QUANTIFICAÇÃO DE FÓSFORO ORGÂNICO EM ARGISSOLO VERMELHO SUBMETIDO A MANEJOS QUÍMICOS SOB INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA

Flávia Alessandra Mignacca, Carlos Henrique dos Santos, Wellington Eduardo Xavier Guerra, Ana Flávia Lima Fernandes

Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, curso de Agronomia, Presidente Prudente, SP. E-mail:

flavia_mignacca@hotmail.com

RESUMO

A matéria orgânica no solo é um reservatório de fósforo de ótima qualidade para o crescimento das plantas. O objetivo desse trabalho foi avaliar a dinâmica e disponibilidade de fósforo orgânico em solos arenosos manejado em sistema de plantio direto, e sua interação com a matéria orgânica. O experimento foi conduzido em um Argissolo Vermelho distroférico, com os seguintes manejos químicos do solo: Testemunha: Adubação de plantio da Soja, C: Calagem, C+G: Calagem e Gessagem, C+G+NPK: Calagem, Gessagem e adubação NPK, C+G+NPK+Micro: Calagem, Gessagem, adubação NPK e micronutrientes, com plantio de soja e *Urochloa brizantha* cv. Piatã, sob integração lavoura pecuária. A quantificação do fósforo orgânico revelou que as frações orgânicas de P, independente do tratamento, possuem menores teores, mesmo em sistema de plantio direto, devido à rápida decomposição de matéria orgânica em solos arenosos. A matéria orgânica no solo possui teores superiores nas camadas superficiais, formando um gradiente de concentração no solo.

Palavras-Chave: Matéria Orgânica, Solos Arenosos, Fracionamento de Fósforo.

QUANTIFICATION OF ORGANIC PHOSPHORUS IN RED ARGISSOL SUBMITTED TO CHEMICAL MANAGEMENT UNDER INTEGRATION LIVESTOCK

ABSTRACT

Organic matter in the soil is an optimal phosphorus reservoir for plant growth. The objective of this work was to evaluate the dynamics and availability of organic phosphorus in sandy soils managed in no - tillage system, and its interaction with organic matter. The experiment was conducted in a dystroferric Red Argisol with the following soil chemical managements: Witness: Soybean planting, C: Liming, C + G: Liming and Gessing, C + G + NPK: Liming, Gessing and fertilization NPK, C + G + NPK + Micro: Liming, Gypsum, fertilization NPK and micronutrients, with soybean planting and *Urochloa brizantha* cv. Piatã, under integration farming livestock. The quantification of the organic phosphorus showed that the organic fractions of P, regardless of the treatment, have lower levels, even in no - tillage system, due to the rapid decomposition of organic matter in sandy soils. The organic matter in the soil has higher contents in the superficial layers, forming a gradient of concentration in the soil.

Keywords: Organic matter, sandy soils, phosphorus fractionation.

INTRODUÇÃO

Nos solos das regiões tropicais e subtropicais úmidas, altamente intemperizados, há baixa disponibilidade de fósforo (P) para as plantas e elevada adsorção do nutriente, logo a adição do nutriente ao solo é em excesso, apesar de ser o menos absorvido pelas plantas. Dessa forma, a manutenção de fontes orgânicas capazes de suprir P por mineralização é importante para o

crescimento das plantas, principalmente em condições de acentuado intemperismo (CUNHA et al., 2007).

A dinâmica de P no solo depende das condições naturais, do ambiente e do manejo, que atuam na disponibilidade do nutriente às plantas. Uma abordagem moderna para a compreensão de sua dinâmica é dividi-lo em frações, pelo uso de soluções extratoras de diferentes composições e capacidades de extração, dada a complexidade do comportamento desse elemento no solo (SILVA; RAIJ, 1999). O P no solo pode envolver dois grandes grupos, o P-inorgânico (Pi) e o P-orgânico (Po), os quais podem ser enquadrados como fosfatos lábeis e não-lábeis (BRASIL et al., 2014). O P na solução do solo, na forma lábil, está disponível para consumo imediato, enquanto algumas frações lábeis funcionam como um reservatório para a solução, e a forma não lábil é aquela indisponível para absorção das plantas, podendo estar adsorvido ou fixado.

O objetivo do trabalho foi avaliar a dinâmica e a disponibilidade de P orgânico em solos arenosos manejado em sistema de plantio direto com adubações diferenciadas, e sua interação com a matéria orgânica.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido na Fazenda Experimental da UNOESTE, em área de pastagem extensiva, na cidade de Presidente Bernardes - SP, em um Argissolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 2006). A área experimental foi formada por cinco piquetes de 32,0 m (L) x 167,0 m (C) que receberam cinco manejos de adubação, sendo eles: T: Área testemunha que recebeu apenas adubação na instalação da cultura da soja; C: Calagem; C+G: Calagem e Gessagem; C+G+NPK: Calagem, Gessagem e Adubação NPK; C+G+NPK+Micro: Calagem, Gessagem, Adubação NPK e de Micronutrientes. Foram avaliadas 5 profundidades, sendo elas de 0-10; 10-20; 20-40; 40-60 e 60-80 cm, num total de 100 amostras coletadas em dois anos agrícolas, após a dessecação da *Urochloa* e antes da realização da semeadura da soja.

Os manejos aplicados seguiram o delineamento em blocos casualizados (DBC) distribuídos em faixas, em esquema fatorial 5 (manejos de adubação do solo) x 5 (profundidades do solo), com quatro repetições. Após a colheita mecanizada da soja, em 2014, foi realizada a semeadura da *Urochloa brizantha* cv. Piatã, sendo conduzida por aproximadamente 60 dias, quando os bovinos de corte foram introduzidos na área, mantendo-se a lotação de 2 UA ha⁻¹, até a forrageira apresentar altura entre 20 e 30 cm do solo, respeitando o período de descanso entre 30 e 40 dias. Após a retirada dos bovinos, a área foi vedada ao pastejo, sem a necessidade de aplicação da calagem e gessagem. Após um mês foi realizada a dessecação da pastagem foi realizada a semeadura da soja. Após a colheita da soja iniciou-se novamente o ciclo da forrageira. Após a retirada dos animais, a área foi vedada, e ocorreu dessecação da forrageira e as adubações e correções de solo devidamente embasadas na análise realizada. A soja foi semeada na área e cultivada conforme o sistema de manejo dos anos agrícolas anteriores.

O fracionamento químico de P foi realizado de acordo com os procedimentos descritos por Hedley, Stewart e Chauhan (1982) com as modificações propostas por Condron, Goh e Newman (1985). O teor de matéria orgânica do solo foi realizado conforma a metodologia de Raij et al. (2001). Os resultados foram submetidos à análise de variância ANOVA e os efeitos dos tratamentos químicos foram comparados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. A interação significativa entre os manejos e as profundidades de solo também foram comparadas nas mesmas condições.

RESULTADOS

Os teores de Po_{BIC} no ano agrícola de 2014/2015, os manejos de adubação foram maiores nas profundidades entre 10 e 40 cm, principalmente o que recebeu adubação completa:

C+G+NPK+Micro (Tabela 1). De modo geral, não houve diferenças significativas entre os manejos em cada camada de solo analisada, principalmente por ser início de sistema de plantio direto, e como consequência apresentar instabilidade no sistema. Entretanto, no ano agrícola de 2015/2016 o teor de $P_{O_{BIC}}$ foi maior na profundidade de 0-10 cm, diminuindo conforme aumentou-se a profundidade analisada (Tabela 1).

Tabela 1. Teores de $P_{O_{BIC}}$, nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm inseridos nos manejos de adubação de solo. Presidente Prudente, 2014/2015 e 2015/2016

Manejo de Adubação	$P_{O_{BIC}}$ (mg kg ⁻¹)				
	Profundidades (cm)				
	0-10	10-20	20-40	40-60	60-80
2014/2015					
T	4,7 abBC	10,5 aA	8,5 aAB	9,6 aA	4,5 aC
C	3,7 bB	8,7 aA	7,3 aAB	5,7 abAB	5,2 aAB
C+G	5,1 abB	11,1 aA	5,2 aB	3,8 bB	3,6 aB
C+G+NPK	5,1 abAB	8,0 aA	7,7 aA	3,7 bB	4,8 aAB
C+G+NPK+Micro	8,2 aAB	11,4 aA	8,5 aAB	3,7 bC	4,9 aBC
2015/2016					
T	9,9 bB	9,4 bBC	18,3 aA	3,4 aBC	2,5 bC
C	12,1 abA	8,4 bAB	11,8 aA	4,9 aAB	4,0 abB
C+G	14,8 abA	10,4 bAB	13,6 aAB	2,4 aC	6,8 abBC
C+G+NPK	18,1 aA	13,8 abAB	3,4 bC	4,5 aC	7,3 abBC
C+G+NPK+Micro	19,0 aA	18,8 aA	3,9 bB	3,8 aB	9,8 aB

Ano 2014/2015: dms colunas = 3,9. dms linhas = 4,0. CV (%) manejos químicos = 30,0 CV (%) profundidades = 30,7. Ano 2015/2016: dms coluna = 7,1; dms linhas = 7,3 CV(%) manejos químicos = 33,5 CV(%) profundidades = 39,3. Foi aplicado teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Letras minúsculas comparam linhas, letras maiúsculas comparam colunas, Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferenças significativas.

Os teores de $P_{O_{HID0,1}}$ no ano agrícola 2014/2015, nas áreas manejadas com C+G+NPK e C+G+NPK+Micro foram maiores em relação aos demais tratamentos, fato esperado por se tratar de um manejo de adubação contendo P (Tabela 2). Em relação às profundidades avaliadas nestes manejos, a camada de 10-20 cm mostrou maior valor desta fração em função do maior acúmulo de matéria orgânica nesta porção de solo, a qual colabora na proteção física do P presente na solução do solo (Tabela 5). Entretanto, no ano agrícola de 2015/2016, os resultados foram distintos, sendo observada menor disponibilidade de $P_{O_{HID0,1}}$ em superfície e significativo aumento nos teores em profundidade. Os manejos químicos que contemplaram a adubação/correção com C+G+NPK e C+G+NPK+Micro apresentaram teores menores até a camada de 10-20 cm, e a partir de 20-40 cm houve aumento acentuado nestes teores. Os manejos químicos T, C e C+G foram baixos até a camada de 20-40 cm, sendo as próximas profundidades com teores mais altos.

Tabela 2. Teores de $P_{O_{HID0,1}}$, nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm inseridos nos manejos de adubação de solo. Presidente Prudente, 2014/2015 e 2015/2016

Manejo de Adubação	$P_{O_{HID0,1}}$ (mg kg ⁻¹)				
	Profundidades (cm)				
	0-10	10-20	20-40	40-60	60-80
2014/2015					
T	8,5 aA	10,2 bcA	6,6 aA	4,9 aA	7,5 aA
C	8,6 aB	16,6 abA	6,1 aB	3,9 aB	3,3 aB
C+G	11,5 aA	8,5 cAB	5,9 aAB	5,6 aAB	3,9 aB
C+G+NPK	11,8 aB	20,3 aA	4,9 aC	8,6 aBC	3,3 aC
C+G+NPK+Micro	13,7 aB	22,9 aA	10,3 aBC	3,7 aD	5,5 aCD
2015/2016					
T	5,8 aB	7,2 bB	3,9 cB	24,9 abA	24,6 cA

C	4,8 aC	6,8 bC	3,3 cC	25,1 abB	39,5 bA
C+G	4,6 aC	16,5 aB	3,4 cC	18,5 bB	37,3 bA
C+G+NPK	9,5 aC	5,9 bC	49,5 aA	28,6 aB	54,3 aA
C+G+NPK+Micro	7,2 aC	7,1 bC	23,2 bB	8,7 cC	34,2 bA

Ano 2014/2015: dms colunas = 7,2. dms linhas = 6,6 . CV(%) manejo químico = 54,6. CV(%) profundidades = 38,0. Ano 2015/2016: dms colunas = 9,1. dms linhas = 9,3 . CV(%) manejo químico = 23,5; CV(%) profundidades = 25,7. Foi aplicado teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Letras minúsculas comparam linhas, letras maiúsculas comparam colunas, Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferenças significativas.

Os teores de $Po_{HID0,5}$ obtidos em 2014/2015 (tabela 3), não foram significativos entre os manejos e tão pouco entre as profundidades avaliadas. Todavia, na avaliação realizada no ano agrícola 2015/2016, os manejos de adubação aplicados mostraram-se superiores nas camadas de 0-10 e 10-20 cm.

Tabela 3. Teores de $Po_{HID0,5}$, nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm inseridos nos manejos de adubação de solo. Presidente Prudente, 2014/2015 e 2015/2016

Manejo de Adubação	$Po_{HID0,5}$ (mg kg ⁻¹)				
	Profundidades (cm)				
	0-10	10-20	20-40	40-60	60-80
2014/2015					
T	11,3 aA	5,2 aA	9,0 aA	6,2 bA	5,7 bA
C	9,9 aB	4,7 aB	12,0 aB	5,3 bB	326,0 aA
C+G	15,7 aAB	4,6 aB	9,9 aAB	46,0 aA	3,6 bB
C+G+NPK	7,2 aA	3,9 aA	9,8 aA	38,3 abA	20,7 bA
C+G+NPK+Micro	4,4 aA	12,4 aA	9,3 aA	5,2 aA	12,3 bA
2015/2016					
T	47,3 aAB	48,4 abAB	54,6 aA	37,7 aB	4,1 cC
C	51,1 aA	54,4 aA	44,3 abAB	37,6 aB	17,8 abC
C+G	49,9 aA	42,2 bA	28,5 cdB	11,0 bC	10,2 bcC
C+G+NPK	54,6 aA	57,1 aA	22,9 dC	36,9 aB	6,8 bcD
C+G+NPK+Micro	44,5 aAB	48,1 abA	35,1 bcBC	19,2 bD	28,9 aCD

Ano 2014/2015: dms colunas = 39,5. dms linhas = 39,5, CV(%) manejo químico = 84,5. CV(%) profundidades = 83,0. Ano 2015/2016: dms colunas = 12,0, dms linhas = 11,8. CV(%) manejo químico = 18,4; CV(%) profundidades = 16,6. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Letras minúsculas comparam linhas, letras maiúsculas comparam colunas, Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferenças significativas.

A somatória de todos os P orgânicos resulta no teor de Po_{TOTAL} , onde no ano agrícola de 2014/2015, não houve diferença estatística entre os manejos de adubação, tampouco entre as profundidades (Tabela 4). Esses resultados corroboraram com os encontrados por Merlin (2008). Contudo, no ano agrícola de 2015/2016, os manejos C+G+NPK e C+G+NPK+Micro apresentaram valores superiores aos demais tratamentos, sendo maior em superfície e diminuindo em profundidade.

Tabela 4. Teores de Po_{Total} nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm, inseridos nos manejos de adubação de solo. Presidente Prudente, 2014/2015 e 2015/2016

Manejo de Adubação	Po_{TOTAL} (mg kg ⁻¹)				
	Profundidades (cm)				
	0-10	10-20	20-40	40-60	60-80
2014/2015					
T	22,0 abA	24,8 bA	21,3 aA	20,8 bA	15,3 bcA
C	19,9 bB	27,4 bB	24,0 aB	13,2 bB	379,1 aA
C+G	37,3 aAB	24,3 bBC	18,8 aC	52,8 aA	11,2 cC
C+G+NPK	25,1 abB	28,6 bB	22,3 aB	52,8 aA	30,7 bB
C+G+NPK+Micro	22,2 abBC	48,9 aA	30,6 aB	12,5 bC	22,7 bcBC

2015/2016					
T	62,9 bA	63,4 bA	68,7 aA	66,2 aA	31,2 cB
C	65,1 bAB	66,9 abA	57,2 bBC	54,0 bC	57,8 bBC
C+G	66,5 bA	66,4 abA	36,1 cC	32,0 cC	57,0 bB
C+G+NPK	78,1 aA	73,2 aAB	41,2 cD	57,3 bC	69,8 aB
C+G+NPK+Micro	78,3 aA	71,7 aAB	67,6 aB	31,3 cC	67,2 aB

Ano 2014/2015: dms colunas = 17,3. dms linhas = 17,7. CV(%) manejo químico = 19,9. CV(%) profundidades = 22,1. Ano 2015/2016: dms colunas = 7,9. dms linhas = 8,2. CV(%) manejo químico = 5,7 CV(%) profundidades = 6,9. Foi aplicado teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Letras minúsculas comparam linhas, letras maiúsculas comparam colunas, Médias seguidas da mesma letra não apresentam diferenças significativas.

Tabela 5. Teores de Matéria Orgânica nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm, inseridos nos manejos de adubação de solo. Presidente Prudente, 2014/2015 e 2015/2016

Manejo de Adubação	Matéria Orgânica (g dm ⁻³)				
	Profundidades (cm)				
	0-10	10-20	20-40	40-60	60-80
2014/2015					
T	18,8	15,2	9,6	8,3	5,8
C	20,7	16,1	7,7	7,2	5,7
C+G	17,5	14,1	9,4	6,8	6,4
C+G+NPK	16,4	14,3	10,4	6,3	5,6
C+G+NPK+Micro	17,5	13,9	9,2	6,4	5,7
2015/2016					
T	14,3	10,8	8,0	6,8	3,9
C	14,7	11,6	7,9	6,8	4,0
C+G	14,2	11,2	7,0	5,0	3,7
C+G+NPK	10,9	10,3	6,5	5,2	4,3
C+G+NPK+Micro	13,1	11,5	4,8	5,0	4,1

Ano 2014/2015: CV(%) manejo químico= 20,1; CV(%) profundidades= 14,9; Ano 2015/2016: CV(%) manejo químico=17,0; CV(%) profundidades= 16,3;

DISCUSSÃO

O P_{BIC} é uma fração de P lábil, considerada uma das principais repositoras do P na solução do solo. O comportamento observado pode ser considerado de ocorrência típica no sistema de plantio direto, devido a não incorporação de calcário, gesso agrícola, adubação e também diante do acúmulo de matéria orgânica em superfície. Conforme Merlin (2008), este acúmulo de P_{BIC} em superfície pode ser explicado pela concentração de resíduos vegetais provenientes da rotação de culturas, e afirmando os benefícios da adoção do sistema de plantio direto.

Na sequência do fracionamento, a próxima fração a ser extraída é o $P_{HID0,1}$, separando o P ligado aos óxidos de Fe e Al que em solução do solo podem causar precipitação de P na forma de fosfatos (SOUZA et al., 2007). Os valores desta fração foram diminuindo significativamente à medida que se aprofundou a amostragem de solo, Rodrigues (2003) também obteve resultados que indicaram maior acúmulo desta fração em superfície, e a sua redução gradual em profundidade, em sistema de plantio direto.

O extrator $HID_{0,5}$ quantifica o P ligado aos argilominerais e aos microagregados, possuindo, assim, maior interação com o solo, onde seus efeitos são observados mais tardiamente, ou seja, esta forma de P demora mais para se tornar uma fonte das frações lábeis (GATIBONI et al., 2007). O aumento significativo encontrado no ano agrícola de 2015/2016, provavelmente diante do maior teor de matéria orgânica encontrado em superfície no sistema de plantio direto, com redução gradativa em superfície no sistema de plantio direto, com redução significativa em profundidade. Rodrigues (2013) também observou este comportamento em sistema de plantio direto, concluindo que os teores de $P_{HID0,5}$ foram maiores em superfície, com redução desta

fração à medida que aumentou-se a profundidade, evidenciando, assim, que o acúmulo de P orgânico se dá nas camadas superficiais do solo.

Leite (2015), observou maiores teores de P_{TOTAL} nas camadas superficiais, o qual pode ter origem da deposição e decomposição de resíduos orgânicos e da maior atividade da biomassa microbiana, que é o principal responsável pela produção de compostos orgânicos fosfatados a partir de P_i .

CONCLUSÃO

As frações orgânicas de P no solo possuem menores teores, mesmo em sistema de plantio direto, devido à alta taxa de decomposição de matéria orgânica em solos arenosos.

A matéria orgânica presente no solo possui teores superiores em camadas superficiais, devido a maior concentração de palhada nesta região, formando assim um gradiente de concentração no solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, E. C. et al. Formas de fósforo lábil em solos sob diferentes sistemas de uso da terra na Amazônia. FERTBIO, Fertilidade e Biologia do Solo: Integração e Tecnologias para Todos, set. 2014.

CONDON, L. M.; GOH, K. M.; NEWMAN, R. H. Nature and distribution of soil phosphorus as revealed by a sequential extraction method followed by ^{31}P nuclear magnetic resonance analysis. Journal of Soil Science, Oxford, v. 36, p.199-207, 1985. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1985.tb00324.x>

CUNHA, G. M. et al. Fósforo orgânicos em solos sob florestas montanas, pastagens e eucalipto no norte fluminense, Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 31, n.4, p. 667-672, ago. 2007.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Brasília, Embrapa Solos, 2006. 306 p.

GATIBONI, L. C. et al. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema de plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 31, p. 691-699, 2007.

HEDLEY, M. J.; STEWART, J. W. B.; CHAUHAN, B. S. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. Soil Science Society of American Journal, Madison, v. 46, p. 970-976, 1982.

LEITE, J. N. F. Formas orgânicas e inorgânicas de fósforo no solo em função de plantas de cobertura e de adubação nitrogenada. 2015. 57f. Dissertação (Mestrado) – UNESP-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal-SP, 2015.

MERLIN, A. Disponibilidade de Fósforo para a soja cultivada sobre braquiária. 2008. 95 f. Dissertação (Mestrado), UNESP- Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu-SP, 2008.

RAIJ, B. V. et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

RODRIGUES, M. Sistemas de manejo e a dinâmica das formas de fósforo e da fertilidade em solos de Cerrado. 2013. 113 f. Dissertação (Mestrado), ESALQ-Piracicaba-SP, 2013.

SOUZA, R. F. et al. Formas de fósforo em solos sob influência da calagem e adubação orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 31, n. 6 nov./dec. 2007.

SILVA, F. C.; RAIJ, B. V. Disponibilidade de fósforo em solos avaliada por diferentes extratores. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.34, n.2, p.267-288, fev. 1999.
<https://doi.org/10.1590/S0100-204X1999000200016>