

## FÓSFORO DISPONÍVEL NO SOLO APÓS CATORZE ANOS DE DIFERENTES MANEJOS DE PASTEJO E ROTAÇÃO DE CULTURAS EM UM SISTEMA INTEGRADO DE LAVOURA E OVINOS DE CORTE

Gian Ghisleni<sup>1</sup>, Lucas A. Alves<sup>2</sup>, Tales Tiecher<sup>3</sup>, Júlia de Assis<sup>2</sup>, Paulo C. F. Carvalho<sup>3</sup>, Amanda P. Martins<sup>4</sup>.

1. Graduando em Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
2. Pós-graduando(a) em Ciência do Solo (UFRGS)
3. Professor da Faculdade de Agronomia (UFRGS)
4. Professora da Faculdade de Agronomia (UFRGS) - Departamento de Solos/Orientadora

### Resumo

O fósforo (P) encontra-se geralmente pouco disponível para as plantas nos solos brasileiros, limitando o desenvolvimento das culturas agrícolas. A disponibilidade de P pode ser alterada pelo manejo do solo, dentro de diferentes sistemas de produção. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o teor de P disponível ao longo do tempo e no perfil do solo após catorze anos da adoção de um sistema integrado de lavoura e ovinos de corte. Foram testadas intensidades de pastejo baixa e moderada, métodos de pastoreio contínuo e rotativo, e monocultivo (soja/soja) ou rotação de culturas (soja/milho). O P disponível apresentou forte gradiente no perfil do solo, com maior concentração na camada mais superior e diminuindo drasticamente com a profundidade. Os tratamentos testados não influenciaram a disponibilidade de P no solo. Porém, verificou-se grande aumento do teor de P ao longo do tempo, excedendo o limite crítico que pode causar impactos ambientais negativos.

**Palavras-chave:** Fertilidade do solo; Integração lavoura-pecuária; Mehlich 1.

**Apoio financeiro:** CNPq, FAPERGS e Fundação Agrisus.

**Trabalho selecionado para a JNIC:** UFRGS

### Introdução

O fósforo (P) é um dos macronutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, pois faz parte de importantes compostos, reações e da sua estrutura (ATP, DNA, fosfolípidos, entre outros). Assim, torna-se essencial para garantir uma boa produtividade dos cultivos agrícolas (Klein & Agne, 2012). O P é absorvido pelas culturas na forma de ânion (fosfato –  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  ou  $\text{HPO}_4^{2-}$ ) e, no solo, por apresentar uma adsorção específica, onde liga-se às partículas sólidas com uma alta energia, parte desse fosfato é fixado e se torna indisponível para as plantas, mesmo em condições onde os teores totais de P são muito altos. Os solos brasileiros possuem uma grande capacidade de adsorção de P, pois em sua maioria apresentam um alto grau de intemperismo, sendo ricos em óxidos de Al e Fe (Meurer, 2017). Isso faz com que as recomendações para adubação fosfatada sejam, muitas vezes, superiores à quantidade necessária somente para a cultura em questão (CQFS RS/SC, 2016).

Diferentes sistemas de produção são estudados atualmente tendo em vista um melhor aproveitamento dos fertilizantes. Entre eles, os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA), onde há cultivo de grãos e produção animal na mesma área, se alternando temporalmente, vêm sendo estudados e fomentados como alternativa para a intensificação sustentável da agricultura e também para um uso mais eficiente do P. O manejo quando bem realizado, tanto na fase pecuária quanto na fase lavoura dentro de um SIPA, pode influenciar positivamente a disponibilidade do nutriente no solo. Isso porque, de acordo com o método de pastoreio e intensidade de pastejo, é modificada a proporção do P que retorna via decomposição de raiz, parte aérea da pastagem e dejetos animais. Assim, a microbiologia do solo, responsável pela mineralização do P, é alterada, tornando a dinâmica do nutriente mais complexa e podendo diminuir a sua adsorção (Costa et al., 2014). Além disso, o tipo de resíduo adicionado no solo também pode influenciar a biomassa microbiana e, consequentemente, a disponibilidade do P, como no caso de monocultivo de lavouras de verão ou rotação com gramíneas e leguminosas.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o teor de P disponível ao longo do tempo e no perfil do solo após catorze anos da adoção de um SIPA de lavoura e ovinos de corte, sob diferentes intensidades de pastejo, métodos de pastoreio e rotação de culturas.

### Metodologia

O experimento foi conduzido entre os anos de 2003 e 2017, na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), localizada no município de Eldorado do Sul-RS. O mesmo possui uma área de 4,8 hectares, onde o solo foi classificado como Plintossolo Argilúvico Distrófico Típico, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2014), com 18% de argila na camada superficial.

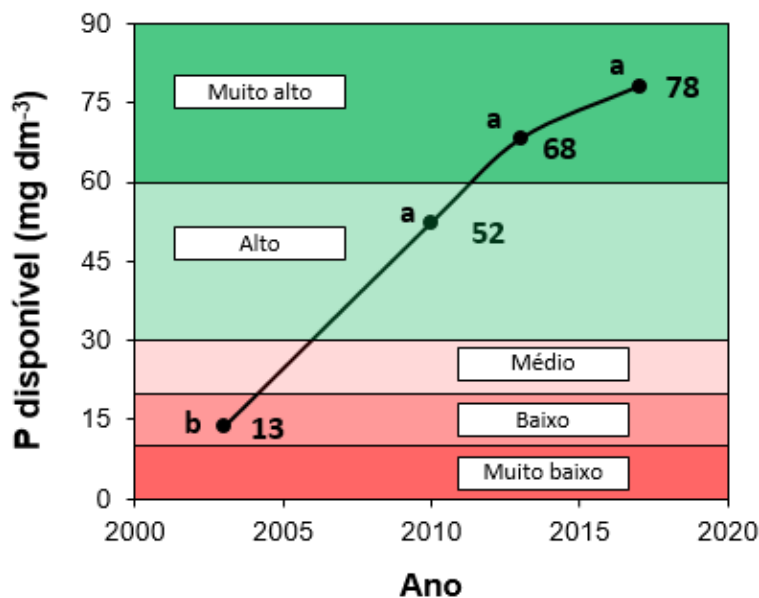
O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, em um modelo fatorial 2x2. Foram testadas duas intensidades de pastejo (baixa e moderada, que corresponderam a 5,0 e 2,5 vezes o potencial de consumo de forragem dos animais, respectivamente) e dois métodos de pastoreio (contínuo, onde os animais permaneceram na mesma área durante todo o período de pastejo, e rotativo, onde as parcelas foram subdivididas e os animais foram rotacionados, ficando em torno de dois dias em cada faixa de pastejo). Além disso, as parcelas foram subdivididas, no verão, em dois sistemas de cultivo (monocultivo de soja – *Glycine max* e rotação soja/milho – *Zea mays*), totalizando oito tratamentos. A fase pecuária ocorreu no período hibernar e consistiu no cultivo de azevém (*Lolium multiflorum*), com pastejo realizado por ovinos de corte. Os manejos realizados e a adubação seguiram as recomendações técnicas para as culturas.

Em junho de 2017, foram coletadas amostras de solo até 40 cm de profundidade, estratificadas em 5 camadas (0-5, 5-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm). As mesmas foram levadas para o Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da UFRGS, onde foram determinados os teores disponíveis de P (Mehlich 1) por fotolorimetria (Tedesco et al., 1995). Foi utilizado também o banco de dados do experimento, com coletas de solo realizadas nos anos de 2003, 2010, 2013 e 2017, para a avaliação da evolução dos teores disponíveis de P (Mehlich 1) ao longo do tempo, na camada de 0-20 cm. A análise estatística foi realizada aplicando-se a análise de variância (teste F) e, quando alcançada significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ambos com nível de significância de 5%.

## Resultados e Discussão

A intensidade de pastejo, o método de pastoreio e a rotação de culturas não alteraram o teor de P disponível no solo. Através das médias dos teores nos tratamentos, foram avaliadas a evolução temporal e a distribuição vertical do nutriente após catorze anos.

Os resultados obtidos demonstraram um aumento significativo no teor de fósforo ao passar dos anos na camada de 0-20 cm do solo (Figura 1). O teor de P disponível de  $14 \text{ mg dm}^{-3}$  no início do experimento (2003), que era considerado Baixo de acordo com a recomendação de adubação para garantir o rendimento das culturas (CQFS RS/SC, 2016), alcançou  $78 \text{ mg dm}^{-3}$  no ano de 2017, valor considerado Muito alto.

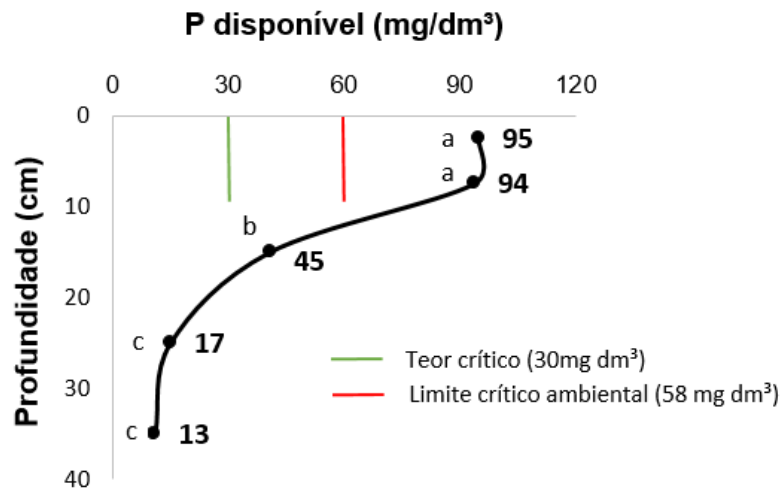


**Figura 1: Evolução temporal do teor de fósforo (P) disponível na camada de 0-20 cm do solo, independentemente do manejo do pastejo e da rotação de culturas. Letras distintas indicam diferença significativa das médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Interpretação dos teores de P (“Muito baixo”, “Baixo”, “Médio”, “Alto” e “Muito alto”) de acordo com a CQFS RS/SC (2016).**

Isso se deve à adição de fertilizantes fosfatados em quantidade superior à que vinha sendo exportada pelas culturas, o que possivelmente ocorreu devido à redução do potencial produtivo das plantas pela ocorrência de deficiência hídrica. Estiagens durante o ciclo da soja foram frequentes, com chuvas mensais abaixo de 100 mm, resultando em rendimentos inferiores ao esperado. Além disso, a quantidade de adubo recomendada atualmente (CQFS RS/SC, 2016) pode estar superestimando as exigências da cultura da soja dentro dos SIPA consolidados, onde a dinâmica e ciclagem dos nutrientes é diferenciada, pela presença do animal no sistema (Assmann et al., 2017).

Verificou-se também uma maior concentração de P disponível nas camadas superficiais do solo, atingindo um valor médio de  $94,5 \text{ mg dm}^{-3}$  na camada de 0-10 cm, no ano de 2017 (Figura 2). Isso ocorreu devido à baixa mobilidade do elemento no perfil do solo, permanecendo próximo do local onde foi aplicado. Esse teor de P, se comparado com os parâmetros para produção e preservação do ambiente, está mais de três vezes acima do teor crítico ( $30 \text{ mg dm}^{-3}$ ) proposto pela CQFS RS/SC (2016) para garantir o rendimento das culturas, e está acima do limite crítico para impactos ambientais ( $58 \text{ mg dm}^{-3}$ ) para essa classe de teor de argila

do solo (Gatiboni et al., 2014).



**Figura 2: Distribuição vertical do teor de fósforo (P) disponível do solo após 14 anos de condução do experimento, independentemente do manejo do pastejo e da rotação de culturas. Letras distintas indicam diferença significativa das médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Teor crítico para garantir o rendimento das culturas segundo CQFS RS/SC (2016). Limite crítico ambiental segundo Gatiboni et al. (2014).**

Desse modo, percebe-se um uso ineficiente dos fertilizantes fosfatados tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental, pois além do custo desnecessário com adubação, o potencial de contaminação das águas e expansão do processo de eutrofização é aumentado, principalmente em perdas por erosão e, em alguns casos, até mesmo por lixiviação. Dessa forma, os próximos passos deste estudo serão avaliar como os diferentes manejos afetam as formas orgânicas e inorgânicas e a labilidade do fósforo no solo, permitindo inferir melhor sobre o possível impacto ambiental do elemento, e elaborar um novo manejo de adubação no experimento, visando uma maior eficiência na utilização dos fertilizantes nos SIPA e contemplando os teores do solo e também a exportação pelas culturas nessa recomendação.

### Conclusões

O teor de P disponível no solo não foi alterado em função da intensidade de pastejo, do método de pastoreio ou da rotação de culturas. Porém, verificou-se grande aumento do teor de P ao longo do tempo, excedendo o limite crítico que pode causar impactos ambientais negativos. Além disso, o teor de P disponível apresentou forte gradiente no perfil do solo, com maior concentração na camada mais superior (0-10 cm), local onde o nutriente é adicionado via adubação, e diminuindo drasticamente com a profundidade. Estudos futuros devem avaliar as formas e a labilidade do P de acordo com os diferentes manejos para maior compreensão de sua dinâmica, possibilitando gerar informações que sirvam de subsídio para futuras recomendações de fertilização fosfatada para SIPA.

### Referências bibliográficas

ASSMANN, J. M. ; MARTINS, A. P. ; ANGHINONI, I. ; DENARDIN, L. G. O. ; NICHEL, G. H. ; COSTA, S. E. V. G. A. ; SILVA, R. A. P. ; BALERINI, F. ; CARVALHO, P. C. F. ; FRANZLUEBBERS, A. J. Phosphorus and potassium cycling in a long-term no-till integrated soybean-beef cattle production system under different grazing intensities in subtropics. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, p. 1-13, 2017.

COSTA, S. et al. Impact of an integrated no-till crop–livestock system on phosphorus distribution, availability and stock. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 190, 43–51. 2014.

CQFS-RS/SC – Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 11ª ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul. [s.l.], 376 p., 2016.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. – 4. ed. – Brasília, DF, 2014.

GATIBONI, L. C. et. al. Proposta de limites críticos ambientais de fósforo para solos de Santa Catarina. Lages: UDESC/CAV, 38 p, 2014.

KLEIN & AGNE. Fósforo: De nutriente à poluente! Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental v(8), nº 8, p. 1713-1721, SET-DEZ, 2012.

MEURER, J. Fundamentos de Química do Solo. 6ª edição. Porto Alegre, 2017.

TEDESCO, M.J.; Gianello, C.; Bissani, C.A.; Bohnen, H.; Volkweiss, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2ª ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 174p, 1995.