

UniRV- UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

**LIMITE CRÍTICO AMBIENTAL DE FÓSFORO EM SOLOS
ADUBADOS COM DEJETOS DE SUÍNOS A LONGO PRAZO**

THAYNARA MARIA VIEIRA BRANDÃO
Magister Scientiae

RIO VERDE
GOIÁS – BRASIL
2021

THAYNARA MARIA VIEIRA BRANDÃO

**LIMITE CRÍTICO AMBIENTAL DE FÓSFORO EM SOLOS ADUBADOS COM
DEJETOS DE SUÍNOS A LONGO PRAZO**

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para à obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL**

2021

Universidade de Rio Verde
Biblioteca Luiza Carlinda de Oliveira
Bibliotecário: Juatan Tiago da Silva – CRB 1/3158
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – (CIP)

B8171 Brandão, Thaynara Maria Vieira

Limite crítico ambiental de fósforo em solos adubados com dejetos de suínos a longo prazo. / Thaynara Maria Vieira Brandão. – 2021.
53 f.: il.

Orientadora: Profa. Dra. June Faria Scherrer Menezes.
Co-Orientadora: Profa. Dra. Muriel Amaral Jacob.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) — Universidade de Rio Verde - UniRV, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Faculdade de Agronomia, 2021.

Inclui índice de tabelas e figuras.

1. Impacto ambiental. 2. Fertilidade do solo. 3. Nutriente. 4. Fertilizante orgânico. I. Menezes, June Faria Scherrer. II. Jacob, Muriel Amaral. III. Título.

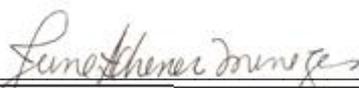
CDD: 633.34

THAYNARA MARIA VIEIRA BRANDÃO

**LIMITE CRÍTICO AMBIENTAL DE FÓSFORO EM SOLOS ADUBADOS COM
DEJETOS DE SUÍNOS A LONGO PRAZO**

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVAÇÃO: 16 de setembro de 2021



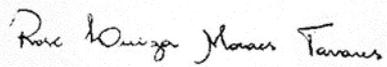
Profª. Dra. June Faria Scherrer Menezes
Presidente da Banca Examinadora
Membro – FA/UniRV



Profª. Dra. Muriel Amaral Jacob
Membro - FA/UniRV



Prof. Dr. Gustavo André Simon
Membro - FA/UniRV



Profª. Dra. Rose Luiza Moraes Tavares
Membro - FA/UniRV



Profª. Dra. Mariana Pina da Silva Berti
Membro – FA/UEG - Unidade Universitária de Ipameri

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, que me concedeu saúde, força e sabedoria para a conclusão do Mestrado em Produção Vegetal da UniRV. Sou grata por mais esta benção em minha jornada!

Ao meu pai Gladiston Divino Brandão (*in memorian*), que se faz presente em meus pensamentos e memórias.

As professoras da minha vida: minha mãe Rosana Ramalho Vieira e minhas avós Loide Maria Ramalho Vieira e Maria José Brandão, por me apoiarem e sempre me guiarem para o caminho do conhecimento.

Ao meu noivo Guilherme Monarin, pelo amor, apoio e companheirismo, em mais uma etapa de minha vida profissional.

A minha orientadora Dra. June Faria Scherrer Menezes, pela paciência ao me orientar e aos ensinamentos transmitidos ao longo do curso.

AGRADECIMENTO

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da UniRV e aos professores que me ensinaram tanto neste período. Tenho a certeza que saio uma profissional mais completa e comprometida após este período de desafios e conquistas.

A minha orientadora Dra. June Faria Scherrer Menezes, por tantos ensinamentos, pela paciência e atenção, que sempre teve não somente para comigo, mas com todos os colegas do curso. Obrigada pelo exemplo de profissional a seguir!

A Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SEMMA) de Rio Verde, pelo apoio na pesquisa e por disponibilizar os resultados das análises de solo das propriedades com granjas de suínos, no município de Rio Verde e proximidades.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES). Agradeço pela oportunidade de ser uma beneficiária da taxa escolar do Programa PROSUP/CAPES, por três semestres.

A minha família, que sempre apoiou meus sonhos e faz de tudo, para que eles se realizassem. Cada oração, cada ajuda, cada ensinamento, me fez chegar até aqui, e por isso sou eternamente grata. Obrigada, esta conquista é nossa!

Ao meu noivo Guilherme, obrigada por todo o apoio emocional e por me incentivar a iniciar e, agora, concluir esse sonho!

Aos meus colegas do mestrado, obrigada por sempre estarem dispostos a ajudar, estudar juntos, com vocês a jornada foi mais leve!

A minha amiga Camila Fonseca, companheira desde a faculdade, sou grata pelo apoio, especialmente, na reta final do mestrado, você fez a diferença!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
RESUMO GERAL.....	vii
GENERAL ABSTRACT.....	vii
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
REFERÊNCIAS.....	8
CAPÍTULO 1 - APLICAÇÃO DO LIMITE CRÍTICO AMBIENTAL DE FÓSFORO EM SOLOS DE GRANJAS NO SUDOESTE GOIANO.....	
RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	12
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	14
2.1 Levantamento dos teores de argila e de fósforo.....	14
2.2 Aplicação do LCA-P.....	15
2.3 Análise estatística.....	15
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
3.1 Sugestões para mitigação do problema ambiental do excesso de fósforo.....	20
3.1.1 Práticas preventivas.....	20
3.1.2 Práticas corretivas.....	20
4 CONCLUSÕES.....	22
REFERÊNCIAS.....	22
CAPÍTULO 2 - ESTUDO DE CASO COM APLICAÇÃO DO LCA-P EM SOLO ADUBADO COM DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS POR 19 ANOS.....	
RESUMO.....	25
ABSTRACT.....	26
1 INTRODUÇÃO.....	27
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
2.1 Amostragem e preparo das amostras.....	28
2.1 Fósforo disponível por Mehlich-1.....	29

2.2 Fósforo extraído com água.....	29
2.3 Textura.....	30
2.4 Umidade atual.....	30
2.5 Aplicação do LCA-P.....	31
2.6 Análise estatística.....	31
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4 CONCLUSÕES.....	34
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
REFERÊNCIAS.....	35
ANEXOS.....	37

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Necessidade das culturas quanto: ao nitrogênio, fósforo e potássio, em relação a disponibilidade desses nutrientes no dejetos.....	3
TABELA 2	Interpretação da análise de solo para os teores de P (Mehlich-1), de acordo com o teor de argila e recomendação de adubação corretiva de P, para culturas anuais, conforme a disponibilidade do nutriente em solos do Cerrado.....	14
TABELA 3	Resumo da análise estatística para os níveis de P em função dos teores de P e de argila do solo das granjas suínicas amostradas na região do Sudoeste Goiano.....	16
TABELA 4	Resumo da análise de variância para os teores de argila, P Mehlich -1 e P-água em função das adubações com doses crescentes de dejetos de suínos ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e adubação mineral).....	31
TABELA 5	Médias dos teores de P (Mehlich -1) e de argila, LCA-P e interpretação desse limite em função dos tratamentos	32
TABELA 6	Teor de P (Mehlich-1) e P-água em função das adubações com DLS (0, 25, 50, 75 e $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), e adubação mineral.....	33

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Limite Crítico Ambiental de P (LCA-P) em função do teor de argila do solo para solos de Santa Catarina. P _{Lim} : teor limite de P para aumento da liberação de P na água; LCA-P: 80% do P _{Lim} ; “Simplificação”: função simplificada para calcular o LCA-P; %arg: teor de argila do solo em percentagem.....	6
FIGURA 2	Limite Crítico Ambiental de P (LCA-P) em razão do teor de argila do solo para solos do cerrado. P _{Lim} : teor limite de P para aumento da liberação de P na água; e LCA-P (simplificado): função simplificada para calcular o LCA-P.....	8
FIGURA 3	Número (A) e percentagem (B) de propriedades amostradas distribuídas nos níveis de P conforme o teor de argila e recomendação de adubação corretiva de P para culturas anuais conforme a disponibilidade do nutriente em solos do Cerrado.....	16
FIGURA 4	Regressão linear simples da relação entre teores de argila e teores de fósforo para 89 amostras de solos de granjas suinícolas da região do Sudoeste Goiano.....	18
FIGURA 5	Número de propriedades na interpretação do LCA-P quanto a adequação ou excesso (A) e número de propriedades na recomendação segundo a Instrução Normativa 11 FATMA/2014 (B).....	19
FIGURA 6	Croqui do experimento realizado com doses crescentes de DLS e adubação mineral.....	29
FIGURA 7	Dispersão correlacionando teores de P Mehlich-1 e doses de DLS para as médias observadas e médias calculadas seguindo modelo linear da análise de regressão.....	34

RESUMO GERAL

BRANDÃO, T. M. V. UniRV - Universidade de Rio Verde, setembro de 2021. **Limite crítico ambiental de fósforo em solos adubados com dejetos de suínos a longo prazo.** Orientadora: Profa. Dra. June Faria Scherrer Menezes. Coorientadora: Profa. Dra. Muriel Amaral Jacob.

O solo do Cerrado é conhecido por seu elevado grau de intemperismo, sendo naturalmente ácido e de baixa fertilidade, tendo a necessidade de aplicar corretivos e fertilizantes fosfatados, em altas doses. Com a intensificação do sistema de criação de suínos, houve, conseqüentemente o aumento da quantidade dos resíduos oriundos da cadeia produtiva e surgiu a oportunidade de reaproveitamento desses no solo, para à adubação das culturas. Um dos fatores é que os resíduos são ricos em nutrientes, principalmente em fósforo (P). No entanto, os produtores devem-se atentar ao limite crítico deste nutriente no solo, pois possui um potencial poluidor, causando impacto negativo no meio ambiente, principalmente, no sistema aquático. Com este trabalho objetivou-se realizar o levantamento dos teores de P de solos, que receberam aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS) a longo prazo, em torno de 16 anos; posteriormente aplicação da metodologia do limite crítico ambiental de fósforo (LCA-P) nestes solos e indicar as estratégias de alteração do manejo nas áreas que apresentaram teores próximos ou excessivos de P em relação ao LCA-P. Este trabalho foi realizado em duas etapas, sendo o primeiro capítulo constituído do levantamento das análises de solo de 89 propriedades de granjas de suínos da região do Sudoeste Goiano, quanto ao teor de P, de argila e aplicação desses resultados na metodologia do LCA-P para solos do Cerrado. Segundo o LCA-P os solos foram classificados como adequado e não adequado. Posteriormente, seguindo os níveis determinados na Instrução Normativa nº. 11-FATMA (2014), foram realizadas as recomendações de limitar as aplicações de P nos solos, ou de suspender até que os teores estejam adequados para o LCA-P. Os níveis de P no solo das 89 amostras foram, na maioria, classificados em alto, representando 35% das propriedades. Todas as amostras que ultrapassaram o LCA-P estavam no nível alto, sendo que representam 16% das amostras totais de 14 propriedades. Dentre elas apenas duas têm a recomendação de se limitar a aplicação de fontes de P para metade da necessidade da cultura implantada. A maioria das 12 amostras ultrapassaram 20% o LCA-P sendo assim, necessária a proibição imediata de aplicação de quaisquer adubos fosfatados, ou dejetos contendo o nutriente. No segundo capítulo foi realizado um estudo de caso, de um experimento realizado na Universidade de Rio Verde – UniRV, com histórico de 19 anos de aplicações sucessivas de DLS, em doses crescentes de 25, 50, 75 e 100 m³ ha⁻¹, adubação mineral (química) e controle (sem aplicação de fertilizante e DLS). Foram analisadas 18 amostras de solos, dentre elas apenas uma ultrapassou o LCA-P, para solos do cerrado, sendo que esta se referente ao tratamento com aplicação de 100 m³ ha⁻¹ de DLS. Sugerindo que doses maiores de DLS podem gerar teores maiores de P no solo.

Palavras-chave: Impacto ambiental, fertilidade do solo, nutriente, fertilizante orgânico.

GENERAL ABSTRACT

BRANDÃO, T. M. V. UniRV - Universidade de Rio Verde, September 2021. Critical environmental limit of phosphorus in soils fertilized with long-term swine manure. Advisor: Dra. June Faria Scherrer Menezes. Co-advisor: Muriel Amaral Jacob.

The Cerrado soil is known for its high degree of weathering, being naturally acid and of low fertility, with the need to apply correctives and phosphate fertilizers in high doses. With the intensification of the pig breeding system, the amount of waste from the production chain has increased, and the opportunity to reuse this waste in the soil for fertilization of crops has arisen. One of the factors is that the waste is rich in nutrients, especially phosphorus (P). However, producers should pay attention to the critical limit of this nutrient in the soil, because it has a polluting potential, causing a negative impact on the environment, especially on the aquatic system. The aim of this study was to survey the P contents of soils that had received liquid swine manure (LSM) application over a long period of time, around 16 years; subsequently, to apply the methodology of the Critical Environmental Limit of Phosphorus (LCA-P) in these soils and to indicate management alteration strategies in areas that presented close or excessive P contents in relation to the LCA-P. The work was carried out in two stages, in which the first chapter consisted of a survey of the soil analyses of 89 properties of swine farms in the southwestern region of Goiás, regarding P and clay content, and the application of these results to the LCA-P methodology for Cerrado soils. According to LCA-P the soils were classified as suitable and not suitable. Subsequently, following the levels determined in Normative Instruction no. 11-FATMA (2014), recommendations were made to limit P applications to the soils, or to suspend until the contents are adequate for the LCA-P. The soil P levels of the 89 samples were mostly classified as high, representing 35% of the properties. All samples that exceeded the ACL-P were at the high level, representing 16% of the total samples, 14 properties. Among them only two have the recommendation to limit the application of P sources to half of the crop requirement. The majority, 12 samples, exceeded the LCA-P by 20%, thus requiring the immediate prohibition of the application of any phosphate fertilizers or manure containing this nutrient. The second chapter was a case study of an experiment conducted at the Universidade de Rio Verde - UniRV with a 19-year history of successive applications of LSM, in increasing doses of 25, 50, 75 and 100 m³ ha⁻¹, mineral (chemical) fertilization and control (no application of fertilizer and LSM). Only one of them exceeded the LCA-P for cerrado soils, which was the treatment with application of 100 m³ ha⁻¹ of LSM. This suggests that larger doses of LSM can generate higher levels of P in the soil.

Key-words: Environmental impact, soil fertility, nutrient, organic fertilizer.

1 INTRODUÇÃO GERAL

O fósforo (P) é um dos elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas, atuando em funções fundamentais. Com isso, o manejo da adubação fosfatada é uma prática realizada com eficácia, principalmente nos solos do Cerrado, que têm baixa fertilidade natural, e grande parte do P encontrado nele está na forma indisponível para as plantas, sendo assim, necessária à adubação com os fertilizantes fosfatados, para uma produção eficiente de grãos.

Devido a grande quantidade de granjas de suínos instaladas no Município, há a disponibilidade do dejetos líquido de suíno (DLS) advindas do sistema de criação. O DLS é uma alternativa de reposição de nutrientes, pois esse resíduo possui altos teores de P em sua composição, tornando-se um substituto ou complemento da adubação fosfatada, com fertilizante mineral.

O DLS pode ser fonte de vários nutrientes, tanto macronutrientes, quanto micronutrientes. Porém é necessária à aplicação adequada do excedente da produção. A utilização desse resíduo nos cultivos é uma opção, considerando, a redução de gastos com insumos fosfatados. Quando utilizado corretamente, sendo aproveitado na produção de grãos ou pastagens, o DLS pode fornecer todos os nutrientes contidos em sua composição.

Para a sustentabilidade da atividade suinícola, a utilização do DLS pelas granjas deve ser adequada para que continuem com o seu funcionamento e não haja contaminação do solo principalmente pelo excesso de alguns nutrientes, sendo um deles o P. Teores excessivos de P podem ser prejudiciais ao meio ambiente, principalmente, se houver a contaminação dos mananciais subterrâneos por escoamento superficial.

Atualmente, a legislação do estado de Goiás, limita as aplicações de DLS a dose máxima de $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ por ano. As aplicações a longo prazo podem aumentar os teores de P na superfície do solo, ultrapassando os teores adequados. Esse aumento de P, se dá devido a baixa mobilidade do P no solo, e, também ao fato dessa aplicação ser de forma superficial, sem incorporação.

Visando a melhoria dessa regulamentação, a metodologia do Limite Crítico Ambiental de Fósforo (LCA-P) para solos de Cerrado seria uma estratégia de verificação se os teores de P estariam excessivos no solo.

No licenciamento ambiental, para o funcionamento adequado das granjas é exigido análise química do solo em que é aplicado os dejetos da atividade suinícola. Porém, apenas

esses dados da fertilidade do solo não garantem o uso adequado do dejetos. Desta forma, aproveitando os dados das análises de solos adubados sucessivas vezes com DLS na região de Rio Verde-GO, principalmente quanto aos teores de P e de argila, e a metodologia do LCA-P desenvolveu-se esta pesquisa com os seguintes objetivos: fazer o levantamento de solos que receberam aplicação de dejetos de suínos (DLS) a longo prazo quanto aos teores de P e de argila; aplicar a metodologia do LCA-P nos solos que receberam à aplicação de DLS a longo prazo e indicar as estratégias de alteração do manejo, para mitigação dos teores de P diagnosticados, como excessivos, conforme os resultados do LCA-P.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O município de Rio Verde, localizado no sudoeste goiano, é fortemente ligado ao agronegócio. Com produção agrícola de cerca de 1,2 milhões de toneladas por ano dentre diversas culturas, como: soja, milho, sorgo, algodão, milheto, arroz, feijão e girassol, tornando a região responsável por 1,2% da produção brasileira de grãos. A área plantada no município ultrapassa 378,853 mil hectares (SEMMA, 2019).

Destacam-se também, a presença da suinocultura e a avicultura. Rio Verde é o município com maior efetivo do rebanho de suínos do estado, com 896.237 cabeças divididos em 1.202 estabelecimentos (IBGE, 2017). Esse destaque se dá devido à implantação de agroindústria de processamento de carne de aves e suínos no ano de 2000 e altos investimentos por parte das empresas e dos produtores integrados em anos subsequentes, o que impulsionou e incentivou a instalação de granjas de aves e suínos.

Atualmente, o número de granjas para à produção de suínos, em um raio de 70 km em torno da cidade de Rio Verde é de 42 para o Sistema de produção de leitões (SPL) e de 170 para o Sistema de engorda e terminação (SVT). Tendo cada núcleo aproximadamente 1.000 matrizes (SPL) e 4.000 suínos (SVT). Essa produção de suínos em sistema confinado produz anualmente cerca de 3,44 milhões de m³ por ano de dejetos líquidos de suíno (MENEZES, 2012).

O dejetos de suíno pode ser um composto líquido, pastoso ou sólido, dependendo das quantidades de: urina, água, resíduos de rações, pelos, poeiras e outros materiais de todo sistema de criação, apresentando fontes de nutrientes em sua estrutura sendo eles: nitrogênio

(N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), zinco (Zn) e boro (B) (Silva; Abreu; Weber; 2019). Os fatores considerados responsáveis pela composição química do DLS são: número de animais confinados, tipo de alimento dos animais e manejo de dejetos, manejo da água nas granjas, instalações das granjas e idade dos animais.

O dejetos líquido de suínos (DLS) pode ser reaproveitado adequadamente no solo como uma opção de adubação de culturas diversas produtoras de grãos, pastagens, fruticultura e reflorestamento (SEGANFREDO, 2007; MENEZES et al., 2002; CORRÊA et al., 2011).

Porém, se essas aplicações forem sucessivas, podem ocasionar alterações nas características químicas, físicas e biológicas do solo (Loss et al., 2019). Os fatores responsáveis pela aplicação de dejetos na mesma área são: custos de armazenamento e transporte dos dejetos (SEGANFREDO, 2020).

Os resíduos orgânicos são opções de fontes de P e demais nutrientes. Devido a sua alta eficiência, que pode se equiparar a de fertilizantes industriais solúveis, chegando a 80-90% de disponibilidade de P para o solo, 80% para N e 100% para K (CQFSRS/SC, 2004). Porém, um desafio para o uso consciente do DLS como fertilizante é a limitação de sua formulação média de N: P₂O₅:K₂O em 1,2:1:0,6, podendo variar em um pequeno limite devido as condições que foram geradas e de armazenamento desse resíduo. Tal limitação dificulta o ajuste da dosagem considerando a necessidade da cultura (Tabela 1) e alguma possível correção necessária no solo (CQFSRS/SC, 2004).

Tabela 1. Necessidade das culturas quanto: ao nitrogênio, fósforo e potássio, em relação a disponibilidade desses nutrientes no dejetos

	Nitrogênio	Fósforo (P₂O₅)	Potássio (K₂O)
Milho	6	1	4
Trigo	4	1	3
Arroz	2	1	1
Pastagem	6	1	3
Soja	0	1	2
Dejetos de suínos	1,2	1	0,6

Fonte: Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004).

Aplicações de DLS a longo prazo e em altas doses, sem considerar a extração da cultura, podem prejudicar o meio ambiente, por aplicar nutrientes com potencial poluidor, principalmente N, P, Cu e Zn (MATTIAS, 2006).

A adição inadequada de P ao solo em áreas agrícolas são consideradas fontes não pontuais de poluição de P, pois contribuem de forma indireta com a adição do nutriente das áreas fontes até os sistemas aquáticos (GATIBONI et al., 2015).

O P é um elemento de baixa mobilidade no solo devido à forte adsorção nas partículas deste, principalmente aqueles com texturas mais argilosas. Com isso, durante o processo erosivo, o P ligado ao solo também será deslocado aos sistemas aquáticos, e, quanto maior a quantidade do nutriente nas camadas superficiais do solo, maior também será o seu deslocamento juntamente com o solo erodido (Novais; Smith, 1999). A saturação de P na camada superficial do solo também favorece a liberação do P para a solução sendo transferido pelo escoamento superficial ou lixiviação com a drenagem vertical (Gatiboni et al., 2015), principalmente em solos de textura mais arenosa. Assim, os mananciais próximos às áreas com alta presença do nutriente podem ser afetados.

Alto teor de P, em ambientes aquáticos está relacionado ao processo de eutrofização (DANIEL; SHARPLEY; LEMUNYON, 1998), que consiste em um rápido crescimento das algas. Este processo é prejudicial pois causa um desequilíbrio neste ecossistema, que resultará na morte de peixes e outros organismos aquáticos. Devido ao aumento excessivo da massa de algas no sistema ocorre a diminuição da sua potabilidade, o aumento da turbidez e também da degradação da sua qualidade, com o alto consumo do oxigênio dissolvido (FOY, 2005).

Segundo Alves et al. (2018), no estudo de uma área em que foram cultivados em sucessão anual milho (*Zea mays*) e aveia (*Avena sativa*), no sistema de plantio direto em Santa Catarina, observaram que conforme foi aumentando a dose de DLS de 50 a 100 m³ ha⁻¹, reduziu a variedade de organismos presentes no solo, ainda que consideradas as vantagens do adubo orgânico para a fauna do solo existem respostas contraditórias, visto que esse resultado há possibilidade de ser decorrente do acréscimo de nutrientes e metais contidos no dejetos ocasionando efeito deletério aos microrganismos no solo.

No trabalho realizado por Liu et al. (2014), no Lago Winnipeg no Canadá, foi observado que a contaminação do lago era motivada pelo escoamento superficial de N e P provenientes das lavouras da região. Isso ocorria devido ao congelamento e descongelamento desde o final do outono, até o início da primavera. Com isso, o P era liberado dos resíduos da colheita e escorria até o lago e se tornava uma fonte potencial de poluição juntamente com a água oriunda o degelo.

Outro estudo foi realizado na bacia hidrográfica da baía de Chesapeake, no Estados Unidos da América (EUA), para averiguar o potencial poluente do P, devido ao histórico de

aplicação de nutriente em excesso ocasionado por resíduos orgânicos provenientes de gado de leite (Vadas et al., 2018). Os autores utilizaram o modelo anual de perda de P (APLE) para simular a dinâmica do P nos solos da região, levando em consideração a declividade do solo e estimar a perda de P para a bacia. Com o trabalho foi relatado a necessidade de um conjunto de ações para a redução dos teores de P em 40%.

Tendo em vista que a adubação com DLS é uma alternativa necessária, para a região do sudoeste goiano, algumas medidas devem ser adotadas para auxiliar a utilização correta dessa fonte de nutrientes, evitando assim problemas ambientais como a eutrofização e a poluição dos sistemas de abastecimento de água para as cidades.

Atualmente, a suinocultura é avaliada por fiscalizações e órgãos de proteção ambiental, sendo considerada uma atividade com grande potencial poluidor, contendo em seu resíduo inúmeros contaminantes sujeitos a processos individuais ou em conjunto, podendo caracterizar um princípio de contaminação e degradação dos elementos hídricos e do solo (OLIVEIRA, 2017).

O sistema intensivo de criação de suínos produz muitos resíduos, que requerem destinação final, para viabilizar economicamente a atividade, porém a utilização deve ser realizada de forma racional (dose correta, época correta, maneira correta e local correto) atendendo a todos os critérios técnicos estabelecidos a fim de evitar prejuízos para o solo e conseqüentemente, para o meio ambiente (CORRÊA et al., 2011). Da Política Nacional do Ministério de Meio Ambiente, foi instituída a Lei nº 1. No artigo 6.938 de 31 de agosto de 1981, na qual visa orientar para proteger, melhorar e restaurar a qualidade ambiental nas atividades econômicas, com potencial de poluição (PEREIRA, 2020).

Portanto, estabeleceram-se limites críticos, por órgãos ambientais e Unidades Federativas, para os elementos inorgânicos, quantidades embasadas nos diagnósticos de fitotoxicidade e verificação de perigos ecológicos, no cenário nacional, com a finalidade de proteger a população sujeita às atividades relacionadas a suinocultura (PEREIRA, 2020).

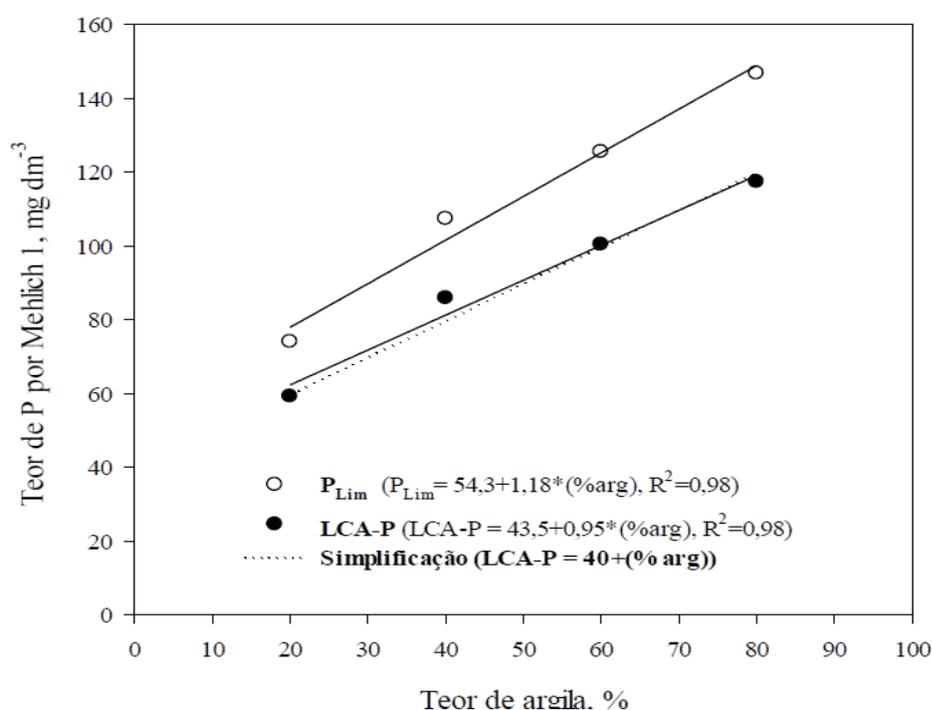
Com o objetivo de impedir que o conteúdo inorgânico exceda o limite registrado, a aplicação do dejetos no solo deve seguir as recomendações agronômicas, consultando sempre os manuais de adubação organizadas pelas entidades de agricultura de cada unidade federal brasileira (CORRÊA et al., 2011, GATIBONI; NICOLOSO, 2019).

Dentre as medidas de mitigação para evitar danos ao meio ambiente, vale ressaltar a prevenção da erosão e o revolvimento do solo propondo à diluição dos teores elevados de P e além dessas, há a determinação de um valor limite de P disponível por Mehlich-1 que o solo

pode conter na camada superficial sem comprometer os sistemas aquáticos próximos (GATIBONI et al., 2015).

Esse valor limite é representado por uma taxa, que varia de acordo com a textura e mineralogia do solo em questão, denominado por Limite Crítico Ambiental de Fósforo (LCA-P).

No trabalho realizado por Gatiboni et al. (2014), foi determinada a equação do LCA-P para solos do Sul do Brasil, levando em consideração o teor de argila em porcentagem, e o teor de P pelo extrator Mehlich-1 (Figura 1).



Fonte: Gatiboni et al. (2014).

Figura 1. Limite Crítico Ambiental de P (LCA-P) em função do teor de argila do solo para solos de Santa Catarina. P_{Lim}: teor limite de P para aumento da liberação de P na água; LCA-P: 80% do P_{Lim}; “Simplificação”: função simplificada para calcular o LCA-P; %arg: teor de argila do solo em porcentagem.

A Fundação do Meio Ambiente (FATMA) de Santa Catarina, percebendo a importância do LCA-P e sua utilização como ferramenta mitigatória de problemas ambientais causados pelo excesso de P, em 2014, alterou a Instrução Normativa N° 11 (FATMA, 2014). Assim, criou-se um sistema de monitoramento através do teor de referência determinado pela equação $LCA-P = 40 + argila (\%)$ proposta por Gattiboni et al. (2014). Em que, *argila (%)* é o teor de argila na camada 0-10 cm do solo, em porcentagem.

Essa Instrução Normativa propõe duas medidas diferentes dependendo da quantidade de P extraíveis por Mehlich-1 e a porcentagem acima do LCA-P que estas se encontram. São elas:

I. Até 20% acima do LCA-P: a dose de P a ser aplicada ao solo deve ser limitada em 50% da dose de manutenção recomendada para a cultura que será implantada, objetivando à redução gradual dos teores de P no solo. Outra opção é a utilização de culturas com alto potencial de extração e exportação do nutriente. Algumas medidas são válidas como o controle de erosão ou o revolvimento do solo propondo à diluição do P das camadas mais superficiais para camadas mais profundas. Por 4 anos pode se realizar tais medidas visando a diminuição do teor de P e se adequar ao LCA-P. Caso os níveis não baixarem nesse período, será recomendado que se faça a proibição de aplicação de dejetos de suínos ou outras formas de adição do nutriente no solo, sendo orgânica ou mineral.

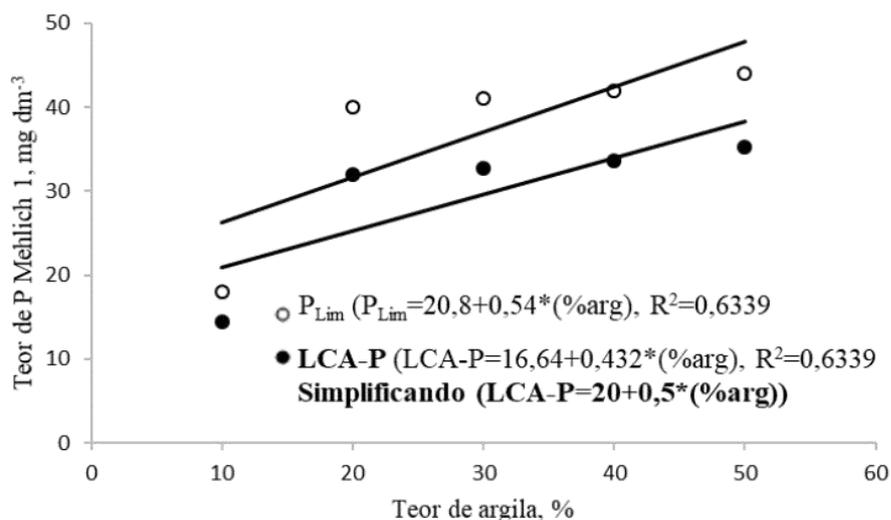
II. Mais de 20% acima do LCA-P: deverá ser proibida a aplicação de qualquer fonte de fósforo, tais como fertilizantes orgânicos de suínos, outras formas de resíduo ou fertilizantes minerais, até que os níveis de P sejam reduzidos ao LCA-P aceitável.

A utilização de técnicas mitigatórias e conservacionistas para a adubação com P de forma consciente é fundamental para um bom manejo do solo e para evitar problemas ambientais não desejados devido ao excesso do nutriente nos sistemas aquáticos.

Como demonstrado, o LCA-P é um grande aliado para evitar problemas ambientais decorrentes da agropecuária por ser um método de fácil utilização e grande efetividade (GATTIBONI et al., 2014).

Percebendo a importância de definir os teores limites para a aplicação de P no solo, Hemielewski (2020), analisou e definiu o LCA-P para solos do cerrado (Figura 2), levando em consideração os teores de P e argila e seguindo a metodologia proposta por Gattiboni et al. (2014), mas direcionando para solos característicos da região Centro-Oeste do Brasil, os Latossolos.

Do ponto de vista ambiental, a suinocultura é uma atividade sustentável, desde que sejam utilizadas as práticas corretas de manejo, técnicas e procedimentos de gestão adequados para o destino dos dejetos resultantes desta atividade, visando principalmente, a minimização dos impactos negativos ao meio ambiente (BACKES, 2019).



Fonte: Hemielevski (2020).

Figura 2. Limite Crítico Ambiental de P (LCA-P) em razão do teor de argila do solo para solos do cerrado. P_{Lim}: teor limite de P para aumento da liberação de P na água; e LCA-P (simplificado): função simplificada para calcular o LCA-P.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. V; SANTOS, J. C. P; SEGAT, J. C; DE SOUSA, D. G; BARETTA, D. Influência de fertilizantes químicos e dejetos líquidos de suínos na fauna do solo. **Agrarian**, v. 11, n. 41, p. 219-229, 2018.

BACKES, R. A. **Análise ambiental dos sistemas de produção de suínos na Bacia Hidrográfica U-30: estudo de caso.** 2019. Disponível em: <<https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/5651/Rosicler%20Alonso%20Backes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em ago de 2021.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFSRS/SC. **Manual de adubação de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Porto Alegre: 2004. 10^a. ed. p. 102-19.

CORRÊA, J. CORULLI; NICOLOSO, R. da S.; MENEZES, J. F. S.; BENITES, V. de M. **Critérios técnicos para recomendação de Biofertilizantes de origem animal em sistemas de produção agrícolas e florestais.** Comunicado técnico no. 486 ISSN 0100-8862. Embrapa Suínos e Aves. Concórdia, SC. Julho 2017. 8p.

DANIEL, T. C.; SHARPLEY, A. N.; LEMUNYON, J. L. Agricultural phosphorus and eutrophication: A review. **J Environ Qual.** 27:251-7. 1998.

FATMA. Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina. Instrução Normativa para licenciamento ambiental. Fatma: Instrução normativa n.º.11. 2014. 17 p.

FOY, H. The return of the phosphorus paradigm: Agricultural phosphorus and eutrophication. In: Sims J. T.; Sharpley A. N., editors. **Phosphorus: Agriculture and the environment**. Madison: American Society of Agronomy/Crop Science Society of America/Soil Science Society of America; p.911-39. 2005.

GATIBONI, L. C.; NICOLOSO, R. da S. Uso de dejetos animais como fertilizante: impactos ambientais e a experiência de Santa Catarina. **Embrapa Suínos e Aves - Livro científico (ALICE)**, 2019. 79 p. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1114228>

GATIBONI, L. C.; SMYTH, T. J.; SCHMITT, D. E.; CASSOL, P. C.; OLIVEIRA, C. M. B. **Limite crítico ambiental de fósforo para solos sul- brasileiros com adição de altas doses de nutrientes**. Tópicos em Ciencia do Solo, v.9, p. 144-171, 2015.

GATIBONI, L. C. et al. **Proposta de limites críticos ambientais de fósforo para solos de Santa Catarina**. Lages, SC: UDESC/CAV. Boletim técnico. N° 02. 2014. 38 p.

HEMIELEVSKI, L. S. **Limite crítico ambiental de fósforo para solo do cerrado**. Dissertação — Universidade de Rio Verde - UniRV, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. 2020. 56 p.

IBGE, Censo Agro. 2017. Disponível em: < <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017>> Acesso em jan de 2020.

LIU, K; ELLIOTT, J. A; LOBB, D. A; FLATEN, D. N; YAROTSKI, J. Conversion of conservation tillage to rotational tillage to reduce phosphorus losses during snowmelt runoff in the Canadian prairies. **Journal of Environmental Quality**, 2014. v.43 no.5 p. 1679-1689.

LOSS, A; COUTO, R. da R; BRUNETTO, G; VEIGA, M. da; TOSELLI, M; BALDI, E. Animal manure as fertilizer: changes in soil attributes, productivity and food composition. **International Journal of Research**. 2019. 7. 307-331.

MATTIAS, J. L. Metais pesados em solos sob aplicação de dejetos líquidos de suínos em duas micro bacias hidrográficas de Santa Catarina. Tese (doutorado em Ciência do Solo) UFSM -Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2006, 165 p.

MENEZES, J. F. S. **Uso de resíduos de suínos e cama de frango na agricultura**. Palestra proferida no Congresso de Fertilidade e Biologia do Solo (Fertbio): a responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola. Maceió – Alagoas, em 18 setembro de 2012. 9(04), 119-127.

MENEZES, J. F. S.; ANDRADE, C. L. T.; ALVARENGA, R. C.; KONZEN, E. A. PIMENTA, F. F. **Utilização de resíduos orgânicos na agricultura**. Ribeirão Preto: AGRISHOW, 2002. 9 p.

NOVAIS, R. F.; SMYTH T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil. 343 p. 1999.

OLIVEIRA, P. A. V. **Suinocultura e impacto no solo**. Associação dos Suinocultores de Minas Gerais (ASEMG), 2017. 16 p.

PEREIRA, D. C. **Aplicação de dejetos líquidos suínos e seus efeitos nas propriedades físico-químicas do solo.** Tese (Doutorado em Geografia) UEPG - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR. 2020. 81 p.

SEGANFREDO, M. A. Gestão ambiental na suinocultura. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica.** 2007. 302 p.4

SEGANFREDO, M. A. Riscos ambientais associados ao uso de dejetos animais como fertilizantes e índices de solo para sua avaliação. **Embrapa Suínos e Aves.** 2020. p. 113-140.

SEMMA. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE PREFEITURA DE RIO VERDE. Agricultura. 2019. Disponível em: <<https://www.rioverde.go.gov.br/agricultura-e-pecuaria/>>. Acesso em jan de 2020.

SHARPLEY, A; JARVIE, H; FLATEN, D; KLEINMAN, P. Celebrating the 350th Anniversary of Phosphorus Discovery: A Conundrum of Deficiency and Excess. **Journal of Environmental Quality**, 47(4). 2018.

SILVA, M. R; ABREU, J. G.; WEBER, O. S. Dejetos líquido de suínos como fonte de adubação de *Urochloa ruziziensis*. In: **XI Mostra da Pós-Graduação.** 2019.

VADAS, P. A; FIORELLINO, N. M; COALE, F. J; KRATOCHVIL, R; MULKEY, A. S; MCGRATH, J. M. Estimating legacy soil phosphorus impacts on phosphorus loss in the Chesapeake Bay watershed. **Journal of Environmental Quality.** 2018. 47(3).

VIEIRA, A. dos S. **Avaliação da disposição final de dejetos líquidos de suínos no solo.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Uberlândia, Pós-Graduação em Geografia. 2019. 127 p.

CAPÍTULO 1

APLICAÇÃO DO LIMITE CRÍTICO AMBIENTAL DE FÓSFORO EM SOLOS DE GRANJAS NO SUDOESTE GOIANO

RESUMO

A aplicação contínua de DLS no solo pode resultar em altos teores de P principalmente na camada superficial. O P em excesso pode ser transferido do solo para a água de superfície e contaminar os sistemas aquáticos causando problemas com a eutrofização e assim diminuindo a qualidade de água. Visando evitar tais problemas, este trabalho teve por objetivo avaliar se os solos adubados com dejetos suínos a longo prazo na região de Rio Verde - Goiás ultrapassam o LCA- P para o cerrado. O trabalho foi realizado em duas etapas: na primeira foram levantados os teores de argila e de P no solo de 89 propriedades rurais, através de resultados de análises de solos de granjas produtoras de suínos da região com histórico de aplicação em torno de 16 anos de DLS. Conhecidos os teores de P e de argila, os solos foram classificados em níveis: muito baixo, baixo, médio, adequado e alto em função dos teores de argila de cada propriedade. Na segunda parte foi aplicado o LCA-P para as propriedades. Em 35% das propriedades se encontravam o nível de P alto. Dentro desse nível observou-se que 16% das áreas adubadas com dejetos de suínos a longo prazo têm ultrapassado o LCA-P. Em 12 delas é sugerido que se faça a proibição imediata de aplicação de fontes de P. Apenas em duas (2) o LCA-P foi ultrapassando em menos de 20% e por isso recomenda-se a limitação da aplicação de fontes de P e a utilização de técnicas, para a redução dos teores de P nesses solos. As técnicas mitigatórias são necessárias nessas áreas a fim de evitar problemas futuros com a contaminação por P das bacias hidrográficas pertencentes à região.

Palavras-chave: Adubação orgânica, monitoramento ambiental, potencial poluidor.

CHAPTER 1

APPLICATION OF THE CRITICAL ENVIRONMENTAL LIMIT OF PHOSPHORUS IN FARM SOILS IN SOUTHWEST GOIÁS

ABSTRACT

The continuous application of DLS to the soil can result in high P contents mainly in the surface layer. Excess P can be transferred from the soil to surface water and contaminate aquatic systems, causing problems with eutrophication and thus decreasing water quality. Aiming to avoid such problems, the work aimed to evaluate whether the soils fertilized with swine manure in the long term in the region of Rio Verde - Goiás has exceeded the LCA- P for the cerrado. The work was carried out in two stages. In the first stage, the clay and P contents in the soil of 89 rural properties were surveyed through soil analysis results of pig farms in the region with a history of application around 16 years of DLS. Once the P and clay contents were known, the soils were classified into levels (very low, low, medium, adequate and high) according to the clay contents of each farm. In the second part, the LCA-P was applied to the properties. In 35% of the properties were in the high P level. Within this level, it was observed that 16% of the areas fertilized with pig manure in the long term have exceeded the ACL-P. In 12 of them, it is suggested that the immediate prohibition of the application of P sources be done. Only in two (2) the ACL-P was exceeded in less than 20% and therefore it is recommended to limit the application of P sources and to use techniques to reduce the P levels in these soils. Mitigation techniques are necessary in these areas in order to avoid future problems with P contamination of watersheds belonging to the region.

Key-words: Organic fertilization, environmental monitoring, polluting potential.

1 INTRODUÇÃO

O limite crítico ambiental de fósforo (LCA- P) é uma equação pré-definida para cada região do Brasil e visa calcular o teor limite de P presente no solo, que não irá interferir em águas superficiais e conseqüentemente nas bacias hidrográficas. Observar se o LCA-P tem sido ultrapassado é uma forma de proteger o meio ambiente e também evitar que seu excesso prejudique as produções agrícolas.

Na adubação para uso agrícola um dos principais elementos necessários para essa prática é o P. Elemento essencial para culturas como a soja e o milho, predominantes na região do sudoeste goiano. Essa prática vem sendo realizada através de diferentes fontes, sendo a mais comum os adubos fosfatados, como por exemplo fosfato monoamônio, superfosfato simples e superfosfato triplo, e também os resíduos agroindustriais, como dejetos de suínos e cama de aviário.

Os dejetos suínos são uma opção para adubação fosfatada, devido ao alto teor do nutriente em sua composição, cerca de 1% (Silva, 2021). Em regiões como Rio Verde – Goiás, que é forte na suinocultura esses dejetos são facilmente encontrados e utilizados por produtores que possuem granjas. Porém, o uso contínuo e sem a recomendação técnica podem exceder a capacidade de adsorção de P nos solos da região e se houver algum processo de perda, poderá por consequência prejudicar as bacias hidrográficas pertencentes a essa Região.

O P em excesso pode ser transferido do solo para a água da superfície e contaminar os sistemas aquáticos presentes no ecossistema, causando problemas com a eutrofização e diminuir a qualidade da água. Essa situação não é tão comum devido ao alto custo dos fertilizantes fosfatados minerais, o que limita a disponibilidade do nutriente ao solo em excesso. Mas, com a disponibilidade de dejetos esse problema é mais comum. Ainda mais relevante se os dejetos forem aplicados sucessivamente num mesmo local e em quantidades superiores as exigências da cultura implantada.

Fatores como: tipo da fonte, dose, frequência, modo de aplicação, cultura, manejo da propriedade, presença de palhada, textura do solo, declividade, taxa de erosão do solo, escoamento superficial, drenagem subsuperficial, distância do local, a fonte e presença de área de preservação são decisivos para a transferência e possível poluição dos sistemas aquáticos com o P.

Além dos cuidados com os fatores supracitados, a adubação deve ser realizada de forma racional, considerando a extração da cultura e possível correção necessária do solo, evitando assim, o excesso do nutriente P nos solos e, conseqüentemente, a eutrofização dos sistemas aquáticos.

Visando evitar tais problemas, este trabalho teve por objetivo fazer um levantamento dos teores de P nos solos adubados com dejetos suínos a longo prazo na região de Rio Verde - Goiás, aplicar a metodologia do LCA- P para o cerrado e propor medidas mitigatórias para adequação dos teores de P, em solos com teores excessivos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Levantamento dos teores de argila e de fósforo

O trabalho foi realizado em duas etapas, sendo a primeira constituída do levantamento dos teores de P e de argila pelos resultados das análises físico-químicas do solo de 89 propriedades de granjas produtoras de suínos da Região, do Sistema de produção de leitão (SPL) e Sistema vertical de terminação (SVT) com histórico de aplicação de DLS em torno de 16 anos, disponibilizadas pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SEMMA) e, a segunda foi a aplicação desses resultados na metodologia do limite crítico ambiental de fósforo (LCA-P) para solos do Cerrado.

Após esse levantamento, os teores de P foram classificados em níveis (muito baixo, baixo, médio, adequado e alto) conforme as tabelas de interpretação para P (Souza; Lobato, 2004) em função dos teores de argila de cada propriedade (Tabela 2).

Tabela 2. Interpretação da análise de solo para os teores de P (Mehlich-1), de acordo com o teor de argila e recomendação de adubação corretiva de P, para culturas anuais, conforme a disponibilidade do nutriente em solos do Cerrado

Teor de argila (%)	Teor de P no solo (mg dm ⁻³)				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Adequado	Alto
< 15	< 6,0	6,1 a 12,0	12,1 a 18,0	18,1 a 25,0	> 25,0
16 a 35	< 5,0	5,1 a 10,0	10,1 a 15,0	15,1 a 20,0	> 20,0
36 a 60	< 3,0	3,1 a 5,0	5,1 a 8,0	8,1 a 12,0	> 12,0
> 60	< 2,0	2,1 a 3,0	3,1 a 4,0	4,1 a 6,0	> 6,0

Fonte: Tabela adaptada de Souza; Lobato (2004).

2.2 Aplicação do LCA-P

Na segunda parte foi aplicada a metodologia do limite crítico ambiental de fósforo (LCA-P) definida para solos do Cerrado (Hemielevski, 2020) $LCA-P (mg\ dm^{-3}) = 20 + 0,5 \times arg (\%)$ para cada propriedade. Após a aplicação do LCA-P os teores foram classificados como adequado e não adequado, sendo descrita na revisão de literatura.

Posteriormente, seguindo os níveis determinados na Instrução Normativa 11 (FATMA, 2014), foram realizadas as recomendações de limitar ou suspender as aplicações de P nos solos, até que os teores estejam adequados para o LCA-P.

2.3 Análise estatística

Realizadas as duas etapas, os dados dos teores de P e de argila foram submetidos a análise estatística descritiva, para à obtenção das médias e desvio padrão, conforme a classificação dos níveis de P e análise de regressão linear simples para à verificação da relação entre os teores de P e teores de argila, como métodos para interpretação dos resultados, utilizando o programa Sisvar (FERREIRA, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de P e de argila no solo de 89 propriedades que possuem granjas dos sistemas SPL e SVT com aplicação de DLS a longo prazo foram levantados e classificados quanto aos teores de P e de argila em níveis (muito baixo, baixo, médio, adequado e alto) conforme a metodologia de interpretação proposta por Souza; Lobato (2002) (Figura 3).

Pelos dados apresentados verificou-se que, apenas em seis propriedades os teores de P no solo se encontram na faixa adequada, representando 7% das amostras; em oito propriedades os teores de P se encontram em níveis médio, representando 9% das amostras, 15 propriedades com teores de P em níveis baixos e em 19 propriedades, os teores de P estão muito baixos, representando 17% e 32% das amostras, respectivamente. A porcentagem maior das amostras, em 35%, estava com teores altos de P no solo, correspondendo a 31 propriedades (Figura 3).

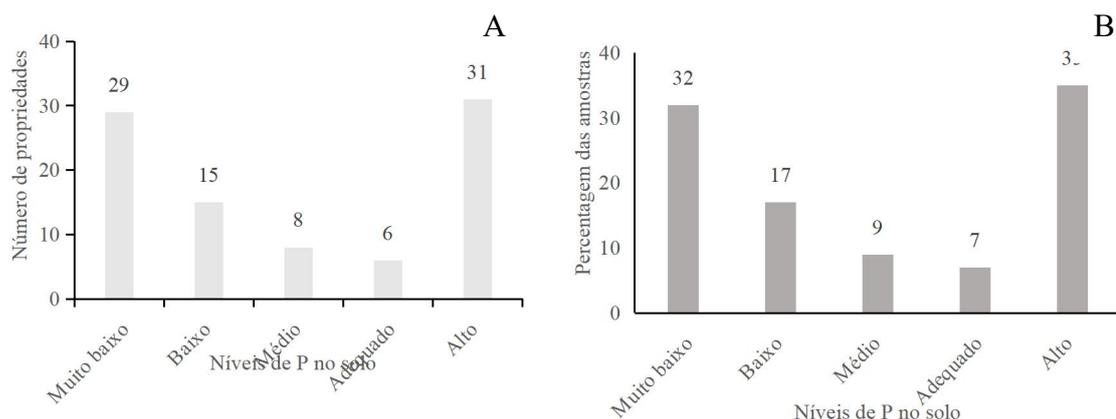


Figura 3. Número (A) e percentagem (B) de propriedades amostradas distribuídas nos níveis de P conforme o teor de argila e recomendação de adubação corretiva de P para culturas anuais conforme a disponibilidade do nutriente em solos do Cerrado.

Pela análise estatística descritiva para os níveis de P conforme os teores de P e de argila do solo das propriedades de granjas suinícolas observou-se que, os teores de P variaram de 0,2 a 115,7 mg dm⁻³, correspondendo ao nível muito baixo e alto de P no solo, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise estatística para os níveis de P em função dos teores de P e de argila do solo das granjas suinícolas amostradas na região do Sudoeste Goiano

Característica	Parâmetros	Nível de fósforo					Geral
		Alto	Adequado	Médio	Baixo	Muito baixo	
		----- mg dm ⁻³ -----					
Fósforo	Valor mínimo	12,1	7,0	5,8	2,1	0,2	0,2
	Valor médio	35,9	11,8	12,1	7,0	2,2	23,5
	Valor máximo	115,7	23,1	16,3	11,4	5,5	115,7
	Desvio padrão	22,30	6,48	3,92	2,48	1,17	-
	CV (%)	62,1	54,8	32,4	35,4	53,7	90,2
		----- % -----					
Argila	Valor mínimo	2,0	8,0	6,0	5,0	7,0	2,0
	Valor médio	31,1	45,0	22,3	23,5	26,2	29,2
	Valor máximo	72,0	68,0	49,0	67,0	72,0	72,0
	Desvio Padrão	23,15	24,93	15,53	19,36	18,90	-
	CV (%)	74,5	55,4	69,8	82,3	72,0	75,1
	n ¹	32	5	8	15	29	89,0

CV = coeficiente de variação. n¹ = número de casos

Pela análise estatística descritiva pode-se verificar que, na distribuição dos teores de P nos níveis, o desvio padrão e o CV são altos, indicando grande variação nos teores de P em

um mesmo nível. Coeficientes de variação altos implicam em alta magnitude de variação dentro de um mesmo nível de P mostrando grande heterogeneidade dos teores de P. Provavelmente o manejo de descarte dos dejetos, a quantidade aplicada ou a concentração de P nos dejetos aplicados são variáveis nas propriedades.

De forma semelhante, os teores de argila foram variáveis, entre as propriedades amostradas, variando de 2,0% (solo arenoso) a 72% (solo muito argiloso). Observa-se que quanto maior o teor de argila menor o teor de P, isso se dá devido a maior capacidade de retenção do P em solos argilosos. A variação dos teores de argila é justificada pelas diferentes localidades das propriedades analisadas, situadas em um raio de 70 km da cidade de Rio Verde. Além disso, o tipo de argila também influencia na retenção de P no solo, sendo que nos solos do Cerrado, em sua maioria possuem argila do tipo não-silicatada com alta concentração de óxidos de Fe e Al, devido a alto intemperismo destes solos (ROLIM NETO et al., 2004).

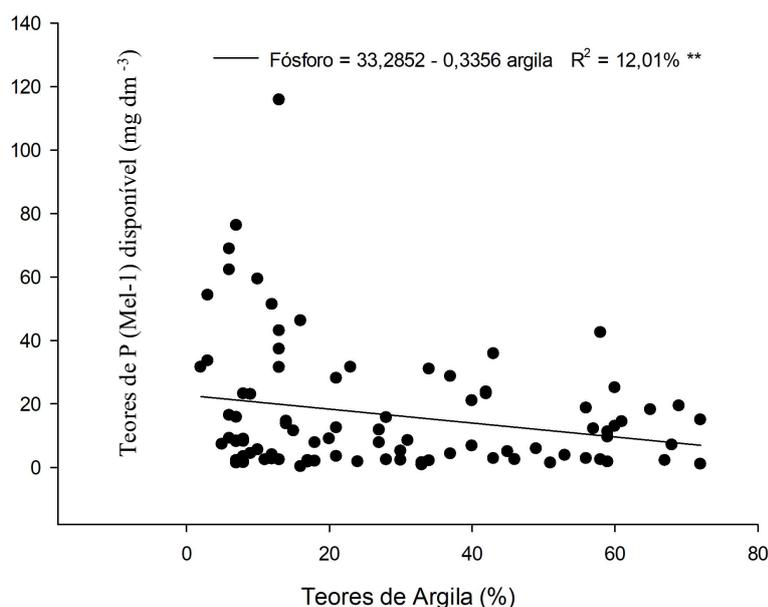
Mesmo com a discrepância na variação dos teores de P pode-se afirmar que a maioria dos solos analisados estavam com teores excessivos em P na camada mais superficial do solo. Esses resultados podem ser devido a aplicação superficial do dejetos de suíno na forma líquida em áreas do sistema plantio direto, e sem incorporação, além do fato que a distribuição desses resíduos é realizada em áreas restritas e próximas aos locais de armazenamento (Scherer, 2013). E essa prática, ao longo do tempo irá promover alterações nos atributos químicos do solo, como o incremento dos teores de nutrientes, como P, K, Ca e Mg (Lorenzi et al., 2013). Teores excessivos de P no solo evidenciam o risco de contaminação dos recursos hídricos, caso haja perda de P (GATIBONI et al., 2015).

Resultados da aplicação continuada de dejetos de suíno no aumento dos teores de P no solo foram encontrados também, por Scherer et al. (2010), em que os autores observaram aumento no teor de P na camada superficial do solo (0-5 cm) de 3,9 mg dm⁻³ (mata nativa) a 63,6 mg dm⁻³ (Latossolo) em 20 anos de aplicações de DLS nas doses de 80 a 100 m³ ha⁻¹ no oeste do estado de Santa Catarina.

E em solos menos intemperizados, como os Neossolos, Guardini et al. (2012), constataram que o P se deslocou em até 50 cm do perfil do solo após 15 anos da prática de utilização do DLS, isso se dá, ao reduzido número de sítios de adsorção característica de argilominerais 1:1 e de óxidos de Fe e Al da fração argila em comparação ao Latossolo (solos mais intemperizados).

Com esses resultados é possível observar, uma tendência de decréscimo nos teores de

P quando há ocorrência de maiores teores de argila nos solos amostrados (Figura 4). Isso é justificado pelo fato de que solos que sofreram fortemente a ação do intemperismo, o P predominará na forma inorgânica (Pi) fixadas mais fortemente aos coloides do solo. Pode-se observar também que, na equação obtida pela regressão linear simples ($Fósforo = 33,2852 - 0,3356 \text{ argila}$ $R^2 = 12,01\%^{**}$) o coeficiente de determinação da equação foi baixo, devido a grande dispersão dos teores de P, em relação aos teores de argila.



** Diferença significativa a 1% de probabilidade pelo teste T.

Figura 4. Regressão linear simples da relação entre teores de argila e teores de fósforo para 89 amostras de solos de granjas suinícolas da região do Sudoeste Goiano

Vale ressaltar que, em solos argilosos, o P possui menor mobilidade e permanece mais nas camadas superficiais do solo, criando um gradiente de concentração nas camadas mais profundas do solo (Rheinheimer et al., 1998). A maior preocupação ambiental é a perda do excesso de P para os mananciais em solos mais propícios a erosão. Então, conhecer a dinâmica do P no solo conforme a textura do solo e declividade da propriedade é fundamental para a definição dos indicadores ambientais e de solo para a utilização eficiente e sustentável dos resíduos.

Após separação das propriedades por níveis de P, foi aplicado o limite crítico ambiental de fósforo (LCA-P) definido para solos de Cerrado, conforme resultado obtido, em Hemielewski (2020). Aplicação do LCA-P para os solos das 89 granjas suinícolas na região do Sudoeste Goiano e interpretação segundo a adequação ou não desse limite e recomendação (Figura 5).

Para os teores de P classificados como não adequados seguiu-se os critérios propostos pela Instrução Normativa 11 FATMA/2014, como medida para monitoramento do potencial poluente dessas áreas, limitando ou proibindo aplicação de fontes de P nos solos (FATMA, 2014).

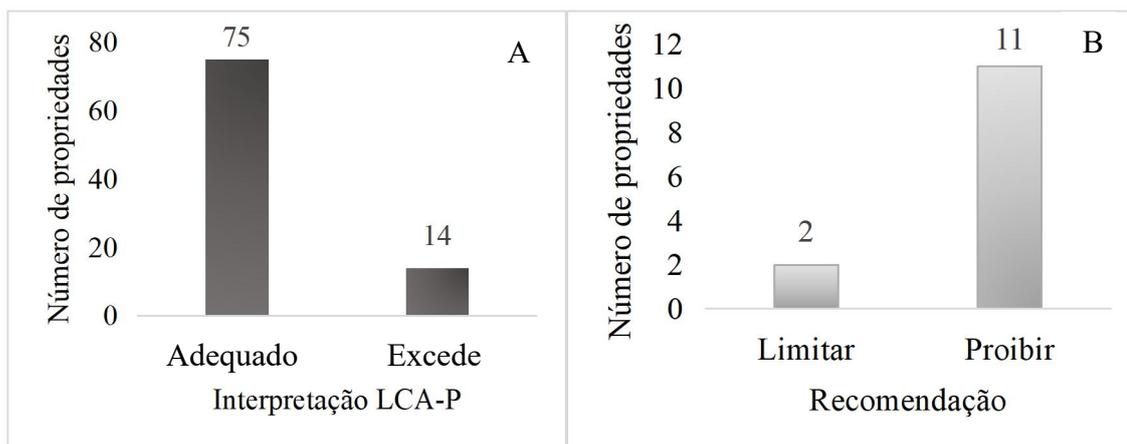


Figura 5. Número de propriedades na interpretação do LCA-P quanto a adequação ou excesso (A) e número de propriedades na recomendação segundo a Instrução Normativa 11 FATMA/2014 (B)

Das 89 análises de solo, 14 delas ultrapassaram o LCA-P para solos do cerrado, o que representa 16% do total. Dentre elas, 12 amostras estavam com os níveis do LCA-P maior que 20% do adequado, sendo recomendada a interrupção imediata de aplicação de fontes de P (Figura 5).

Semelhante resultado foi observado em estudos realizados em outras regiões suinícolas de Santa Catarina, em que houve, também, altos teores de P na superfície dos solos, que receberam aplicações constantes de DLS (CERETTA et al., 2003; GESSEL et al., 2004; SCHERER et al., 2007).

Para as amostras de solo que possuem os níveis do LCA-P abaixo de 20% do adequado é instruído a fazer a limitação em 50% da adubação fosfatada recomendada para a cultura a ser implantada na área. Porém, é interessante enfatizar que para todos os solos que o LCA-P foi superior ao nível crítico das plantas, por tal escolha o solo não perderá o seu potencial produtivo (BASSANI, 2017).

O P em abundância no ambiente pode causar uma variedade de efeitos negativos, especialmente, na qualidade da água. A eutrofização é causada pelo enriquecimento excessivo de água por meio da descarga de fertilizantes agrícolas e resíduos orgânicos. Quando a concentração desses resíduos aumenta a aglomeração de nutrientes, principalmente o P e pode

causar eutrofização em rios e lagos. A presença de altas concentrações de nutrientes estimula o crescimento de algas e plantas, interferindo no uso da água potável, podendo aumentar a taxa de crescimento de P na água, causando o esgotamento do oxigênio, levando como consequência extrema a morte de peixes (MACEDO; SIPAÚBA-TAVARES, 2018).

3.1 Sugestões para mitigação do problema ambiental do excesso de fósforo

3.1.1 Práticas preventivas

Estratégias para evitar problemas ambientais ocasionados pelo excesso de P são fundamentais e necessárias. A implementação dessas atitudes pode evitar a contaminação de mananciais aquáticos, bem como, auxiliar em áreas que já ultrapassaram o LCA-P e devem abrandar os teores do nutriente.

A aplicação e respeito ao LCA-P é uma atitude fundamental, de forma preventiva, mas não a única. O emprego de técnicas mitigatórias também são uma opção e podem ajudar os agricultores que precisam realizar o descarte do DLS como opção de manejo para adubação.

O plantio direto, quando bem manejado, ajuda no controle de erosão e também ocasiona uma infiltração maior de água. Ambos os benefícios estão diretamente relacionados a diminuição do escoamento superficial de P (SALTON; HERMANI; FONTES, 1998).

O controle da erosão auxilia diretamente evitando o deslocamento do nutriente juntamente com o solo erodido. Manejo como o plantio direto, respeitando adequadamente as áreas de preservação permanente na beira de rios e mananciais são técnicas eficientes para tal finalidade (WADT, 2003).

Práticas conservacionistas bastante simples e usuais, como o uso da fonte certa, com a dose correta, no tempo correto de aplicação e local correto (4C); auxiliam os produtores a tornar o manejo mais eficiente e seguro (IPNI, 2014).

3.1.2 Práticas corretivas

A implementação de estratégias mitigatórias de gestão de nutrientes são fundamentais para a obtenção dos teores de P desejáveis nas bacias hidrográficas. Essas estratégias foram estudadas e sendo aplicadas por todo os EUA, Canadá e Europa, como medida de segurança ambiental (KLEINMAN et al., 2015).

No lago Erie, nos EUA, foram usadas técnicas para o controle da contaminação pontual e não pontual por P. Estudiosos da região indicam que aliados a essa diminuição está: a adoção do sistema de plantio direto, a utilização de drenagem artificial e o gerenciamento das adubações (KLEINMAN et al., 2015).

Outro manejo eficiente é a escolha de culturas que possuem maior aproveitamento e absorção do P aplicado. Feijão-fava e o capim-marandu são exemplos de culturas utilizadas para a fitorremediação de áreas com altos teores de nutrientes (Crusciol et al., 2019). Além das forrageiras em geral, que devido ao seu sistema radicular ser mais desenvolvido auxiliam na ciclagem dos nutrientes.

A criação de faixas de proteção, como corredores verdes ao longo de toda a bacia hidrográfica, e áreas úmidas, como pântanos construídos e alagados, auxiliam na captura e processamento dos nutrientes (SHARPLEY et al., 2013).

Outra técnica para controle dos teores de P no solo é seguir a recomendação da dose de dejetos a ser aplicada com base no teor de P do resíduo. A taxa de aplicação de dejetos para atender a demanda de P é geralmente a metade da dose que seria aplicada baseada no teor de N dos dejetos. Segundo Corrêa et al. (2011), quando o solo estiver com teores muito baixos a médios de P, pode-se aplicar DLS em quantidades maiores, que a demanda da cultura, porém quando o teor de P no solo for igual ou superior ao teor considerado adequado a alto, a recomendação do dejetos deverá levar em consideração a demanda nutricional da cultura para P. Caso o teor de P no solo seja duas vezes superior ao nível máximo (alto), a recomendação do dejetos deverá ser feita com prudência, dando prioridade para a não aplicação no solo. Nesta última situação, é prudente recomendar a redução de parte do P no solo, até os teores diminuírem a valores médios; e a partir deste momento retornar a adubação com fertilizantes, seja ele orgânico ou mineral (CORRÊA et al., 2011).

Inúmeras podem ser as técnicas, mas elas devem ser eficientes para evitar ou remediar problemas ambientais ocasionados pelo excesso de P. É necessário estudar cada possibilidade para avaliação e adoção da mais adequada para cada realidade e possibilidade de manejo do produtor, considerando sempre se será feita de forma a prevenir ou diminuir os altos teores de P e assim manter a sustentabilidade da atividade suinícola de uma região.

4 CONCLUSÕES

Em 35% das amostras de solo das 89 granjas suínicas amostradas, na região do Sudoeste Goiano, os níveis de P se encontraram alto.

Em 16% das amostras de solo, os teores de P ultrapassaram o LCA-P; sendo que, apenas em duas recomenda-se limitar a aplicação de fontes de P, para metade da necessidade da cultura implantada.

Nos solos de 12 propriedades, os teores de P ultrapassaram em 20% o LCA-P sendo assim necessária, a proibição imediata de aplicação de quaisquer adubos fosfatados, ou dejetos contendo o nutriente.

REFERÊNCIAS

BASSANI, D. L. **Um estudo de caso da aplicação da IN 11/FATMA 2014 em uma propriedade suínica do Oeste Catarinense.** 2017. 44 p.

CERETTA, C. A.; DURIGON, R.; BASSO, C. J.; BARCELLOS, L. A. R.; VIEIRA, F. C. B. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, , 2003, v. 38, n. 6, p. 729-735.

CORRÊA, J. CORULLI; NICOLOSO, R. da S.; MENEZES, J. F. S.; BENITES, V. de M. **Critérios técnicos para recomendação de Biofertilizantes de origem animal em sistemas de produção agrícolas e florestais.** Comunicado técnico no. 486 ISSN 0100-8862. Embrapa Suínos e Aves. Concórdia, SC. Julho 2017. 8p.

CRUSCIOL, C. A. C.; RIGON, J. P. G.; CALONEGO, J. C.; SORATTO, R. P. Diversidade de plantas como estratégia para aumentar a disponibilidade de fósforo no solo. **Nutrição de plantas ciência e tecnologia (NTCP)**, Piracicaba, 2019, n. 1, p. 12 -14.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, [S.I.], 2019, v.37, n.4, p529-535.

FATMA- FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA –SC. **Instrução Normativa 11**, 2014. 37 p.

GATIBONI, L. C.; SMYTH, T. J.; SCHMITT, D. E.; CASSOL, P. C.; OLIVEIRA, C. M. B. **Limite crítico ambiental de fósforo para solos sul- brasileiros com adição de altas doses de nutrientes.** Tópicos em Ciência do Solo, v.9, p. 144-171, 2015.

GESSEL, P. D; HANSEN, N. C; MONCRIEF, J F; SCHMITT, M. A. Rate of fall-applied liquid swine manure: Effects on runoff transport of sediment and phosphorus. **Journal of Environmental Quality**. Madison, 2004, v. 33, n. 5, p. 1839-1844.

GUARDINI, R; COMIN, J.J; SCHMITT, D.E; TIECHER, T; BENDER, M.A; SANTOS D.R; MEZZARI C.P; OLIVEIRA B.S; GATIBONI L.C; BRUNETTO G. Accumulation of phosphorus fractions in typic Hapludalf soil after long-term application of pig slurry and deep pig litter in a no-tillage system. **Nutr Cycl Agroecosys**. 2012;93:215-25.

HEMIELEVSKI, L. S; **Limite crítico ambiental de fósforo para solo do cerrado**. Dissertação — Universidade de Rio Verde - UniRV, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. 2020.

IPNI. International Plant Nutrition Institute. **4R Nutrient Stewardship Portal**. 2014. Disponível em: <<http://www.ipni.net/4r>> Acesso em ago. 2021.

LOURENZI, C.R.; CERETTA, C.A.; SILVA, L.S. da; GIROTTO, E.; LORENSINI, F.; TIECHER, T.L.; DE CONTI, L.; TRENTIN, G.; BRUNETTO, G. Nutrients in soil layers under no-tillage after successive pig slurry applications. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p 157-167, 2013.

KLEINMAN, P. J. A; SHARPLEY, A. N; WITHERS, P. J. A; BERGSTRÖM, L; JOHNSON, L. T; DOODY, D. G. Implementing agricultural phosphorus science and management to combat eutrophication. **Ambio**, 2015. (2) 44.

MACEDO, C. F; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. **Boletim do instituto de Pesca**, 2018, v. 36, n. 2, p. 149-163.

PEREIRA, D. C. **Aplicação de dejetos líquidos suínos e seus efeitos nas propriedades físicoquímicas do solo**. Ponta Grossa, 2020. 81 f. Tese (Doutorado em Geografia - Área de Concentração: Gestão do Território: Sociedade e Natureza), Universidade Estadual de Ponta Grossa, PR.

RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I.; CONTE, E. Sorção de fósforo em função do teor inicial e de sistemas de manejo de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 01, p. 41-49, 2003.

ROLIM NETO, F. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; COSTA, L. M.; CORRÊA, M. M.; FERNANDES FILHO, E. I.; IBRAIMO, M. M. Phosphorus adsorption, specific surface, and mineralogical attributes of soils developed from volcanic rocks from the Upper Paranaíba, MG (Brazil) **R. Bras. Ci. Solo**, 28:953-964, 2004

SALTON, J. C.; HERMANI, L. C.; FONTES, C. Z. **Sistema Plantio Direto**. 500 perguntas e 500 respostas. Embrapa agropecuária Oeste. Brasília, DF. 1998. 254 p.

SHARPLEY, A; JARVIE, H. P; BUDA, A; MAY, L; SPEARS, B; KLEINMAN, P. Phosphorus Legacy: Overcoming the Effects of Past Management Practices to Mitigate Future Water Quality Impairment. **Journal of Environmental Quality**, (5)42., 2013.

SCHERER, E. E; BALDISSERA, I. T; NESI, C. N. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 123-131, 2007.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos de suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 34, n. 04, p. 1375-1383, 2010.

SCHERER, E. E. Doses e formas de aplicação do composto de dejetos suínos no cultivo orgânico de milho e feijão. **Revista Agropecuária Catarinense**, v. 26, p. 74-78, 2013.

SILVA, R. G. **Extratores de fósforo no solo com histórico de adubação com dejetos de suínos**. Dissertação — Universidade de Rio Verde - UniRV, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. 2021. 47 p.

SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2.ed. Brasília, **Embrapa Informação Tecnológica**, 2004. 416 p.

WADT, S. (editor) **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. Embrapa Acre, Acre. Documentos 90. 29 p.

CAPÍTULO 2

ESTUDO DE CASO COM APLICAÇÃO DO LCA-P EM SOLO ADUBADO COM DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS POR 19 ANOS

RESUMO

A aplicação de dejetos de suínos no solo é a alternativa de descarte racional desses resíduos, principalmente, por possuírem nutrientes que podem substituir parcial ou totalmente a adubação convencional de culturas anuais, tais como; soja e milho. E ainda, proporcionar produtividade de grãos compatíveis ou superiores as adubações com fertilizantes minerais. Porém, o estudo dos efeitos da aplicação a longo prazo desses resíduos no solo avaliando os elementos com potencial poluidor, tais como; N e P são necessários para a sustentabilidade da atividade e garantir a utilização dos dejetos sem ocasionar impacto negativo que leve a uma contaminação ambiental. Uma das maneiras de avaliar os teores de P no solo é utilizando o LCA-P principalmente em solos, que receberam sucessivas aplicações de DLS e em altas doses. Assim, o trabalho objetivou avaliar os efeitos de doses crescentes de DLS nos teores de P extraídos por Mehlich-1 (P-Mel) e em água (P-água) na camada superficial de um Latossolo Vermelho distroférico de textura argilosa com histórico de aplicação de dejetos por 19 anos (2000 a 2019), cultivado com soja e milho em sucessão aplicando-se a metodologia do LCA-P. Os tratamentos foram compostos pelas doses anuais de DLS (0, 25, 50, 75 e 100 m³ ha⁻¹), aplicados na superfície do solo, sem incorporação. E após 19 anos de aplicações de DLS e cultivos o solo foi amostrado na profundidade de 0-20 cm a fim de determinar os teores de P extraíveis. Para os teores de P (Mehlich-1) verificou-se que somente a dose de 100 m³ ha⁻¹ promoveu maior teores de P no solo, quando comparado aos demais tratamentos. E nos teores de P-água não houve diferença significativa, entre os tratamentos controle, mineral e com dose de 25 m³ ha⁻¹ de DLS. O LCA-P foi ultrapassado somente no tratamento que houve aplicação de 100 m³ ha⁻¹. Com isso, concluiu-se que, após 19 anos de aplicações contínuas de DLS no solo com doses altas pode-se indicar uma preocupação ambiental, por contaminação de P.

Palavras-chaves: P em Mehlich-1, P em água, extrator de fósforo.

CHAPTER 2

CASE STUDY WITH APPLICATION OF LCA-P ON SOIL FERTILIZED WITH LIQUID SWINE MANURE FOR 19 YEARS

ABSTRACT

The application of pig slurry to the soil is an alternative for the rational disposal of this waste, mainly because it contains nutrients that can partially or totally replace conventional fertilization of annual crops such as soybeans and corn. And also, provide grain yields compatible or superior to fertilization with mineral fertilizers. However, the study of the effects of long-term application of these residues in the soil, evaluating the elements with polluting potential, such as N and P, is necessary for the sustainability of the activity and to ensure the use of waste without causing a negative impact that leads to environmental contamination. One way to evaluate the levels of P in the soil is using the LCA-P, especially in soils that have received successive applications of DLS and at high doses. Thus, the objective of this study was to evaluate the effects of increasing doses of DLS on the P content extracted by Mehlich-1 (P-Mel) and in water (P-water) in the surface layer of a clayey red dystrophic Latosol with a history of manure application for 19 years (2000 to 2019), cultivated with soybean and corn in succession applying the LCA-P methodology. The treatments were composed of the annual doses of DLS (0, 25, 50, 75 and 100 m³ ha⁻¹), applied on the soil surface, without incorporation. And after 19 years of DLS applications and cultivations the soil was sampled at 0-20 cm depth in order to determine the extractable P contents. For the levels of P (Mehlich-1), it was found that only the dose of 100 m³ ha⁻¹ promoted higher levels of P in the soil when compared to the other treatments. There was no significant difference in the P-water content between the control treatments, mineral and 25 m³ ha⁻¹ of DLS. The ACL-P was exceeded only in the treatment that had the application of 100 m³ ha⁻¹. Thus, it was concluded that after 19 years of continuous applications of DLS to the soil with high doses may indicate an environmental concern for P contamination.

Key-words: P in Mehlich-1, P in water, phosphorus extractor.

1 INTRODUÇÃO

Os solos do Cerrado são naturalmente pobres em P, sendo necessária aplicação constante de fertilizantes fosfatados, para a produção de culturas. Para as culturas de soja e milho utiliza-se anualmente 160 kg ha^{-1} de P_2O_5 (SOUSA; LOBATO, 2004).

Devido a grande quantidade de granjas de suínos instaladas no Município, há a disponibilidade do dejetos líquido de suíno (DLS) vindo do sistema de criação. O DLS é uma alternativa de reposição de nutrientes, pois esse resíduo possui altos teores de P, em sua composição, tornando-se um substituto ou complemento da adubação fosfatada, com fertilizante mineral.

Nas áreas que recebem DLS, segundo Cassol et al. (2011), a maioria do P ($> 60\%$) adicionado ao solo se encontra na forma inorgânica devido a mineralização dos compostos fosfatados orgânicos presentes nesses resíduos e também ser a forma de P adicionada as rações para alimentação dos suínos. Além desses fatores, há um baixo aproveitamento do P pelos suínos, ocasionando de 50 a 80% de P integrando a composição dos DLS (PERDOMO, 2003).

Na aplicação de altas doses de DLS há adições constantes de P o que eleva os teores desse nutriente no solo e com o tempo poderá atingir o LCA-P (Gatiboni et al., 2015). Maiores concentrações de P são encontradas nas camadas mais superficiais do solo devido baixa mobilidade do elemento no solo, pois tende a ser fixado e adsorvido pelas partículas que compõem o solo (Novais; Smith, 1999) e a alta capacidade de adsorção de P (CMAP). A CMAP tem relação com os teores de argila e matéria orgânica do solo, quanto mais intemperizado o solo, tal como os Latossolos, maior a CMAP.

As aplicações sucessivas de DLS, por longo tempo e na mesma área, podem diminuir a CMAP e a energia de ligação desse íon aos grupos funcionais dos colóides inorgânicos do solo (RHEINHEIMER et al., 2003). E ainda, esse efeito se deve aos ânions de ácidos orgânicos, que complexam Fe e Al da superfície de óxidos, bloqueando os sítios de adsorção de P, resultando em maior teor de P na solução do solo (SCHERER et al., 2010). O decréscimo da retenção de P pode resultar em maior mobilidade deste no perfil do solo. Desta forma, eleva-se a concentração de P na solução do solo (P-água), aumentando as perdas de P por processos erosivos ou escoamento superficial, o que pode causar o enriquecimento de P nos corpos hídricos e conseqüentemente eutrofização de mananciais (KLEINMAN et al., 2015).

Quando se detecta altos teores de P no solo que receberam altas e sucessivas doses de DLS deve-se atentar para o potencial poluidor desse elemento, principalmente pensando no escoamento superficial e contaminação de mananciais hídricos indicando que se deve diminuir as doses de DLS nessas áreas (Gatiboni et al., 2015). Sugere-se, também, adotar todas as medidas de manejo que ocasionem maior taxa de infiltração da água no solo, e sistemas de cultivos que proporcionem a produção e manutenção de altas quantidades de resíduos vegetais sobre a superfície do solo, tal como a adoção do sistema de Plantio Direto, a fim de diminuir o escoamento superficial (CERETA et al., 2005) e, conseqüentemente, o risco de contaminação de águas superficiais por P provindo dos DLS.

Assim, objetivou-se neste trabalho avaliar os efeitos de doses crescentes de DLS nos teores de P extraídos por Mehlich-1 (P-Mel) e em água (P-água) na camada superficial de um Latossolo Vermelho distroférico de textura argilosa, com histórico de aplicação de dejetos por 19 anos, aplicando-se a metodologia do LCA-P e indicando o possível risco ambiental de P.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostragem e preparo das amostras

As amostras de solo foram oriundas de um experimento de longa duração, implantado no ano de 2000, na Universidade de Rio Verde (UniRV), em um solo do tipo Latossolo Vermelho distroférico (Embrapa, 2013) com 4% de declividade. O experimento foi conduzido em sistema de plantio direto (SPD) por 19 anos com aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos (DLS). Os tratamentos foram constituídos por doses crescente de DLS, de 25, 50, 75 e 100 m³ ha⁻¹, adubação mineral 350 kg ha⁻¹ com formulação 02-20-18 e controle (sem nenhuma adubação adicional), conforme o croqui (Figura 6), com 3 repetições. Todas as aplicações de DLS foram realizadas à lanço, antes da implantação das culturas de soja e milho. Os cultivos foram realizados em sucessão, um ano soja e no outro milho.

A coleta das amostras de solo ocorreu em fevereiro de 2019, após a colheita da soja. Foram coletadas cinco (05) amostras simples para fazer uma amostra composta por parcela (15 m x 10 m), na profundidade de 0-10 cm, utilizando-se um trado holandês.

Mineral	Controle	50 m ³	100 m ³	75 m ³	25 m ³
Mineral	Controle	75 m ³	100 m ³	50 m ³	25 m ³
25 m ³	100 m ³	50 m ³	75 m ³	Controle	Mineral

Figura 6. Croqui do experimento realizado com doses crescentes de DLS e adubação mineral.

Nas 18 amostras foram determinados os teores de fósforo utilizando dois extratores: Mehlich-1 e água, teores de argila e umidade para determinação das texturas do solo. As análises foram realizadas nos laboratórios Multiusuário da UniRV (Universidade de Rio Verde), no primeiro semestre de 2021.

2.1 Fósforo disponível por Mehlich-1

Para a determinação dos teores de P por Mehlich-1, seguiu-se a metodologia proposta por Tedesco et al. (1995), em um erlenmeyer de 125 mL foi adicionado 10 cm³ de TFSA, em seguida foi 100 mL da solução extratora. A solução extratora de Mehlich-1 ou duplo-ácida foi preparada por uma mistura de HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹. Agitou-se durante 5 minutos, no agitador horizontal, seguido a isso, as amostras foram deixadas em decantação por 16 horas. Em seguida foi pipetado uma alíquota de 5 mL do sobrenadante da solução e adicionado 10 mL de solução ácida de molibdato de amônio diluída e 30 mg de ácido ascórbico em pó. A solução foi agitada por 2 minutos e deixada em repouso por 1 hora para se obter a coloração (azul) para a realização da leitura. A leitura da densidade ótica (absorbância) foi realizada no fotocolorímetro, no comprimento de onda de 660 nm.

2.2 Fósforo extraído com água

Para a determinação dos teores de P extraído com água foi seguida a metodologia proposta por Sissingh (1971), com as adaptações seguidas por Seganfredo (2013), pesou-se 1,0 g de TFSA de cada amostra, sendo adicionado em um frasco de Snap-Cap. Seguido foi adicionado 1,6 mL de água destilada e tampado o frasco. A solução ficou em repouso em condições estáticas por 21 h em temperatura ambiente.

Completo-se o volume até atingir 50 mL e em seguida foi levado para a agitação em mesa de agitação horizontal, por 1 h a 120 rpm. Em seguida foi destampando o frasco deixando para decantação por 2 h. Coletou-se o sobrenadante, levando-o para centrifugação,

por 12 minutos. Foi realizada a filtração do sobrenadante em papel filtro quantitativo 2 µm. Pipetou-se 5 mL de cada amostra e transferiu-se para um copo descartável de 50 mL.

Adicionou-se 0,75 mL do reagente misto constituído por: solução com ácido sulfúrico, molibdato de amônio, solução de ácido ascórbico e água destilada, antimonil tartarato de potássio. Após 60 minutos foi feita a leitura de absorvância no fotolorímetro com comprimento de onda 882 nm.

2.3 Textura

Para a determinação da textura das amostras foi seguido a metodologia da Embrapa (2017), pesou-se 10 g de TFSA, adicionando em um franco âmbar de 250 mL e em seguida acrescentou-se 50 mL de NaOH 1 mol L⁻¹. O frasco foi agitado por 16 horas na mesa agitadora horizontal a 200 rpm.

Em uma peneira de 53 µ foi realizada a filtração das amostras lavando em água, até completar 1 litro em uma proveta, com o auxílio de funil. A areia filtrada foi colocada em um béquer, colocado para secar em estufa por 24 h a 100° C e posteriormente, peso anotado. Em outra proveta se adicionou 50 mL de NaOH 1 mol L⁻¹, completou para 1 litro e identificado como branco. Foi realizada a homogeneização das provetas durante 1 minuto, seguido de um repouso de aproximadamente 4 horas para sedimentação das partículas de silte e argila de acordo com a temperatura da solução.

Após as 4 horas de repouso coletou-se 10 mL das amostras a 5 cm de profundidade e adicionada em béquer de peso conhecido. Todos os béquers foram levados para a estufa a 105°C por 24 horas. Pesou os béquers com amostras secas para obtenção de argila. O silte foi obtido por diferença da areia e silte.

2.4 Umidade atual

Para a determinação do teor de umidade gravimétrica presente na amostra de solo, foi seguida a metodologia da Embrapa (2017), adicionou uma amostra de TFSA, em lata de alumínio numerada e de peso conhecido. Foi pesado e em seguida levado para estufa a 105-110°C para permanecer por 24 horas. Retirou-se da estufa, colocado no dessecador e após esfriar foi pesado novamente.

2.5 Aplicação do LCA-P

Com os resultados dos teores de P e de argila das análises foi aplicada a metodologia do limite crítico ambiental de fósforo (LCA-P) definida para solos de Cerrado (Hemielevski, 2020), em função dos tratamentos. Após a aplicação do LCA-P os teores foram classificados como adequado e não adequado conforme preconizado pela metodologia e descrito na Revisão de Literatura (páginas 14 e 15).

2.6 Análise estatística

Os dados obtidos das análises foram submetidos as análises estatísticas para à obtenção dos resultados utilizando-se os programas Sisvar (FERREIRA, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 4 apresenta o resumo da análise de variância para os teores de argila, P-Mehlich-1 e P-água, em que a variável argila não apresentou significância a 5% de probabilidade, diferente das variáveis P-Mel e P-água, que apresentaram diferença significativa, indicando que ocorreu efeito da adubação nessas variáveis. Para o efeito dos teores de argila era esperado não haver variação, devido o experimento ser realizado em uma mesma localização.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para os teores de argila, P Mehlich -1 e P-água em função das adubações com doses crescentes de dejetos de suínos ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e adubação mineral)

FV	GL	Argila		P-Mel		P-água	
		Fc	Pr>Fc	Fc	Pr>Fc	Fc	Pr>Fc
Bloco	2	1,542	0,2607	0,270	0,7689	0,038	0,9629
Adubação	5	1,861	0,1887	9,331	0,0016	4,993	0,0149
Erro	10						
CV (%)		3,82		63,48		63,02	

FV= Fontes de variação, GL= Graus de liberdade, Fc= F calculado.

Bassani (2017), encontrou resultado similar a este, em que realizou o teste de regressão com os mesmos métodos, quando P-água for igual à 0,00, P-Mehlich foi 64,89 mg L⁻¹, ou seja, para 1 mg L⁻¹ de P-água equivale a 2,09 mg L⁻¹ de P-Mehlich.

Pelos resultados dos teores de P (Mehlich-1) e argila das 18 amostras de solo aplicou-se a metodologia do LCA-P e a interpretação desses teores (Tabela 5). A interpretação representa a recomendação a ser seguida para manter a qualidade do solo sem afetar o meio ambiente quanto aos teores de P.

Tabela 5. Médias dos teores de P (Mehlich -1) e de argila, LCA-P e interpretação desse limite em função dos tratamentos

Adubação	P	Argila	LCA-P	Interpretação
	mg dm ⁻³	%	mg dm ⁻³	
Controle	2,45 a	46,73	43,37	Adequado
25 m ³ ha ⁻¹ DLS	4,09 a	46,01	43,00	Adequado
50 m ³ ha ⁻¹ DLS	7,28 a	47,28	43,64	Adequado
75 m ³ ha ⁻¹ DLS	10,20 a	48,09	44,05	Adequado
100 m ³ ha ⁻¹ DLS	34,13 b	44,06	42,03	Adequado
Adub. mineral	5,32 a	45,73	42,87	Adequado

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. Profundidade de amostragem do solo 0-20cm.

Verificou-se que, a aplicação do LCA-P nas médias dos teores de P se manteve na interpretação adequada. Porém, ao analisar os teores separadamente das amostras (Anexo 3) apenas a amostra 18, excedeu-se ao LCA-P apresentado em 42,48 e 44,96 % de argila e teor de 49,00 mg dm⁻³ de P, em que o LCA-P excedido considera-se que, o produtor deve reduzir a aplicação de P, em até 50% da dose recomendada (BASSANI, 2017).

É necessário ressaltar que, em um dos tratamentos com a dose de 100 m³ ha⁻¹ de DLS, o LCA-P foi ultrapassado e perante a legislação vigente sobre as aplicações de DLS esse valor estaria dentro do adequado. Isso indica que a quantidade fixa de 180 m³ ha⁻¹ de DLS ao ano precisa ser revalidada, pois variando os teores de argila e P do solo, que indicam riscos ambientais, pode ser facilmente ultrapassado.

Pelo teste de média entre P-Mehlich-1 e P-água verificou-se que o P extraído, pelo método de Mehlich-1 obteve maior teor de P do que o extrator P-água. Os teores médios de P-Mehlich-1 nos tratamentos: controle, mineral, doses de 25, 50 e 75 m³ ha⁻¹ não diferiram significativamente entre si, porém diferiu com a dose de 100 m³ ha⁻¹ de DLS, com 43 mg dm⁻³ de P (Tabela 6). No método de P-água não houve diferença significativa entre os tratamentos controle, 25 m³ ha⁻¹ de DLS e adubação mineral. E com as doses de 50, 75 e 100 m³ ha⁻¹ de

DLS não houve diferença significativa com esses tratamentos. Porém, com a dose de 100 m³ ha⁻¹ de DLS diferiu significativamente com as menores doses de dejetos (0, 25 e 50 m³ ha⁻¹ de DLS e com a adubação mineral, apresentando-se superior 8 vezes, em relação a não aplicação de adubação e 4 vezes, em relação a adubação mineral (Tabela 6).

Tabela 6. Teor de P (Mehlich-1) e P-água em função das adubações com DLS (0, 25, 50, 75 e 100 m³ ha⁻¹), e adubação mineral

Tratamentos	P-Mel	P-água
	----- mg dm ⁻³ -----	
Adubação mineral	5,32 b	3,17 b
Controle	2,45 b	1,66 b
25 m ³ ha ⁻¹	4,09 b	1,86 b
50 m ³ ha ⁻¹	7,28 b	5,67 ab
75 m ³ ha ⁻¹	10,20 b	7,33 ab
100 m ³ ha ⁻¹	34,13 a	13,54 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. Profundidade de amostragem do solo 0-20cm.

Os teores de P superiores com a dose mais alta de DLS quando comparadas as outras doses indica a necessidade de atenção, e até mesmo, regulamentação para quantidades altas de DLS, principalmente se aplicados sucessivas vezes num mesmo local. E ao aplicar a metodologia do LCA-P, nas amostras desse tratamento, foi possível observar que em nenhuma delas esse limite foi ultrapassado, o que poderia ocasionar problemas ambientais sérios, como a eutrofização de mananciais próximos, caso haja perda de P do sistema para os mananciais hídricos adjacentes.

Com o aumento das doses de DLS, estima-se que haja um aumento também, no teor de P no solo principalmente, nas camadas mais superficiais. Em doses maiores esse aumento é ainda maior quando comparado ao aumento em doses menores (Figura 7). Sendo que com a maior dose de dejetos (100 m³ ha⁻¹) o aumento dos teores de P no solo foi maior, do que com a aplicação contínua das outras doses.

Silva (2021), observou em seu trabalho que, os teores de P diferiram entre as profundidades do solo (0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm) e concluiu-se que, com a maior dose de dejetos, houve variação do P entre as profundidades. Na camada superficial (0-10 cm) e subsuperficial (20-40 cm) tiveram altos teores de P, indicando que os DLS aplicados sucessivamente aumentam os teores desse nutriente nas camadas mais profundas do solo também e não apenas P superficialmente.

Ao observar as médias estimadas dos teores de P (Mel-1) é possível notar a tendência de aumento nos teores de P conforme aumenta as doses de DLS (Figura 7) e com isso espera-se, dependendo dos teores de argila do solo, que se aproximem ou até ultrapassem o LCA-P. Embasando assim, a preocupação com as aplicações sucessivas de dejetos e com doses maiores do que a extração das culturas.

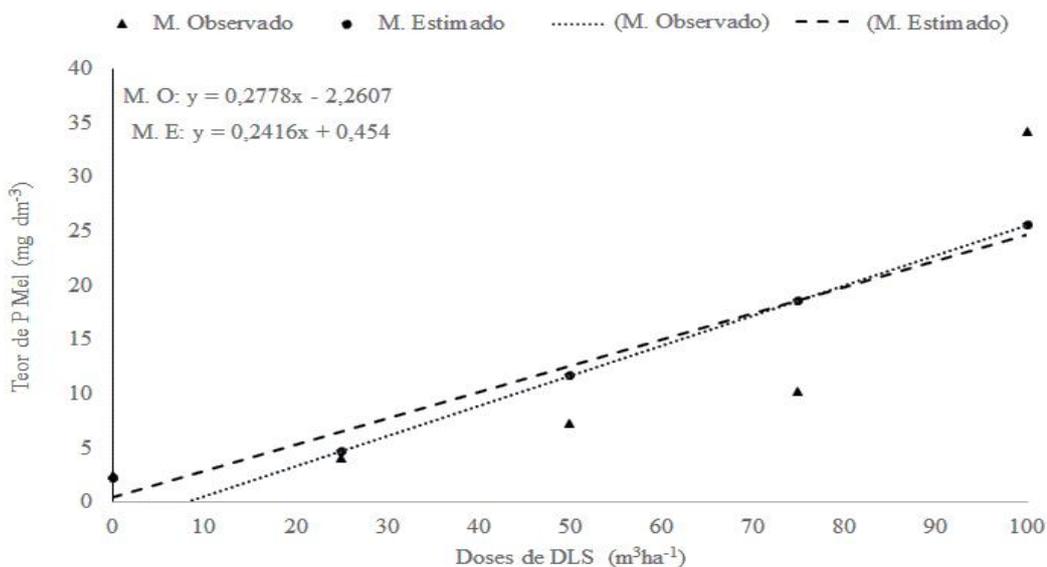


Figura 7. Dispersão correlacionando teores de P Mehlich-1 e doses de DLS para as médias observadas e médias calculadas seguindo modelo linear da análise de regressão.

4 CONCLUSÕES

Com 19 anos de aplicações contínuas de DLS no solo, apenas a adubação com 100 m³ ha⁻¹ de DLS o teor de P excedeu ao LCA-P equivalente a 42,48 mg dm⁻³.

Solo com teor de P acima do LCA-P indica risco de poluição ambiental e determina-se a suspensão da aplicação de DLS e de fertilizantes fosfatados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando atribuído o LCA-P, para solos do cerrado, a maioria destes adubados com DLS encontraram-se adequados, ou seja, dentro do limite proposto, podendo ser feita outras adubações de correções na mesma área, dentro da recomendação agrônômica proposta. Porém, nas áreas com altas dosagens e repetidas aplicações de DLS esse teor foi ultrapassado, indicando assim, a necessidade de uma legislação com recomendações adequadas, para a adequação ao aceitável evitando assim, futuros problemas ambientais.

REFERÊNCIAS

BASSANI, D. L. **Um estudo de caso da aplicação da IN 11/FATMA 2014 em uma propriedade suinícola do Oeste Catarinense.** 2017. 44p.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; VIEIRA, F. C. B.; HERBES, M. G.; MOREIRA, I. C. L.; BERWANGER, A. L. Dejeito líquido de suínos: **I - perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto.** *Ciência Rural*, Santa Maria, v.35, n.6, p.1296 - 1304, nov - dez, 2005.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p.: il. (EMBRAPA-CNPS. Documentos ; 2017)

KLEINMAN, P. J. A; SHARPLEY, A. N; WITHERS, P. J. A; BERGSTRÖM, L; JOHNSON, L. T; DOODY, D. G. Implementing agricultural phosphorus science and management to combat eutrophication. *Ambio*, 2015. (2) 44.

MEHLICH, A. New extractant for soil test evaluation of phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sodium, manganese and zinc. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1978. 9:477-492.

MENEZES J. F. S., DA SILVA, M. P., CANTÃO, V.C. G., CAETANO, J. O., BENITES, V.M., CAMPOS, G. W.B., DOS SANTOS, B. L. R. Long-term application of swine manure on soybean grown in no-till system in Savannah soils. *African Journal of Agricultural Research*. 2017. vol 12(7) 487-493p.

MENEZES, J. F. S; DA SILVA, M. P; CAETANO, J. O; CANTÃO, V. C. G; BENITES, V. M. Maize yield after long-term application of pig slurry. 2017. *Agriambi* vol. 21, n.10, 686-690p.

NOVAIS, R. F.; SMYTH T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais.** Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil. 343 p. 1999.

PERDOMO, C. C. Metodologia sugerida para estimar o volume e a carga de poluentes gerados em uma granja de suínos. Concórdia: Versão Eletrônica, 2003. 6 p.

RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I.; CONTE, E. Sorção de fósforo em função do teor inicial e de sistemas de manejo de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 01, p. 41-49, 2003.

SANTOS, D. M; DA CONCEIÇÃO, O. P. MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DE FÓSFORO. **Revista GeTeC**, 2018. v. 7, n. 19, p.31-39.

SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A. de; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. de. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2013a. 353p.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos de suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 04, p. 1375-1383, 2010.

SEGANFREDO, M. A. **Fósforo, cobre e zinco em solos submetidos à aplicação de dejetos animais: teores, formas e indicadores ambientais**. Tese (Doutorado em ciências do solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 2013, 137p.

SILVA, R. G. **Extratores de fósforo no solo com histórico de adubação com dejetos de suínos**. Dissertação — Universidade de Rio Verde - UniRV, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. 2021. 47p.

SIMS, J.T. A phosphorus sorption index. In: KOVAR, J.L.; PIERZYNSKI, G.M. (Ed.). **Methods of phosphorus analysis for soils, sediments, residuals, and waters**. 2nd ed. Virginia: Virginia State University, 2009. p.20-21. (Southern Cooperative Series Bulletin, 408).

SISSINGH, H.A. Analytical technique of the Pw method, used for the assessment of the phosphate status of arable soils in the Netherlands. **Plant and Soil**. 1971. v. 34, p. 483 - 486.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995, p.147. (Boletim Técnico, 5).

ANEXOS

Anexo 1. Código das propriedades, município das propriedades, ano da amostragem do solo, teores de argila, teores de P (Mehlich-1) das granjas suinícolas na região do Sudoeste Goiano e classificação dos teores de P em níveis

	Município	Ano	P mg dm ⁻³	Argila %	Nível de P
P01	Rio Verde	2017	11,1	59	Adequado
P02	Rio Verde	2017	11,4	15	Baixo
P03	Rio Verde	2018	1,3	7	Muito Baixo
P04	Rio Verde	2019	42,4	58	Alto
P05	Rio Verde	2018	13,6	14	Médio
P06	Rio Verde	2018	59,3	10	Alto
P07	Rio Verde	2018	1,7	24	Muito Baixo
P08	Aparecida do Rio Doce	2018	2,3	11	Muito Baixo
P09	Rio Verde	2017	8,9	20	Adequado
P10	Rio Verde	2017	14,9	72	Alto
P11	Rio Verde	2019	8,4	31	Baixo
P12	Rio Verde	2018	2,6	12	Muito Baixo
P13	Rio Verde	2018	2,2	30	Muito Baixo
P14	Rio Verde	2016	28,0	21	Alto
P15	Rio Verde	2018	3,7	53	Baixo
P16	Santa Helena	2017	9,5	59	Adequado
P17	Rio Verde	2016	7,0	68	Alto
P18	Rio Verde	2017	31,4	13	Alto
P19	Rio Verde	2015	12,4	21	Médio
P20	Rio Verde	2016	22,9	9	Adequado
P21	Rio Verde	2015	8,0	7	Baixo
P22	Rio Verde	2018	9,1	6	Baixo
P23	Rio Verde	2018	4,3	9	Muito Baixo
P24	Rio Verde	2019	43,0	13	Alto
P25	Rio Verde	2017	68,8	6	Alto
P26	Rio Verde	2018	3,3	8	Muito Baixo
P27	Rio Verde	2016	2,1	7	Muito Baixo
P28	Rio Verde	2017	31,5	2	Alto
P29	Rio Verde	2018	28,6	37	Alto
P30	Rio Verde	2018	1,4	8	Muito Baixo
P31	Rio Verde	2015	5,8	49	Médio
P32	Rio Verde	2016	115,7	13	Alto
P33	Rio Verde	2016	0,7	33	Muito Baixo
P34	Rio Verde	2018	23,1	8	Adequado
P35	Rio Verde	2019	62,2	6	Alto
P36	Rio Verde	2015	51,3	12	Alto
P37	Rio Verde	2015	14,5	14	Médio
P38	Rio Verde	2018	35,7	43	Alto
P39	Rio Verde	2016	4,9	45	Baixo

Cont. Anexo.1

Cont. Anexo.1

P40	Rio Verde	2017	54,2	3	Alto
P41	Rio Verde	2017	2,4	46	Muito Baixo
P42	Rio Verde	2015	7,7	18	Baixo
P43	Rio Verde	2018	8,8	8	Baixo
P44	Rio Verde	2018	2,0	34	Muito Baixo
P45	Rio Verde	2017	16,3	6	Médio
P46	Rio Verde	2015	2,3	28	Muito Baixo
P47	Rio Verde	2018	15,7	7	Médio
P48	Rio Verde	2015	1,9	18	Muito Baixo
P49	Rio Verde	2017	76,2	7	Alto
P50	Rio Verde	2017	31,6	23	Alto
P51	Rio Verde	2018	18,1	65	Alto
P52	Rio Verde	2019	30,9	34	Alto
P53	Rio Verde	2015	7,7	27	Baixo
P54	Rio Verde	2018	37,2	13	Alto
P55	Rio Verde	2018	8,2	7	Baixo
P56	Rio Verde	2017	2,7	43	Muito Baixo
P57	Rio Verde	2017	1,4	33	Muito Baixo
P58	Rio Verde	2018	25	60	Alto
P59	Rio Verde	2015	5,1	30	Baixo
P60	Rio Verde	2017	20,9	40	Alto
P61	Rio Verde	2015	23,1	42	Alto
P62	Rio Verde	2016	2,1	67	Baixo
P63	Rio Verde	2016	8,1	8	Baixo
P64	Rio Verde	2018	23,7	42	Alto
P65	Rio Verde	2018	2,1	17	Muito Baixo
P66	Rio Verde	2018	14,3	61	Alto
P67	Rio Verde	2017	33,5	3	Alto
P68	Rio Verde	2017	6,7	40	Médio
P69	Rio Verde	2018	18,6	56	Alto
P70	Rio Verde	2018	19,3	69	Alto
P71	Rio Verde	2015	15,6	28	Adequado
P72	Rio Verde	2016	3,4	21	Muito Baixo
P73	Rio Verde	2016	1,6	17	Muito Baixo
P74	Rio Verde	2015	2,3	13	Muito Baixo
P75	Rio Verde	2016	5,5	10	Muito Baixo
P76	Rio Verde	2016	12,1	57	Alto
P77	Rio Verde	2015	4,2	37	Baixo
P78	Rio Verde	2018	2,7	56	Muito Baixo
P79	Rio Verde	2012	2,35	58	Muito Baixo
P80	Rio Verde	2015	12,9	60	Alto
P81	Rio Verde	2014	46,09	16	Alto
P82	Rio Verde	2014	1,84	8	Muito Baixo
P83	Rio Verde	2012	3,92	12	Muito Baixo
P84	Rio Verde	2014	7,21	5	Baixo

Cont. Anexo.1

Cont. Anexo.1

P85	Rio Verde	2015	11,72	27	Médio
P86	Rio Verde	2013	1,35	51	Muito Baixo
P87	Rio Verde	2013	0,18	16	Muito Baixo
P88	Rio Verde	2012	1,65	59	Muito Baixo
P89	Rio Verde	2007	0,91	72	Muito Baixo

Anexo 2. Aplicação do LCA-P para os solos das 89 granjas suinícolas na região do Sudoeste Goiano, interpretação segundo a adequação ou não desse limite e recomendação para solos nas amostras que tiveram indicação de nível de P alto ,conforme o código das propriedades analisadas

	LCA- P (mg dm⁻³)	Interpretação	Recomendação
P01	49,5	Adequado	*
P02	27,5	Adequado	*
P03	23,5	Adequado	*
P04	49,0	Adequado	*
P05	27,0	Adequado	*
P06	25,0	Excede	Proibir
P07	32,0	Adequado	*
P08	25,5	Adequado	*
P09	30,0	Adequado	*
P10	56,0	Adequado	*
P11	35,5	Adequado	*
P12	26,0	Adequado	*
P13	35,0	Adequado	*
P14	30,5	Adequado	*
P15	46,5	Adequado	*
P16	49,5	Adequado	*
P17	54,0	Adequado	*
P18	26,5	Excede	Limitar
P19	30,5	Adequado	*
P20	24,5	Adequado	*
P21	23,5	Adequado	*
P22	23,0	Adequado	*
P23	24,5	Adequado	*
P24	26,5	Excede	Proibir
P25	23,0	Excede	Proibir
P26	24,0	Adequado	*
P27	23,5	Adequado	*
P28	21,0	Excede	Proibir
P29	38,5	Adequado	*
P30	24,0	Adequado	*
P31	44,5	Adequado	*
P32	26,5	Excede	Proibir
P33	36,5	Adequado	*

Cont. Anexo 2

P34	24,0	Adequado	*
P35	23,0	Excede	Proibir
P36	26,0	Excede	Proibir
P37	27,0	Adequado	*
P38	41,5	Adequado	*
P39	42,5	Adequado	*
P40	21,5	Excede	Proibir
P41	43,0	Adequado	*
P42	29,0	Adequado	*
P43	24,0	Adequado	*
P44	37,0	Adequado	*
P45	23,0	Adequado	*
P46	34,0	Adequado	*
P47	23,5	Adequado	*
P48	29,0	Adequado	*
P49	23,5	Excede	Proibir
P50	31,5	Excede	Limitar
P51	52,5	Adequado	*
P52	37,0	Adequado	*
P53	33,5	Adequado	*
P54	26,5	Excede	Proibir
P55	23,5	Adequado	*
P56	41,5	Adequado	*
P57	36,5	Adequado	*
P58	50,0	Adequado	*
P59	35,0	Adequado	*
P60	40,0	Adequado	*
P61	41,0	Adequado	*
P62	53,5	Adequado	*
P63	24,0	Adequado	*
P64	41,0	Adequado	*
P65	28,5	Adequado	*
P66	50,5	Adequado	*
P67	21,5	Excede	Proibir
P68	40,0	Adequado	*
P69	48,0	Adequado	*
P70	54,5	Adequado	*
P71	34,0	Adequado	*
P72	30,5	Adequado	*
P73	28,5	Adequado	*
P74	26,5	Adequado	*
P75	25,0	Adequado	*
P76	48,5	Adequado	*
P77	38,5	Adequado	*
P78	48,0	Adequado	*
P79	49,0	Adequado	*

Cont. Anexo 2

P80	50,0	Adequado	*
P81	28,0	Excede	Proibir
P82	24,0	Adequado	*
P83	26,0	Adequado	*
P84	22,5	Adequado	*
P85	33,5	Adequado	*
P86	45,5	Adequado	*
P87	28,0	Adequado	*
P88	49,5	Adequado	*
P89	56,0	Adequado	*

* Podem ser realizadas aplicações por estarem dentro do nível adequado.

Anexo 3. Número da amostra, adubação realizada, tratamento e blocos. Teores de argila, teores de P extraídos por Mehlich-1 e água conforme os tratamentos

Tratamento	Adubação	Bloco	Argila	P mel mg dm ⁻³	P água mg dm ⁻³
1	Controle	1	47,8	3,10	1,71
1	Controle	2	47,53	1,99	2,16
1	Controle	3	44,86	2,26	1,11
2	Ad. mineral	1	47,76	8,22	4,12
2	Ad. mineral	2	44,03	4,34	2,62
2	Ad. mineral	3	45,4	3,39	2,77
3	25 m ³ ha ⁻¹ DLS	1	49,11	3,77	1,86
3	25 m ³ ha ⁻¹ DLS	2	45,53	4,20	1,41
3	25 m ³ ha ⁻¹ DLS	3	43,66	4,32	2,32
4	50 m ³ ha ⁻¹ DLS	1	46,51	4,98	6,37
4	50 m ³ ha ⁻¹ DLS	2	46,44	13,09	7,73
4	50 m ³ ha ⁻¹ DLS	3	48,88	3,77	2,92
5	75 m ³ ha ⁻¹ DLS	1	48,08	10,48	7,13
5	75 m ³ ha ⁻¹ DLS	2	49,66	15,17	10,73
5	75 m ³ ha ⁻¹ DLS	3	46,55	4,96	4,12
6	100 m ³ ha ⁻¹ DLS	1	44,92	23,09	10,13
6	100 m ³ ha ⁻¹ DLS	2	42,31	30,29	9,38
6	100 m ³ ha ⁻¹ DLS	3	44,96	49,00	21,11

Dose de DLS em m³ ha⁻¹; adubação mineral (350 kg ha⁻¹ com formulação 02-20-18).