproveitáveis pelas culturas (Tokura et al., 2002) pode induzir alterações significativas na liberação, na dinâmica e na disponibilidade de fósforo no solo. A ciclagem mais eficiente de P no

sistema, os acréscimos na taxa de mineralização da matéria orgânica do solo (MOS) e o bloqueio de sítios de adsorção de fósforo pela matéria orgânica podem diminuir os níveis críticos do nutriente no solo (Fox & Searle, 1978; Sousa et al., 2007).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição horizontal e vertical do fósforo e a produtividade de soja em sistemas de cultivo exclusivos e de integração lavoura-pecuária-floresta.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado na área experimental da Embrapa Agrossilvipastoril, em região de transição entre Cerrado e Floresta Amazônica (Araujo et al., 2009), em Sinop, MT (11°51'S, 55°35'W, a 384 m de altitude). O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo Aw, tropical com inverno seco, com médias anuais de temperatura de 25°C, umidade relativa de 82,5% e precipitação de 2.550 mm (Instituto Nacional de Meteorologia, 2013). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (Oliveira et al., 1982), de relevo plano, com as seguintes características químicas antes da instalação do experimento, na camada de 0–20 cm: pH em H₂O de 5,7; 8,7 mg dm⁻³ de P (Mehlich-1); 74 mg dm⁻³ de K (Mehlich-1); 2,5 cmol_c dm⁻³ de Ca; 0,81 cmol_c dm⁻³ de Mg; 0,02 cmol_c dm⁻³ de Al; e 16 g kg⁻¹ de matéria orgânica (MO). A textura do solo é argilosa, com 322 g kg⁻¹ de areia, 118 g kg⁻¹ de silte e 560 g kg⁻¹ de argila.

A área experimental começou a ser desmatada em 1984, para produção de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) (Araujo, 2009), com término do desmatamento na década de 2000. No início da década de 1990, a área passou a ser cultivada com arroz (*Oryza sativa* L.) e, posteriormente, com soja [*Glycine max* (L.) Merr.]. De 2002 a 2007, ela foi cultivada com soja e milho safrinha (*Zea mays* L.), no sistema convencional. Nas safras 2007/2008 e 2008/2009, foram realizadas sucessões de soja e algodão (*Gossypium hirsutum* L.). Na safra 2010/2011, a área permaneceu em pousio.

Foram avaliados os seguintes tratamentos: floresta plantada (F), com sistema de cultivo monoespecífico de eucalipto (*Eucalyptus urograndis*, clone H13), no espaçamento 3,5x3,0 m; lavoura, no sistema de cultivo exclusivo com soja 'BRSGO 8560RR' e milho safrinha consorciado com *Urochloa brizantha* 'Marandu' (L); pastagem de *U. brizantha* 'Marandu' (P); e sistema

de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), com cultivo de eucalipto em faixas (renques) de linhas triplas, no espaçamento 3,5x3,0 m entre plantas e na distância de 30 m entre renques, com cultivos anuais entre os renques de soja na safra e de milho consorciado com *U. brizantha* 'Marandu' na safrinha. Como testemunhas, foram coletadas quatro amostras de uma área de mata nativa (mata secundária caducifolia), próxima à área experimental, e duas amostras de uma área de pousio (sem manejo desde a implantação do experimento), localizada entre os blocos do experimento. Cabe ressaltar que, da implantação do experimento até a época das avaliações, não houve pastejo na área experimental (ausência do componente animal da ILPF); tendo-se realizado apenas a fenação, na safra 2011/2012. A entrada dos animais está prevista para a safra 2014/2015.

Os tratamentos foram implantados na safra 2011/2012, tendo-se plantado as árvores em novembro de 2011. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições.

As adubações realizadas variaram de acordo com a necessidade das culturas implantadas. Nas áreas com eucalipto, foram aplicados 350 kg ha⁻¹ de superfosfato simples no sulco do plantio. Posteriormente, foram feitas adubações de cobertura com 100 g por planta da formulação NPK 20-00-20. Nas áreas de pastagem, foram utilizados 400 kg ha⁻¹ de NPK 04-30-16, somente no primeiro ano agrícola. Para a cultura da soja (safra), foram fornecidos 400 kg ha⁻¹ de NPK 00-20-20 no primeiro e no segundo ano agrícola; além disso, foram realizadas adubações com 400 kg ha⁻¹ de NPK 04-30-16 no milho safrinha consorciado com *U. brizantha*.

As avaliações foram realizadas no segundo ano agrícola, após implantação do experimento, na safra 2012/2013. Nos cultivos exclusivos e nas testemunhas (mata e pousio), foram realizadas amostragens compostas de solo, com auxílio do trado tipo sonda, nas camadas 0–5, 5–10, 10–20 e 20–30 cm, para análises químicas. Nas duas primeiras camadas, foram retiradas 50 subamostras para compor uma amostra composta; nas demais camadas, foram retiradas 25 subamostras, em cada parcela, de forma a obter volume de solo equivalente entre as diferentes profundidades (Nicolodi et al., 2002).

No sistema de ILPF, onde o componente florestal está presente, o solo foi amostrado no sentido transversal às

linhas da espécie florestal (transecto), partindo-se do meio da área do renque central até 15 m no centro da área destinada à lavoura (entre os renques). As amostras de solo foram retiradas nas camadas de 0–5, 5–10, 10–20 e 20–30 cm, no centro do renque e às distâncias de 3, 6, 10 e 15 m da linha externa do renque central, para ambos os lados (norte e sul). Foram coletadas amostras de solo em quatro transectos equidistantes (50 m), para formar uma amostra composta em cada posição de coleta e profundidade.

Após a realização das coletas em campo, as amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de malha (TFSA). Foram feitas análises químicas de rotina para pH em H₂O, P, K, Ca, Mg, Al³⁺, H+Al, MO e P remanescente (P-rem). Os métodos utilizados foram: P e K, Mehlich-1; Ca, Mg e Al, KCl 1 mol L⁻¹; H+Al, acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0; MO, Walkley & Black; e P-rem, método do P em solução de equilíbrio (Lopes & Alvarez V., 1999). O nível crítico dos teores de P foi estimado por meio do P-rem ($NC = 4,62 + 0,324731P\text{-rem} + 0,00160568P\text{-rem}^2$), conforme Alvarez V. et al. (2000).

As avaliações das características agrônômicas da soja foram realizadas no estágio de desenvolvimento R8. As parcelas foram constituídas de duas linhas de 5 m, avaliadas e colhidas nas mesmas posições e distâncias da coleta do solo. Foram avaliados: número de plantas; índice de acamamento, com notas de 1 a 5, em que 1 >90% de plantas eretas, e 5 >80% de plantas acamadas (Bernard et al., 1965); massa de 100 grãos; e produtividade de grãos (umidade corrigida para 13%).

Avaliou-se a normalidade da distribuição dos dados, pelo teste Lilliefors, e a homogeneidade de variâncias, pelos testes Hartley, Cochran e Bartlett. Após a verificação dos pressupostos da análise de variância, os dados foram analisados. No caso de significância a 5% de probabilidade, as comparações foram feitas por meio de contrastes ortogonais: ILPF vs. cultivos exclusivos (C1 = ILPF vs. F+L+P); floresta plantada vs. lavoura e pastagem (C2 = F vs. L+P); lavoura vs. pastagem (C3 = L vs. P); lavoura exclusiva vs. lavoura no sistema de ILPF (C4 = L da ILPF vs. L); floresta exclusiva vs. floresta no sistema de ILPF (C5 = F da ILPF vs. F); floresta vs. lavoura (C6 = F vs. L); e floresta vs. pastagem (C7 = F vs. P). As demais comparações entre os tratamentos e entre as áreas controle (mata e pousio) foram feitas com uso do erro-padrão da média.

Resultados e Discussão

Na comparação entre o sistema de ILPF e os sistemas exclusivos de lavoura, pastagem e floresta (C1), verificaram-se diferenças significativas para pH, P, P-rem, saturação por bases (V) e MO, nas camadas subsuperficiais do solo (20 a 30 cm). Quanto ao P disponível (Mehlich-1), também foram observados resultados significativos para todos os contrastes, em ao menos uma das camadas avaliadas (Tabela 1).

O pH em H₂O do solo em mata nativa foi menor do que o do solo nos sistemas de produção (Figura 1). A mata nativa, por preservar a condição original do solo, manteve os valores naturalmente baixos de pH do solo. Os sistemas de produção apresentaram valores de pH do solo semelhantes entre si, por receberem o mesmo manejo, que incluiu a calagem para correção da acidez do solo (Caires et al., 2000). Já quanto à V, houve diferença significativa entre os tratamentos na primeira (0–5 cm) e na última camada do solo (20–30 cm). A pastagem apresentou saturação por bases de 28%, que, apesar de muito baixa, não chegou a prejudicar significativamente seu desenvolvimento.

Os valores de distribuição horizontal e vertical de pH e V, no sistema de ILPF, não diferiram significativamente (Figura 2). Os valores de pH e V apresentaram correlações altamente significativas com os teores de P disponível (Mehlich-1), em todas as camadas avaliadas.

Quanto à matéria orgânica do solo, a área de mata nativa apresentou os maiores teores (Figura 1). A ausência de mobilização do solo e o constante aporte de resíduos vegetais contribuem para esse resultado (Carneiro et al., 2009). Não foram encontradas diferenças significativas nos teores de MOS ao longo das distâncias do renque das árvores, nas diferentes camadas avaliadas, tanto na face sul como na face norte (Figura 2).

Os valores de P-rem não diferiram significativamente entre os sistemas exclusivos (F, L ou P) e a ILPF (Figura 1). No entanto, pôde-se observar maiores teores nas camadas superficiais do solo; porém sem diferenças significativas, exceto na distância de 3 m do renque, na face sul (Figura 2). A disponibilidade de P no solo depende da interação entre os fatores: quantidade (Q), que mede a reserva lábil do elemento no solo; intensidade (I), que mede o nutriente em solução; e capacidade tampão (CT), que mede a capacidade de

reposição do nutriente da reserva lábil para a solução do solo ($\Delta Q/\Delta I$) (Novais & Smyth, 1999).

Na interpretação dos teores de fósforo, os sistemas com lavoura apresentaram disponibilidade do nutriente de boa a muito boa, enquanto as áreas de pousio, pastagem e a faixa de árvores exclusivas da ILPF apresentaram baixa disponibilidade. Na área de mata, a disponibilidade de P foi muito baixa e variou pouco em profundidade. O pousio, embora também seja uma área controle, mostrou teores de P disponível semelhantes aos dos tratamentos que receberam adubação fosfatada, por ter sido área de lavoura, com cultivo de soja e algodão, em anos anteriores.

Na média, o solo apresentou nível crítico de 12,3 mg dm⁻³ de P, de acordo com os valores de P-rem (Alvarez V. et al., 2000). Portanto, apenas nas camadas superficiais do solo, nas áreas com o componente lavoura, os teores de P estiveram acima do nível crítico (Figura 1). A ausência de revolvimento do solo e as adições consecutivas de resíduos orgânicos e de fertilizantes fosfatados em sua superfície justificam os teores mais elevados na camada superficial (Gatiboni et al., 2007).

Na avaliação da distribuição horizontal e vertical de P disponível no sistema de ILPF, não houve diferença significativa entre as distâncias de amostragem em relação ao renque de árvores (3, 6, 10 e 15 m) e nem entre as camadas avaliadas (Figura 2). Desse modo, até o segundo ano de implantação do sistema de ILPF, os processos de ciclagem biogeoquímica de fósforo pelas árvores ainda não tiveram intensidade suficiente para afetar a distribuição do fósforo no sistema.

A ausência de diferenças marcantes entre os tratamentos, quanto às características químicas do solo avaliadas, foi confirmada pelos resultados de desempenho agrônômico (Tabela 2). Não houve diferenças significativas de desempenho entre a soja cultivada em sistema exclusivo e no sistema de ILPF, para número de plantas, peso de 100 grãos, índice de acamamento e produtividade.

Em relação à distribuição horizontal do acamamento, entretanto, verificou-se maior índice a 3 m do renque, na face norte (Figura 3). No segundo ano agrícola, o eucalipto estava com 12 meses de idade, com valores médios de altura de 4 m e de diâmetro à altura do peito de 5,1 cm. A projeção máxima de sombra, na face norte, foi de 4 m, às 9h30 min. O sombreamento pelo

Tabela 1. Quadrados médios da análise de variância (QM) dos contrastes (C1 a C7) entre as variáveis pH, P disponível (Mehlich-1), P remanescente (P-rem), saturação por bases (V) e teor de matéria orgânica do solo (MO), nas camadas de 0–5, 5–10, 10–20 e 20–30 cm de profundidade.

Contrastes ⁽¹⁾	pH (H ₂ O)		P disponível		P-rem		V (%)		MO	
	QM	p	QM	p	QM	p	QM	p	QM	p
0–5 cm										
C1, ILPF vs. (F+L+P)	0,023	0,189	61,8	0,140	1,33	0,356	13,80	0,235	0,011	0,839
C2, F vs. (L+P)	0,008	0,433	413,3	0,002	4,34	0,113	53,70	0,033	0,580	0,157
C3, L vs. P	0,028	0,155	776,2	0,000	0,32	0,645	116,28	0,005	0,256	0,332
C4, ILPF-L vs. L	0,009	0,397	131,0	0,043	0,04	0,871	0,22	0,877	0,029	0,736
C5, ILPF-R vs. F	0,024	0,180	7,2	0,593	17,70	0,006	47,05	0,043	0,008	0,856
C6, F vs. L	0,000	0,949	994,6	0,000	4,35	0,113	0,91	0,751	0,165	0,431
C7, F vs. P	0,025	0,171	13,5	0,468	2,31	0,233	137,78	0,003	0,832	0,098
Média	5,7		15,6		23,5		33,6		5,2	
CV (%)	1,9		31,1		5,1		8,7		9,5	
5–10 cm										
C1, ILPF vs. (F+L+P)	0,122	0,037	74,4	0,001	0,43	0,666	16,29	0,387	0,069	0,412
C2, F vs. (L+P)	0,006	0,590	26,7	0,016	3,53	0,236	19,98	0,340	0,003	0,855
C3, L vs. P	0,000	0,904	56,7	0,002	0,72	0,580	48,51	0,151	0,076	0,388
C4, ILPF-L vs. L	0,110	0,045	8,1	0,136	0,86	0,546	3,14	0,699	0,008	0,774
C5, ILPF-R vs. F	0,014	0,421	2,6	0,373	31,60	0,004	21,45	0,324	0,000	1,000
C6, F vs. L	0,006	0,599	67,9	0,001	4,21	0,199	0,15	0,932	0,035	0,553
C7, F vs. P	0,004	0,683	0,5	0,693	1,45	0,437	54,08	0,132	0,008	0,778
Média	5,5		7,9		21,1		25,4		4,4	
CV (%)	2,6		22,0		7,0		17,5		6,9	
10–20 cm										
C1, ILPF vs. (F+L+P)	0,240	0,020	11,12	0,009	3,33	0,074	58,45	0,119	0,400	0,025
C2, F vs. (L+P)	0,002	0,820	1,98	0,221	2,80	0,096	4,95	0,628	0,440	0,020
C3, L vs. P	0,039	0,286	1,53	0,279	0,32	0,546	22,78	0,310	0,053	0,353
C4, ILPF-L vs. L	0,258	0,017	3,25	0,123	4,10	0,051	22,53	0,312	0,201	0,088
C5, ILPF-R vs. F	0,160	0,048	7,22	0,028	4,65	0,040	8,82	0,520	0,684	0,006
C6, F vs. L	0,018	0,461	3,38	0,116	1,36	0,227	0,21	0,920	0,211	0,082
C7, F vs. P	0,004	0,724	0,36	0,594	3,00	0,087	18,61	0,356	0,475	0,016
Média	5,3		2,8		20,0		18,9		3,2	
CV (%)	3,3		39,4		4,5		23,5		7,3	
20–30 cm										
C1, ILPF vs. (F+L+P)	0,219	0,001	1,89	0,021	7,03	0,087	81,99	0,035	0,400	0,026
C2, F vs. (L+P)	0,013	0,299	0,40	0,233	1,82	0,354	16,50	0,293	0,440	0,021
C3, L vs. P	0,003	0,599	0,28	0,311	6,13	0,106	91,80	0,027	0,053	0,358
C4, ILPF-L vs. L	0,159	0,004	0,95	0,080	12,38	0,031	18,23	0,271	0,201	0,091
C5, ILPF-R vs. F	0,048	0,064	1,62	0,030	1,20	0,447	1,20	0,770	0,684	0,007
C6, F vs. L	0,005	0,512	0,08	0,581	0,01	0,960	1,62	0,735	0,211	0,085
C7, F vs. P	0,016	0,251	0,66	0,134	5,78	0,115	69,03	0,048	0,475	0,017
Média	5,0		1,8		18,9		12,9		2,6	
CV (%)	2,1		27,5		7,3		28,2		9,1	

⁽¹⁾F, floresta plantada; L, lavoura exclusiva; P, pastagem; ILPF-L, componente lavoura no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF); e ILPF-R, renque do componente florestal no sistema de ILPF.

eucalipto influencia diretamente o acamamento das plantas.

Quanto à distribuição da produtividade, observou-se que ela diminuiu a 6 m do renque, na face sul. Porém, essa perda foi compensada pelo aumento na produtividade a 10 m das árvores. Não houve correlação significativa da produtividade da soja com os teores de

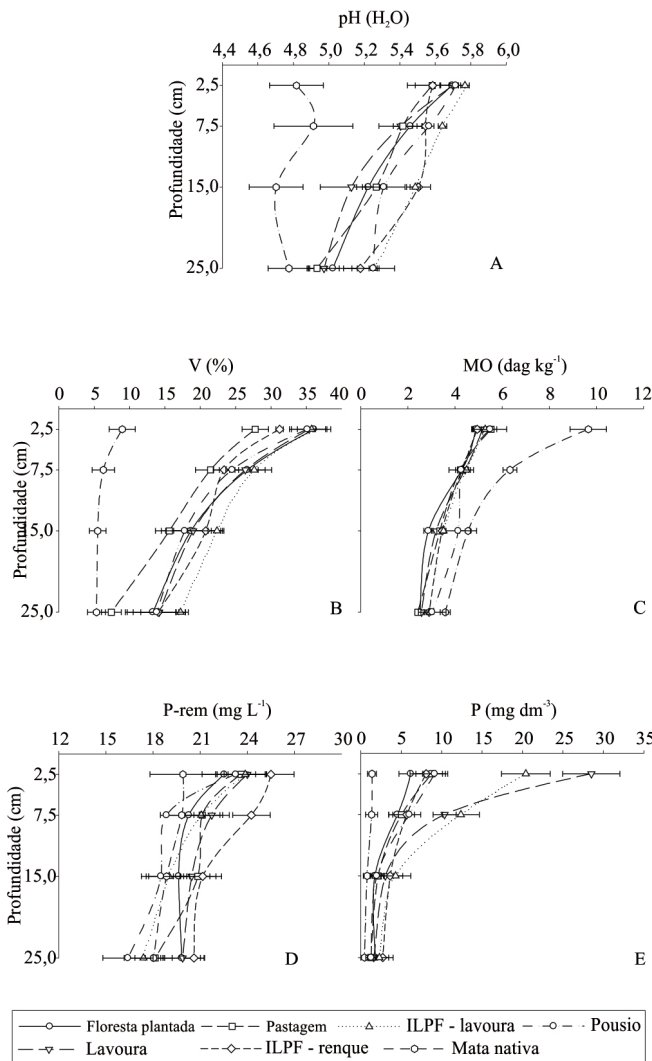


Figura 1. Distribuição vertical de: A, pH em H₂O; B, saturação por bases (V); C, teor de matéria orgânica no solo (MO); D, P remanescente (P-rem); e E, P disponível (Mehlich-1) em componentes exclusivos de cultivo, no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), na mata nativa e na área de pousio. Barra horizontal corresponde ao erro-padrão da média.

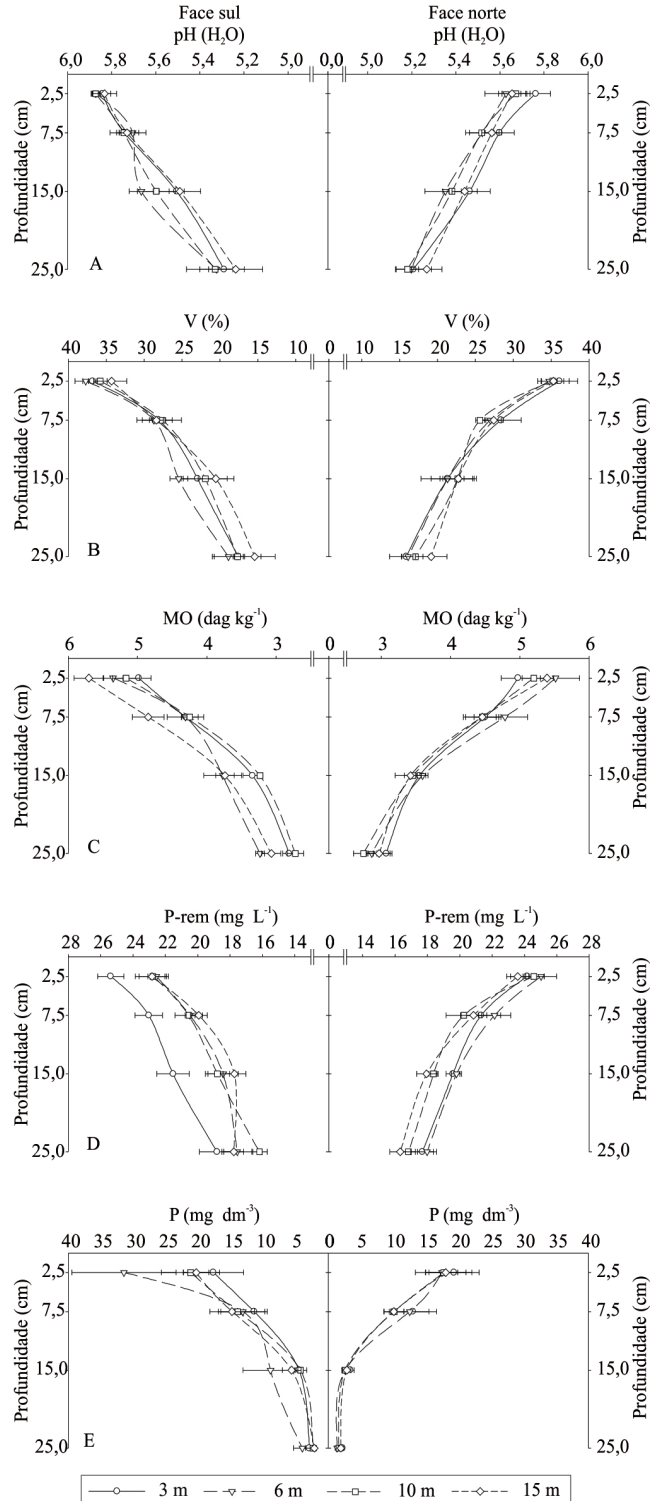


Figura 2. Distribuição horizontal e vertical de: A, pH em H₂O; B, saturação por bases (V); C, teor de matéria orgânica no solo (MO); D, P remanescente (P-rem); e E, P disponível (Mehlich-1), nas faces sul e norte do tratamento integração lavoura-pecuária-floresta. Barra horizontal corresponde ao erro-padrão da média.

P ($r=0,236$; $p>0,57$). A produtividade média de soja foi de 4.041 kg ha^{-1} na lavoura exclusiva e de 3.999 kg ha^{-1} na ILPF (Figura 3 D).

O processo de ciclagem de nutrientes no sistema de ILPF geralmente se intensifica entre o segundo e o terceiro ano, quando ocorre o fechamento do dossel (Poggiani & Schumacher, 2000). Nessa fase, aumenta a ciclagem biogeoquímica e a competição por água, luz e nutrientes, pelo componente florestal. Dessa forma, a ausência de diferenças significativas entre os sistemas exclusivos e o de ILPF, no presente trabalho, deveu-se,

provavelmente, ao fato de o sistema integrado ainda estar em desenvolvimento e necessitar de mais tempo para se estabelecer definitivamente (Siqueira Neto et al., 2009).

Pesquisas com sistemas integrados são essenciais para avaliação do real potencial de uso de novos modelos de produção. O presente trabalho pode contribuir para comparações futuras, em estudos em longo prazo, no sentido de identificar se há ou não melhoria na disponibilidade e na distribuição horizontal e vertical de nutrientes nesses sistemas.

Tabela 2. Quadrados médios da análise de variância (QM) dos contrastes entre as variáveis população de plantas, massa de 100 grãos, índice de acamamento e produtividade de grãos de soja.

Fonte de variação ⁽¹⁾	População		Massa de 100 grãos		Acamamento		Produtividade	
	QM	p	QM	p	QM	p	QM	p
Tratamentos	$3,6 \times 10^9$	0,383	1,0	0,248	0,0	0,249	3.624	0,274
L vs. ILPF-FS	$2,7 \times 10^9$	0,443	1,5	0,171	0,0	0,500	4,3	0,966
L vs. ILPF-FN	$4,7 \times 10^9$	0,330	0,5	0,366	0,1	0,137	14.002	0,079
ILPF-FN vs. ILPF-FS	14.000	0,999	0,3	0,517	0,0	0,299	13.514	0,082
Média	47.192		13,4		1,4		4.005	
CV (%)	12,5		5,1		9,2		1,1	

⁽¹⁾L, lavoura exclusiva de soja; ILPF-FS, componente lavoura voltado para a face sul do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF); e ILPF-FN, componente lavoura voltado para a face norte.

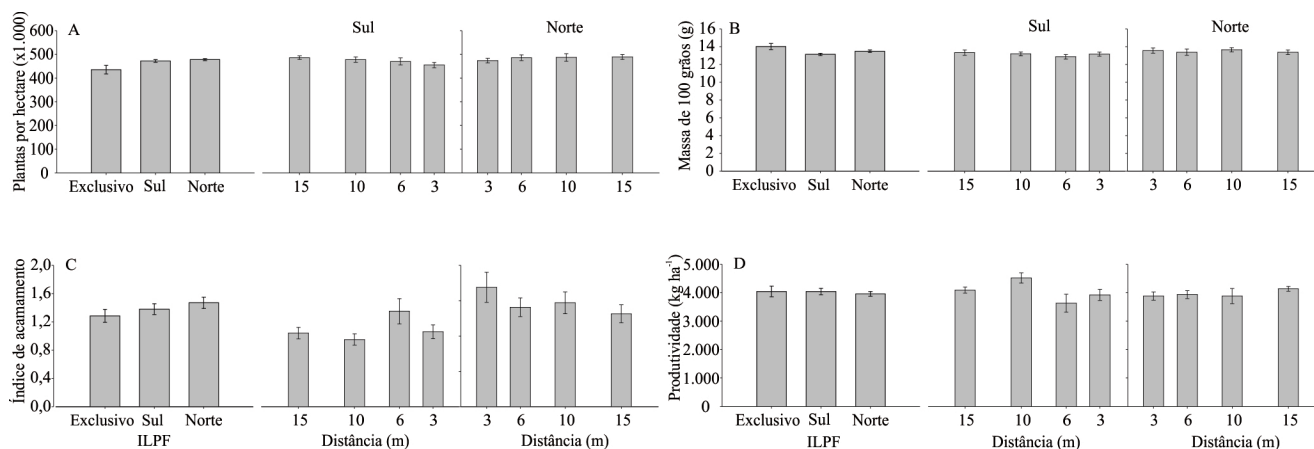


Figura 3. Densidade de plantas (A), massa de 100 grãos (B), índice de acamamento (C) e produtividade de soja (D) em plantios exclusivos e nas faces sul e norte das faixas de agricultura, no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Barras verticais em cada coluna representam o erro-padrão da média.

Conclusões

1. Os teores de P são maiores nas áreas cultivadas com grãos e nas camadas superficiais do solo.

2. O sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, com dois anos de implantação, ainda não é capaz de interferir marcadamente nas características químicas do solo e nem na produtividade de soja.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Embrapa Agrossilvipastoril, pelo apoio financeiro e técnico.

Referências

- ALVARENGA, R.C.; NOCE, M.A. **Integração lavoura-pecuária**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 16p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 47).
- ALVARENGA, R.C.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; GONTIJO NETO, M.M.; VIANA, M.C.M.; VILELA, L. Sistema integração lavoura-pecuária-floresta: condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. **Informe Agropecuário**, v.31, p.59-67, 2010.
- ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E.; OLIVEIRA, J.A. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.52, p.27-32, 2000.
- ANGHINONI, I.; MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; SOUZA, E.D.; CONTE, O.; LANG, C.R. Benefícios da integração lavoura-pecuária sobre a fertilidade do solo em sistema plantio direto. In: FONSECA, A.F. da; CAIRES, E.F.; BARTH, G. (Ed.). **Fertilidade do solo e nutrição de plantas no sistema plantio direto**. Ponta Grossa: AEACG/Inpag, 2012.
- ARAUJO, R. de A.; COSTA, R.B. da; FELFILI, J.M.; GONÇALVES, I.K.; SOUSA, R.A.T. de M. e; DORVAL, A. Florística e estrutura de fragmento florestal em área de transição na Amazônia Matogrossense no Município de Sinop. **Acta Amazonica**, v.39, p.865-878, 2009. DOI: 10.1590/S0044-59672009000400015.
- BALBINO, L.C.; BARCELLOS, A. de O.; STONE, L.F. **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília: Embrapa, 2011. 130p.
- BERNARD, R.L.; CHAMBERLAIN, D.W.; LAWRENCE, R.E. **Results of the cooperative uniform soybean tests**. Washington: USDA, 1965. 134p.
- CAIRES, E.F.; BANZATTO, D.A.; FONSECA, A.F. Calagem na superfície em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.161-169, 2000.
- CALLAWAY, R.M.; WALKER, L.R. Competition and facilitation: a synthetic approach to interactions in plant communities. **Ecology**, v.78, p.1958-1965, 1997. DOI: 10.1890/0012-9658(1997)078[1958:CAFASA]2.0.CO;2.
- CARNEIRO, C.E.A.; MELÉM JÚNIOR, N.J.; AZEVEDO, M.C.B. de; ANDRADE, E.A.; KOGUSHI, M.S.; DIEHL, R.C.; RICCE W. da S.; PASSARIN, A.L.; VAZ, R.H. de M.; STELMACHUK, T.L. da L.; GUIMARÃES, M. de F.; RALISCH, R. Efeitos dos sistemas de manejo sobre o carbono orgânico total e carbono residual de um Latossolo Vermelho eutroférico. **Semina: Ciências Agrárias**, v.30, p.5-10, 2009.
- CASTRO, C.R.T. de; GARCIA LEITE, H.; COUTO, L. Sistemas silvipastoris no Brasil: potencialidades e entraves. **Revista Árvore**, v.20, p.575-582, 1996.
- FOX, R.H.; SEARLE, P.G.E. Phosphate adsorption by soils of the tropics. In: DROSDOFF, M.; DANIELS, R.B.; NICHOLAIDES III, J.J. (Ed.). **Diversity of soils in the tropics**. Madison: American Society of Agronomy, 1978. p.97-119. (ASA. Special publication, 34).
- FREITAS, E.C.S. de; OLIVEIRA NETO, S.N. de; FONSECA, D.M. da; SANTOS, M.V.; LEITE, H.G.; MACHADO, V.D. Deposição de serapilheira e de nutrientes no solo em sistema agrossilvipastoril com eucalipto e acácia. **Revista Árvore**, v.37, p.409-417, 2013. DOI: 10.1590/S0100-67622013000300004.
- GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. dos S.; FLORES, J.P.C. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.691-699, 2007. DOI: 10.1590/S0100-06832007000400010.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Instituto Nacional de Meteorologia**. 2013. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home2/index>>. Acesso em: 12 nov. 2013.
- LOPES, A.S.; ALVAREZ V., V.H. Apresentação dos resultados das análises de solo. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.27-29.
- LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; GIÁCOMO, S.G.; PERIN, A.; ANJOS, L.H.C. dos. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1269-1276, 2011. DOI: 10.1590/S0100-204X2011001000022.
- NICOLODI, M.; ANGHINONI, I.; SALET, R.L. Alternativa à coleta de uma secção transversal, com pá de corte, na largura da entrelinha, na amostragem do solo em lavouras com adubação em linha no sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v.69, p.22-28, 2002.
- NOVAIS, R.F. de; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Ed. da UFV, 1999. 399p.
- OLIVEIRA, V.A.; AMARAL FILHO, Z.P.; VIEIRA, P.C. Pedologia. In: PROJETO RADAMBRASIL. Folha SD.21 Cuiabá: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso

potencial da terra. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, Secretaria-Geral, 1982. p.257-400.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M.V. Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. In: GONÇALVES, J.L. de M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.287-308.

SILVA, R.F. da; GUIMARÃES, M. de F.; AQUINO, A.M. de; MERCANTE, F.M. Análise conjunta de atributos físicos e biológicos do solo sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1277-1283, 2011. DOI: 10.1590/S0100-204X2011001000023.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. de C.; SCOPEL, E.; COSTA JUNIOR, C.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.31, p.709-717, 2009. DOI: 10.4025/actasciagron.v31i4.792.

SOUSA, D.M.G. de; MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L. Adubação fosfatada. In: MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.;

SOUSA, D.M.G. de (Ed.). **Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. p.145-177.

SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E.; REIN, T.A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p.147-167.

TOKURA, A.M.; FURTINI NETO, A.E.; CURTI, N.; FAQUIN, V.; KURIHARA, C.H.; ALOVISI, A.A. Formas de fósforo em solo sob plantio direto em razão da profundidade e tempo de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1467-1476, 2002. DOI: 10.1590/S0100-204X2002001000015.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G.B.; MACEDO, M.C.M.; MARCHÃO, R.L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G.A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1127-1138, 2011. DOI: 10.1590/S0100-204X2011001000003.

Recebido em 18 de fevereiro de 2014 e aprovado em 10 de junho de 2014