

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**GABRIEL CHUITICOSKI**

**CURVA DE LIBERAÇÃO DE FÓSFORO DE FOSFATO NATURAL,  
TERMOFOSFATO E SUPERFOSFATO SIMPLES APLICADO NO SOLO SOB  
CULTIVO DE MILHO, FEIJAO E SOJA**

**DOIS VIZINHOS**

**2025**

**GABRIEL CHUITICOSKI**

**CURVA DE LIBERAÇÃO DE FÓSFORO DE FOSFATO NATURAL,  
TERMOFOSFATO E SUPERFOSFATO SIMPLES APLICADO NO SOLO SOB  
CULTIVO DE MILHO, FEIJAO E SOJA**

**Phosphorus release curve of natural phosphate, thermo phosphate and simple  
super phosphate applied to the soil under the cultivation of corn, beans and  
soybeans**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentada como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Agronomia da Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná (UTFPR).  
Orientador(a): Prof. Dr. Laércio Ricardo Sartor

**DOIS VIZINHOS**

**2025**



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

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**GABRIEL CHUITICOSKI**

**CURVA DE LIBERAÇÃO DE FÓSFORO DE FOSFATO NATURAL,  
TERMOFOSFATO E SUPERFOSFATO SIMPLES APLICADO NO SOLO SOB  
CULTIVO DE MILHO, FEIJAO E SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Nome do Agronomia da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 11 de fevereiro de 2025

---

Prof. Dr. Laércio Ricardo Sartor  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Prof. Dr. Adalberto Luiz de Paula  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Eng. Agrônomo. Ana Giaretta  
Graduado  
Universidade Federal do Paraná

**DOIS VIZINHOS**

**2025**

## RESUMO

O fósforo é um dos nutrientes mais importantes para as plantas principalmente nas principais culturas do sudoeste do Paraná as quais se destacam o soja, milho e feijão, sendo um dos macro nutrientes mais exportados no grão, no Brasil por conta das características de nossos solos onde não há tanto fósforo disponível para as plantas, o uso de adubos fosfatados é de extrema importância para um bom desenvolvimento das culturas e produtividade, as principais fontes utilizadas no país são o superfosfato simples e o triplo, porém existem outros tipos de fontes de fósforo que podem ser utilizadas, como o fosfato natural e o termo fosfato, porém por conta da pouca solubilidade que eles possuem torna-os menos usados nas propriedades Brasileiras, a importância de experimentos com esse tipo de fosfato é identificar a disponibilização de fósforo que eles proporcionam ao solo visando benefícios para um manejo a longo e médio prazo. Desta maneira o presente trabalho consiste em uma análise da curva de liberação de fósforo de diferentes fontes de adubos fosfatados aplicados em solo sob o cultivo do milho, feijão e soja. As fontes de P são o fosfato natural, termofosfato e superfosfato simples. Foi feita a implantação de um campo experimental na Universidade Tecnológica Federal do Paraná no campus de Dois Vizinhos. Foi aplicada, a lanço, a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no plantio do milho. Amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0 a 5 cm nos dias 20, 40, 65, 90, 120, 160, 200 e 360 dias após aplicação. Foram analisados os teores de P do solo. Será avaliado rendimento de todas as culturas conforme o tratamento. O sistema teve um maior acúmulo de P-resina no tratamento com o termo fosfato ao longo de todo o experimento, enquanto o fosfato natural e o superfosfato simples não diferenciaram entre si, na produtividade o termo fosfato apresentou maior rendimento na soja, enquanto no milho foi o superfosfato simples, já no feijão não houve diferenças significativas entre as fontes.

Palavras-chave: adubação; fosfato; fósforo; liberação.

## ABSTRACT

Phosphorus is one of the most important nutrients for plants, especially in the main crops of southwestern Paraná, which include soybeans, corn and beans. It is one of the most exported macronutrients in grain form. In Brazil, due to the characteristics of our soils, where there is not much phosphorus available for plants, the use of phosphate fertilizers is extremely important for good crop development and productivity. The main sources used in the country are simple and triple superphosphate. However, there are other types of phosphorus sources that can be used, such as natural phosphate and thermophosphate. However, their low solubility makes them less used on Brazilian properties. The importance of experiments with this type of phosphate is to identify the availability of phosphorus that they provide to the soil, aiming at benefits for long- and medium-term management. Thus, the work consists of an analysis of the phosphorus release curve of different sources of phosphate fertilizers applied to soil under the cultivation of corn, beans and soybeans. The sources of P are natural phosphate, thermophosphate and simple superphosphate. An experimental field was set up at the Federal Technological University of Paraná in Dois Vizinhos campus. A dose of 100 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> was applied by broadcasting during corn planting. Soil samples were collected at a depth of 0 to 5 cm on days 20, 40, 65, 90, 120, 160, 200 and 360 after application. The soil P levels were analyzed. The yield of all crops will be evaluated according to the treatment. The system had a greater accumulation of P-resin in the treatment with thermophosphate throughout the experiment, while natural phosphate and simple superphosphate did not differentiate between each other. In terms of productivity, thermophosphate showed the highest yield in soybeans, while simple superphosphate showed the highest yield in corn, while in beans there were no significant differences between the sources.

Keywords: fertilization; phosphate; phosphor; release.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	6
2	JUSTIFICATIVA.....	8
3	HIPÓTESE .....	9
4	OBJETIVOS .....	10
4.1	Objetivo geral.....	10
4.2	Objetivo específico.....	10
5	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	11
5.1	Milho .....	11
5.2	Feijão .....	13
5.3	Soja.....	14
5.4	Fósforo .....	15
5.5	Superfosfato simples .....	16
5.6	Fosfato natural.....	17
5.7	Termofosfato.....	18
6	MATERIAL E MÉTODOS .....	20
6.1	Descrição da área experimental.....	20
6.2	Tratamentos e delineamento experimental .....	20
6.3	Parâmetros avaliados .....	22
6.4	Análises estatísticas .....	23
7	RESULTADOS E DISCUSSOES .....	24
8	CONCLUSAO .....	32
	REFERÊNCIAS.....	33

## 1 INTRODUÇÃO

O milho, o feijão e a soja são culturas agrícolas de destaque no Brasil, desempenhando papéis cruciais na economia e na segurança alimentar do país. O milho é amplamente utilizado na alimentação animal, representando cerca de 70% do consumo mundial desse cereal, além de ser matéria-prima para diversas indústrias. O feijão, por sua vez, é um alimento básico na dieta brasileira, cultivado em todas as regiões e essencial para a subsistência de muitas famílias. A soja destaca-se como uma das culturas de maior importância econômica no Brasil, sendo um dos pilares do agronegócio nacional. Essas culturas não apenas impulsionam o desenvolvimento econômico, mas também garantem a segurança alimentar e posicionam o Brasil como um líder no mercado agrícola global (EMBRAPA, 2023).

Para se ter uma boa qualidade na produção dos cereais deve haver um solo com uma boa fertilidade, e um dos principais nutrientes que possibilita essa adequada fertilidade é o fósforo.

Como sabemos a maioria dos solos do país tem baixa disponibilidade de fósforo devido ao tipo de formação e também a idade do solo, ainda por ser um país com climas mais quentes no decorrer do ano todo faz com que acelere muito a sua degradação, no Paraná não é diferente, o solo na região tem origem de derrame basáltico o que confere teores de argila elevados e capacidade de retenção de água e nutrientes altos, porém mesmo por conta dessa origem os solos são pobres em fósforo disponível para as plantas, além da presença de alumínio que prejudica ainda mais a absorção de nutrientes por conta da diminuição do pH e sua toxicidade.

O fósforo é um macronutriente de extrema importância para as plantas por ser um dos principais nutrientes que é utilizados na produção de ATP (trifosfato adenosina), sendo assim a fonte de energia para a realização fotossíntese da planta, entre outros fatores que são bem importantes como em consequência disso o enchimento de grãos (NETO, 2010).

Foi realizado um estudo com diferentes doses de fósforo e com diferentes tipos de aplicação, de que esses seriam a lanço, em sulco e sulco duplo, para assim demonstrar qual aplicação juntamente com a dosagem se tem mais produtividade na cultura do milho, desta forma se comprovou nos resultados onde a aplicação de doses crescentes de fósforo determinou melhores resultados produtivos, conforme as doses aumentavam a resposta em produtividade da cultura consequentemente melhorava

(R.M.PRADO *et al.*, 2000). Neste contexto objetiva-se fazer uma comparação entre diferentes tipos de fosfato, que são comumente utilizados quando se trata de uma adubação que preconiza a adição de fósforo, por meio de análises de solo que vão demonstrar a curva de liberação de fósforo de cada um dos produtos, a fim de mostrar as diferenças e dinâmica entre eles, já que cada um deles tem uma solubilidade diferente, de mesmo modo atribuindo o qual possui as melhores características relacionadas a liberação do fósforo no solo para absorção pelo milho, tendo em vista, que as fontes de fosfato natural e termo fosfato são fontes pouco solúveis e são mais indicadas a um tratamento a longo prazo, enquanto os superfosfatos tem uma solubilidade mais adequada a respostas de curto prazo, onde as respostas obtidas vão determinar as especificidades de cada produto, ajudando a indicar a qual cultura ou ocasião o uso de determinada fonte seria mais indicado no caso de pesquisas futuras.

## **2 JUSTIFICATIVA**

O estudo sobre a curva de liberação de fósforo se torna de extrema importância tanto para a produtividade da cultura, quanto na hora da determinação da dose pelo produtor, bem como auxiliar na hora da aquisição do insumo e na tomada de decisão da escolha do produto. Especialmente considerando a flutuação de preços e altos valores dos insumos agrícolas, tendo em vista também que o fósforo é um dos macronutrientes mais importantes na nutrição de plantas.

Além disso, essa pesquisa, também tem caráter informativo quanto ao estudo do comportamento e dinâmica dos adubos minerais utilizados, com suas próprias características químicas e físicas, também, com relação ao seu comportamento ao tempo e crescimento da cultura, para determinar quanto vai ser liberado de fósforo para a planta, e também o balanço de fósforo do solo, assim facilitando um entendimento mais específico destes produtos.

### **3 HIPÓTESE**

A hipótese do presente trabalho foi verificar a diferença entre as curvas de liberação e solubilidade do fósforo dentre os insumos fosfatados (super fosfato simples, fosfato natural e termo fosfato).

Fontes menos solúveis terão disponibilidade de P mais lenta se comparada a fontes mais solúveis.

Fontes naturais terão efeito a médio e longo prazo.

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo geral**

Avaliou-se a disponibilização de fontes de fósforo no solo de adubos fosfatados de diferentes solubilidades aplicados nas culturas do Milho (*Zea mays*), Soja (*Glycine max*) e Feijão (*Phaseolus vulgaris*).

### **4.2 Objetivo específico**

Avaliou-se a curva de fósforo de cada fonte de adubo fosfatado.

Avaliou-se a dinâmica e o comportamento de cada tipo de insumo com relação as suas solubilidades diferentes.

Identificou a resposta das diferentes culturas a fontes de P de diferentes solubilidades no seu primeiro ano de aplicação.

## 5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 5.1 Milho

A cultura do milho (*Zea mays*) teve sua origem a 9 mil anos atrás no México, onde já era uma planta muito utilizada pelos povos daquele tempo, quando houve a colonização espanhola nessa região, a cultura do milho começou a se espalhar para o mundo, uma planta que se derivou do seu ancestral o teosinto, onde o ser humano começou o processo de seleção genética desta espécie, propagando as plantas que tinham as espigas e grãos mais desenvolvidos, e assim conforme o tempo originando o padrão de espigas que vemos hoje em dia em qualquer cultivar de milho, isso também teve influência por se tratar de uma planta que possui grande capacidade de se adaptar a condições diferentes, desta forma originando uma quantidade de variedades diferentes muito grande ao entorno do mundo todo, essas variedades e capacidades do milho junto com experimentos e pesquisas conseguiram em menos de um século aumentar sua produtividade em 200% dos anos de 1962 a 2017, passando de 1,9 toneladas por hectare para 5,8 toneladas, nos dias de hoje a produção de milho no mundo ultrapassa a marca de 1 bilhão de toneladas produzidas (MIRANDA, 2018).

O milho é uma das principais culturas do mundo, exercendo papel crucial em diversas áreas da produção e indústria, principalmente com a demanda de proteína animal do mundo aumentando cada vez mais, essa cultura vem sendo muito valorizada nas últimas décadas, muito utilizada na alimentação de suínos e aves, sendo um dos principais insumos na formulação da ração, e também na produção de etanol de milho que já vem se consolidando nos Estados Unidos, desta forma o mundo precisará cada vez mais desta commodity nas próximas décadas, enquanto a população mundial continuar crescendo, um exemplo do crescimento da demanda por esse grão foi uma pesquisa feita onde foi previsto que seria necessário cerca de 358 milhões de toneladas de milho na safra de 2020 a mais do que foi produzido na safra de 2010 para suprir a demanda do mundo (MIRANDA *et al.*, 2014).

No caso do o nosso país, Brasil vem sendo um dos grandes produtores desse grão no mundo, cerca de 113 milhões de toneladas produzidas na safra de 2021/2022, onde se apresentou um aumento de 30% se comparado com a safra anterior, entre

os estados que mais produzem no Brasil temos Mato Grosso, Paraná e Mato Grosso do Sul (CONAB, 2022).

Para mantermos e posteriormente melhorarmos a nossa produção de milho, temos que recorrer primeiramente a qualidade do solo e seus principais nutrientes indispensáveis o (NPK), o milho tem uma forte relação com o N que é um macronutriente muito importante no seu desenvolvimento vegetativo, é muito utilizado nas primeiras fases e desenvolvimento da cultura, além de ser o nutriente mais exportado por grãos no caso da cultura do milho, em seguida temos o potássio, nos solos do Paraná este nutriente se apresenta em quantidade relativamente boas em toda a região, além disso não acontece tanta exportação dele por meio dos grãos (26% do que foi extraído pelo solo), desta forma a palhada do milho que sobra na pós colheita ajuda a disponibilizar o K mais facilmente para a planta sucessora conforme a sua decomposição, no caso do fósforo é o macronutriente menos móvel no solo para as plantas, o solo das regiões do sul do país tem alta taxa de fósforo porém esse por sua vez está em um estado não disponível para as plantas, além disso juntamente com o N é um dos nutrientes mais exportados no grão da cultura, por isso é interessante que mesmo que N seja o principal na cultura do milho é importante que seja feita uma adubação de manutenção para esses três nutrientes de maneira recorrente para evitar a perda da fertilidade de nossos solos (W.ALBUQUERQUE, 2013).

Segundo Tsuioshi e Abdalla (2006), o que define o potencial máximo de produção além da parte química do solo, temos o histórico da área, a parte física e biológica do solo, o manejo correto da lavoura, a escolha de cultivar adaptado à região, e com melhor produtividade, o conhecimento e manejo das doenças e plantas daninhas, ciclo da cultura, época de plantio, densidade de plantas, além de fatores que não são controlados pelo homem como chuvas, temperatura e radiação solar.

## 5.2 Feijão

De acordo com pesquisadores, a teoria mais aceita para o início da cultura do feijão no mundo vem de 3 principais centros onde originaram as principais cultivares do feijão, sendo os maiores na América do Sul e Central, um desses polos era na região sul dos Andes (Peru), outro no norte dos Andes (Colômbia), e no local aonde hoje é o México, foi aonde o feijão se disseminou para o resto dos continentes chegando até a América do Norte e servindo de alimento para muitos povos indígenas que habitavam essas regiões. No Brasil, com a chegada dos europeus no século XVI e XVII, o feijão foi altamente difundido como cultura pilar do agronegócio e da alimentação diária, posteriormente a isso entrando em contato com o resto da Europa pelos portugueses e espanhóis (IBRAFE, 2023).

Nos dias atuais, o feijão ainda continua sendo uma das principais culturas, principalmente no Brasil, onde se mantém como pilar da alimentação diária do brasileiro, em consequência ao aumento populacional no país dados informam que vai ser preciso ocorrer um acréscimo de cerca de 1,5 milhões de toneladas representando um aumento de 44% na produção do feijão por conta da demanda até 2050, mostrando que ainda precisamos desenvolver muito o potencial produtivo dessa cultura (EMBRAPA, 2023).

Na última safra (22/23), o Brasil produziu cerca de 3,13 milhões de toneladas de feijão, o que representou um incremento cerca de 7,6% a mais do que em relação à safra anterior, mesmo tendo uma redução de 2,3% na área plantada sendo 2,72 milhões de hectares (CONAB, 2024).

Conforme a nossa demanda pela produção de feijão aumenta, precisamos estar aumentando sua média de produção, além de cultivares, e manejos melhores devemos ter muita atenção aos nutrientes do solo, o feijão possui uma alta exigência de nitrogênio (N) para se desenvolver, no qual é bem suplementado por adubos nitrogenados como a ureia, porém outro nutriente de extrema importância para a cultura é o fósforo (P), onde os solos brasileiros, em sua grande maioria, são carentes desse nutriente disponível para a planta, esse elemento é altamente requerido pelo feijão para processos fisiológicos como a estruturação da planta e enchimento de grão, onde junto com o potássio (K) é um dos nutrientes mais exportados pelo grão, um estudo realizado com diferentes doses de fosfato ( $P_2O_5$ ) no feijão mostrou

acréscimo de produção conforme as dosagens iam subindo de 0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg de  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup>.

### 5.3 Soja

A soja é uma leguminosa originária da china, que teve as primeiras evidências de sua domesticação entre 7000 a 6600 a.c, sendo posteriormente disseminada para Coreia e Japão, tornando-se uma cultura fundamental na região da Ásia, com o passar dos séculos a cultura chegou a Europa e as Américas, aonde seu cultivo se intensificou e com o passar dos anos foram surgindo novos cultivares. No Brasil, a soja foi cultivada pela primeira vez em 1888 na Bahia, porém a cultura demorou para se estabelecer no país, sendo por volta da década de 1970 que a cultura conseguiu se estabelecer e crescer ainda mais, por conta do desenvolvimento tecnológico, agrícola e das políticas que impulsionavam a agricultura (EMBRAPA, 2024).

Nos dias atuais, a soja cumpre o papel principal das culturas no Brasil, sendo o pilar da agricultura e atualmente o país que mais produz soja, devido ao desenvolvimento dos cultivares que mostrou ser uma cultura muito plástica, cultivada em todo o território brasileiro, além do clima do país que se mostrou extremamente favorável para a soja, na safra 23/24 foram cultivados cerca de 45,7 milhões de hectares, com uma produção total de 162,4 milhões de toneladas o que é cerca de 2,8% a mais do que na safra anterior (CONAB, 2025).

De acordo com a demanda do mundo e o crescimento populacional, o Brasil deve ter um aporte de cerca de 40% da produção da última safra, precisando bater em torno 300 milhões de toneladas de soja para suprir a demanda até 2050.

A demanda pela soja é crescente e com dados é fundamental otimizar a produtividade da soja no Brasil, o que requer atenção especial à fertilidade dos solos, especialmente em relação ao fósforo (P). Os solos brasileiros, particularmente os do Sul do país, são caracterizados por baixa disponibilidade de fósforo, devido à fixação do nutriente pelos minerais do solo. A aplicação de fertilizantes fosfatados é essencial para corrigir essa deficiência e aumentar a produtividade. Estudos demonstram que a adubação fosfatada adequada eleva significativamente os teores de P no solo e na planta, resultando em aumentos expressivos na produção de grãos. Portanto, a gestão eficiente da fertilização fosfatada é crucial para sustentar o crescimento da produção de soja no Brasil e atender às demandas futuras do mercado global.

## 5.4 Fósforo

O fósforo em si é um dos nutrientes mais importantes para a planta, ele possui diversas funções como a transferência de genes e transição de energia para o crescimento da planta, é parte de várias moléculas químicas em especial o difosfato e trifosfato de adenosina (ADP e ATP), se não bastasse atua também na respiração, fotossíntese, armazenamento de energia e resistência a determinadas doenças (KORNDÖRFER, 2004).

Segundo Sulewski (2004), o fósforo dentro da planta se mostra como um nutriente móvel, onde tem mais acúmulo nas regiões que estão em crescimento, como os ápices, por isso os casos de deficiência de fósforo se mostram inicialmente nas folhas mais velhas, tendo sintomas como folhas mais finas, arroxeadas e estreitas.

Os solos do Brasil normalmente possuem baixa concentração de fósforo disponível para a absorção das plantas, porém é um solo que tem alta taxa de fixação quando aplicado via fertilizantes, por se tratar de um nutriente deveras escasso em nosso solo, justamente pelos fatores de formação e também pela alta taxa de exportação pelo grão, coloca o fósforo juntamente com o N como os nutrientes que mais limitam as produções de grãos no Brasil. Após a aplicação do fósforo no solo ocorrem várias transformações, onde ele pode permanecer em fase sólida que essa por sua vez pode ser lábil ou não lábil, e em fase líquida, o fósforo da fase sólida é aquele que está retido dentro do solo e tem a função de manter o equilíbrio com a solução, já na fase líquida temos o fósforo que está disponível ( $H_2PO_4$ ,  $HPO_4$  e  $PO_4$ ), além disso, a medida em que o pH do solo diminui vai aumentando proporcionalmente a quantidade de  $H_2PO_4$ , além do pH, tem outros fatores que influenciam como tipo e quantidade de minerais de argila, umidade, temperatura e disponibilidade de outros nutrientes (M.PRADO, 2021).

No mercado existem diferentes tipos de adubos fosfatados, tanto orgânicos quanto químicos, no caso dos químicos os principais usados no Brasil são o super fosfato simples, superfosfato triplo, termofosfato e fosfato natural, a questão é que devemos avaliar a qual fonte se torna mais viável para determinadas situações, fatores esses que são por exemplo o preço do produto, bem como sua composição em relação ao que o sistema de produção está pedindo, como as exigências do solo e da cultura, as fontes de fósforo apresentam características diferentes entre si bem como nutrientes e solubilidades distintas, cabe então ao profissional da área

determinar qual escolha fazer na hora da adubação fosfatada (GITTI e ROSCOE, 2017).

### **5.5 Superfosfato simples**

O superfosfato simples (SFS) é um dos principais fertilizantes fosfatados utilizados no Brasil ultimamente, é um tipo de fertilizante de extrema importância para toda a produção de grãos dos países, além do papel na liberação de fósforo os processos químicos que compõem a fabricação do fosfato super simples conferem a este produto a opção de além de ser uma excelente fonte de fósforo ser também uma fonte do micronutriente enxofre (S) (VELOSO, 2021).

O enxofre é considerado um macronutriente muito importante para o desenvolvimento de raízes das plantas, síntese de proteínas bem como é um dos vários nutrientes que atuam na fotossíntese da planta, alguns estudos avaliaram deficiência de enxofre pelas culturas do mundo inteiro e o Brasil se enquadra dentro do estudo mostrando baixa taxa do nutriente (S) em boa parte dos solos nacionais, assim podemos salientar a importância do super fosfato simples como uma fonte que não vai agregar somente na questão do fósforo no solo (L. R. M. ROSSETE *et al.*, 2005).

A maior parte dos fertilizantes superfosfato simples produzidos tem em média de 18% de fósforo, 16% de cálcio e 10% de enxofre, que está presente no fosfato super simples por conta dos processos químicos realizados na indústria aonde utiliza-se rochas do grupo dos fosfatos naturais, como a apatita e a fosforita, utilizando processos químicos com ácido sulfúrico e enxofre para a formação do insumo, desta forma se tornando um insumo amplamente utilizado (R.B. DUARTE, 2020).

Segundo Prado *et al.* (2011) os processos realizados pela indústria que conferem o nutriente enxofre na composição do SFS são essencialmente para tornar o produto solúvel em água, visto que o fósforo é um nutriente com baixa mobilidade e as rochas utilizadas para a produção do insumo são de fosfato natural, então se torna de extrema importância estes processos, inclusive a legislação brasileira determina um padrão para o grau de solubilidade em água do SFS que deve se manter em cerca de 15%.

## 5.6 Fosfato natural

O fosfato natural é uma fonte de fósforo que é pouco solúvel, e depende de vários fatores que podem ajudar a sua disponibilidade ou prejudicar, o fosfato natural tem origem da rocha fosforita, diferente dos outros tipos de fosfato possui processos bem simples para a produção do insumo onde consiste basicamente na moagem e concentração das rochas (STANFORD, 2004).

A utilização desta fonte de fósforo se dá principalmente por conta dos preços, se comparado a outros produtos fosfatados, onde a fabricação de fontes mais solúveis é necessário uma mão de obra especializada e tecnologia para ter uma qualidade e quantidade adequada a demanda, um ponto a se ressaltar sobre esse tipo de fonte é a disponibilização gradativa do nutriente de acordo com o tempo, o que caracteriza o produto para uma adubação a longo prazo pensando na solubilidade por outros meios físicos e químicos dentro da lavoura e não somente da capacidade do produto (SANCHEZ, 2002).

Segundo Geodert *et al.* (1990) por conta da solubilidade do fosfato natural é preciso ter mais atenção aos fatores do solo que influenciam na sua disposição para a planta, esses são: época de aplicação, que para o caso do fosfato natural precisa ser posicionado na lavoura por mais tempo que outros fosfatos; práticas de manejo como aração e plantio em sulco também contribuem para ajudar na questão da mobilidade, bem como no caso da gradagem a incorporação do produto no solo; as condições de clima onde, quanto maiores os índices pluviométricos terá mais solubilização em consequência mais nutriente disponível para a planta; outras condições como a acidez do solo também contribuem para a solubilização, solos com pH mais ácido tem mais facilidade na solubilização por conta das trocas de cátions; o tamanho da partícula, quanto menor a partícula maior sua superfície de contato; e por fim as culturas que tem um sistema radicular bem desenvolvido, com bastante pelos radiculares e micorrizas tendem a ter uma absorção melhor.

Um estudo feito por Stanford (2004) onde foi realizado um experimento com a inoculação (*Acidithiobacillus*) na semente, feito em solos pobres, apresentou um resultado satisfatório no auxílio da solubilização do fosfato natural, ressaltando a importância do desenvolvimento de novas tecnologias para melhorar a solubilização desse tipo de fosfato por meio de biológicos.

## 5.7 Termofosfato

O termofosfato também é uma fonte de fósforo pouco solúvel em água mais apresenta uma grande taxa de solubilidade em ácido cítrico, cerca de 16%, o termo fosfato é produzido com base na calcinação ou fusão da rocha fosfática, por meio de fornos que vão aquecer este material podendo chegar a 1400 a 1500°C, tudo isso para que a rocha fosfática se torne disponível a uma taxa de solubilização adequada para absorção das plantas. Pelo fato de ser solúvel em ácido cítrico observa-se que em solos com pH mais ácido a solubilização e disponibilização do P para as plantas se torna maior do que em solos com pH mais básico, desta maneira sendo um dos fatores mais importantes para uma boa utilização do insumo na lavoura (MORETO, 2017).

A maior parte dos fosfatos naturais tem em torno de 18% de P em sua composição, porém apresenta uma taxa elevada de outros macro e micronutrientes como é o caso da presença de Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e até silício em sua composição química, justamente a presença destes nutrientes torna desta maneira o termofosfato um insumo de amplo espectro de utilização, principalmente para culturas que necessitam de taxas mais elevadas de Ca, cerca de (28%) e (11%) de Mg o que faz com que a saturação por bases aumente por conta da elevação dos níveis de cálcio, além disso temos o silício que atua no auxílio da disponibilidade de P no solo, podendo também fazer o papel do fósforo em determinadas situações o substituindo parcialmente, onde os íons de silicato não substituem o fósforo na planta porém favorecem a absorção do P por conta da troca de íons fosfato pelo ácido silícico (SOUZA e YASUDA, 2008).

Foi feito um experimento utilizando termofosfato de modo a comparar os resultados da disponibilidade de fósforo por meio da granulometria de cada insumo, os resultados do trabalho apresentaram que os grânulos de termofosfato maiores tiveram grandes dificuldades para proporcionar quantidades adequadas ao solo, por se tratar de um insumo com baixa solubilidade em água, os grânulos menores tiveram resultado satisfatórios, aonde a curva de liberação foi maior por conta principalmente da superfície de contato, no caso em questão o pH do solo que era mais ácido ajudou a solubilizar melhor o insumo com grânulos menores, o que aponta a importância da adequada granulometria para solubilização deste tipo de insumo e a disponibilidade de fósforo para a planta, a parcela com grânulos mais finos também apresentou uma

liberação de fósforo acentuada num período de 30 dias, não variando muito sua taxa de liberação, enquanto o que possuía grânulos maiores tende uma disponibilização extremamente pequena no início do experimento não demonstrando valores adequados de P que foram solubilizados e disponibilizados para a planta, podendo chegar a conclusão que os fatores físicos e químicos que compõe o solo ajudam na solubilização destes insumos, porém a qualidade do insumo também se torna um fator muito mais limitante, ainda mais se tratando de fontes de fosforo pouco solúveis (BULL, 1997).

## 6 MATERIAL E MÉTODOS

### 6.1 Descrição da área experimental

O trabalho foi conduzido na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Dois Vizinhos (UTFPR-DV). A localização da área se encontra nas coordenadas geográficas de 25°41'33" S e 53°05'43", com uma altitude média de 530 metros. O solo que predomina na região é classificado como Nitossolo vermelho distroférico (BHERING *et al.*, 2008). Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Cfa, subtropical, úmido, com verões quentes (ALVARES *et al.*, 2013), onde a precipitação média anual varia de 2000 a 2500 mm.

### 6.2 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi implantado no delineamento de blocos ao acaso, numa área de (9x60m) cerca de (540 m<sup>2</sup>) de experimento, sendo dividido em 12 parcelas essas por sua vez tendo (5x9m) cerca de (45 m<sup>2</sup>) por parcela, vão ser realizados 4 tipos de tratamentos e 3 repetições totalizando as 12 parcelas.

A cultivar de milho (*Zea Mays*) híbrido que foi semeada é a AS1757 da Agroeste, com uma densidade de semeadura de 3.4 plantas por metro linear ou 75.554,8 plantas por hectare, com espaçamento de 0,45 centímetros entre linhas.

No feijão (*Phaseolus vulgaris*) a cultivar escolhida foi o Sabiá, onde foi colocado a densidade de semeadura de 333.333 sementes por hectare, com o espaçamento de 0,45 m entre as linhas.

Para a soja (*Glicines max*) o cultivar Zeus com cerca de 13 sementes por metro linear ou 288.888 plantas por hectare com o espaçamento entre linhas de 0,45 m.

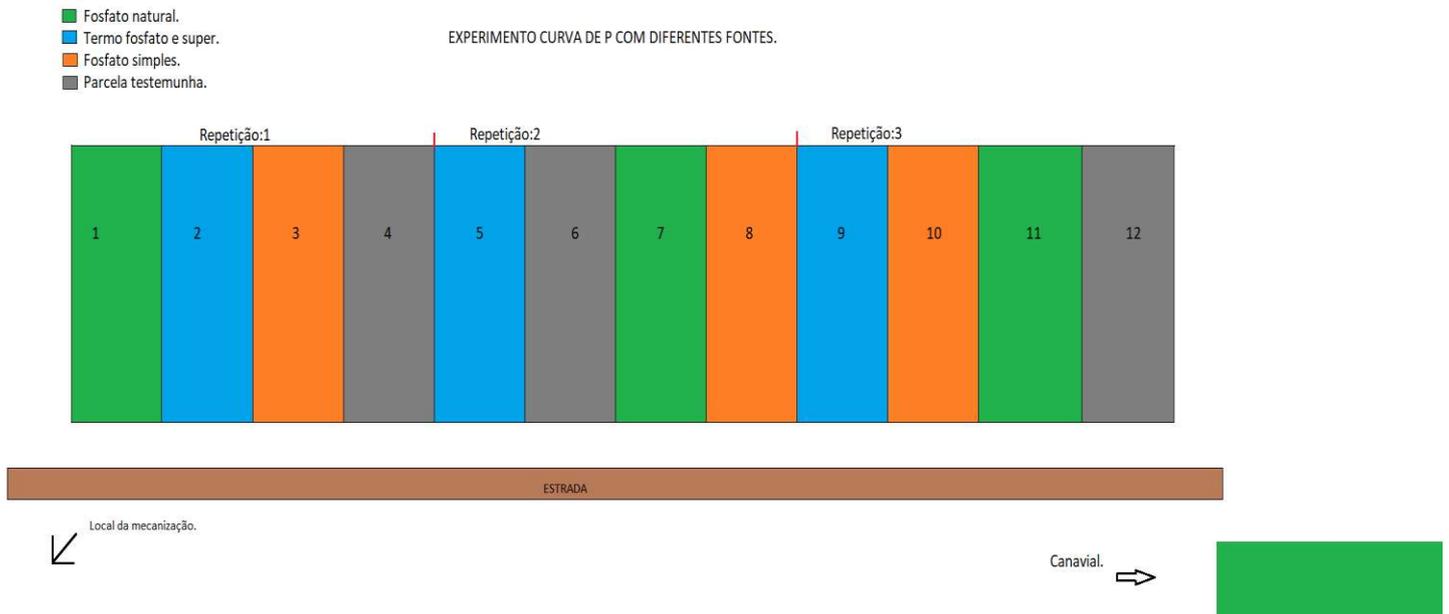
Para os tratamentos foram utilizados diferentes adubos fosfatados, sendo: o termofosfato, superfosfato simples e fosfato natural, ambos têm a concentração de 18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total em sua composição e serão aplicados a lanço na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ou seja, para uma parcela de (45 m<sup>2</sup>) será 2.5 kg do determinado insumo para cada tipo de tratamento.

**Fotografia 1 – Área destinada ao experimento.**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

**Figura 2 – Distribuição dos tratamentos nas parcelas.**



Fonte: Autoria própria (2022).

### 6.3 Parâmetros avaliados

Foi realizado coletas de solo para a obtenção dos dados relacionados a liberação de P de cada tratamento, iniciando a primeira coleta 20 dias depois da aplicação dos insumos, após isso, foram feitas coletas de solo aos 40, 65, 90, 120, 160, 200, 240 e 360 dias após a aplicação. Foram retiradas duas amostras por parcela nas entrelinhas do milho, feijão e soja, e na profundidade de 0-5 cm, feito isso as duas amostras por parcela foram misturadas e homogeneizadas, totalizando 12 amostras por coleta, ainda na última coleta dos 360 dias foi realizado também na profundidade de 5-10 e 10-20 cm nas parcelas que são testemunha e fosfato natural. As amostras de solo, foram armazenadas em sacos plásticos, identificadas com o tratamento e enviadas ao laboratório para determinar os valores de fósforo disponível utilizando como extrato a resina.

Também foi feito o rendimento das culturas para a comparação da produção em relação a curva de liberação de fosforo no solo, foram coletados cerca de 30 espigas de milho por parcela e posteriormente pesadas e retiradas a umidade e transformada a produção para kg por hectare, enquanto a soja e o feijão ambos sendo coletados cerca de 2 m quadrados e posteriormente pesados e avaliados em kg por hectares nos diferentes tratamentos.

#### **6.4 Análises estatísticas**

Os resultados obtidos pela análise de solo foram interpretados e desenvolvido gráficos da curva de liberação do fósforo, a fim de avaliar quantitativamente o quanto do nutriente foi liberado em cada tipo de tratamento feito.

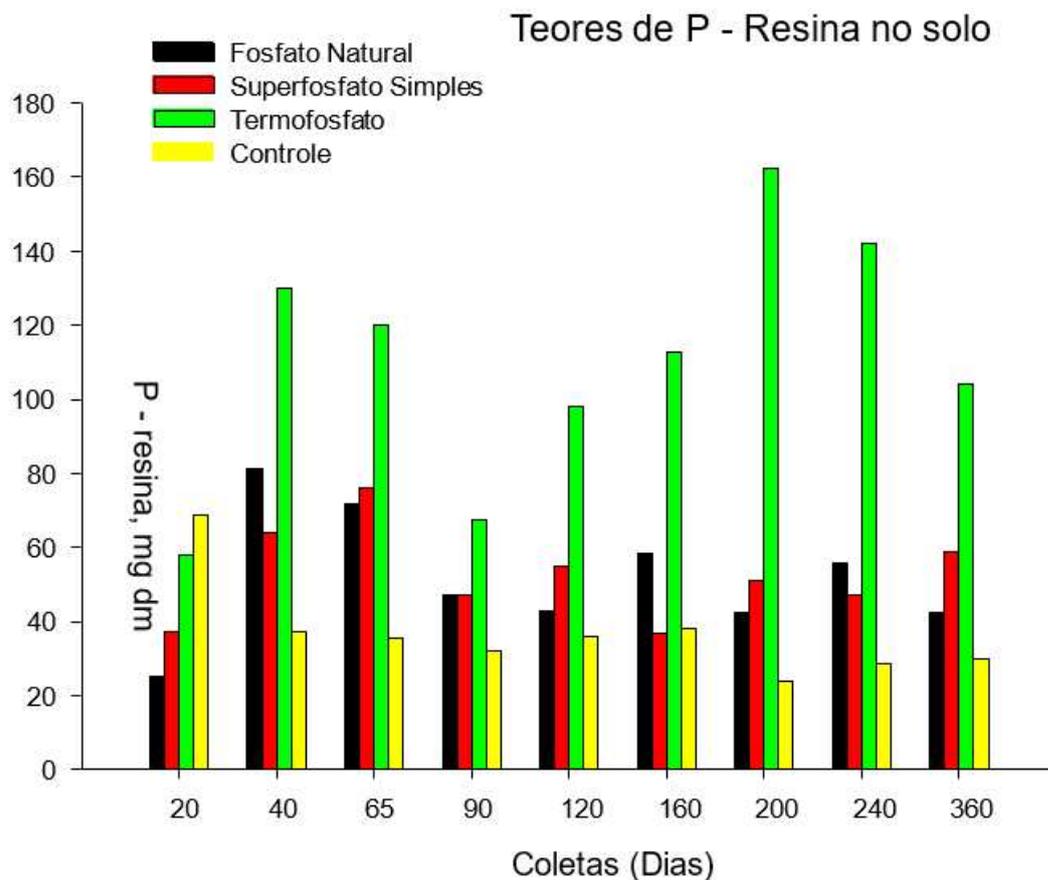
Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a um nível de 5% de probabilidade. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos pelo rendimento das culturas foram interpretados e desenvolvidos gráficos da produção conforme o passar das safras seguindo um paralelo com a curva de liberação de fosforo.

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Observando os teores de fósforo (P) resina acumulado no solo do final até o início do experimento com a aplicação equivalente a  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  com as respectivas fontes, na profundidade de 0-5 cm a aplicação com o termofosfato foi superior as demais fontes, seguida pela aplicação de fosfato natural e superfosfato simples que se mantiveram semelhantes até o final do experimento (Figura 2).

**Figura 2- Teores de P ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) em função das aplicações na dose de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , com adubação de fosfato natural, termofosfato e superfosfato simples entre os anos de 2022 e 2023, UTFPR, Campus Dois Vizinhos, PR, 2025.**



Fonte: Autoria própria (2025).

Na coleta feita 20 dias após a aplicação das fontes de fosforo (P), que foi a primeira coleta, o teor de fósforo resina presente para as plantas em todos os tratamentos (Figura 2) foi menor que a testemunha, observando assim uma evolução

nesses teores já na próxima coleta feita 20 dias após a primeira, os tratamentos foram superiores a testemunha já tendo o termofosfato como superior aos demais, com média de 130 ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) de fósforo resina no solo se mantendo superior até o final do experimento, logo em seguida no início do experimento o fosfato natural ficou com cerca de 80 ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) de P-resina no solo tendo uma diferença significativa de 50 ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) P-resina no solo se comparado ao fosfato super simples nessa fase inicial, posteriormente não mostrando uma diferença significativa entre os resultados do super fosfato simples e fosfato natural em relação ao fósforo resina no solo.

Observando a curva de liberação do P-resina, apresentou um aumento muito significativo na taxa de fósforo resina disponível até a segunda coleta, feita cerca de (40 dias da implantação do experimento), visto inicialmente na terceira coleta um decréscimo na curva de liberação (65 dias após a implantação do experimento), já na quarta coleta (90 dias do início do experimento) temos o ponto mais baixo nos teores de P-resina no solo, posteriormente nas próximas coletas retomando seu crescimento.

De acordo com Santos, Gatiboni e Kaminski (2008), esse fenômeno na curva de liberação ocorre por conta de três fases distintas que as fontes de fósforo têm no solo. Inicialmente, há uma alta liberação do nutriente devido à degradação do fertilizante na solução do solo, tornando-o prontamente acessível às plantas. No entanto, a disponibilidade de fósforo diminui devido à adsorção do nutriente por minerais do solo, como os óxidos de ferro e alumínio em solos ácidos e fosfatos de cálcio em solos alcalinos. Esse processo reduz a eficiência do fósforo aplicado, tornando-o menos disponível para absorção pelas plantas.

A fase final da curva de liberação de fósforo é caracterizada por um aumento na disponibilidade do nutriente, resultado da atividade de microrganismos solubilizadores de fosfato e da decomposição da matéria orgânica. Ainda, segundo o estudo, a mineralização do fósforo orgânico, promovida pela atividade enzimática de fosfatases, contribui significativamente para a liberação gradual do nutriente, especialmente em solos com adição de matéria orgânica.

Outro fator que pode contribuiu para a curva de liberação do fósforo durante o experimento foi a extração realizada pelo milho, mostrado nas coletas 65 e 90 dias que é aonde o fósforo atinge seu ponto mais baixo, já nas coletas de 120 e 160 dias coincidiram com o final da safra do milho, mostrando uma retomada no fósforo resina por parte do termofosfato, onde a palhada do milho em decomposição repõe esses nutrientes, na coleta 200 dias atinge seu ponto mais alto e posteriormente na de 240

dias diminuindo novamente o fósforo disponível por conta da extração que a entre safra do feijão está realizando.

**Tabela 1- Análise estatística do fósforo remanescente no solo durante o período do experimento entre os anos de 2022 e 2023, UTFPR, Campus Dois Vizinhos, PR, 2025.**

P	20 dias	40 dias	65 dias	90 dias	120dias	160 dias
Fnatura	25,2 a	81,1 b	71,8 b	47,1 ab	43,0 ab	58,6 ab
Sfsimples	37,1 a	63,9 b	75,9 b	47,3 ab	55,1 ab	36,7 b
Termofosfato	57,8 a	129,9 a	120,2 a	67,4 a	98,0 a	112,6 a
Controle	68,8 a	37,2 c	35,7 c	32,2 b	36,0 b	38,2 b

P	200dias	240dias	360dias	Média
Fnatura	42,5 b	55,7 b	42,4 b	51,9 b
Sfsimples	51,1 b	47,3 b	58,8 b	52,6 b
Termofosfato	162,2 a	142,1 a	104,2 a	110,5 a
Controle	24,1 c	28,7 c	29,9 c	36,7 c

**Fonte: A autoria própria (2025).**

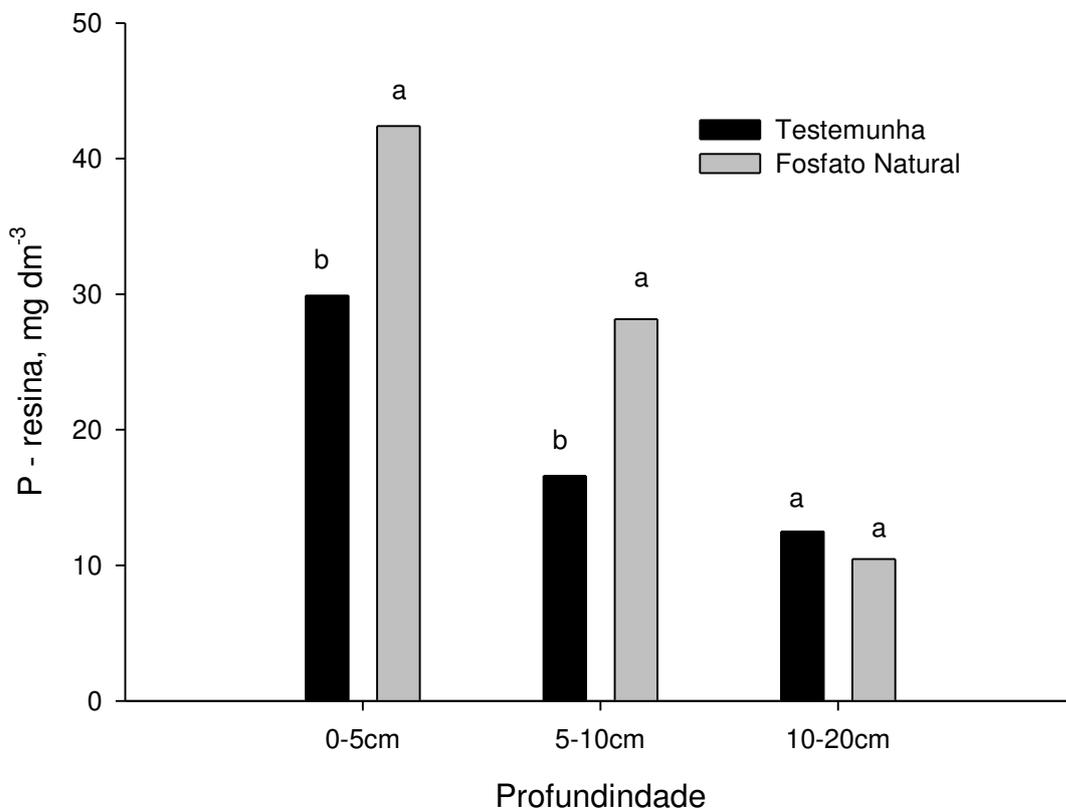
Na (Tabela 1), a curva de liberação entre os tratamentos e a superioridade do termofosfato, bem como o resultado do fosfato natural e superfosfato simples que não se diferenciaram entre si no resultado e na média do fósforo resina no solo.

O resultado obtido em relação a eficiência de fontes de fósforo menos solúveis também pode ser comparado no trabalho de Moreira et al. (2002), que avaliou a eficiência agrônômica das fontes: termofosfato, superfosfato simples e fosfato natural em cultivos de alfafa e centrosema em um Latossolo Amarelo distrófico. Os resultados indicaram que o termo fosfato Yoorin apresentou índices de eficiência agrônômica superiores, enquanto o superfosfato triplo não teve o mesmo resultado na produção de matéria seca obtida. Além disso os resultados com os fosfatos naturais reativos tendem a equiparar-se à das fontes mais solúveis como o superfosfato simples.

Foi realizado coletas de solo nas camadas de três profundidades diferentes, 0-5cm, 5-10cm e 10-20cm, nas parcelas que tinham fosfato natural e testemunha,

objetivando ver alguma mudança do fósforo remanescente nas camadas conforme a profundidade do solo, a fim de observar a sua mobilidade (figura 3).

**Figura 3- Teores de P- resina ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) em profundidades diferentes com fosfato natural e testemunha, Campus Dois Vizinhos, PR, 2025.**



Fonte: Autoria própria (2025).

Na profundidade de 10-20cm observa-se a menor taxa de P resina da fonte fosfato natural na análise, enquanto aumenta respectivamente nas camadas de 5-10cm e 0-5cm, resultado significativo em relação a testemunha nessas camadas (figura 3).

Esse acúmulo de fósforo (P) na camada superficial do solo já era esperado, pois esse nutriente tem baixa mobilidade no solo. Isso acontece porque o fósforo se liga com às partículas de argila e à matéria orgânica, dificultando sua movimentação para camadas mais profundas (ASSMANN et al., 2018).

**Tabela 2- Dados estatísticos dos outros parâmetros do solo entre os anos de 2022 e 2023, UTFPR, Campus Dois Vizinhos, PR, 2025.**

pH	20 dias	40 dias	65 dias	90 dias	120 dias	160 dias	200 dias	240 dias	360 dias	Média
Fnatura	4,76 ns	5,46 ns	5,04 ab	5,04 ns	4,95 ab	4,88 ns	4,89 ns	4,84 ns	4,99 ns	5,0 ns
Sfsimples	4,79	5,44	5,07 ab	5,14	5,07 ab	5,10	5,01	4,87	5,06	5,1
Termofosfato	4,85	5,33	5,22 a	5,09	5,21 a	5,05	5,13	5,00	5,14	5,1
Controle	4,75	5,40	4,84 b	4,95	4,92 b	5,01	4,85	4,89	4,99	5,0

Ca	20 dias	40 dias	65 dias	90 dias	120 dias	160 dias	200 dias	240 dias	360 dias	Média
Fnatura	54,5 ns	52,2 ns	43,2 ns	44,0 ns	42,0 ns	46,1 ns	48,2 ns	43,6 ns	50,0 ns	47,1 ns
Sfsimples	56,2	47,5	54,7	51,5	46,8	54,2	51,2	55,6	59,1	53,0
Termofosfato	53,1	45,2	51,5	56,4	52,8	48,2	52,3	53,6	54,5	51,9
Controle	53,5	44,6	43,0	44,9	48,5	55,6	44,3	50,1	51,4	48,4

Mg	20 dias	40 dias	65 dias	90 dias	120 dias	160 dias	200 dias	240 dias	360 dias	Média
Fnatura	22,9 ns	24,9 ns	20,5 ab	20,5 ns	18,6 ns	20,1 ns	22,3 ns	21,5 ns	23,0 ns	21,6 ns
Sfsimples	23,7	21,9	22,3 ab	21,1	21,1	22,0	20,3	23,6	22,4	22,0
Termofosfato	25,6	22,5	27,3 a	26,0	25,9	22,7	25,8	26,2	25,2	25,2
Controle	22,1	22,9	18,0 b	20,6	20,2	25,9	20,1	24,2	24,3	22,0

K	20 dias	40 dias	65 dias	90 dias	120 dias	160 dias	200 dias	240 dias	360 dias	Média
Fnatura	14,9 ab	9,0 ns	7,0 b	10,8 ns	9,5 ns	10,8 ns	9,2 ns	7,7 ns	9,6 ns	9,8 ns
Sfsimples	16,9 a	8,8	10,3 ab	9,3	8,7	9,5	8,5	5,9	9,2	9,7
Termofosfato	11,7 b	11,0	10,5 a	11,1	12,6	8,6	8,5	7,6	9,2	10,1
Controle	16,7 a	8,4	6,9 b	10,8	9,1	11,9	6,4	8,7	10,7	9,9

V%	20 dias	40 dias	65 dias	90 dias	120 dias	160 dias	200 dias	240 dias	360 dias	Média
Fnatura	58,0 ns	65,3 ns	59,3 ab	58,0 ns	57,0 ns	56,3 ns	65,3 ns	56,0 ns	60,0 ns	59,5 ns
Sfsimples	60,7	66,3	62,7 ab	62,7	59,3	64,7	61,0	60,3	62,3	62,2
Termofosfato	59,3	62,3	66,0 a	63,7	65,3	61,3	64,7	63,0	63,3	63,2
Controle	59,0	65,3	52,3 b	57,7	57,3	63,0	54,0	59,7	63,2	59,1

**Fonte: Aatoria propria (2025).**

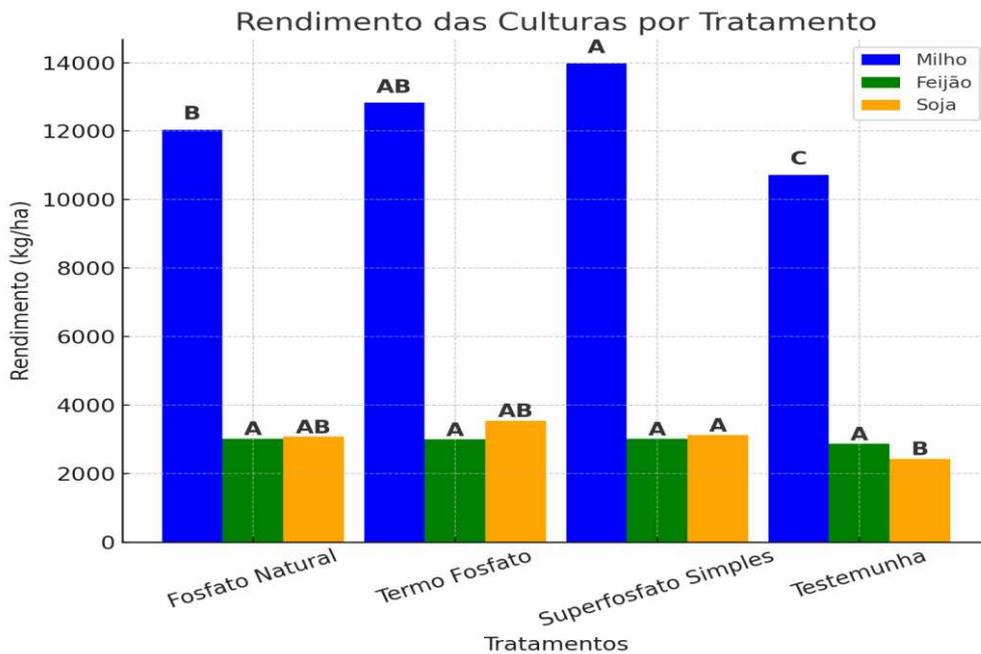
Os resultados (TABELA 2) indicam que a aplicação das diferentes fontes de fósforo não influenciou significativamente na fertilidade do solo. Apesar do Termo fosfato apresentar a maior média de magnésio (Mg) e a maior saturação por bases (V%), sugerindo um potencial benefício na melhoria da fertilidade do solo a longo prazo, em sua média final não apresentou diferença significativa. O Superfosfato Simples teve os maiores valores de cálcio, enquanto o Fosfato Natural apresentou

desempenho inferior na maioria dos parâmetros analisados, entretanto são considerados como não significativos estatisticamente. O pH do solo não sofreu grandes alterações entre os tratamentos, e o potássio manteve-se relativamente estável, sem diferenças significativas.

Em contrapartida, um estudo conduzido pela Universidade Federal de Goiás (UFG) pelos autores Büll, Lacerda e Nakagawa (1997), avaliou o impacto de diferentes fontes de fósforo nos teores de Cálcio (Ca), Magnésio, Potássio (K) e pH do solo em um Latossolo Vermelho-Escuro cultivado com alface. Foram testados termo fosfato magnésiano em pó, termo fosfato magnésiano granular e superfosfato triplo (SFT). Os resultados mostraram que o termo fosfato magnésiano em pó foi mais eficiente, elevando Ca, Mg e pH, enquanto o SFT reduziu o pH e teve menor impacto nesses nutrientes. Nenhuma das fontes alterou significativamente o teor de potássio.

As diferenças não significativas nos níveis desses micronutrientes e PH, provavelmente são devido aos seus elevados teores no solo, além disso, a baixa quantidade dos nutrientes presentes nas fontes de fósforo não suprirem o necessário para que mude esse resultado, pelo menos no prazo do experimento realizado, implicando em uma continuação do trabalho para avaliar se a longo prazo haverá mudanças significativas.

**Figura 4 – Rendimento de grãos de milho, feijão e soja fertilizadas com Fosfato natural, superfosfato simples e termofosfato. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2025.**



Fonte: Autoria propria (2025).

Avaliando a produtividade de cada cultura por tratamento a fim de determinar qual teve mais destaque.

No milho, o tratamento com superfosfato simples apresentou o maior rendimento, atingindo 13.983,2 kg/ha, sendo classificado como estatisticamente superior (figura 4).

O estudo realizado por Fernandes (2001) comparou a eficiência de diferentes fontes de fósforo na cultura do milho, incluindo superfosfato simples, superfosfato triplo, termofosfato magnésiano, farinha de ossos e fosfato de Araxá. Com diferentes doses de fósforo aplicadas no sulco de plantio. Os resultados indicaram que o superfosfato simples apresentou maior eficiência na absorção de fósforo e maior produtividade de grãos em comparação ao termofosfato magnésiano. Segundo a maior solubilidade do superfosfato simples em água favoreceu a disponibilidade imediata do fósforo.

Já no feijão (Figura 4) não teve diferença entre os tratamentos, todos os tratamentos, receberam a mesma classificação estatística, indicando que não houve diferenças significativas entre eles.

Apesar disso num estudo feito por Silva et al. (2017) avaliando eficiência de diferentes doses de fosfato natural em feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) a adubação com fosfato natural reativo proporcionou incrementos significativos, com doses ótimas situadas entre 272,72 e 286,90 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Os autores concluíram que o fosfato natural é uma fonte eficiente de fósforo para o cultivo da cultura.

Na soja, o maior rendimento foi alcançado pelo termo fosfato, com 3.543,9 kg/ha, seguido pelo fosfato natural, com 3.076,6 kg/ha.

É relevante mencionar o estudo de Kaneko et al. (2020), que avaliou o efeito de diferentes doses e fontes de fósforo no desenvolvimento e produtividade da soja. Os resultados indicaram que todas as fontes de fósforo testadas, incluindo o termofosfato, proporcionaram aumentos significativos na produtividade de grãos em comparação à testemunha sem adubação fosfatada.

O termo fosfato demonstrou um desempenho melhor na cultura da soja e o superfosfato simples na cultura do milho, o fosfato natural não teve o melhor desempenho em nenhuma cultura, no feijão ambos os tratamentos não tiveram diferenciação significativa.

## 8 CONCLUSÃO

Em relação a disponibilidade de P resina o termo fosfato foi superior aos demais, enquanto o fosfato natural e fosfato super simples não diferenciaram entre si.

Nas profundidades de 10-20cm não se observou aumento significativo no fósforo com o fosfato natural.

Com relação a produtividade, o termo fosfato teve destaque melhor na soja e o fosfato superfosfato simples no milho, já o fosfato natural não obteve destaque em nenhuma cultura.

Não houve diferenças significativas no pH, potássio, Mg, Ca e v%.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Abel W. de et al. Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 721-726, 2013.

ASSMANN, Tangriani Simioni et al. Soil nitrate, phosphorus and potassium concentration after four years of liquid swine manure application on Tifton 85. **African Journal of Agricultural Research**, v. 13, n. 36, p. 1907-1914, 2018.

ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p.711- 728, 2013.

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. dos; BOGNOLA, I. A.; CÚRCIO, G. R.; MANZATTO, C. V.; CARVALHO JUNIOR, W. de; CHAGAS, C da S.; ÁGLIO, M. L. D.; SOUZA, J. S. de. **Mapa de solos do Estado do Paraná: legenda atualizada**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/IAPAR, 74p. 2008.

BÜLL, Leonardo Theodoro; LACERDA, Sumaya; NAKAGAWA, Júlio. Termofosfatos: alterações em propriedades químicas em um latossolo vermelho-escuro e eficiência agrônômica. **Bragantia**, v. 56, p. 169-179, 1997.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2024/25 – quarto levantamento, janeiro 2025**. Brasília: Conab, 2025. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/56439\\_5095e8da66941a778b0b33a2a66f602b](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/56439_5095e8da66941a778b0b33a2a66f602b). Acesso em: 19 fev. 2025.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. v.2, n.7 – Brasília: Conab, 2022.

DE MELLO PRADO, Renato. **Nutrição de plantas**. Editora Unesp, 2021.

DE MIRANDA, R. Augusto et al. Diagnóstico dos problemas e potencialidades da cadeia produtiva do milho no Brasil. **Embrapa Milho e Sorgo-Documentos (INFOTECA-E)**, 2014.

DUARTE.G.R.B. **Superfosfato triplo: o que é e como tirar o máximo proveito desse fertilizante fosfatado**, 2020. Disponível em: <<https://blog.aegro.com.br/superfosfato-triplo/#:~:text=O%20superfosfato%20simples%20%C3%A9%20um,diferem%20na%20forma%20de%20obten%C3%A7%C3%A3o.>>. Acesso em: 04 nov. 2022

**EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA)**. Mudanças climáticas comprometem futuro da produção de feijão no Brasil. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/->

/noticia/78439603/mudancas-climaticas-comprometem-futuro-da-producao-de-feijao-no-brasil. Acesso em: 25 nov. 2024.

**EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA).** A importância do milho, feijão e soja no agronegócio brasileiro. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>. Acesso em: 25 nov. 2024.

EMBRAPA SOJA. História da cultura da soja no Brasil. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/historia>. Acesso em: 25 nov. 2024.

FERNANDES, C. Eficiência de diferentes culturas e híbridos de milho quanto à utilização de fósforo em solos de cerrado. 2001. 51 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", **Universidade de São Paulo**, Piracicaba, 2001. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-30102001-095555/publico/fernandes.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2025.

GOEDERT, W. J.; REIN, T. A.; SOUZA, DMG de. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais, fosfatos parcialmente acidulados e termofosfatos em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 4, 1990.

GITTI, D. C.; ROSCOE, R. MANEJO E FERTILIDADE DO SOLO PARA A CULTURA DA SOJA. Fundação MS, Tecnologia e Produção: Soja 2016/2017, 2017. Disponível em: < [https://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/267/267/5ae094693ac7eb62b18892214e39e87c4db50d63f6523\\_capitulo-01-manejo-e-fertilidade-do-solo-para-a-cultura-da-soja-somente-leitura-.pdf](https://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/267/267/5ae094693ac7eb62b18892214e39e87c4db50d63f6523_capitulo-01-manejo-e-fertilidade-do-solo-para-a-cultura-da-soja-somente-leitura-.pdf) >, acesso em: 04/11/2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DO FEIJÃO E PULSES (IBRAFE). Feijão: **história, como cultivar e variedades do grão.** Disponível em: <https://www.ibrafe.org/artigo/feijao-historia-como-cultivar-e-variedades-do-grao>. Acesso em: 25 nov. 2024.

KANEKO, F. H. et al. Doses e fontes de fósforo na cultura da soja. **Revista Cultura Agrônômica**, v. 29, n. 4, p. 400-411, 2020. Disponível em: <https://ojs.unesp.br/index.php/rculturaagronomica/article/view/2446-8355.2020v29n4p400-411>. Acesso em: 19 fev. 2025.

KORNDÖRFER, G. H. Fósforo na cultura da cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1., 2004. São Pedro. Anais... São Paulo: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p. 291-305.

KORNDÖRFER, G.H. Capacidade de fosfatos naturais e artificiais fornecerem fósforo para plantas de trigo. Porto Alegre, 1978. 66p. Tese (Mestrado)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MIRANDA, RA De. Uma história de sucesso da civilização. **A Granja**, v. 74, n. 829, p. 24-27, 2018.

MOREIRA, Adônis; MALAVOLTA, Eurípedes; MORAES, Larissa Alexandra Cardoso. Eficiência de fontes e doses de fósforo na alfafa e centrosema cultivadas em Latossolo Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 10, p. 1459-1466, out. 2002. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/64831/1/PAB3547.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2025.

MORETTO, Juliana de Lima. Termofosfatos: eficiência agronômica e alterações químicas em solos com diferentes concentrações iniciais de fósforo. 2017.

NETO, *et. al.*. ADUBAÇÃO FOSFATADA NA CULTURA DA SOJA NA MICROREGIÃO DO ALTO MÉDIO GURGUÉIA. *Rev. Ciênc. Agron.*, v. 41, n. 2 p. 266-271, abr. 2010.

PRADO, Gerônimo Rodrigues et al. Comportamento de superfosfato simples contendo fosfato de ferro de baixa solubilidade em água em solos de várzea do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 907-916, 2011.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; ROQUE, C. G. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo, em adubação de manutenção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 83-90, 2001.

ROSSETE, Alexssandra LRM *et al.* PRODUÇÃO E DETERMINAÇÃO ISOTÓPICA DO SUPERFOSFATO SIMPLES MARCADO 34S, 2005.

SANCHEZ, Pedro A. Soil fertility and hunger in Africa. **Science**, v. 295, n. 5562, p. 2019-2020, 2002.

SOUZA, E. C. Yasuda. Uso agronômico do termofosfato no Brasil. 3. ed. Poços de Caldas: Fertilizantes Mitsui. 2008.

SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. **Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto**. *Ciência Rural*, v. 38, n. 2, p. 576-586, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/CGKVc6BnjKqMGzf38RmCpDb>. Acesso em: 27 jan. 2025.

SILVA, E. M.; FRIGO, G. R.; BEZERRA, M. D. L.; SANTOS, C. S. A.; SOUSA, H. H. F.; SILVA, T. J. A. Cultivo do feijão-caupi adubado com fosfato natural reativo em Latossolo Vermelho do Cerrado. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, 46., 2017, Maceió. Anais [...]. Maceió: CONBEA, 2017. Disponível em: <https://conbea.org.br/anais/publicacoes/conbea-2017/anais-2017/eas-engenharia-de-agua-e-solo-6/643-cultivo-do-feijao-caupi-adubado-com-fosfato-natural-reativo-em-latossolo-vermelho-do-cerrado/file>. Acesso em: 19 fev. 2025.

STAMFORD, N. P. et al. Atuação de *Acidithiobacillus* na solubilização de fosfato natural em solo de tabuleiro cultivado com jacatupé (*Pachyrhizus erosus*). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 75-83, 2004.

STAUFFER, M. D.; SULEWSKI, G. Fósforo – essencial para a vida. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: Potafós/Anda, 2004. p. 1-11

VELOSO, C. **Entenda as vantagens e desvantagens do uso do super simples como adubo**, 2021. Disponível em: <<https://blog.verde.ag/nutricao-de-plantas>>. Acesso em: 04 nov. 2022

YAMADA, Tsuioshi; ABDALLA, SRS. Estratégias de manejo para alta produtividade do milho. **Informações Agronômicas**, n. 113, p. 1-36, 2006.

ZUCARELI, Claudemir et al. Fósforo na produtividade e qualidade de sementes de feijão Carioca Precoce cultivado no período das águas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 32-38, 2011.