



FELIPE MACÍAS
MONTSERRAT DÍAZ-RAVIÑA
MARÍA TERESA BARRAL
(eds.)

RETOS Y OPORTUNIDADES EN LA CIENCIA DEL SUELO



VI CONGRESO IBERICO DE LA CIENCIA DEL SUELO
CICS2014
SANTIAGO DE COMPOSTELA

andavira
editora

PRESIDENCIA

ESPERANZA

MARÍA TERESA

ROSA

MONTSERRAT DÍAZ RA

EDUARDO G

CARMEN TRASAR-CEP

PRESIDENCIA

JOS

ESPERANZA

M^a

CARLOS ALBERTO

C

V

MARÍA TERESA

ROS

MONTSERRAT DÍAZ R

MARÍA TERESA

CARLOS GARCÍA IZQUIERDO

EDUARDO G

RAIMUNDO

RAQUEL MACÍAS

© Autores

Foto portada: Rosa Calvo de Anta
Diseño logo: Miguel Silva

Edita: Andavira Editora, S.L.
Via Edison 33-35 - Pol. Ind. do Tambre
15890 Santiago de Compostela
www.andavira.com - info@andavira.com

Imprime: Tórculo Artes Gráficas, S.A.

ISBN: 978-84-8408-769-4

Depósito Legal: C 1074-2014

Valorização agrícola de resíduos orgânicos de pecuária: avaliação da fitodisponibilidade em fósforo

C. Horta^{1,2}, P. Ribeiro¹, M. Batista¹, J. P. Carneiro^{1,2}, M. Roboredo³, J. Torrent⁴

¹Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior Agrária, Quinta Sra. de Mércules, 6001-909 Castelo Branco, Portugal.

²CERNAS, Quinta da Sra. de Mércules, 6001-909 Castelo Branco, Portugal; carinho@ipcb.pt

³Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Centro de Química Vila Real, Quinta dos Prados, 5001-801 Vila Real, Portugal.

⁴Universidad de Córdoba, Campus de Rabanales, Edificio C4, 14071 Córdoba, España.

Resumo

Este trabalho teve como objetivo avaliar a adequação de dois métodos analíticos, o método de Olsen (Olsen-P) e o de Egnér-Riehm (AL-P), na quantificação do fósforo (P) fitodisponível, após aplicação ao solo, num ensaio de campo, de resíduos orgânicos de pecuária como fertilizantes. Efetuaram-se as seguintes modalidades: Controlo, sem aplicação de P (C); estrume de vaca (M); fração sólida, obtida após desidratação do efluente proveniente de suinicultura (S) ou de avicultura-patos (D); adubo mineral, superfosfato de cálcio (F). Realizou-se a incorporação dos resíduos orgânicos e adubo mineral, numa quantidade correspondente à aplicação de 50 kgP/ha e a cultura utilizada foi o azevém. Observou-se que tanto o Olsen-P como o AL-P apresentavam correlação significativa com o P extraído pela cultura nas diversas modalidades. O método de Olsen apresentava um mais alto valor preditivo. Este facto pode ser explicado pelo efeito significativo de formas de P associadas a fosfatos de cálcio lábeis, presentes nalguns resíduos e extraídas pelo método de Egnér-Riehm que possui uma solução extrativa muito ácida, enquanto o método de Olsen mostra extrair fundamentalmente as formas de P não ocluídas associadas a compostos de Fe e AL e em complexos organo-metálicos. Os resíduos orgânicos utilizados mostraram constituir uma fonte de P fitodisponível e não tiveram efeito significativo sobre as formas de P orgânico no solo. Na modalidade D registou-se o valor mais elevado em P inorgânico. Os resíduos comportaram-se de forma distinta relativamente à partição das formas lábeis de P no solo, que por sua vez parecem estar relacionadas com a alimentação e metabolismo das diferentes espécies pecuárias. O método de Olsen evidenciou ser mais robusto como índice de fitodisponibilidade, havendo no entanto que aprofundar nos resíduos orgânicos de pecuária metodologias mais adequadas à quantificação do seu valor como fertilizante fosfatado.

Introdução

A utilização do fósforo tem sido caracterizada por apresentar um ciclo aberto, ao longo do qual ocorre a incorporação de P em diversos produtos/resíduos originados quer pela atividade agro-pecuária quer humana. O conteúdo em P destes resíduos pode ter interesse fertilizante, contribuindo esta valorização agrícola para fechar o ciclo de utilização do P. Deste modo, diminuirá não só a entrada de P nos cursos de água como também o uso de adubos químicos com a consequente proteção das reservas fosfatadas. A avaliação da fitodisponibilidade do P em resíduos orgânicos de pecuária tem sido efetuada por vários autores (Heckrath et al., 1995; Sharpley e Moyer, 2000; Serrão et al., 2007; Sing e Jones, 1976; Toor et al., 2006). O objetivo deste trabalho foi avaliar a adequação de dois testes laboratoriais, o método de Olsen e o método de Egnér-Riehm na quantificação do P fitodisponível, após aplicação ao solo de resíduos orgânicos de pecuária como fertilizantes.

ação estandar de cinco
ativas entre tratamentos

R ²	p valor
0,99	<0,001
0,97	<0,001
0,97	<0,001
0,95	<0,001

ecto al carbono aportado
éplicas. Para cada fecha

x 100	C3	
0,033 ± 0,004		c
0,098 ± 0,010		c
0,227 ± 0,022		c
0,446 ± 0,039		c
0,657 ± 0,055		c
0,860 ± 0,072		c
1,241 ± 0,116		c
1,592 ± 0,175		c
1,914 ± 0,247		b
2,208 ± 0,327		b
2,669 ± 0,482		b

lowaste and yard waste
ournal of Soil Biology 39:

non mineralization from
with soil. Agriculture,

post from marine waste:
ed Phycology 25: 1395-

l., & Cabral, F. (2010).
amended with organic

nce Society of America

vised ecological criteria
community ecolabel to

2, Microbiological and
ience of America Inc.,

Material e Métodos

Este trabalho foi realizado no Campo Experimental de Erosão Hídrica da Escola Superior Agrária de Castelo Branco (39° 49' 25,0252 N; 7° 26' 48,582" W), localizado num Regossolo (IUSS, 2006) originário de Granito e constituído por um conjunto de 18 talhões, cada um com uma área de 42 m² e declive de 9%. Na parte inferior de cada talhão localiza-se uma caleira metálica e um tanque coletor, para transportar e recolher a água e os sedimentos de cada talhão, após a ocorrência de precipitação. O ensaio foi instalado em 30 outubro de 2012 com a incorporação dos resíduos orgânicos e do adubo mineral, numa quantidade correspondente à aplicação de 50 kg P/ha. A sementeira do azevém ocorreu a 13 de novembro e a sua colheita a 27 de maio de 2013. Efetuou-se uma colheita compósita de amostras de terra/talhão antes da instalação do ensaio, 29 agosto de 2012, e outra após a colheita do azevém a 3 de junho de 2013. As modalidades efetuadas foram as seguintes: Controlo, sem aplicação de P (C); estrume de vaca (M); fração sólida, obtida após desidratação do efluente proveniente de suinicultura (S) ou de avicultura-patos (D); e adubo mineral (superfosfato de cálcio, F). Foi efetuada uma adubação azotada de fundo, correspondente à aplicação de 20 kg N/ha à instalação da cultura nas modalidades C e F, e em cobertura igual quantidade de azoto em todas as modalidades. Os resíduos foram caracterizados quimicamente com a metodologia utilizada no Laboratório de Solos e Fertilidade da ESACB (Normas EN para resíduos orgânicos). O P no solo foi quantificado pelo método de Olsen et al (1954) (Olsen-P) e pelo método do lactato de amónio e ácido acético tamponizado a pH 3,75 (Egnér et al, 1960; AL-P). Efetuou-se também o fracionamento sequencial das formas de P no solo através da metodologia descrita por Ruiz et al (1997). O material vegetal foi seco a 65°C e pesado para obtenção da matéria seca produzida. Após digestão com HNO₃-HClO₄ quantificou-se o P. O P foi quantificado pelo método de Murphy e Riley (1962).

Resultados e Discussão

Caracterização dos resíduos

Como se pode observar pela Tabela 1 os resíduos apresentavam uma elevada variação no teor de humidade tendo o resíduo de porco valores relativamente elevados, o que origina maiores custos de transporte por unidade de nutrientes aplicada.

Tabela 1- Teores de N e P totais dos resíduos (matéria original) usados no ensaio do campo de erosão hídrica- da ESACB de outubro, de 2012 a junho de 2013

Tipo resíduo	N/P	N-total (% na mat. orig.)	P-Total (% na mat. orig.)	Humidade %	C/N
Pato (D)	3,5/1	1,6	0,45	21,7	12
Suíno (S)	2,2/1	0,92	0,42	61,5	21
Estrume vaca (M)	8,4/1	1,51	0,18	46,6	14

Relativamente à razão N/P, esta é alta no estrume de vaca conduzindo para uma aplicação de 50 kg P/ha a um valor de N-total de 420 kg, muito acima do valor recomendado pelo Código das Boas Práticas Agrícolas (1997). Os teores em micronutrientes ou metais pesados (dados não apresentados) situavam-se abaixo dos limites referidos no DL 118/2006 de 21 de junho.

P biodisponível no solo

No início do ensaio o teor em P biodisponível no solo situava-se entre a classe de fertilidade baixa (modalidade C, Olsen-P 9,3 mg/kg) valor significativamente inferior ao das restantes modalidades, e a classe de fertilidade média (Olsen-P entre 15,4 e 19,8 mg/kg) nas restantes modalidades, sem diferenças significativas entre si. No final do ensaio e após a colheita do azevém, observa-se que a aplicação de 50 kg P/ha conduziu a um aumento significativo em P biodisponível em todas as modalidades relativamente à modalidade testemunha independentemente da origem do P aplicado. Os níveis finais de P no solo situavam-se nas

classes de fertilidade que existe uma correlação Olsen-P e AL-P. Olsen-P (mg/kg) correlação é ainda regressão linear sequencial para fosfatos de cálcio resíduo aplicado nomeadamente extrativa muito seguinte equação associadas a fos Olsen extrai fúnc e em complex (R²_{aj} = 0,9958; p partição do P, e independentemente modalidades. A modalidade S, significativa a AL-P).

Produção do azevém
Na produção do seguinte ordem: mesmo comport azevém e o P que estimada através 0,1094Olsen-P - mgP/kg) a correlação (R² = 0,7149; p < apresenta um teor Egnér-Riehm (R fonte alternativa mais elevado do devido à composição. Também o factor modalidades não observada, pois a cultura.

Conclusões

Os resultados o alternativa de P uma ação na nutrição de Olsen mostram resíduos orgânicos de pe solo. Os resíduos estando estas re animais.

ca da Escola Superior
 lizado num Regossolo
 talhões, cada um com
 ocaliza-se uma calceira
 os sedimentos de cada
 outubro de 2012 com a
 dade correspondente à
 mbro e a sua colheita a
 e terra/talhão antes da
 evém a 3 de junho de
 aplicação de P (C);
 luente proveniente de
 fato de cálcio, F). Foi
 ão de 20 kg N/ha à
 antidade de azoto em
 e com a metodologia
 as EN para resíduos
 954) (Olsen-P) e pelo
 ãgnér et al, 1960; AL-
 no solo através da
 a 65°C e pesado para
 quantificou-se o P. O P

vada variação no teor
 o que origina maiores

o do campo de erosão

Humidade %	C/N
21,7	12
61,5	21
46,6	14

ara uma aplicação de
 endado pelo Código
 retais pesados (dados
 06 de 21 de junho.

i classe de fertilidade
 rior ao das restantes
 mg/kg) nas restantes
 e após a colheita do
 to significativo em P
 alidade testemunha
 solo situavam-se nas

classes de fertilidade alta e muito alta (Olsen-P entre 30,7 e 48,3 mg/kg). Observou-se também que existe uma correlação significativa entre o P fitodisponível quantificado pelos métodos de Olsen-P e AL-P no início do ensaio, expressa pela seguinte equação de regressão linear: Olsen-P (mg/kg) = 0,4077AL-P + 2,563 ($R^2 = 0,8146$; $p < 0,001$). No final do ensaio a correlação é ainda significativa mas de menor valor, sendo possível indicar a seguinte equação de regressão linear: Olsen-P = 0,1123AL-P + 20,06 ($R^2 = 0,6971$; $p < 0,001$). O fracionamento sequencial permitiu observar que no final do ensaio as formas de P no solo associadas a fosfatos de cálcio de origem pedogénica (P_{CB}) variavam significativamente com o tipo de residuo aplicado. A modalidade D apresentava uma maior proporção destas formas nomeadamente das mais lábeis (P_{CB}). O método Egnér-Riehm utilizando uma solução extrativa muito ácida pode originar a dissolução de algumas dessas espécies químicas. A seguinte equação de regressão linear evidencia o efeito significativo das formas de P associadas a fosfatos de cálcio lábeis (P_{CB}) na quantificação do AL-P enquanto o método de Olsen extrai fundamentalmente as formas de P não ocluídas associadas a compostos de Fe e Al e em complexos organo-metálicos (P_{NaOH}): AL-P(mg/kg) = 0,647 P_{NaOH} + 1,329 P_{CB} - 40,731 ($R^2_{aj} = 0,9958$; $p < 0,001$) e Olsen-P (mg/kg) = 0,392 P_{NaOH} - 16,165, ($R^2 = 0,965$; $p < 0,001$). A partição do P, entre formas orgânicas (P_o) e inorgânicas (P_i) no final do ensaio, mostra que independentemente do tipo de fertilizante utilizado o P_o não difere significativamente entre modalidades. A modalidade D apresenta um teor de P_i significativamente maior seguindo-se a modalidade S, não apresentando as outras modalidades diferenças significativas. É significativa a correlação entre o P_i e os métodos de avaliação de P fitodisponível (Olsen-P e AL-P).

Produção do azevém

Na produção de azevém observaram-se diferenças significativas entre as modalidades na seguinte ordem: D>S=M>F>C. A exportação de P pela planta (produção X teor de P) seguiu o mesmo comportamento, variando entre 1 a 5 kgP/ha. A correlação entre o P exportado pelo azevém e o P quantificado pelo método de Olsen (Olsen-P; mgP/kg) é significativa e pode ser estimada através da seguinte equação de regressão linear: Pexportado (kg P/ha) = 0,1094Olsen-P - 0,231 ($R^2 = 0,9235$; $p < 0,001$), enquanto no método de Egnér-Riehm (AL-P; mgP/kg) a correlação e a estimativa é menor: Pexportado (kg P/ha) = 0,01295AL-P + 1,902 ($R^2 = 0,7149$; $p < 0,001$). Quanto à produção, expressa em matéria seca o método de Olsen apresenta um melhor valor preditivo ($R^2 = 0,8307$; $p < 0,001$) relativamente ao método de Egnér-Riehm ($R^2 = 0,485$; $p < 0,05$). Os resíduos orgânicos aplicados mostraram constituir uma fonte alternativa de P fitodisponível para as plantas, originando produção significativamente mais elevado do que a conseguida com a aplicação de adubação mineral. Este facto pode ser devido à composição dos resíduos noutros nutrientes que o adubo por si só não veicula. Também o facto de o N ter sido aplicado na mesma dose em cobertura em todas as modalidades independentemente do fertilizante utilizado pode explicar parte da diferença observada, pois os resíduos com uma razão C/N relativamente baixa terão mineralizado N para a cultura.

Conclusões

Os resultados obtidos permitem concluir que os resíduos utilizados podem ser uma fonte alternativa de P para as culturas. Estes resíduos possuem P em formas fitodisponíveis e têm uma ação na nutrição das plantas similar ou superior à adubação mineral tradicional. O método de Olsen mostrou ser mais robusto e menos dependente das formas de P presentes nos resíduos orgânicos de pecuária que o método de Egnér-Riehm na quantificação do P fitodisponível do solo. Os resíduos diferem significativamente no que respeita às formas de P que possuem estando estas relacionadas com os aspetos particulares da alimentação das diversas espécies animais.

Agradecimentos:

Trabalho financiado pelo projeto FCT PTDC/AGR-PRO/112127/2009, "Assessment of phosphorus bioavailability from animal manures applied to Portuguese soils and site vulnerability to phosphorus losses".

Bibliografia

- Heckrath G., Brookes P.C., Poulton P.R. and Goulding K.W.T. 1995. Phosphorus leaching from soils containing different phosphorus concentrations in the Broadbalk experiment. *Journal Environmental Quality* 24: 904-910.
- IUSS Working Group WRB. 2006. World reference base for soil resources 2006. *World Soil Resources Reports No. 103*. FAO, Rome.
- Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas. 1997. Código de Boas Práticas Agrícolas. Para a protecção da água contra a poluição com nitratos de origem agrícola. Ed. Auditor de Ambiente do MADRP, Lisboa.
- Murphy, J. and Riley, J. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta* 27, 31-36.
- Ruiz, J., Delgado, A. and Torrent, J. 1997. Iron related phosphorus in overfertilized European soils. *Journal of Environmental Quality* 26, 1548-1554.
- Serrão M. G., Pedra F., e Domingues H. 2007. Comparação entre dois corretivos orgânicos quanto à disponibilidade do fósforo para o azevém. *Revista de Ciências Agrárias* 30(2):109-121.
- Sharpley A. e Moyer B. 2000. Phosphorus forms in manure and compost and their release during simulated rainfall. *Journal of Environmental Quality* 29(5):1462-1469.
- Singh, B. B. e Jones, J. P. 1976. Phosphorous Sorption and Desorption Characteristics of Soil as Affected by Organic Residues. *Soil Science Society of America Journal* 40:389-394.
- Toor G. S., Hunger S., Peak J. D., Sims J. T. e Sparks D. L. 2006. Advances in the Characterization of Phosphorus in Organic Wastes: Environmental and Agronomic Applications. *Advances in Agronomy* 89:1-72.

Efeitos agr

J.P. Carneiro^{1,2*},

¹CERNAS, In

²P

³U

⁶C

Resumo

A aplicação de mecânica de se reduzem emis mediterrânicas, milho e na efic região de Caste verificar-se que condições do es efeitos negativo

Introdução

Em Portugal, d (NH₃) (Dias et NH₃ (EEA, 201 partir dos dejet ao solo. Usualn ocorrerem impc injeção no solo al., 2007), ou unicamente a fi aplicação de c maior eficiênci qualidade das p Para além da c determinado fe Com o objetivo efeito da utiliz NH₃, na pro disponibilizade ensaio em carr

Materiais e m

O ensaio de c. Cambissolo c orgânica, 5,9 areia grossa (