

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MARIANA MUNHOZ DA ROCHA PACHECO DE CARVALHO

**ADUBAÇÃO DE SISTEMA: ANTECIPAÇÃO DE ADUBAÇÃO FOSFATADA PARA
CULTURA DA SOJA**

**PATO BRANCO
2021**

MARIANA MUNHOZ DA ROCHA PACHECO DE CARVALHO

**ADUBAÇÃO DE SISTEMA: ANTECIPAÇÃO DE ADUBAÇÃO FOSFATADA PARA
CULTURA DA SOJA**

Fertilization system : anticipation of phosphate fertilization for the soybean culture

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia do Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Tangriani Simioni Assman

Coorientadora: Patricia Mara de Almeida

PATO BRANCO

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

MARIANA MUNHOZ DA ROCHA PACHECO DE CARVALHO

**ADUBAÇÃO DE SISTEMA: ANTECIPAÇÃO DE ADUBAÇÃO FOSFATADA PARA
CULTURA DA SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação
apresentado como requisito parcial à obtenção do título
de Bacharel em Agronomia do Curso de Agronomia da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 25/novembro/2021

Tangriani Simioni Assman
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Patricia Mara de Almeida
Engenheira Agrônoma
Programa de Pós-Graduação em Agronomia - UTFPR *Campus* Pato Branco – Mestranda

Renan Marré Biazatti
Engenheiro Agrônomo
Programa de Pós-Graduação em Agronomia - UTFPR *Campus* Pato Branco – Mestrando

**PATO BRANCO
2021**

*"Dedico aos meus pais, Ana Silvia e Osmário e
aos meus irmãos, Fernanda e Paulo Eduardo"*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, pelo apoio. A minha mãe, Ana Silvia, pelo incentivo e atenção durante os anos em que estive na Universidade. Ao meu pai, Osmário, pela ajuda e disposição para sanar minhas dúvidas e pelos ensinamentos passados a mim. Aos meus irmãos, Fernanda e Paulo Eduardo pelo carinho, companheirismo e amizade. A minha madrinha Malu, que mesmo de longe se fez presente me ajudando com seu conhecimento.

Em especial, ao meu avô, Constantino de Mello Pacheco (*in memoriam*), que ensinou a nossa família a importância do trabalho, da honestidade e da simplicidade, e foi quem me inspirou a escolher essa profissão, afim de seguir seus passos no campo.

A minha orientadora Prof. Dra. Tangriani Simioni Assmann, pela transmissão de conhecimento e confiança na realização do trabalho.

Aos colaboradores da fazenda, José, João Orlei e Cláudio, que não pouparam esforços para que o experimento fosse realizado com excelência.

As minhas colegas e amigas, Jéssica e Juliane, pelas risadas e pelo auxílio na condução do experimento.

Ao meu colega e amigo, Vitor, que me ensinou e ajudou na elaboração desse trabalho.

Por fim, agradeço a todos que passaram pela minha vida durante esses anos e de alguma forma conseguiram fazer com que fosse um período mais leve e divertido.

O jeito mais eficiente de fazer algo é fazendo.
Amelia Earhart ([NAIR, 2009](#))

RESUMO

Para alcançar a produtividade esperada na cultura da soja, deve-se levar em conta os fatores limitantes presentes na área cultivada e a melhor forma de corrigi-los. Os Latossolos naturalmente intemperizados e argilosos apresentam alta acidez e baixa fertilidade e pela dinâmica do fósforo no solo, a adubação no sulco de semeadura é preconizada. Porém, com adoção do plantio direto é possível que a antecipação da adubação fosfatada na cultura antecessora seja viável pela ciclagem de nutrientes existente no sistema. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da antecipação da adubação fosfatada e de diferentes níveis sobre a produtividade da cultura da soja. O experimento foi conduzido no município de Abelardo Luz - SC, o delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, cujos tratamentos foram arranjados em esquema bifatorial 2x4, em parcelas subdivididas no espaço; nas parcelas principais foram alocadas o fator Antecipação de Adubação Fosfatada nas doses de 0 e 90 $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ aplicadas a lanço no plantio da cultura de aveia, nas subparcelas foram alocadas doses crescentes de adubação fosfatada aplicada no plantio da cultura da soja (0; 45; 90 e 180 kg de $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$). Foram avaliados caracteres da aveia preta e soja, sendo o da aveia: massa seca; e os da soja: produtividade de grãos; massa de mil grãos; número de legumes por planta e número de grãos por legume. Para a cultura da aveia preta maior acúmulo de massa seca foi obtido na parcela em que houve antecipação da adubação fosfatada. Já na cultura da soja, houve incremento de produtividade somente na parcela em que houve antecipação de adubação e não houve adubação no sulco de semeadura, não aumentando a produtividade com as demais doses testadas em sulco, indicando que a adubação de sistema é viável e que altas doses de fósforo não aumentam a produtividade.

Palavras-chave: soja; Fósforo; adubação de sistema; produtividade.

ABSTRACT

In order to reach the expected productivity in the soybean crop it must be taken into account the limiting factors in the cultivated area and the best way to correct them. Naturally weathered Oxids have high acidity and low fertility, and due to the dynamics of phosphorus in the soil, fertilization in the sowing furrow is recommended. However with the adoption of no-till is possible that the anticipation of phosphorus fertilization in the predecessor crop is possible due to the cycling of nutrients in the system. This way the aim of this work was to evaluate the effect of anticipation of phosphate fertilization and different levels on soybean crop. The experiment was conducted in the County of Abelardo Luz-SC. The experimental design was randomized with four replications treated were arranged in a 2x4 bifactorial scheme, in split-plots in space. The anticipation of Phosphate Fertilization factor was allocated in the main plots in the doses of 0 and 90 $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ applied in broadcasts in the oat crop planting, in the subplots increasing doses of phosphate fertilization applied in the soy crop planting (0, 45, 90 and 180 kg of $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$). The characters of black oat and soy were commented, being that of oat, dry mass and those of soybean grain yield, mass of a thousand grains, number of legumes per plant and number of grains per legume. For the culture of black oat, greater accumulation of dry mass was accumulated in the plot in which there was anticipation of phosphate fertilization. In the soybean crop there was an increase of productivity only in the plot in which there was anticipation of fertilization and there was no fertilization in the sowing furrow, the productivity did not increase with the other doses tested in the furrow, indicating that the system fertilization is viable and that high doses of phosphorus do not increase productivity.

Keywords: soybean; Phosphorus; fertilization system; productivity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Dinâmica do fósforo no solo	17
Figura 2 – Croqui da área experimental com a disposição dos tratamentos em Abelardo Luz –SC, 2019	22
Figura 3 – Batedor de cerrais, 2019	23
Figura 4 – Amostras de aveia, 2019	24
Figura 5 – Temperatura da estufa de secagem das amostras de aveia, 2019	25
Figura 6 – Dados meteorológicos observados durante o período experimental nos anos de 2019/2020 em Abelardo Luz - SC)	26
Figura 7 – Produtividade de matéria seca em dois níveis de adubação fosfatada antecipada. Pato Branco-PR	27
Figura 8 – Produtividade de soja em função de diferentes níveis de adubação na semeadura e de adubação antecipada. Pato Branco-PR	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características químicas do solo antes do início do experimento. P e K extraídos com solução de Mehlich ⁻¹ . UTFPR, Pato Branco - PR, 2021 . . .	21
Tabela 2 – Características granulométricas de 0-20 cm do solo no município de Abelardo Luz - SC. UTFPR, Pato Branco - PR, 2019	21
Tabela 3 – Características químicas do solo nas parcelas com adubação antecipada na cultura da aveia nas doses de 0 kg.ha ⁻¹ e 90 kg.ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ , antes do plantio da cultura da soja. P e K extraídos com solução de Mehlich ⁻¹ . UTFPR, Pato Branco - PR, 2021	31
Tabela 4 – Características químicas do solo nas parcelas sem adubação antecipada na cultura da aveia, após a adubação fosfatada realizada na cultura da soja. P e K extraídos com solução de Mehlich ⁻¹ . UTFPR, Pato Branco - PR, 2021	31
Tabela 5 – Características químicas do solo nas parcelas com adubação antecipada na cultura da aveia (90 kg.ha ⁻¹), após a adubação fosfatada realizada na cultura da soja. P e K extraídos com solução de Mehlich ⁻¹ . UTFPR, Pato Branco - PR, 2021	32
Tabela 6 – Análise de variância (ANOVA) para produtividade de soja. UTFPR, Pato Branco - PR, 2021	40
Tabela 7 – Análise de variância (ANOVA) para produção da matéria seca de aveia. UTFPR, Pato Branco - PR, 2021	42
Tabela 8 – Análise de variância (ANOVA) para produtividade de soja. UTFPR, Pato Branco - PR, 2021	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATP	Trifosfato de adenosina
AF	Antecipação de Adubação Fosfatada
SPD	Sistema de plantio direto
ILP	Integração Lavoura Pecuária
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MS	Massa seca
MV	Massa verde
NVP	Número de vagens por planta
PMG	Peso de mil grãos
NGV	Número de grãos por vagem
P	Fósforo
N	Nitrogênio
K	Potássio
ha	Hectare
kg	Quilograma
g	Gramma
Epagri	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo Geral	14
2.2	Objetivos Específicos	14
3	REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1	Ciclagem de nutrientes	15
3.2	Soja e Aveia	15
3.3	Fósforo	16
3.4	Adubação fosfatada no plantio direto e no sistema convencional	18
3.5	Adubação de sistema	19
4	MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1	Caracterização do local	21
4.2	Caracterização do experimento	21
4.3	Análise e determinação da quantidade de fósforo no solo	22
4.4	Caracteres avaliados	23
4.4.1	Aveia preta	23
4.4.1.1	<u>Carácter agronômico avaliado</u>	23
4.4.2	Soja	24
4.4.2.1	<u>Caracteres agronômicos avaliados</u>	24
4.5	Análise estatística dos dados	25
4.6	Dados metereológicos	25
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1	Aveia	27
5.1.1	Matéria seca	27
5.2	Soja	28
5.3	Solo	30
5.3.1	Análise após antecipação da adubação fosfatada na aveia	30
5.3.2	Análise após antecipação da adubação fosfatada e adubação na semeadura da soja	30
6	CONCLUSÕES	33

REFERÊNCIAS	34
APÊNDICE A – ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA PRO- DUTIVIDADE DE SOJA	39
APÊNDICE B – ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA PRO- DUÇÃO DE MATÉRIA SECA DE AVEIA	41
APÊNDICE C – ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA ANÁ- LISE DE SOLO APÓS ADUBAÇÃO FOSFATADA NA CULTURA DA AVEIA	43

1 INTRODUÇÃO

Para o sucesso de uma lavoura, como seu vigor e produtividade, é essencial que haja um manejo correto de fertilizantes que visam corrigir as deficiências do solo e atender as exigências nutricionais da cultura. Porém, deve-se levar em consideração o custo atrelado a isso e estratégias que visam minimizá-lo. Sendo assim, essas exigências podem ser suprimidas pelo fornecimento de doses equilibradas, unido a época e modos de aplicação diferenciados, buscando sempre melhorias no sistema em geral (GUARESCHI *et al.*, 2011).

Na cultura da soja, uma opção que vem sendo levantada é a antecipação da adubação fosfatada na cultura antecessora, manejo que é possível de ser realizado no sistema de plantio direto (SPD). O SPD possibilita melhorias físicas, biológicas e químicas do solo, auxiliando na manutenção da microbiota pela presença de matéria viva e matéria seca, sendo possível com que a adubação seja antecipada em casos de necessidade e otimização do manejo da lavoura (BERNARDI *et al.*, 2009).

A eficiência de um sistema de adubação tem relação com a rotação de culturas utilizada, a qual tem um papel importante na ciclagem de nutrientes pela diferença entre as espécies vegetais. Essas diferenças são observadas na quantidade e qualidade dos resíduos que remanescem da colheita, na eficiência de absorção de íons e na exploração de diferentes profundidades de solo pelo sistema radical (SANTOS *et al.*, 2009).

Em Latossolos naturalmente intemperizados, ácidos e de baixa fertilidade, a antecipação da adubação fosfatada na cultura antecessora a soja não é frequente pela baixa mobilidade ao solo e a alta adsorção do fósforo (VIEIRA *et al.*, 2015), fatores que desencorajam produtores a apostarem nessa logística.

A importância de verificar-se os resultados da antecipação da adubação fosfatada em solos intemperizados, seria pela complexação de fósforo que ocorre pela presença de alumínio e ferro (SÁNCHEZ; SALINAS, 1981) e a possível influência que o uso contínuo do plantio direto vem trazendo na disponibilidade do mineral as plantas, cenário que não seria possível no sistema convencional.

À vista disso, seria válido verificar se há a interação entre o emprego do plantio direto na lavoura, bem como o uso de plantas de cobertura no inverno e da palhada provenientes delas, e a disponibilidade de fósforo para as plantas.

O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da antecipação da adubação fosfatada realizada na cultura de cobertura de aveia sobre a produtividade da cultura de soja.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito de antecipação de adubação fosfatada sobre a cultura da soja.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito da antecipação de adubação fosfatada sobre a produtividade da cultura da soja;
- Avaliar a produção de matéria seca de aveia;
- Avaliar e comparar a quantidade de fósforo antes e depois da adubação no solo;
- Avaliar o efeito de diferentes doses (0, 45, 90 e 180 kg.ha⁻¹) sobre a produtividade da cultura da soja.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Ciclagem de nutrientes

A ciclagem de nutrientes é o processo em que as plantas absorvem nutrientes das camadas superficiais do solo e no processo de decomposição de seus resíduos, deixam-os disponíveis para a próxima cultura. Esse processo aumenta a sustentabilidade do sistema de cultivo e ocorre no SPD através do uso das plantas de cobertura (DUDA *et al.*, 2003).

Esse processo é de grande importância em solos altamente intemperizados e com baixos teores nutricionais, caso da maioria dos solos brasileiros, o que aumenta a relevância do reservatório de nutrientes da biomassa vegetal (INKOTTE *et al.*, 2019).

O cultivo de plantas no período entressafra para a produção de palhada se tornou indispensável com a disseminação do plantio direto pelos produtores de soja no Brasil. Selecionar a planta adequada visando a maior absorção de P, pode aumentar a disponibilidade do nutriente para as culturas sucessoras pela decomposição da planta utilizada para cobertura (RAMOS *et al.*, 2010).

A combinação de pastagens perenes cultivadas antes das culturas anuais, produtoras de grãos, é altamente eficiente na manutenção da estrutura físico-química do solo, o que favorece o desenvolvimento das plantas, pelos sistemas radicais e diferenças morfológicas que promovem maior ciclagem de nutrientes e favorecem a supressão de doenças (SANTOS; REIS, 2001).

3.2 Soja e Aveia

A cultura da soja (*Glycine max L.*) e da aveia preta (*Avena strigosa*) são culturas extremamente importantes e de relevância econômica no Brasil. A soja é a principal commodity do setor agrícola brasileiro, responsável por parte do PIB do país, pela grande participação brasileira na exportação do grão, deixando o Brasil como segundo maior exportador mundial. Já as culturas da aveia preta e branca, tem papel fundamental nos sistemas integrados de produção, com a finalidade de pastejo animal ou destinadas a cultura de inverno no sistema de plantio direto (ZANELLA, 2019)

Para o bom desenvolvimento da cultura da soja é imprescindível a escolha correta da cultivar, assim como o plantio na época certa para a região de cultivo, a correção de acidez e níveis críticos de nutrientes, um solo bem estruturado e a inoculação. A inoculação consiste na técnica de adição de microorganismos no sulco de plantio ou na semente para desenvolvimento de simbiose, com o intuito de fornecer o nitrogênio necessário para a planta (CARAFFA *et al.*, 2019).

A aveia é utilizada como cobertura verde ou morta no solo, protegendo-o da chuva e da erosão, como uma forrageira para animais em épocas de menor ocorrência de pastagens

naturais, serve como fonte de silagem ou feno para alimentação de bovinos de leite e produtora de grãos, para alimentação humana e animal (FEDERIZZI *et al.*, 2014).

O desenvolvimento da aveia depende de solos bem drenados, porém com capacidade de reter água e nutrientes, com boa estrutura, sem compactação que venha restringir o crescimento radicular, além de baixa população de plantas daninhas e de pressão de patógenos. Os solos mais indicados são os de textura franca a argilosa, pouco ácidos e sendo feita a rotação com outras culturas de inverno e cobertura de solo (ESCOSTEGUY; FONTOURA; CARVALHO, 2014).

3.3 Fósforo

Para a correta indicação da necessidade de adubação, é necessário que seja feita análise química do solo e realizada a sua interpretação. Essas análises possibilitam o diagnóstico das condições nutricionais, evitando doses baixas ou excessivas. Para solos com baixos teores de fósforo, potássio ou com alta acidez, recomenda-se que seja efetuada a análise a cada cultivo, até que os níveis deixem de ser críticos (ESCOSTEGUY; FONTOURA; CARVALHO, 2014).

A região sul e centro-oeste do Brasil são destaques da produção agrícola nacional, apesar de possuírem baixa fertilidade e serem naturalmente ácidos, a condição física é um ponto positivo e favorável ao desenvolvimento das culturas e o relevo facilita a mecanização. Ao serem corrigidos quimicamente, são solos que apresentam possibilidade de alta produtividade agrícola, com agricultura tecnificada (VIVIANI *et al.*, 2010).

O fósforo (P) é um dos elementos mais limitantes na produtividade de várias culturas, inclusive da soja. As suas principais funções na planta são respiração e fornecer energia. São consequências da deficiência de fósforo na soja: plantas com crescimento reduzido, baixa inserção de vagens e folhas mais velhas com coloração verde-azulada (SFREDO; BORKET, 2004).

A importância energética do fósforo na planta está relacionada ao armazenamento de compostos como o ATP (trifosfato de adenosina). Essa energia faz parte de processos essenciais na planta, tais como germinação da semente, a fotossíntese, a nutrição de bactérias fixadoras de N₂ e síntese de vários compostos orgânicos (CÂMARA, 2000).

A principal questão levada em consideração quando se trata da deficiência de P e adubação fosfatada em solos argilosos tropicais, como é o caso dos latossolos, é a presença de argila sesquioxídica e do pH ácido. A acidificação acontece de maneira diferente nos solos de regiões tropicais úmidas e deve-se a substituição de cátions trocáveis por íons H⁺ e Al⁺³ no complexo de troca, absorção de cátions básicos pelas plantas e a utilização de fertilizantes ácidos (VIVIANI *et al.*, 2010). Isso ocorre devido ao grau de intemperização, o que aumenta a concentração de ferro e alumínio, fazendo com que o fósforo fique complexado e precipitado na forma de fosfatos indisponíveis para a cultura (SÁNCHEZ; SALINAS, 1981). Maiores teores de fósforo são encontrados em sementes produzidas em locais com solo que possui menor teor de argila, pela redução da adsorção de P pelos colóides do solo (WERNER *et al.*, 2020).

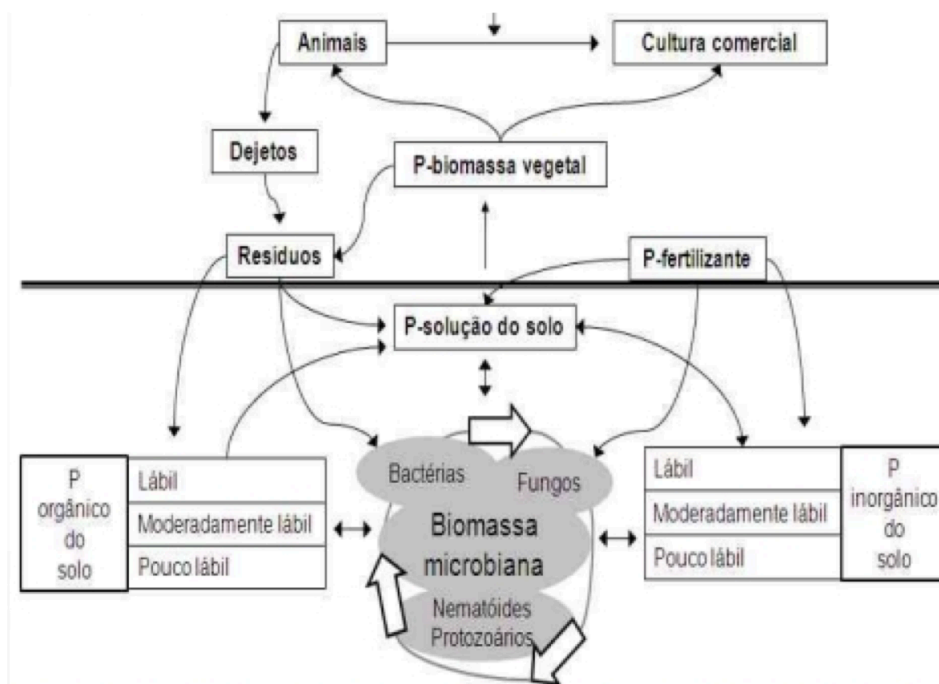
Alguns cuidados devem ser levados em conta quanto a adubação fosfatada, devido à baixa mobilidade do mineral no solo. O modo de aplicação pode alterar a velocidade e a capacidade de reação do fertilizante no solo, interferindo na sua eficiência e disponibilidade para a cultura (CAIONE *et al.*, 2011).

Dentre os fatores que interferem na eficiência da adubação fosfatada, estão a calagem, a localização do fertilizante fosfatado e o modelo de manejo de solo utilizado. Para evitar a fixação por monofosfato de cálcio, que ocorre em pH alto (TEIXEIRA *et al.*, 2015), é melhor que a calagem seja realizada antes da adubação fosfatada, assim a acidez do solo é amenizada e taxa de aproveitamento de P aumenta (VIDOR; FREIRE, 1978).

De acordo com Vieira *et al.* (2015), aplicações a lanço de fósforo não são frequentes pela baixa mobilidade do elemento no perfil do solo, somente em condições de elevada fertilidade. Ao utilizar a aplicação no sulco de semeadura, a área de contato com o solo diminui e conseqüentemente sua adsorção.

A eficiência dos adubos fosfatados está intimamente ligada a sua solubilidade. Um fosfato com maior solubilidade ajuda no fornecimento rápido à planta, favorecendo a absorção e o aproveitamento do nutriente, sendo útil principalmente a culturas de ciclo curto. Porém, no caso de solos argilosos, tal fenômeno auxilia a precipitação e adsorção pelos componentes do solo, não disponibilizando o nutriente e originando compostos fosfatados de baixa solubilidade (BEDIN *et al.*, 2003). Anghinoni *et al.* (2011) apresentou a dinâmica do fósforo no solo (Figura 1), as possibilidades de entrada e saída do sistema.

Figura 1 – Dinâmica do fósforo no solo



Fonte: Anghinoni *et al.* (2011)

Para Novais e Smyth (1999), o maior aproveitamento da adubação fosfatada seria atra-

vés de fertilizantes de menor reatividade, que disponibilizassem P mais lentamente, diminuindo os efeitos da fixação que ocorre no solo.

As principais fontes de fósforo utilizadas são: fosfato monoamônico (MAP), fosfato diamônico (DAP), super fosfato simples (SSP), super fosfato triplo (SFT), que tem elevada concentração do elemento, 45% de P₂O₅ total e 40,4% de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico a 2% (ZUCARELI *et al.*, 2018), além dos formulados NPK. Para a recomendação correta de formulados NPK, deve-se levar como parâmetro primeiramente a necessidade de adubação de fósforo, por ser mais limitante e que normalmente há maior deficiência nos solos tropicais.

3.4 Adubação fosfatada no plantio direto e no sistema convencional

No que diz respeito as formas de aplicação das fontes de fósforo, Coelho e Alves (2004), evidenciaram que para os sistemas de plantio direto (SPD) e plantio mínimo, ainda não há muitos estudos indicando a melhor forma de manejo, contudo há indicativos de que a dinâmica do mineral é diferenciada devido a interação com as formas orgânicas presentes.

Para Vieira *et al.* (2013), a adoção ao longo prazo do SPD, substituindo o preparo convencional, altera a dinâmica de nutrientes e na acidez no solo, tendo a capacidade de influenciar as relações solo-planta e, por consequência, os critérios de manejo da fertilidade do solo.

Para acompanhar a necessidade de aumento de produtividade e a maior taxa de uso de fertilizantes, tornou-se importante o aprimoramento das técnicas de adubação que se adaptem as diversas regiões brasileiras e aos diferentes materiais genéticos (FRANCISCO; CÂMARA; SEGATELLI, 2007).

Segundo Ciotta *et al.* (2002), a adoção do plantio direto promove alterações na dinâmica do fósforo no solo, aumentando os teores analíticos se comparado aos solos de preparo convencional, que são manejados com lavração e gradagens, ainda que se usem as mesmas condições de fertilidade. No sistema de plantio direto, ao não ocorrer o revolvimento do solo como no preparo convencional, é possível a formação de linhas de fósforo residual, com espaçamentos e profundidades diferentes, efeito que tende a se acumular ao longo de anos e com a consolidação desse modelo de cultivo (SÁ, 2004).

A localização do fertilizante fosfatado está relacionada a forma de aplicação. No SPD, o fósforo pode ser aplicado ao lado e abaixo do sulco de semeadura ou a lanço e para solos que apresentam baixo nível de fósforo, recomenda-se a aplicação na linha de semeadura (SANTOS *et al.*, 2008). Segundo Pavinato e Ceretta (2004), a aplicação a lanço na cultura de cobertura somente poderá ser feita quando os níveis ultrapassarem o que é considerado crítico a cultura e ao tipo de solo, porém a chance de resposta a adubação nessas condições ainda é pequena ou ausente.

No SPD, assim como ocorre em Integração Lavoura-Pecuária, a maior deposição de resíduos vegetais na superfície do solo e o não revolvimento e incorporação dos mesmos, atribui a esses sistemas complexas mudanças em relação a fertilidade do solo (RODRIGUES, 2006).

Atualmente com o emprego a longo prazo do sistema de plantio direto, nota-se um aumento na disponibilidade de fósforo em solos argilosos. Isso se explica pela presença de matéria viva no solo o ano inteiro e matéria orgânica, oriunda da decomposição de culturas antecessoras. Algumas plantas e microorganismos, através da liberação de exsudatos nas raízes, conseguem ocasionar a ruptura dos complexos de P, com a ação de ácidos que quebram determinadas ligações, esses provenientes de metabolismos secundários, competindo com os mesmos sítios de adsorção de fósforo, diminuindo a fixação e a imobilização (RODRIGUES, 2006).

3.5 Adubação de sistema

A “adubação antecipada” ou “adubação de sistemas” na cultura da soja vem sendo uma alternativa cada vez mais discutida e que levanta questionamentos. Nessa forma de adubação, ocorre a antecipação da aplicação da dose recomendada, parcialmente ou em totalidade, para a cultura principal, de verão, ainda na cultura antecessora, podendo ser a lanço ou incorporada (FRANCISCO; CÂMARA; SEGATELLI, 2007). Essa metodologia é utilizada pela redução do tempo das paradas de abastecimento da semeadora-adubadora, diminuição do número de conjuntos trator-semeadura e conseqüentemente os custos de produção (MATOS; SALVI; MILAN, 2006).

Outro ponto positivo na antecipação da adubação em comparação com a adubação na semeadura é o incremento na formação da palhada, aumentando a matéria orgânica no sistema de produção, melhorando as condições do solo, auxiliando na preservação, mantendo mais umidade e possibilitando a reciclagem de nutrientes, através da mineralização da matéria orgânica, a qual os disponibiliza as formas disponíveis a próxima cultura (SILVA; ROSOLEM, 2001).

Nos sistemas de produção de milho e soja, onde existe a possibilidade de realização da segunda safra de verão, se beneficiariam da maior rapidez das operações de plantio nas duas safras, favorecendo a melhor utilização e distribuição da água no ciclo da cultura antes do final da estação chuvosa (NUNES *et al.*, 2011).

Para aumentarmos a produtividade de uma cultura já tão explorada, deve-se levar em conta diversos fatores ligados ao seu desenvolvimento e quais deles poderiam aumentar ou reduzir sua produtividade. A soja é uma planta sensível ao fotoperíodo do ambiente, alterações nesse meio fazem com que ocorra a mudança da fase vegetativa para a reprodutiva. Os atrasos causados na hora da semeadura causam diminuição do tempo de vegetação e por consequência da produtividade, porque, ao adiar a instalação da cultura, o final do período juvenil aproxima-se do dia em que a planta se encontra apta a fase reprodutiva, na região de adaptação (CÂMARA, 2000).

Em trabalho realizado por Matos, Salvi e Milan (2006), ao testar a influência da realização da adubação fora do período da semeadura nos gastos econômicos com a cultura, concluiu-se de que, independentemente do período de semeadura, houve redução no número

de conjuntos dos custos operacionais e total, aumentando por consequência a receita líquida, ao compararmos com o sistema tradicional.

[Guareschi et al. \(2011\)](#) , em experimento realizado em Latossolo Vermelho distroférrico com o objetivo de comparar fontes, épocas e doses de aplicação de superfosfato triplo revestido ou não por polímeros no desempenho produtivo da soja, evidenciou que na aplicação de fósforo a lanço, 15 dias antes da semeadura, o fertilizante revestido por polímeros conferiu uma maior produção de matéria seca, número de vagens e produtividade de grãos em comparação aos fertilizantes convencionais.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização do local

O experimento foi conduzido em uma propriedade rural localizada no município de Abelardo Luz-SC. A área possui as coordenadas de 26° 31'29,67" Sul e -52° 15'35,17" Oeste (ao centro do experimento), com altitude de aproximadamente 851 metros. O clima da região é classificado como Cfb (subtropical úmido), segundo classificação de Köppen. O solo do local experimental é classificado Latossolo Bruno distrófico típico, apresentando relevo levemente ondulado de textura argilosa. O experimento foi implantado em uma área previamente utilizada no sistema de plantio direto.

As características químicas e físicas do solo do ambos os local do experimento encontram-se nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 – Características químicas do solo antes do início do experimento. P e K extraídos com solução de Mehlich⁻¹. UTFPR, Pato Branco - PR, 2021

Camada	M.O.	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	V	pH
cm	%(m/v)	mg.dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³				%	CaCl ₂
0 - 5	4,89	5,51	0,64	6,46	1,28	0,15	6,15	57,67	5,30
5 - 10	3,72	4,81	0,46	2,78	0,72	1,05	12,26	24,41	4,70
10 - 20	3,36	1,21	0,28	2,02	0,77	0,85	12,26	20,03	4,80

Fonte: Autoria própria (2021)

Tabela 2 – Características granulométricas de 0-20 cm do solo no município de Abelardo Luz - SC. UTFPR, Pato Branco - PR, 2019

Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)
57	25	18

Fonte: Autoria própria (2021)

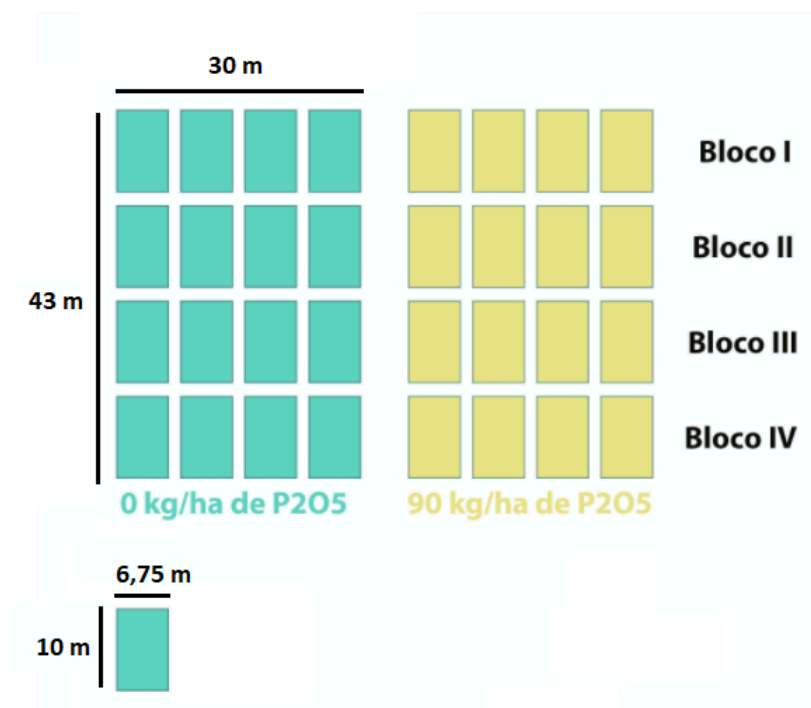
4.2 Caracterização do experimento

O experimento foi conduzido em blocos ao acaso, com quatro repetições, cujos tratamentos foram arranjados em esquema bifatorial 2 x 4, em parcelas subdivididas no espaço; nas parcelas principais foram alocadas o fator Antecipação de Adubação Fosfatada (AF) nas doses de 0 e 90 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ no plantio da aveia, nas subparcelas foram alocadas doses crescentes de adubação fosfatada aplicada no plantio da cultura da soja (0; 45; 90 e 180 kg de P₂O₅.ha⁻¹).

A cultura da aveia preta foi implantada no dia 20 de maio de 2019. A forma de adubação foi a lanço, utilizando 300 kg/ha do adubo 00-30-00, resultando em 90 kg de P_2O_5 por hectare.

A cultura da soja foi implantada no dia 30 de setembro de 2019. A cultivar utilizada foi a LG 60 150. Primeiramente, foi realizado o plantio utilizando a semeadora e, posteriormente, as parcelas foram delimitadas com estacas. Seguindo-se a linha de semeadura, foi realizada a distribuição manual do fertilizante. No sulco de semeadura foi realizado o tratamento com boro ($290 \text{ ml} \cdot \text{ha}^{-1}$) e inoculante a base de *Azospirillum brasilense* ($290 \text{ ml} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Figura 2 – Croqui da área experimental com a disposição dos tratamentos em Abelardo Luz –SC, 2019



Fonte: Autoria própria (2021)

As subparcelas de soja mediram 10 metros de comprimento por 6,75 metros de largura, foram semeadas 16 linhas espaçadas a 0,45 m entre si. A área avaliada foi de $3 \times 2 \text{ m}$, abrangendo 5 linhas de cultivo, a colheita foi realizada manualmente, no dia 11 de fevereiro de 2020. A debulha foi realizada mecanicamente através de um batedor de cereais (Figura 3).

4.3 Análise e determinação da quantidade de fósforo no solo

A análise do solo foi realizada três vezes durante o período do experimento, a primeira (09/06/2019), antes da adubação antecipada de fósforo na cultura da aveia, a segunda (30/09/2019), antes do plantio da soja, e a última (11/02/2020) no dia da colheita. As

Figura 3 – Batedor de cerrais, 2019



Fonte: Autoria própria (2021)

amostras foram retiradas de pontos aleatórios, fazendo cinco amostragens por talhão, nas profundidades de 0-5 cm; 5-10 cm e 10-20 cm.

4.4 Caracteres avaliados

4.4.1 Aveia preta

4.4.1.1 Carácter agrônômico avaliado

- Produção de massa seca (MS): Obtida através da coleta da massa verde (MV) da aveia 90 dias após o plantio em uma área de 0,25 m² (0,5 m x 0,5 m). Para secagem, as amostras foram submetidas a temperatura na estufa de aproximadamente 48 °C, obtendo a massa seca (MS), posteriormente estimando a produção por hectare. (Figura 5) até atingirem massa constante.

Figura 4 – Amostras de aveia, 2019



Fonte: Autoria própria (2021)

4.4.2 Soja

4.4.2.1 Carácteres agronômicos avaliados

- **Peso de mil grãos (PMG):** Obtido através da determinação da massa de 200 sementes, em quadruplicata, de cada parcela e posteriormente, estimando para 1000 sementes. Os resultados foram expressos em gramas, com correção de umidade para 13%.
- **Número de vagens por planta (NVP):** Obtido através da contagem do número total de vagens em 10 plantas por subparcela no estágio R8.
- **Número de grãos por vagem (NGV):** Obtido através da contagem do número de grãos em cada vagem de 10 plantas da parcela.
- **Produtividade:** foi determinada pela extrapolação da massa total dos grãos colhidos da área de cada parcela ($6 \text{ m}^2 - 2 \text{ m} \times 3 \text{ m}$) para um hectare, após correção de umidade para 13%. Resultado expresso em $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Figura 5 – Temperatura da estufa de secagem das amostras de aveia, 2019



Fonte: Aatoria própria (2021)

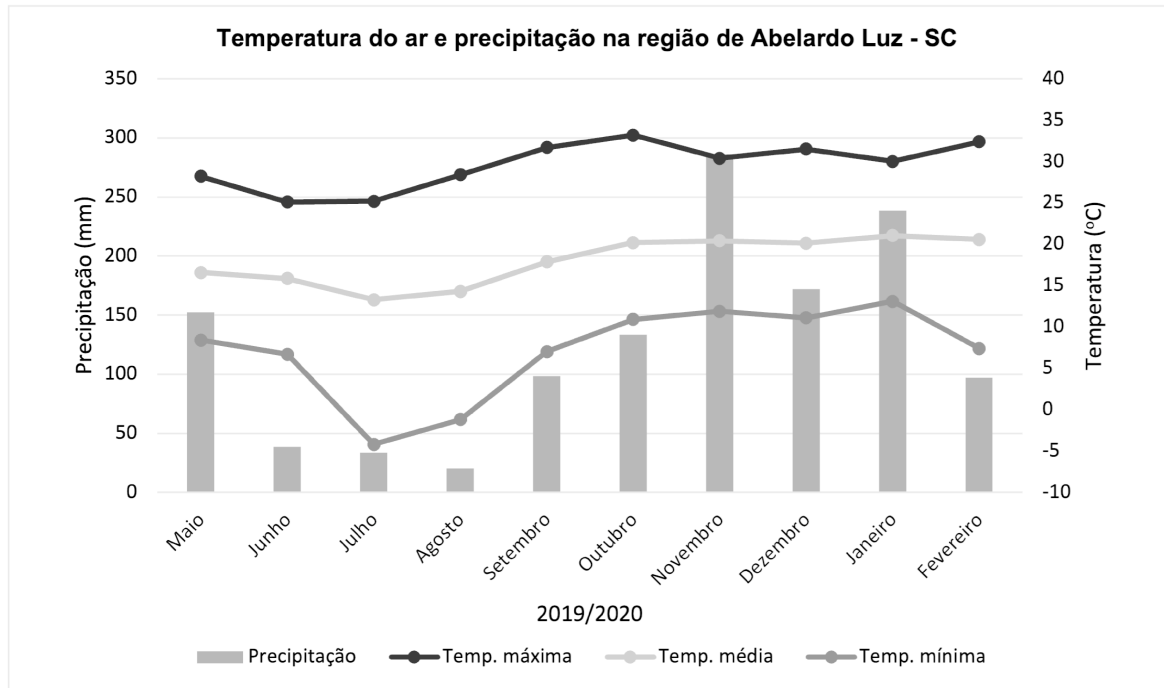
4.5 Análise estatística dos dados

Para ajustar os modelos, bem como as análises de variância utilizou-se o programa estatístico Statgraphics Centurion XVII. Os resultados das variáveis de ajuste do modelo foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, quando for significativa.

4.6 Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos de temperatura e precipitação pluvial decorridos durante a condução do experimento estão expressos na Figura 6. A precipitação acumulada durante o ciclo da cultura da aveia foi de 239 mm e de 829 mm na cultura da soja.

Figura 6 – Dados meteorológicos observados durante o período experimental nos anos de 2019/2020 em Abelardo Luz - SC)



Fonte: INMET (2021)

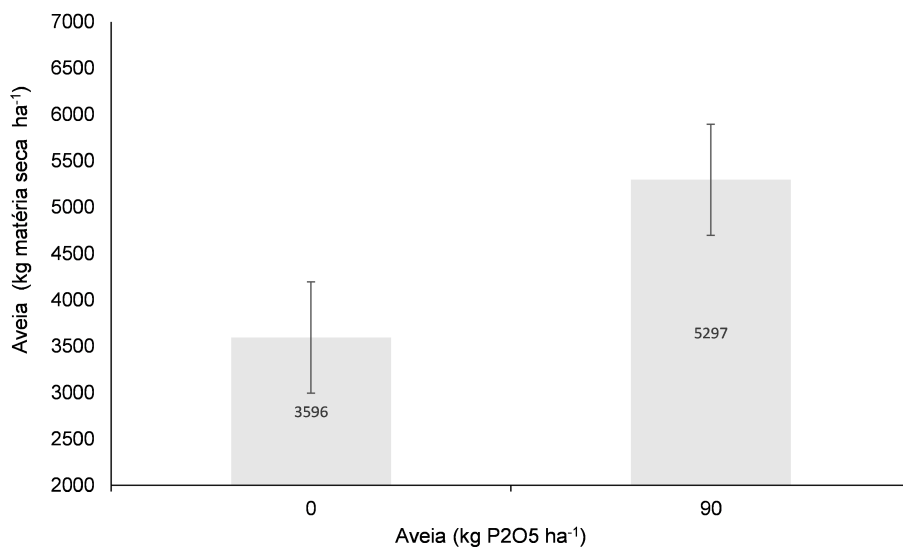
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Aveia

5.1.1 Matéria seca

Constatou-se efeito na antecipação da dose de fósforo sobre a produtividade de matéria seca da aveia ($p=0,0205$). A parcela que recebeu $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 resultou em uma produtividade média de 5297 kg de matéria seca (Figura 7), incremento de 64% em comparação a aveia que não recebeu adubação. Essa alta na média demonstra que é efetiva a adubação fosfatada, mesmo que a lanço (com grande área de contato com o solo e possibilidade de imobilização), na cultura de inverno, apesar da dinâmica do fósforo no solo argiloso e sua adsorção aos coloides pela presença de alumínio e ferro.

Figura 7 – Produtividade de matéria seca em dois níveis de adubação fosfatada antecipada. Pato Branco-PR



Fonte: Autoria própria (2021)

[Canto et al. \(2003\)](#), em experimento que avaliou duas doses de fósforo (100 e $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de P_2O_5) e quatro camadas de incorporação (em cobertura, $0-5 \text{ cm}$, $0-10 \text{ cm}$ e $0-15 \text{ cm}$) na cultura da aveia preta, concluiu que o rendimento de MS aumentaram com a incorporação do fertilizante fosfatado, porém o aumento na profundidade de incorporação não incrementou o rendimento de MS.

Resultado semelhante ao encontrado por [Prado, Romualdo e Vale \(2006\)](#), que ao testarem doses de fósforo e nitrogênio combinadas, constatou que a aplicação de fósforo na dose de 200 mg dm^{-3} , em amostras de terra com baixo teor do nutriente, promoveu melhoria no estado nutricional e maior desenvolvimento da aveia preta

Em trabalho realizado por [Lori et al. \(2013\)](#), ao testarem dois graus de compactação (65% e 75%), combinados com duas doses de P e quatro doses de manganês na aveia preta, conclui-se que a adubação com fósforo funcionou como um fator de alívio da densidade do solo, resultando em maior produção de MS.

5.2 Soja

Não houve efeito significativo entre os componentes de rendimento (peso de mil grãos, grãos por vagem, vagens por planta) e os tratamentos (níveis de adubação e forma de adubação: antecipada ou na semeadura). As médias obtidas para peso de mil grãos (PMG); grãos por vagem (NGV) e vagens por planta (NVP) foram, respectivamente, 177 g; 2,49 e 38,34. Apenas houve diferença significativa na produtividade nas parcelas com 0 kg.ha⁻¹ de P na semeadura, em que a antecipação da adubação na cultura da aveia aumentou o rendimento em comparação a parcela em que não houve a antecipação (Figura 8, onde barras de erro que não se cruzam demonstram que houve diferença significativa, como ocorreu na dose de 0kg.ha⁻¹). A média das parcelas em que houve adubação ficou em 6839 kg.ha⁻¹.

[Zanella \(2019\)](#) obteve os mesmos resultados, onde os componentes de rendimentos da cultura da soja não diferiram entre os tratamentos, em experimento em que testou a adubação antecipada na cultura de aveia preta, parcelada no cultivo de aveia e na soja ou somente adubação tradicional, em diferentes ambientes.

O resultado também corrobora com estudo realizado por [Ramos et al. \(2010\)](#), ao avaliarem diferentes arranjos espaciais de plantas, doses de P e K nos componentes de rendimento e na produtividade de grãos na cultura da soja, onde não observaram diferenças significativas para nenhuma interação entre os fatores testados. Dessa forma, a adubação com fósforo e potássio à lanço não influenciou no desempenho agrônomo da soja.

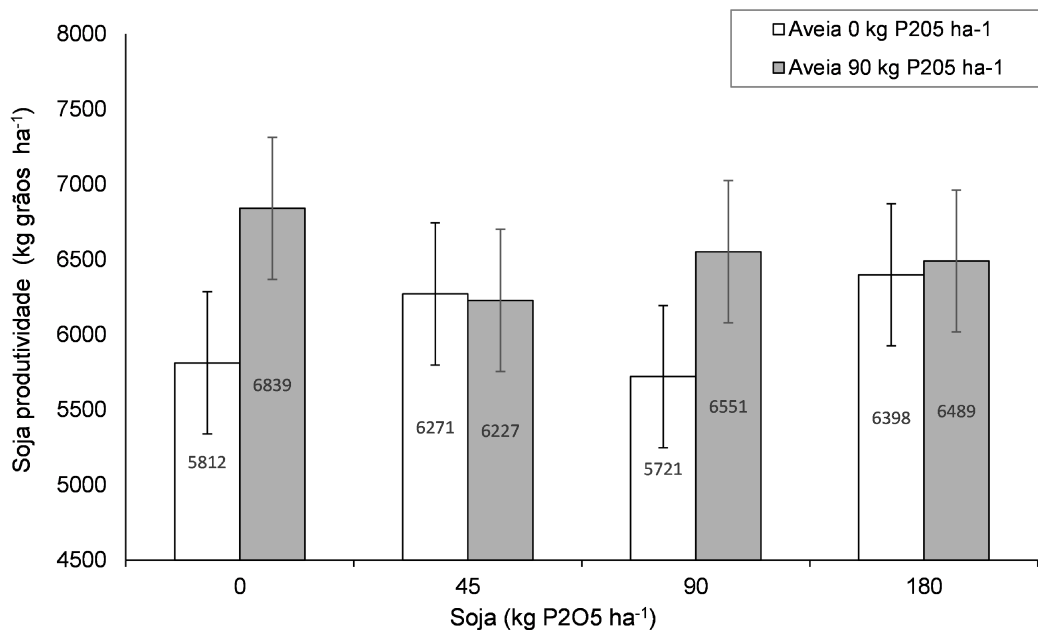
Porém, em estudo realizado por [Zucareli et al. \(2018\)](#), com a cultura do feijoeiro, doses de até 150 kg.ha⁻¹ incrementaram a variável de peso de mil grãos, tal como o número de sementes por planta. Maior sensibilidade nesse experimento pode se dar devido a realização ter sido em vasos em casa de vegetação, onde é possível manter o ambiente favorável e controlado.

O incremento na produtividade de soja nas parcelas em que houve a adubação da aveia confirma que houve a ciclagem do nutriente no sistema, que a planta de aveia, na decomposição, forneceu mais fósforo para a cultura sucessora que as plantas que não foram adubadas. Resultado que corrobora com a hipótese de que a adubação de P pode ser feita na aveia, sem necessidade de adubar na semeadura, obtendo ainda assim altas produtividades.

Sugere ainda que, após o suprimento do nutriente pela cultura da soja, doses maiores não causam incremento de produtividade, algo que pode diminuir os custos atrelados ao cultivo. Em experimento realizado por [Marin et al. \(2015\)](#), em que foram testadas cinco doses de P₂O₅ (0 kg.ha⁻¹; 27,17 kg.ha⁻¹; 54,34 kg.ha⁻¹; 81,51 kg.ha⁻¹; e, 108,68 kg.ha⁻¹) também não houve resposta entre as diferentes doses de fósforo testadas.

A antecipação da adubação fosfatada também mostrou-se eficiente no aumento da

Figura 8 – Produtividade de soja em função de diferentes níveis de adubação na semeadura e de adubação antecipada. Pato Branco-PR



Fonte: Autoria própria (2021)

produtividade, apesar do baixo nível de fósforo, segundo o Manual de adubação do Paraná (PAVINATO *et al.*, 2017) no início do experimento ($3,18 \text{ mg.dm}^{-3}$ de média na profundidade de 0-20 cm), constituindo uma boa alternativa a adubação convencional na linha de semeadura.

Contudo, Valadão *et al.* (2019) ao testar duas formas de adubação fosfatada (a lanço e no sulco), quatro doses de P₂O₅ (0, 50, 100 e 150 kg.ha⁻¹) e quatro estados de compactação, encontrou diferença de eficiência da adubação e produtividade de grãos de soja, concluindo que em áreas com solos sob alta compactação e condições físicas limitantes, a melhor alternativa seria a aplicação de adubo no sulco, próximo à semente. Assim como Silva *et al.* (2010), que encontraram maior acúmulo de P em feijão-caupi quando a adubação fosfatada foi no sulco em relação a adubação a lanço.

Mortele *et al.* (2009) obteve resultados semelhantes ao combinar diferentes formulações de adubo (0-25-25, 0-20-20 e Superfosfato simples) distribuídas em quatro posições no solo (na linha - 3 cm da superfície, na linha - 7 cm da superfície, na entrelinha - 7 cm da superfície e sobre a superfície do solo), onde as maiores produtividades foram relacionadas a utilização dos adubos 0-20-20 e Superfosfato simples distribuídos na entrelinha de plantio, concluindo que o posicionamento do adubo próximo às sementes pode facilitar a absorção do P, favorecendo a nutrição das plantas.

Outro fator a ser considerado é a alta produtividade do talhão em que o experimento estava alocado. A média do estado de Santa Catarina é de 3.628 kg.ha^{-1} (EPAGRI, 2020), enquanto a média da propriedade atingiu 5033 kg.ha^{-1} . A adubação utilizada na propriedade consiste em aproximadamente 80 kg.ha^{-1} de P e 165 kg.ha^{-1} de KCl.

Nas parcelas em que houve adubação com 180 kg/ha de P não houve efeito, sugerindo que altas doses de fósforo não resultam em aumentos significativos de produtividade. Resultado similar foi encontrado por [Lacerda et al. \(2015\)](#), o qual avaliou a resposta das culturas da soja às adubações de semeadura e de cobertura por três safras consecutivas, sem encontrar resposta de produtividade em nenhuma das situações. Essa ausência de resposta pode ser uma afirmativa da possibilidade diminuir a quantidade de fertilizantes aplicada no solo em que já existe uma reserva de nutrientes, e que a forma de aplicação utilizando sempre uma quantidade fixa dos principais adubos (N, P e K) não é a melhor maneira de manejo em um sistema de produção de plantio direto.

[Batistella Filho et al. \(2013\)](#), ao avaliar a resposta da cultura da soja com diferentes doses de P_2O_5 (0, 40, 80, 120 e 160 kg.ha⁻¹) e de K_2O (0, 50 e 100 kg.ha⁻¹), todas aplicadas no sulco de semeadura, concluiu que a adubação fosfatada aumentou a produtividade sem afetar a qualidade fisiológica das sementes de soja produzidas, mesmo em solo com disponibilidade muito baixa de fósforo.

5.3 Solo

5.3.1 Análise após antecipação da adubação fosfatada na aveia

Conforme a Tabela 1, observa-se que o valor médio de fósforo na camada 0-20 cm no início do experimento era de 3,18 mg.dm⁻³. De acordo com a tabela de interpretação do Manual de adubação e calagem do Estado do Paraná ([PAVINATO et al., 2017](#)), considerando que o solo possui 55% de argila, o nível de P é baixo, o que justifica a antecipação na aveia com o objetivo de melhor desenvolvimento da cultura. A produtividade de matéria seca alcançada nas parcelas em que houve a antecipação de P, demonstra que o solo respondeu a adubação.

Houve diferença significativa entre as diferentes profundidades, o que confirma a afirmativa de que o fósforo tem baixa mobilidade no perfil do solo, se concentrando na camada mais superficial (Tabela 3).

Na análise química de solo realizada após a antecipação da adubação fosfatada na cultura da aveia, observa-se que o valor médio de P, na profundidade de 0-20 cm na parcela em que houve adubação, aumentou em comparação a parcela sem adubação e a primeira análise (Tabela 1), atingindo 4,12 mg.dm⁻³ (resultado sem interação significativa). A parcela sem adubação atingiu o valor de 3,28 mg.dm⁻³ permanecendo, praticamente, inalterado se comparado a primeira análise.

5.3.2 Análise após antecipação da adubação fosfatada e adubação na semeadura da soja

A terceira análise do solo foi realizada em pontos aleatórios nas diferentes doses de P aplicadas na semeadura, não sendo separadas por blocos, pelo alto custo atrelado. Os valores apresentados não foram testados estatisticamente pela ausência do fator de blocos.

Tabela 3 – Características químicas do solo nas parcelas com adubação antecipada na cultura da aveia nas doses de 0 kg.ha⁻¹ e 90 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, antes do plantio da cultura da soja. P e K extraídos com solução de Mehlich⁻¹. UTFPR, Pato Branco - PR, 2021

Profundidade	0 kg.P ₂ O ₅ .ha ⁻¹				90 kg.P ₂ O ₅ .ha ⁻¹			
	P	K	SB	V	P	K	SB	V
cm	(mg.dm ⁻³)	(cmol _c dm ⁻³)		%	(mg.dm ⁻³)	(cmol _c dm ⁻³)		%
0 - 5	6,03	0,44	6,84	61,15	6,93	0,53	6,56	61,50
5 - 10	3,54	0,30	4,18	38,25	4,39	0,44	6,29	33,16
10 - 20	1,77	0,22	3,00	56,56	2,59	0,24	2,22	54,08

Fonte: Autoria própria (2021)

É possível observar (Tabela 4) que o nível de P aumentou proporcionalmente as doses de adubação fosfatada realizada na semeadura da cultura da soja, exceto na parcela em que não houve adubação na semeadura (dose de 0 kg.ha⁻¹) e que ocorreu a antecipação de 90 kg.ha⁻¹ na cultura da aveia. Essa média com valor elevado (10,40 mg.dm⁻³) pode justificar a alta produtividade de soja alcançada nesse tratamento (6839 kg.ha⁻¹).

Na parcela em que não houve a antecipação na cultura da aveia os valores obtidos de P na profundidade de 0-20 cm, nas doses de 0, 45, 90 e 180 kg.ha⁻¹ foram, respectivamente, 3,64; 3,90; 8,99 e 13,35 mg.dm⁻³ (Tabela 4). Já na parcela em que houve a antecipação de 90 kg.ha⁻¹ na cultura da aveia os valores obtidos de P na profundidade de 0-20 cm, nas doses de 0, 45, 90 e 180 kg.ha⁻¹ foram, respectivamente, 10,40; 7,04; 9,37 e 18,60 mg.dm⁻³ (Tabela 5).

Tabela 4 – Características químicas do solo nas parcelas sem adubação antecipada na cultura da aveia, após a adubação fosfatada realizada na cultura da soja. P e K extraídos com solução de Mehlich⁻¹. UTFPR, Pato Branco - PR, 2021

Profundidade	0 kg.ha ⁻¹				45 kg.ha ⁻¹			
	P	K	SB	V	P	K	SB	V
cm	(mg.dm ⁻³)	(cmol _c dm ⁻³)		%	(mg.dm ⁻³)	(cmol _c dm ⁻³)		%
0 - 5	4,82	0,77	7,17	17,13	5,57	0,77	10,47	74,84
5 - 10	3,01	0,33	3,03	16,20	4,08	0,40	4,40	35,28
10 - 20	3,36	0,25	2,05	15,10	3,01	0,40	3,10	25,19
Profundidade	90 kg.ha ⁻¹				180 kg.ha ⁻¹			
	P	K	SB	V	P	K	SB	V
cm	(mg.dm ⁻³)	(cmol _c dm ⁻³)		%	(mg.dm ⁻³)	(cmol _c dm ⁻³)		%
0 - 5	12,79	0,43	11,93	80,17	19,68	0,77	7,37	59,77
5 - 10	12,79	0,35	10,45	76,67	11,85	0,44	3,44	30,71
10 - 20	5,19	0,27	3,67	30,51	10,94	0,33	1,83	14,90

Fonte: Autoria própria (2021)

Tabela 5 – Características químicas do solo nas parcelas com adubação antecipada na cultura da aveia (90 kg.ha⁻¹), após a adubação fosfatada realizada na cultura da soja. P e K extraídos com solução de Mehlich⁻¹. UTFPR, Pato Branco - PR, 2021

Profundidade	0 kg.ha ⁻¹				45 kg.ha ⁻¹			
	P	K	SB	V	P	K	SB	V
cm	(mg.dm ⁻³)	(cmol _c dm ⁻³)		%	(mg.dm ⁻³)	(cmol _c dm ⁻³)		%
0 - 5	30,07	0,71	10,51	69,60	12,79	0,77	9,97	71,52
5 - 10	4,08	0,83	7,13	36,18	7,93	0,45	7,45	54,54
10 - 20	3,72	0,43	4,23	20,19	3,72	0,35	4,45	41,74
Profundidade	90 kg.ha ⁻¹				180 kg.ha ⁻¹			
	P	K	SB	V	P	K	SB	V
cm	(mg.dm ⁻³)	(cmol _c dm ⁻³)		%	(mg.dm ⁻³)	(cmol _c dm ⁻³)		%
0 - 5	21,50	0,61	8,31	60,83	36,39	0,66	10,16	74,82
5 - 10	6,34	0,40	3,80	32,87	22,13	0,45	8,65	66,90
10 - 20	4,82	0,36	1,86	53,59	7,93	0,30	2,80	23,73

Fonte: Autoria própria (2021)

6 CONCLUSÕES

A antecipação da adubação fosfatada na cultura da aveia foi eficiente e conseguiu atender as necessidades da cultura da soja, através da ciclagem do nutriente, aumentando sua produtividade.

Não houve efeito entre os componentes de rendimento (peso de mil grãos, grãos por legume, legumes por planta) e os tratamentos (níveis de adubação e forma de adubação: antecipada ou na semeadura)

A adubação fosfatada na cultura da aveia preta proporciona maior acúmulo de matéria seca e maior liberação de fósforo para a cultura subsequente, de acordo com a produtividade alcançada nas parcelas adubadas.

REFERÊNCIAS

- ANGHINONI, I. *et al.* Ciclagem de nutrientes em integração lavoura-pecuária. **Synergismus científica UTFPR**, v. 6, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/262914527_CICLAGEM_DE_NUTRIENTES_EM_INTEGRACAO_LAVOURA-PECUARIA. Acesso em: 18 nov. 2021.
- BATISTELLA FILHO, F. *et al.* Adubação com fósforo e potássio para produção e qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 7, p. 783–790, jul. 2013. ISSN 0100-204X. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2013000700011&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 12 nov. 2021.
- BEDIN, I. *et al.* Fertilizantes fosfatados e produção da soja em solos com diferentes capacidades tampão de fosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 639–646, ago. 2003. ISSN 0100-0683. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832003000400008&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 22 out. 2021.
- BERNARDI, A. C. d. C. *et al.* Doses e formas de aplicação da adubação potássica na rotação soja, milho e algodão em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 158–167, 2009. ISSN 1517-6398. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/82788/1/PROCIACCB2009.00014.pdf>. Acesso em: 22 out. 2021.
- CAIONE, G. *et al.* Modos de aplicação e doses de fósforo em cana-de-açúcar forrageira cultivada em latossolo vermelho amarelo. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 9, n. 2, p. 1–11, 2011. Acesso em: 22 out. 2021.
- CÂMARA, G. M. d. S. Nitrogênio e produtividade da soja. **Soja: tecnologia da produção II**, v. 2, n. 2, p. 295–340, 2000. Acesso em: 22 out. 2021.
- CANTO, M. W. d. *et al.* Diferentes profundidades de incorporação de adubo fosfatado na produção de massa seca e no perfilhamento da aveia preta (*Avena strigosa*). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 25, n. 2, p. 359–363, abr. 2003. ISSN 1807-8621, 1679-9275. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/1983>. Acesso em: 30 nov. 2021.
- CARAFFA, M. *et al.* (Ed.). **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina**. Três de Maio: Sociedade Educacional Três de Maio, 2019.
- CIOTTA, M. N. *et al.* Acidificação de um Latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 4, p. 1055–1064, dez. 2002. ISSN 0100-0683. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832002000400023&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 23 out. 2021.
- COELHO, A. M.; ALVES, V. M. C. Adubação fosfatada na cultura do milho. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. e. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2004. p. 243–283. Acesso em: 22 out. 2021.
- DUDA, G. P. *et al.* Perennial herbaceous legumes as live soil mulches and their effects on C, N and P of the microbial biomass. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 1, p. 139–147, fev. 2003.

- ISSN 0103-9016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162003000100021&lng=en&tlng=en. Acesso em: 05 dez. 2021.
- ESCOSTEGUY, P. A. V.; FONTOURA, S. M. V.; CARVALHO, I. Q. d. Fertilidade do solo, calagem e adubação. In: **Indicações técnicas para a cultura da aveia**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2014. p. 24–44. Disponível em: https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/culturas_anuais/livros/INDICACOES%20TECNICAS%20PARA%20A%20CULTURA%20DA%20AVEIA.pdf. Acesso em: 24 out. 2021.
- FEDERIZZI, L. C. *et al.* Importância da cultura da aveia. In: LÂNGARO, N. C.; CARVALHO, I. Q. (Ed.). **Indicações técnicas para a cultura da aveia**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2014. p. 13–24. Disponível em: https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/culturas_anuais/livros/INDICACOES%20TECNICAS%20PARA%20A%20CULTURA%20DA%20AVEIA.pdf.
- FRANCISCO, E. A. B.; CÂMARA, G. M. d. S.; SEGATELLI, C. R. Estado nutricional e produção do capim-pé-de-galinha e da soja cultivada em sucessão em sistema antecipado de adubação. **Bragantia**, v. 66, n. 2, p. 259–266, 2007. ISSN 0006-8705. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052007000200009&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 22 out. 2021.
- GUARESCHI, R. F. *et al.* Adubação antecipada na cultura da soja com superfosfato triplo e cloreto de potássio revestidos por polímeros. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 4, p. 643–648, ago. 2011. ISSN 1413-7054. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542011000400001&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 22 out. 2021.
- INKOTTE, J. *et al.* Métodos de avaliação da ciclagem de nutrientes no bioma Cerrado: uma revisão sistemática. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 2, p. 988, jun. 2019. ISSN 1980-5098, 0103-9954. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/27982>. Acesso em: 24 out. 2021.
- IORI, P. *et al.* Produção de aveia preta em solos com diferentes densidades em função da adubação de fósforo e manganês. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 11, p. 95, out. 2013. ISSN 2596-2868. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/index.php/cienciaanimal/article/view/11402>. Acesso em: 30 nov. 2021.
- LACERDA, J. J. d. J. *et al.* Adubação, produtividade e rentabilidade da rotação entre soja e milho em solo com fertilidade construída. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 9, p. 769–778, set. 2015. ISSN 0100-204X. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2015000900769&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 10 nov. 2021.
- MARIN, R. d. S. F. *et al.* Efeito da adubação fosfatada na produção de sementes de soja. **Revista Ceres**, v. 62, n. 3, p. 265–274, jun. 2015. ISSN 0034-737X. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2015000300265&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 10 nov. 2021.
- MATOS, M. A.; SALVI, J. V.; MILAN, M. Pontualidade na operação de semeadura e a antecipação da adubação e suas influências na receita líquida da cultura da soja. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 2, p. 493–501, ago. 2006. ISSN 0100-6916. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162006000200018&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 22 out. 2021.

MORTELE, L. M. *et al.* Influência da adubação com fósforo e potássio na emergência das plântulas e produtividade da cultura da soja. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 2, p. 256–265, jun. 2009. ISSN 1608-6690. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/519>. Acesso em: 12 nov. 2021.

NAIR, M. **Amélia**. USA: Fox Searchlight Pictures, 2009. Filme biográfico. Acesso em: 06 dez. 2021.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. Acesso em: 22 out. 2021.

NUNES, R. d. S. *et al.* Distribuição de fósforo no solo em razão do sistema de cultivo e manejo da adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 3, p. 877–888, jun. 2011. ISSN 0100-0683. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832011000300022&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 24 out. 2021.

PAVINATO, P. S.; CERETTA, C. A. Fósforo e potássio na sucessão trigo/milho: épocas e formas de aplicação. **Ciência Rural**, v. 34, n. 6, p. 1779–1784, dez. 2004. ISSN 0103-8478. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782004000600017&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 22 out. 2021.

PAVINATO, P. S. *et al.* **Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2017. Acesso em: 19 nov. 2021.

PRADO, R. D. M.; ROMUALDO, L. M.; VALE, D. W. d. Resposta da aveia preta à aplicação de fósforo sob duas doses de nitrogênio em condições de casa-de-vegetação. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 527–533, fev. 2006. ISSN 1807-8621, 1679-9275. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/895>. Acesso em: 30 nov. 2021.

RAMOS, S. *et al.* Utilização de fósforo e produção do feijoeiro: influência de gramíneas forrageiras e fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 89–96, fev. 2010. ISSN 0100-0683. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832010000100009&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 23 out. 2021.

RODRIGUES, C. R. **Frações de fósforo e produção da soja e do feijoeiro em sucessão a gramíneas adubadas com diferentes fertilizantes fosfatados**. Tese (Doutorado em Agronomia) — Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/3782>. Acesso em: 22 out. 2021.

SÁ, J. C. d. M. Adubação fosfatada no sistema plantio direto. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. e. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2004. p. 201–220. Acesso em: 22 out. 2021.

SÁNCHEZ, P. A.; SALINAS, J. G. Low-Input Technology for Managing Oxisols and Ultisols in Tropical America. In: **Advances in Agronomy**. Elsevier, 1981. v. 34, p. 279–406. ISBN 978-0-12-000734-9. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0065211308608895>. Acesso em: 22 out. 2021.

SANTOS, H. P. d. *et al.* Efeito de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP) sobre a fertilidade do solo em plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 4, p. 719–727, ago. 2009. ISSN 1807-8621, 1679-9275. Disponível em:

<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/925>. Acesso em: 16 nov. 2021.

SANTOS, H. P. d.; REIS, E. M. **Rotação de culturas em plantio direto**. Passo Fundo: [s.n.], 2001. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/126864/1/ID-8653-LV-0368.pdf>. Acesso em: 23 out. 2021.

SANTOS, J. Z. L. *et al.* Frações de fósforo em solo adubado com fosfatos em diferentes modos de aplicação e cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 705–714, abr. 2008. ISSN 0100-0683. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000200025&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 22 out. 2021.

SFREDO, G. J.; BORKET, C. M. **Deficiências e toxicidades de nutrientes em plantas de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/469334/1/Documentos231.pdf>. Acesso em: 22 out. 2021.

SILVA, A. J. d. *et al.* Resposta do feijão-caupi à doses e formas de aplicação de fósforo em Latossolo Amarelo do Estado de Roraima. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 1, p. 31–36, mar. 2010. ISSN 0044-5967. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672010000100004&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 21 nov. 2021.

SILVA, R. H. d.; ROSOLEM, C. A. Influência da cultura anterior e da compactação do solo na absorção de macronutrientes em soja. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 36, n. 10, p. 1269–1275, 2001. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/262430795_Effect_of_the_previous_crop_and_of_soil_compaction_on_macronutrient_uptake_by_soybean. Acesso em: 22 out. 2021.

TEIXEIRA, P. C. *et al.* Resposta de vetiver à aplicação de calcário e fósforo em três classes de solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 99–105, fev. 2015. ISSN 1415-4366. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662015000200099&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 22 out. 2021.

VALADÃO, F. C. D. A. *et al.* Teor de macronutrientes e produtividade da soja influenciados pela compactação do solo e adubação fosfatada. **Revista de Ciências Agrárias**, p. 183–195 Páginas, jan. 2019. Artwork Size: 183-195 Páginas Publisher: Revista de Ciências Agrárias. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/index.php/rca/article/view/16441>. Acesso em: 12 nov. 2021.

VIDOR, C.; FREIRE, J. Relação de substituição entre calcário e fósforo aplicados ao solo na cultura de soja. In: **Agronomia Sulriograndense**. [S.l.]: Instituto de Pesquisas Agronômicas, 1978. v. 8, p. 187–193.

VIEIRA, R. C. B. *et al.* Critérios de calagem e teores críticos de fósforo e potássio em latossolos sob plantio direto no centro-sul do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 1, p. 188–198, fev. 2013. ISSN 0100-0683. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832013000100019&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 12 nov. 2021.

VIEIRA, R. C. B. *et al.* Adubação fosfatada para alta produtividade de soja, milho e cereais de inverno cultivados em rotação em latossolos em plantio direto no centro-sul do paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 3, p. 794–808, jun. 2015. ISSN 0100-0683. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832015000300794&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 22 out. 2021.

VIVIANI, C. A. *et al.* Disponibilidade de fósforo em dois latossolos argilosos e seu acúmulo em plantas de soja, em função do aumento do pH. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 1, p. 61–67, fev. 2010. ISSN 1413-7054. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542010000100007&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 22 out. 2021.

WERNER, C. J. *et al.* Adubação fosfatada em soja: produtividade e qualidade fisiológica das sementes. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 36157–36177, 2020. ISSN 25258761, 25258761. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/11455/9558>. Acesso em: 12 nov. 2021.

ZANELLA, R. Mestrado em Agronomia, **Efeito residual da antecipação da adubação, aplicada na cultura da aveia, sobre o desempenho agrônômico da soja**. Pato Branco: [s.n.], 2019. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4096/1/PB_PPGAG_M_Zanella%2c%20Rodrigo_2019.pdf. Acesso em: 23 out. 2021.

ZUCARELI, C. *et al.* Associação de fosfatos e inoculação com *Bacillus subtilis* e seu efeito no crescimento e desempenho produtivo do feijoeiro. **Revista Ceres**, v. 65, n. 2, p. 189–195, mar. 2018. ISSN 2177-3491, 0034-737X. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2018000200189&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 22 out. 2021.

APÊNDICE A – Análise de variância (ANOVA) para produtividade de soja

Tabela 6 – Análise de variância (ANOVA) para produtividade de soja. UTFPR, Pato Branco - PR, 2021

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A: Antecipação P	1,81487E6	1	1,81487E6	11,41	0,0028
B: P semeadura soja	402205	3	134068	0,84	0,4857
C: Bloco	662481	3	220827		
INTERACTIONS					
AB	1,69535E6	3	565116	3,55	0,0318
RESIDUAL	3,33981E6	21	159038		
TOTAL (CORRECTED)	7,91471E6	31			

Fonte: Autoria própria (2021)

APÊNDICE B – Análise de variância (ANOVA) para produção de matéria seca de aveia

Tabela 7 – Análise de variância (ANOVA) para produção da matéria seca de aveia. UTFPR, Pato Branco - PR, 2021

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A: Aveia P ₂ O ₅	5,78544E6	1	5,78544E6	20,21	0,0205
B: Bloco	4,77783E6	3	1,59261E6	5,56	0,0962
RESIDUAL	858675	3	286225		
TOTAL (CORRECTED)	1,14219E7	7			

Fonte: A autoria própria (2021)

APÊNDICE C – Análise de variância (ANOVA) para análise de solo após adubação fosfatada na cultura da aveia

Tabela 8 – Análise de variância (ANOVA) para produtividade de soja. UTFPR, Pato Branco - PR, 2021

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A: Antecipação P	4,4376	1	4,4376	1,17	0,2970
B: Profundidade	74,7111	2	37,3556	9,83	0,0019
C: Bloco	14,3826	3	4,79421		
INTERACTIONS					
AB	0,005275	2	0,0026375	0,00	0,9993
RESIDUAL	57,0081	15	3,80054		
TOTAL (CORRECTED)	150,545	23			

Fonte: Autoria própria (2021)