

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LETYCIA APARECIDA ALVES DE OLIVEIRA KANIA

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES FONTES E DOSES DE FÓSFORO NO SOLO  
E PARÂMETROS DE PRODUÇÃO DE SOJA

CURITIBA

2022

LETYCIA APARECIDA ALVES DE OLIVEIRA KANIA

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES FONTES E DOSES DE FÓSFORO NO SOLO  
E PARÂMETROS DE PRODUÇÃO DE SOJA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós-graduação em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná como requisito para obtenção de certificado de Especialização.

Orientador: Prof. Dr. Bruno César Gurski

CURITIBA

2022

Dedico a Deus, por me conceder saúde e a minha família que me apoiaram em todos os momentos.

Ao meu esposo Fernando, pelo amor, companheirismo, compreensão e que tanto me incentivou para o desenvolvimento e conclusão deste ciclo.

Também dedico aos amigos que contribuíram, especialmente ao Doni e a Equipe TIMAC.

Agradeço ao meu orientador pelo tempo, pela dedicação e atenção.

***“Sozinhos conseguimos fazer tão pouco;  
Juntos conseguimos fazer muito.”***

**Helen Keller**

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes fontes e doses de Fósforo sobre o solo e parâmetros de produção (altura de plantas, quantidade de hastes por planta, peso de mil grãos e rendimento de grãos) da soja. O experimento foi conduzido no período de 16 de outubro de 2020 a 02 de março de 2021, na Estação Experimental Fornarolli Ciência Agrícola, localizada em Londrina/PR. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, composto por 5 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos 1, 2 e 3 basearam-se em diferentes doses do fertilizante comercial Top Phos, os quais foram comparados com formulações de NPK 04-30-10 e 02-20-18 (Tratamentos 4 e 5), mais comumente utilizadas na região. Em todos os tratamentos foi aplicado Cloreto de Potássio (KCl) em cobertura. Foram avaliados a altura de plantas, número de hastes no florescimento, peso de mil grãos e rendimento de grãos. Após 6 meses da colheita foi realizada a análise de solo de cada tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância e agrupados pelo Teste de Duncan, no nível de 5% de probabilidade. O Top Phos na maior dose (tratamento 3) mostrou-se mais consistente, por apresentar resultados superiores aos demais tratamentos, sobretudo no parâmetro de altura. Não houve diferença significativa no número de hastes. O rendimento de grãos variou entre 2.596 a 3.159 kg ha<sup>-1</sup>, sendo que o tratamento 3 obteve o maior rendimento, apesar de estatisticamente igual ao tratamento 1 e 5, e superior ao 4. A maior dose de Top Phos (tratamento 3) apresentou o maior residual de fósforo no solo e o tratamento 4 teve residual baixo quando comparado com os tratamentos 1, 2, 3 e 5 e notou-se um pequeno incremento no teor de matéria orgânica no tratamento 3 (30,5 g/kg). O produto Top Phos se mostrou mais indicado para o uso, visto que há um residual de P para aproveitamento durante todo o ciclo da cultura da soja.

**Palavras-chave:** fertilizantes fosfatados, *Glycine max*, produtividade, efeito residual, Top Phos.

## ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the influence of different sources and doses of Phosphorus on soil and yield components (plant height, number of stems per plant, weight of one thousand grains and grain yield) of soybean. The experiment was conducted from October 16, 2020 to March 2, 2021, in the Fornarolli Ciência Agrícola Experimental Station, located in Londrina/PR. The experimental design was in randomized blocks, with 5 treatments and 4 repetitions. Treatments 1, 2 and 3 were based on different doses of the commercial fertilizer Top Phos, which were compared with 04-30-10 and 02-20-18 NPK formulations (Treatments 4 and 5), more commonly used in the region. Potassium chloride (KCl) was applied in all treatments. Plant height, number of stems at flowering, thousand-grain weight, and grain yield were evaluated. Six months after harvest, soil analysis was performed for each treatment. The data were submitted to variance analysis and grouped by Duncan's Test at 5% probability level. Top Phos in the highest dose (treatment 3) proved to be more consistent, as it presented superior results than the other treatments, especially in the height parameter. There was no significant difference in the number of stems. The grain yield was between 2,596 and 3,159 kg ha<sup>-1</sup>, and treatment 3 had the highest yield, although statistically equal to treatments 1 and 5, and higher than treatment 4. The highest dose of Top Phos (treatment 3) showed the highest residual of phosphorus in the soil and treatment 4 had a low residual when compared to treatments 1, 2, 3 and 5, and a small increase in organic matter content was noted in treatment 3 (30,5g/kg). The Top Phos product proved to be more indicated for use, since there is a P residual to be used throughout the soybean crop cycle

**Keywords:** phosphate fertilizers, *Glycine max*, productivity, residual effect, Top Phos.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Localização da Estação Experimental Fornarolli.....	7
Quadro 1 –	Propriedades, reações, saturação do solo e nível de macronutrientes na profundidade de 0-10 cm.....	8
Quadro 2 –	Manejos fitossanitários realizados na soja durante a condução do experimento.....	9
Figura 2 –	Disposição das parcelas no experimento.....	10

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Descrição dos tratamentos aplicados no experimento.....	10
Tabela 2 –	Altura (ALT) da soja, Safra 2020/21. Fornarolli Ciência Agrícola, Londrina/PR.....	12
Tabela 3 –	Número de hastes no florescimento, Safra 2020/21. Fornarolli Ciência Agrícola, Londrina/PR.....	12
Tabela 4 –	Componentes de produção da soja, peso de mil grãos e rendimento de grãos, Safra 2020/21. Fornarolli Ciência Agrícola, Londrina/PR.....	13
Tabela 5 –	Comparação do resultado da análise de solo geral e individual de cada parcela, Safra 2020/21. Fornarolli Ciência Agrícola, Londrina/PR.....	14

## ANEXOS

Anexo 1 –	Dados climáticos consolidados de outubro de 2020 a março de 2021 obtidos na estação meteorológica automática da Estação Experimental Fornarolli Ciência Agrícola, Distrito de Espírito Santo – PR, 2020/21.....	21
Anexo 2 –	Teste Anova.....	24
Anexo 3 –	Esquema de ação do Top Phos.....	25
Anexo 4 –	Análise de solo: Geral.....	26
Anexo 5 –	Análise de solo: Tratamento 1.....	27
Anexo 6 –	Análise de solo: Tratamento 2.....	28
Anexo 7 –	Análise de solo: Tratamento 3.....	29
Anexo 8 –	Análise de solo: Tratamento 4.....	30
Anexo 9 –	Análise de solo: Tratamento 5.....	31

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	5
<b>1.1 OBJETIVO GERAL</b> .....	6
<b>1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	6
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	7
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	12
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	16
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	17
<b>ANEXOS</b> .....	21
Anexo 1.....	21
Anexo 2.....	24
Anexo 3.....	25
Anexo 4.....	26
Anexo 5.....	27
Anexo 6.....	28
Anexo 7.....	29
Anexo 8.....	30
Anexo 9.....	31

## 1 INTRODUÇÃO

A soja é uma das *commodities* com o volume mais expressivo na produção brasileira de grãos e contribui significativamente na cadeia produtiva para a economia do país. Segundo levantamento da CONAB (2021, apud EMBRAPA, 2021), na safra de 2020/21 o Brasil foi o maior produtor mundial do grão de soja e o Paraná contribuiu com 19,872 milhões de toneladas, ficando em 3º no ranking, atrás do Mato Grosso e Rio Grande do Sul.

Estes resultados de produção de soja, estão diretamente relacionados com as condições climáticas, tipo de solo e eficiência dos fertilizantes utilizados (MAPA, 2018). Dentre os nutrientes exigidos em maiores quantidades pela cultura destacam-se o Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), os quais podem ser aplicados por meio da adubação localizada (no sulco de plantio), a lanço ou cobertura, dependendo da época de aplicação e o estágio de desenvolvimento da planta.

Dentre estes nutrientes o Fósforo (P), desempenha ação no metabolismo, respiração, reprodução e crescimento das plantas e a deficiência de P limita a absorção do íon nitrato na soja, refletindo em baixa produtividade da cultura e conseqüentemente redução do rendimento (TANAKA; MASCARENHAS, 1992).

Segundo Withers et al. (2015), devido à elevada demanda de fertilizantes para manter alta produtividade, principalmente em relação ao P, existe uma preocupação com a escassez desta matéria-prima nos próximos anos. Em seu estudo, o autor citou estratégias de realinhar as entradas de P e reduzir suas perdas, como por exemplo otimizar a entrada de fósforo e seu manejo, implementar estratégias de zonas de retenção de fósforo, implantar a utilização eficiente do fósforo, realizar a integração de lavoura-pecuária e entre outras.

Atualmente, são utilizadas fontes de fosfatos solúveis para aumentar a disponibilidade de fósforo no solo, devido sua alta solubilidade (NOVAIS et al., 2007). No entanto, em solos tropicais isso pode ser uma desvantagem, pois ao longo do tempo, reduz-se a disponibilidade de P no solo com a diminuição da concentração de P lábil (P prontamente disponível para absorção) na solução do solo e isso também aumenta a precipitação e a adsorção do P não lábil (P irreversivelmente fixado às partículas do solo) (MCLAUGHLIN et al., 2011).

Em busca deste objetivo, surgem novas tecnologias para melhorar o uso e a eficiência do P na agricultura (HERRERA et al., 2016). Estudos demonstram que a

eficiência de uso de P em solos com alto teor de calcário é aumentada quando comparado com fertilizantes sólidos, e produtos com liberação lenta de P é uma opção (McLAUGHLIN et al., 2011).

### **1.1 OBJETIVO GERAL**

O presente trabalho por objetivo:

- Avaliar a influência de diferentes fontes e doses de Fósforo no solo e parâmetros de produção (altura de plantas, quantidade de hastes por planta, peso de mil grãos e rendimento de grãos) da cultura da soja na safra de 2020/2021.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar a disponibilidade do fósforo (P) no solo após 6 meses da colheita da soja;
- Validar a melhor estratégia na tomada de decisão do produtor em utilizar fertilizantes fosfatados com diferentes fontes disponíveis no mercado na cultura da soja;
- Avaliar os benefícios de diferentes fontes de fósforo (P) com alta e baixa solubilidade em água.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de soja foi conduzido no período de 16 de outubro de 2020 a 02 de março de 2021, na Estação Experimental Fornarolli Ciência Agrícola, no Sítio Abessa, localizado no Distrito Espírito Santo/PR, próximo ao município de Londrina/PR (Figura 01).

Figura 1 – Localização da Estação Experimental Fornarolli



Fonte: Google Earth (2021).

O clima da região é do tipo Cfa, de acordo com a classificação de Köppen, caracterizado como subtropical úmido, com temperatura média no mês mais frio inferior a 18 °C, e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C (Alvares et al., 2013). Predomina verões quentes, geadas pouco frequentes, apresentando precipitações anuais de 1.400 mm a 1.500 mm e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo, sem estação seca definida (BARROS et al., 2008).

O solo é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico, de textura muito argilosa, composto por 70% de argila, 10% de silte e 20% de areia (FORNAROLLI, 2021). A análise química do solo previamente à realização do experimento está descrita no Quadro 1.

Quadro 1 – Propriedades, reações, saturação do solo e nível de macronutrientes na profundidade de 0-10 cm.

CTC (cmol/dm <sup>3</sup> )		Matéria Orgânica	pH (H <sub>2</sub> O)	H+Al (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	V%
pH 7,0	Efetiva	(g/dm <sup>3</sup> )			
9,8	6,1	29,3	5,88	3,7	62,2
<b>Nível de Macronutrientes</b>					
<b>(cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>)</b>			<b>(mg/dm<sup>3</sup>)</b>		
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	P (Mehlich 1)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
4,5***	1,2***	0,32***	N/D	10,6***	N/D

N/D – Não disponível. \*\*\*Nível alto de suficiência.

No dia 16 de outubro de 2020 foi implantada a cultura da soja, Safra 2020/2021, em sistema de cultivo mínimo (manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas com a entrada mínima de máquinas e implementos), cultivar 63i64 RSF IPRO GARRA, com espaçamento de 0,45 m, profundidade de 5 cm, densidade média de 12 sementes por metro linear, totalizando uma densidade média de 266 mil plantas ha<sup>-1</sup>. A emergência da cultura ocorreu 8 dias após a semeadura.

No momento da semeadura a umidade relativa do ar estava em 55%, a temperatura do ar em 25° C sem presença de orvalhos, ausência de precipitação e condições de solo úmido.

Os manejos fitossanitários durante o experimento encontram-se descritos no Quadro 2.

Quadro 2 – Manejos fitossanitários realizados na soja durante a condução do experimento.

Data	Defensivos	Alvo	Dose (ha)	Início	Fim	T Ar (°C)	UR (%)	Ventos (Km/h)
06/11/20	Select One Pack	capim-amargoso	900 mL	10h00	10h20	26	48	7,5
	Engeo Pleno	vaquinha	100 mL	17h30	17h55	27,5	52	4,9
02/12/20	Previnil + Cypress	míldio e oídio	1,5 + 0,3 L	17h35	18h00	28	58	3,6
21/12/20	Nativo	ferrugem	500 mL					
	Intrepid	lagarta-da-soja	90 mL	10h00	10h20	26,9	72	3,6
	Expedition	percevejo-marrom	300 mL					
08/01/21	Aproach Prima	septoriose	300 mL					
	Perito	percevejo-marrom	1000 g	9h00	9h25	25	70	6,5
	Avatar	lagarta militar	200 mL					
29/01/21	Blade	mosca-branca	250 mL	18h00	18h20	29	78	5,4
	Elatus	mancha-alvo	300 g					

Fonte: Fornarolli (2021).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, composto por 5 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos 1, 2 e 3 basearam-se em diferentes doses do fertilizante comercial Top Phos (Anexo 3), os quais foram comparados 2 tratamentos padrão com formulações do mercado de NPK 04-30-10 e 02-20-18 (Tratamentos 4 e 5), mais comumente utilizadas na região. Em todos os tratamentos foi aplicado Cloreto de Potássio (KCl) em cobertura (Tabela 1), visando fornecer esse nutriente nos estádios fenológicos mais avançados, uma vez que a aplicação de potássio apenas no sulco de semeadura pode acarretar perdas por lixiviação e reduzir o potencial de produção da soja.

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos utilizados no experimento.

Nº	Tratamento	Sulco de plantio		Cobertura com KCl (15 dias após o plantio)	
		Dose (kg/alq <sup>-1</sup> )	Dose (kg/ha <sup>-1</sup> )	Dose (kg/alq <sup>-1</sup> )	Dose (kg/ha <sup>-1</sup> )
1	TOP Phos	500	206,61	300	123,97
2	TOP Phos	600	247,93	300	123,97
3	TOP Phos	700	289,26	300	123,97
4	04-30-10	650	268,60	191,66	79,20
5	02-20-18	500	206,61	150	61,98

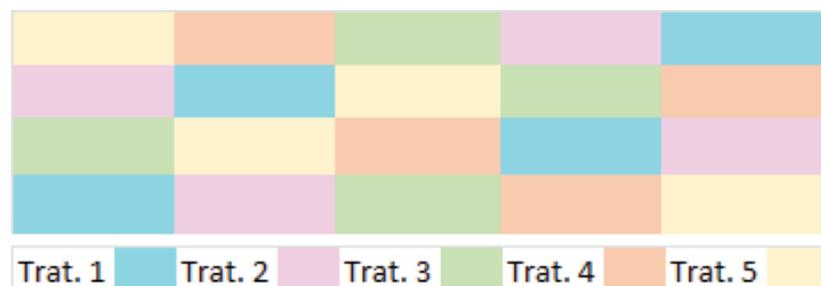
Foram realizadas duas aplicações de fertilizantes: na base no mesmo dia da semeadura no dia 16 de outubro de 2020 com as doses pré-definidas e, em cobertura com KCl 15 dias após a semeadura (DAS) no dia 30 de outubro de 2020 (estádio vegetativo da soja entre V3-V4).

O experimento foi uma parceria junto à TIMAC e a Estação Experimental Fornarolli, sendo um experimento comercial. Desta forma, não houve necessidade de tratamento Testemunha (sem dose de NPK).

Vale ressaltar que o TOP Phos não tem K<sub>2</sub>O em sua formulação (NPK 03-28-00) e os tratamentos que o utilizaram receberam todo o KCl em cobertura, enquanto os outros tratamentos que já possuíam K<sub>2</sub>O em suas formulações receberam apenas o complemento com KCl na cobertura.

Os tratamentos foram constituídos em parcelas de 8,0 metros de largura x 5,0 metros de comprimento, totalizando 40,0 m<sup>2</sup> de área/parcela (Figura 2).

Figura 2 – Disposição das parcelas no experimento.



Fonte: Fornarolli (2021).

Os dados referentes às condições diárias do tempo durante a condução do experimento, como temperatura mínima, temperatura máxima, umidade relativa e precipitação, encontram-se no Anexo 1.

Na soja, foram avaliados a altura de plantas (ALT), número de hastes no florescimento (HST), peso de mil grãos (PMG) e rendimentos de grãos (RDG).

Para avaliação o HST, na data de 18 de dezembro de 2020 foram coletadas 5 plantas por repetição em pleno florescimento (R1/R2) para a contagem e feita a média; para avaliar a ALT foi realizado no estágio de desenvolvimento em R6 – pleno enchimento de grãos, onde foi utilizado uma fita métrica para medir a altura de 5 plantas aleatórias, onde foi considerado desde o colo da planta até a ponta (início do pecíolo da folha) na data de 27 de janeiro de 2021, foi realizado PMG em gramas e por fim a avaliação RDG foram colhidos 6 (seis) linhas com 8 (oito) metros cada, na data 02 de março de 2021, que foram convertidos em kg por hectare, corrigindo a umidade em 13%.

A colheita da soja foi realizada no dia 02 de março de 2021, após seis meses da colheita foi realizada a análise de solo referente a cada tratamento para avaliar o residual de fósforo no solo.

Os dados coletados em todas as avaliações foram submetidos à análise de variância e agrupados pelo Teste de Duncan, no nível de 5% de probabilidade, empregando-se o software R Core Team (2019).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as análises de variância das variáveis avaliadas constam no Anexo 2.

Ao analisar o parâmetro altura (ALT) das diferentes fontes de fósforo houve diferença significativa de altura das plantas, conforme pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 – Altura (ALT) da soja, Safra 2020/21. Fornarolli Ciência Agrícola, Londrina/PR.

Nº	Tratamentos	ALT	
1	Top Phos (206,61) / KCl (123,97)	1,34	ab
2	Top Phos (247,93) / KCl (123,97)	1,36	a
3	Top Phos (289,26) / KCl (123,97)	1,36	a
4	04-30-10 (268,60) / KCl (79,20)	1,33	bc
5	02-20-18 (206,61) / KCl (61,98)	1,32	c
	CV (%)	1,1	

ALT – Altura de plantas em metros no florescimento.

Médias seguidas das mesmas letras nas mesmas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5%.

A altura de plantas variou entre 1,32 a 1,36 metros. Os tratamentos 2 e 3 foram significativamente melhores em relação aos tratamentos padrão e o tratamento 1 foi significativamente igual ao tratamento padrão 4 e superiores ao padrão 5.

A redução do porte de planta depende do suprimento adequado de P, se não for suprido, acarretará baixa produtividade da cultura (TANAKA; MASCARENHAS, 1992).

O número de hastes no florescimento foi de 12 a 13 por planta, conforme Tabela 3. Embora todos os tratamentos tenham sido estatisticamente iguais, o maior número de hastes (13) foram obtidos pelos tratamentos 2 e 3.

Tabela 3 – Número de hastes no florescimento, Safra 2020/21. Fornarolli Ciência Agrícola, Londrina/PR.

Nº	Tratamentos	HST	
1	Top Phos (206,61) / KCl (123,97)	12	a
2	Top Phos (247,93) / KCl (123,97)	13	a
3	Top Phos (289,26) / KCl (123,97)	13	a
4	04-30-10 (268,60) / KCl (79,20)	12	a
5	02-20-18 (206,61) / KCl (61,98)	12	a
	CV (%)	8,39	

HST – número de hastes no florescimento.

Médias seguidas das mesmas letras nas mesmas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5%.

A Tabela 4 demonstra que o PMG (peso de mil grãos) variou de 174 a 184 gramas. O tratamento 3 foi superior aos tratamentos padrão. Os demais tratamentos com Top Phos (1 e 2) mostraram desempenho igual ao tratamento 4 e superior ao tratamento 5. Já o rendimento de grãos ficou entre 2596 a 3159 kg/ha<sup>-1</sup>. O tratamento 3 obteve o maior rendimento (3159 kg/ha<sup>-1</sup>) entre os tratamentos, apesar de estatisticamente igual ao tratamento 1 e 5, e superior ao 4 (Tabela 4).

Tabela 4 – Componentes de produção da soja, peso de mil grãos e rendimento de grãos, Safra 2020/21. Fornarolli Ciência Agrícola, Londrina/PR.

Nº	Tratamentos	PMG		RDG		%
1	Top Phos (206,61) / KCl (123,97)	180	ab	3010	ab	105
2	Top Phos (247,93) / KCl (123,97)	179	b	2691	bc	94
3	Top Phos (289,26) / KCl (123,97)	184	a	3159	a	111
4	04-30-10 (268,60) / KCl (79,20)	179	b	2596	c	91
5	02-20-18 (206,61) / KCl (61,98)	174	c	2859	abc	100
	CV (%)	1,49		8,23		-

PMG – Peso de mil grãos em gramas. RDG – Rendimento de grãos em kg por hectare. % – Rendimento relativo à maior produção dos padrões.

Médias seguidas das mesmas letras nas mesmas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5%.

Haach (2017) obteve diferença significativa quando comparou o PMG entre as fontes Top Phos (181,8 gramas), Termofosfato (177,5 gramas), e o Superfosfato Simples (174,7 gramas).

Apesar de não ter havido diferença estatística entre os tratamentos 3 e 5, o rendimento de grãos foi superior com o uso do Top Phos, o que agronomicamente pode influenciar nos custos, resultando numa diferença de 5 sacas de 60kg por hectare, um valor significativo quando se converte em custos, estes poderiam ser revertidos em investimento em novas tecnologias, por exemplo o Top Phos que custa em média U\$\$ 94,81/saco de 50kg.

O fósforo (P) atua no crescimento e desenvolvimento da planta e sua falta pode ser um fator limitante na produtividade (MENDES, 2007). E a adubação correta e na quantidade adequada podem promover bons resultados na produção (ARAÚJO, 2005).

Segundo Haach (2017), dentre os produtos lançados no mercado, o produto Top Phos promove o aumento da absorção de P pelo sistema radicular das plantas,

pois, de acordo com a exigência da cultura da soja, é necessário suprir constantemente este nutriente em seu ciclo.

A Tabela 5 demonstra o teor de Fósforo disponível no solo antes e após o experimento (as análises completas podem ser consultadas nos Anexos 4 ao 9).

Tabela 5 – Teor de fósforo disponível no solo antes e após o experimento.

<b>Nº</b>	<b>Tratamentos</b>	<b>Data de Análise</b>	<b>Teor de Fósforo (mg dm<sup>-3</sup>)</b>	<b>Matéria Orgânica (g/kg)</b>
0	Análise Geral – inicial	23/04/2020	10,6	29,3
1	Top Phos (206,61) / KCl (123,97)	09/09/2021	15,8	28,6
2	Top Phos (247,93) / KCl (123,97)	09/09/2021	17,1	28,2
3	Top Phos (289,26) / KCl (123,97)	09/09/2021	24,0	30,5
4	04-30-10 (268,60) / KCl (79,20)	09/09/2021	12,2	28,2
5	02-20-18 (206,61) / KCl (61,98)	09/09/2021	16,1	28,6

Observa-se que a maior dose de Top Phos (tratamento 3) apresentou o maior teor residual de fósforo quando comparado com o teor inicial. Com relação aos tratamentos com formulações comuns, o tratamento 4 teve residual baixo quando comparado com os tratamentos 1, 2, 3 e 5.

O fato da baixa produtividade e ao baixo teor de fósforo pode estar condicionado ao fato de o solo esgotar o nutriente P na fase de crescimento, à medida que a planta se desenvolve e as raízes penetram no solo, a absorção do P disponível é maior e este precisará ser repostado de forma contínua, e as formas significativas de “perda” de P pode ser por extração pelas culturas, conforme comenta Lopes (1998).

Nota-se um pequeno incremento de matéria orgânica no tratamento 3 (30,5g/kg) quando comparado com a análise geral inicial (29,3 g/kg).

A baixa disponibilidade do P no solo se deve à forte interação, ou seja, a fixação<sup>1</sup> do nutriente (BRAGA, 2006) com ferro e alumínio (ROLIM NETO et al., 2004).

Segundo Haach (2017), o aproveitamento do nutriente pela planta depende de algumas características do fertilizante, dentre elas a solubilidade. A classificação dos fertilizantes fosfatados é realizada de acordo com a solubilidade em alguns extratores, como citrato neutro de amônio + água (CNA + H<sub>2</sub>O) e ácido cítrico (AC). Por exemplo,

<sup>1</sup> Fixação: refere-se à adsorção específica e a precipitação, fatores que diminuem a biodisponibilidade do P às plantas.

o superfosfato simples (18 – 21% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em CNA+H<sub>2</sub>O) e superfosfato triplo (41 – 46% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em CNA+H<sub>2</sub>O) deixam apenas uma pequena parte do P total disponível para o solo, já os fosfatos naturais, fosfatos naturais reativos e termofosfatos são insolúveis em água e possuem efeito residual maior (DUARTE, 2020).

O P pode ser dividido em diferentes fontes: solúveis, pouco solúveis e insolúveis. A *solúvel* e *pouco insolúvel* tem como característica um aumento rápido da concentração de P no solo quando adicionado no solo e ao longo do tempo vai perdendo sua eficiência por causa dos processos de fixação ou adsorção, e a *insolúvel* aumenta a disponibilidade do P as plantas ao longo do tempo, se dissolvendo lentamente (SOUZA et al., 2007).

O produto Top Phos possui garantia de 28% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em CNA+H<sub>2</sub>O. No entanto, como a fonte de Fósforo é diversificada, ou seja, é uma mistura de fontes solúveis com insolúveis, o efeito residual foi maior nos tratamentos 2 e 3, quando comparado com formulações que possuem exclusivamente fosfatos solúveis em sua composição.

Guadanin et al. (2009) concluíram que a liberação do fósforo é mais gradativa no solo quanto menor for a solubilidade em água do fertilizante. Os fosfatos solúveis em água com o passar do tempo ficam indisponíveis para a planta, pois podem ficar adsorvidos aos colóides do solo, enquanto isso acontece em menor proporção nos fosfatos reativos (SCHNEIDER et al., 2018).

Na solução do solo, o fósforo pode ser encontrado na forma ortofosfórica (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), a qual está ligado a suas formas (P-lábil, P-não lábil e P-solução). Larsen (1967) comenta que o equilíbrio da reação se estabelece rapidamente entre o P-lábil e o P-solução e mais lento entre o P-lábil e P-não lábil. Em solos ácidos, a forma predominante é H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> (pH de 3 a 6), ocorrendo em solos tropicais naturalmente (MALAVOLTA, 1985). Em pH acima de 7 o HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup> é a forma que predomina nas reações (BRAGA, 2006). Estudos apontam benefícios como a disponibilidade do P com a elevação do pH através da calagem (BRAR; COX, 1991).

O manejo correto dos fertilizantes que contém P dependem da compreensão dos mecanismos que influenciam a fixação deste nutriente no solo. Segundo Braga (2006), fontes com menor solubilidade em água podem ser uma boa opção sob o ponto de vista econômico e agrônômico.

## 4 CONCLUSÕES

Considerando os resultados obtidos no presente estudo, conclui-se que a melhor estratégia para tomada de decisão em relação a adubação fosfatada é a utilização do Top Phos na quantidade de 289,26 kg ha<sup>-1</sup>, por apresentar maior número de hastes no florescimento, peso de mil grãos e rendimento de grãos em kg ha<sup>-1</sup>.

As análises indicaram que a maior dose do produto comercial Top Phos (Tratamento 3; 289,26 kg ha<sup>-1</sup>) resultou em maior teor residual de fósforo no solo e um pequeno incremento na matéria orgânica.

## REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013.

ARAÚJO, W. F.; SAMPAIO, R. A.; MEDEIROS, R. D. Resposta de cultivares de soja à adubação fosfatada. **Revista Ciência Agronômica ISSN 1806-6690**, Fortaleza, v. 36, n. 02, p. 129-134, 2005. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/258> Acessado em: 22 nov. 2021.

BARROS, M. V. F.; ARCHELA, R. S.; BARROS, O. N. F.; THÉRY, H.; MELLO, N. A.; GRATÃO, L. H. B. Atlas Ambiental da Cidade de Londrina: O Sítio Urbano. **Revista UEL, ISBN: 9788598054100**, 2008. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/atlasambiental/NATURAL/SITIOURBANO.htm> Acessado em: 15 jul. 2021.

BRAGA, G. **Eficiência de fosfatos com solubilidade variável em água em solos com capacidade de fixação de fósforo induzida**. p. 83. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2006. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-29062006-114403/pt-br.php> Acessado em: 28 nov. 2021.

BRAR, S. P. S., COX, F. R. Índices de sorção e disponibilidade de fósforo afetados por propriedades de solos calcários. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 22: 11-12, 1225-1241, 1991. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00103629109368487>. Acesso em: 25 nov. 2021.

Companhia Nacional de Abastecimento. **Safra Brasileira de Grãos**. In: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Soja em números (safra 2020/21)**. Londrina: EMBRAPA, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos> Acessado em: 30 out. 2021.

DUARTE, G. R. B. **Solubilidade, formas e diferenças do Super FOSFATO TRIPLO E SIMPLES**. 2020. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/superfosfato-triplo/> Acessado em: 26 nov.2021.

FRANZINI, V. **Efeito do superfosfato triplo (32 P) na absorção do fosfato natural pelas plantas de milho e soja**. Dissertação de Mestrado, Piracicaba, 2006. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-06032007-154817/publico/ViniciusFranzini.pdf> Acessado em: 23 nov. 2021.

FORNAROLLI. Estação Experimental Fornarolli Ciência Agrícola. Disponível em: <https://www.fornarolli.agr.br/>. Acesso em: 25 nov. 2021.

GOOGLE EARTH. Localização da Estação Experimental FORNAROLLI CIÊNCIA AGRÍCOLA. Londrina, Maxar Technologies, 2021. Escala de 200m. Disponível em: [https://earth.google.com/web/search/Fornarolli+Ci%C3%Aancia+Agr%C3%ADcola/@23.38085703,51.23900708,618.78114358a,1923.88259377d,35y,53.02205718h,60t,0r/data=CigiJgokCWB9yDtJdzNAEV99yDtJdzPAGVH6\\_SV7VENAITHDLCWd8U7A](https://earth.google.com/web/search/Fornarolli+Ci%C3%Aancia+Agr%C3%ADcola/@23.38085703,51.23900708,618.78114358a,1923.88259377d,35y,53.02205718h,60t,0r/data=CigiJgokCWB9yDtJdzNAEV99yDtJdzPAGVH6_SV7VENAITHDLCWd8U7A). Acessado em: 16 ago. 2021.

GUADANIN, E. C.; SCHOROEDER JUNIOR, L.; SILVA, V. P.; SOUZA, M. A. S. Uso de fosfatos de alta e baixa solubilidade no crescimento e produção do Braquiaraõ no 1º corte. **XIII ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**, Paraíba, 2009. Disponível em: [http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2009/anais/arquivos/1047\\_1382\\_01.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2009/anais/arquivos/1047_1382_01.pdf) Acessado em: 24 nov. 2021.

HAACH, R. **Resposta da cultura da soja a fontes e a doses de fertilizante fosfatado**. p. 29. Monografia (Especialização em Manejo de Fertilidade do Solo). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2017. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/24649/1/DV\\_ESPMFS\\_I\\_2015\\_18.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/24649/1/DV_ESPMFS_I_2015_18.pdf) Acessado em: 25 nov. 2021.

HERRERA, W. F. B.; RODRIGUES, M.; TELES, A. P. B.; BARTH, G. E PAVINATO, P. S. Crop Yields and Soil Phosphorus Labilty under Soluble and Humic-Complexed Phosphate Fertilizers. **Soil Fertility & Crop Nutrition**, p. 1692-1702, jul. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.2134/agronj2015.0561> Acessado em: 21 ago. 2021.

LARSEN, S. **Soil phosphorus**. *Advances in Agronomy*, San Diego, v. 19, p. 151-210, 1967.

LEHR, J.R.; McCLELLAN, G.H. A revised laboratory reactivity scale for evaluating phosphate rocks for direct application. Muscle Shoals: National Fertilizer Development Center, TVA, 1972. 36p. (Bulletin Y-43).

LOPES, A. S. **Manual Internacional de Fertilidade do Solo** – Fósforo. p. 51-66, 2ª edição, Piracicaba, 1998. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.ufjf.br%2Fbaccan%2Ffiles%2F2019%2F04%2FManual-Internacional-de-Fertilidade-do-Solo.pdf&clen=1711678> Acessado em: 15 mar. 2022.

MALAVOLTA, E. **Adubos e adubação fosfatada**. São Paulo: Fertilizantes Mitsui, p.61, 1985.

McLAUGHLIN, M.J.; McBEATH, T.M.; SMERNIK, R.; STACEY, S.P.; AJIBOYE, B. e GUPPY, C. The chemical nature of P accumulation in agricultural soils-Implications for fertiliser management and design: An Australian perspective. **Plant and Soil** **349**, p. 69-87, jul. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0907-7> Acessado em: 21 ago. 2021.

MENDES, A. M. S. Introdução a Fertilidade do Solo. Aula ministrada no Curso de Manejo e Conservação do Solo e da Água promovido pela superintendência Federal

de Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Estado da Bahia – SFA - BA/SDC/MAPA. **EMBRAPA Semiárido**. Barreiras: UFBA, jun. 2007. p. 5. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/35800/1/OPB1291.pdf> Acessado em: 17 nov. 2021.

Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Plano agrícola e pecuário**. MAPA, 2018. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/plano-agricola-e-pecuario/arquivos-pap/PAP1718.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2021.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; e NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F., ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B. e NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. 1ª ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 471-550.

POLIDORO, J. C. Fontes Convencionais e alternativas de fertilizantes fosfatados em solos tropicais. **II WORKSHOP SOBRE TECNOLOGIA DE FERTILIZANTES: RECURSOS MINERAIS NO BRASIL: FONTES ALTERNATIVAS E OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS**. Uberlândia/MG, 2011. Disponível em: <https://slideplayer.com.br/slide/382060/> Acessado em: 18 nov. 2021.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2019.

ROLIM NETO, F. C.; SCHAEFER, C. E.G. R.; COSTA, L. M.; CORRÊA, M. M.; FERNANDES FILHO, E. I.; IBRAIMO, M. M. Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do Alto Paranaíba, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 28, p. 953-964, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000600003> Acessado em: 26 nov. 2021

SCHNEIDER, P. K.; BENTO, J. F.; SCHONINGER, E. L. Disponibilidade de fósforo no solo e desenvolvimento inicial de milho em função da aplicação de fontes fosfatadas e calcário. **Revista Cultivando o saber, ISSN 2175-2214**, VOL. 11, Nº 4, P. 393-410, 2018. Disponível em: [https://www.faq.edu.br/upload/revista/cultivando\\_o\\_saber/5c06b714d9c90.pdf](https://www.faq.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/5c06b714d9c90.pdf) Acessado em: 18 jan. 2022.

SOUZA, C. E. S., SILVA, M. O., DUDA, G. P., MENDES, A. M. S. Solubilização de fósforo de fertilizantes fosfatados após tratamento com diferentes resíduos orgânicos. **Revista de Biologia e Ciências da Terra, ISSN 1519-5228**. vol. 7, nº 1, P. 120-126, 2007. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/36531/1/OPB1501.pdf> Acessado em: 15 mar. 2022.

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A. Soja: nutrição, correção do solo e adubação. Campinas, SP: Fundação Cargill, 1992. 60p. il. (Fundacao Cargill. Tecnica, 7).

HAACH, R. **Resposta da cultura da soja a fontes e a doses de fertilizante fosfatado**. p. 12. Monografia (Especialização em Manejo de Fertilidade do Solo).

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2017. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/24649/1/DV\\_ESPMFS\\_I\\_2015\\_18.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/24649/1/DV_ESPMFS_I_2015_18.pdf) Acessado em: 25 nov. 2021.

TIMAC AGRO. **Tecnologias/ Fertilizantes sólidos/ TOP-PHOS**. Disponível em: <https://www.timacagro.com.br/tecnologia/top-phos/>. Acessado em: 22 nov. 2021.

WITHERS, P. J. A.; VAN DIJK, K. C.; NESET, T-S. S.; NESME, T.; OENEMA, O; RUBAEK, G. H.; SCHOUmans, O. F.; SMITH, B. e PELLERIN, S. Stewardship to tackle global phosphorus inefficiency: The case of Europe. **AMBIO 44**, p. 193-206, fev. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0614-8> Acessado em: 21 ago. 2021.

## ANEXOS

**ANEXO 1** – dados climáticos de Outubro de 2020 a Março de 2021 obtidos na estação meteorológica automática da Estação Experimental Fornarolli Ciência Agrícola, Distrito de Espírito Santo – PR, 2020/21.

Data	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)	Ventos (km/h)	UR (%)
	Máxima	Mínima	Média			
20/out	30,4	19,5	23,2	3,5	6,4	75
21/out	29,7	18,8	23,5	32,3	8,9	78
22/out	29,9	17,7	23,5	0,0	14,2	64
23/out	31,5	17,6	22,9	8,9	11,0	71
24/out	27,6	18	22,5	0,5	5,8	81
25/out	33,5	19,6	25,3	0,5	4,4	68
26/out	23,7	18,8	21,1	0,0	8,2	75
27/out	30,3	18,2	23,5	0,0	5,7	62
28/out	34,1	16,7	26,5	0,0	4,2	40
29/out	25,2	17,7	20,8	10,9	5,8	72
30/out	21,8	17,1	19,3	0,0	12,2	80
31/out	25,8	13,9	20,0	0,0	12,7	68
01/nov	27,2	14,3	20,0	0	10,0	62
02/nov	27	12	18,9	0	8,8	57
03/nov	28	13,3	21,0	0	7,3	50
04/nov	29,4	15,5	21,9	0	7,4	50
05/nov	29,9	13,3	21,4	0	6,7	54
06/nov	30,7	14,9	23,0	0	6,7	45
07/nov	33,1	14,7	24,2	0	6,1	47
08/nov	35,6	21,4	28,2	0	4,6	37
09/nov	34,7	19,3	25,0	0	7,0	60
10/nov	30	18,8	23,5	0	5,8	75
11/nov	29,7	19,7	23,5	0	5,2	75
12/nov	32,5	18,1	24,4	0	4,2	68
13/nov	33,4	18,9	25,7	0	5,1	63
14/nov	31,9	20,6	23,9	0	6,0	76
15/nov	34,6	18,8	24,5	0	5,8	73
16/nov	32,6	18,9	25,8	8,6	6,5	66
17/nov	34,5	22,1	30,6	0	6,8	48
18/nov	21,8	17,4	18,6	32,6	9,4	94
19/nov	24,7	17,2	19,3	0	6,3	89
20/nov	26,4	25,5	26,0	0	6,5	44
23/nov	29,8	20,9	25,9	0	11,3	43
24/nov	32,2	16,5	24,8	0	9,7	57
25/nov	33,8	19,9	26,9	0	7,3	56
26/nov	34,1	22,5	28,5	0	5,5	50
27/nov	35	20,4	26,2	4,8	7,5	62
28/nov	31,7	19,5	25,1	0	7,3	70
29/nov	35,6	20,1	25,7	11,7	8,4	70
30/nov	26,1	20,1	21,8	0	2,9	84
01/dez	29,8	20,6	24,6	0	4,5	79
02/dez	31,4	20,3	25,5	0	8,3	73
03/dez	25,8	18,7	21,8	20,5	5,9	87
04/dez	29,9	18,5	22,9	1,1	4,9	84

05/dez	27,6	18,1	21,9	22,6	6,8	92
06/dez	25,2	17,9	21,3	0	7,4	88
07/dez	23	18,6	20,6	3	4,2	91
08/dez	30,3	19,7	24,4	0	4,1	73
09/dez	30,8	19	23,4	0	4,6	75
17/dez	24,4	21,5	22,8	14	2,2	93
18/dez	31,5	20,4	24,8	0	2,9	84
19/dez	33,1	21,9	25,6	0	5,2	79
20/dez	32,6	20,7	24,4	0,2	4,2	84
21/dez	31,6	19,9	25,5	0	3,6	77
22/dez	28,7	21,6	24,4	0	6,5	84
23/dez	30	18,4	24,0	0	9,1	76
24/dez	29,8	18,7	24,0	0	10,1	70
25/dez	28,9	16,4	23,0	0	9,6	66
26/dez	29,8	17,1	23,4	0	8,1	70
27/dez	28,7	18,7	23,2	0	8,6	81
28/dez	30,3	20,2	24,0	1,1	6,3	84
29/dez	24,2	19,2	21,3	8,6	7,0	89
30/dez	31,1	19,1	24,3	0	3,9	83
31/dez	27,9	21	23,5	1	5,1	87
01/jan	30,4	19,8	24,8	0	3,1	80
02/jan	29,9	20	23,8	0	5,4	81
03/jan	28,2	18,9	22,9	0	8,9	77
04/jan	29,7	17,5	23,3	0	8,1	74
05/jan	28,2	20,1	23,3	14,5	4,1	87
06/jan	30,4	21,2	24,4	2,5	5,3	84
07/jan	28,4	20,7	23,0	11,5	4,1	91
08/jan	29,6	21	24,9	1,7	4,3	83
09/jan	32,7	20,7	25,3	0	4,0	80
10/jan	31,6	20,7	25,7	0	4,2	78
11/jan	32,2	21,5	26,4	0	4,5	74
12/jan	33,7	22,2	25,9	6,9	4,6	79
13/jan	30,2	22	25,3	1	7,4	80
14/jan	27,2	21,4	24,0	1,8	9,6	84
15/jan	29	20,2	23,7	0,8	6,9	84
16/jan	24,1	20,6	21,9	41,6	6,1	95
17/jan	26,3	20,8	21,9	39,4	7,0	96
18/jan	26,5	21,1	22,6	20	4,2	97
19/jan	25,6	20,4	21,9	9,7	6,1	96
20/jan	24,6	20,2	21,9	49,7	4,3	95
21/jan	26,5	19,5	22,8	12,5	6,4	89
22/jan	29,9	19,8	23,5	0	5,6	85
23/jan	28,3	19,1	23,3	16,7	5,1	86
24/jan	28	19,8	22,4	0,3	3,3	89
25/jan	27,6	19,7	22,1	3	2,7	89
26/jan	29,6	19,7	24,1	0,3	3,0	84
27/jan	28,9	20,7	23,9	0	4,3	85
28/jan	27,8	20,3	22,4	18	2,5	93
29/jan	28,5	20,3	23,2	0,8	4,9	89
30/jan	25	20,3	21,9	15,5	4,4	95
31/jan	25,7	19,6	21,3	40,6	3,4	96
01/fev	28,6	19,1	22,9	0,5	2,9	91
02/fev	31,4	20,2	25,4	3,8	3,1	82
03/fev	32	21,1	24,5	0	3,3	84

04/fev	30,7	22	25,7	0	5,9	83
05/fev	28,7	18,7	23,0	0	5,6	69
06/fev	30,2	18	22,8	0	4,4	64
07/fev	27,7	17,3	21,4	0	5,9	74
08/fev	27,9	16,9	22,4	0	6,5	66
09/fev	26,8	16,8	21,9	0	5,4	71
10/fev	29,9	17,5	23,4	0	5,9	69
11/fev	23,6	18,2	20,3	25,7	5,7	90
12/fev	24,5	17,8	21,1	0,3	3,0	88
13/fev	30,9	18,5	23,6	0	2,6	81
14/fev	25,4	17,7	21,3	39,6	4,9	88
15/fev	30,4	15,9	22,6	0	3,0	81
16/fev	31	20,2	24,2	12,7	4,1	76
17/fev	30,8	20,5	24,9	0	3,7	69
18/fev	31,3	19,8	24,5	0	5,5	55
19/fev	30,8	18,5	24,3	0	4,9	51
20/fev	31,5	19,2	25,2	0	5,5	61
21/fev	30,8	19	24,9	0	6,6	70
22/fev	31	18,6	25,0	0	6,1	67
23/fev	33,6	19,7	26,6	0	3,8	63
24/fev	32,9	20,3	25,2	0,2	4,2	70
25/fev	30,6	19,1	23,5	2,8	5,1	81
26/fev	29,5	19,1	23,5	0	8,4	74
27/fev	29,6	18,7	22,6	1,6	8,1	77
28/fev	24,2	19,6	21,2	20,5	7,2	89
01/mar	28,3	18,4	21,4	4,3	6,1	89
02/mar	30,1	19,1	22,6	0	5,9	86
03/mar	28,1	19,2	22,7	0	5,8	87
04/mar	21,5	19,1	20,1	36,9	4,9	96
05/mar	24,2	19,1	21,1	30,5	3,5	94
06/mar	27,9	19,4	22,2	18,6	2,8	92
07/mar	28,7	18,4	20,3	49,2	3,7	95
08/mar	30,1	18,7	22,7	0	3,8	83
09/mar	28,5	19	21,9	19,3	4,0	86
10/mar	30	16,5	22,8	0,3	3,4	77
11/mar	33,3	19,2	25,8	0	5,1	63
12/mar	34	20,4	26,6	0	4,0	52
13/mar	34,2	21	26,5	6,3	4,5	63
14/mar	31,9	21,4	25,3	0	5,3	69
15/mar	32,6	20,4	23,9	12,7	4,9	78
16/mar	31,4	19,9	25,2	0	4,8	74

## Anexo 2 – Análises de Variância

RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS MÉDIAS DE ALTURA DE PLANTAS. FORNAROLLI CIÊNCIA AGRÍCOLA, LONDRINA/PR.

Causa da variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	4	0,003480	0,00087000	4,3866	0,015123
Resíduo	15	0,002975	0,00019833		
Total	19	0,006455			
CV (%)	1,05				

RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA NO NÚMERO DE HASTES NO FLORESCIMENTO. FORNAROLLI CIÊNCIA AGRÍCOLA, LONDRINA/PR.

Causa da variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	4	1,88	0,470	0,42266	0,7899
Resíduo	15	16,68	1,112		
Total	19	18,56			
CV (%)	8,11				

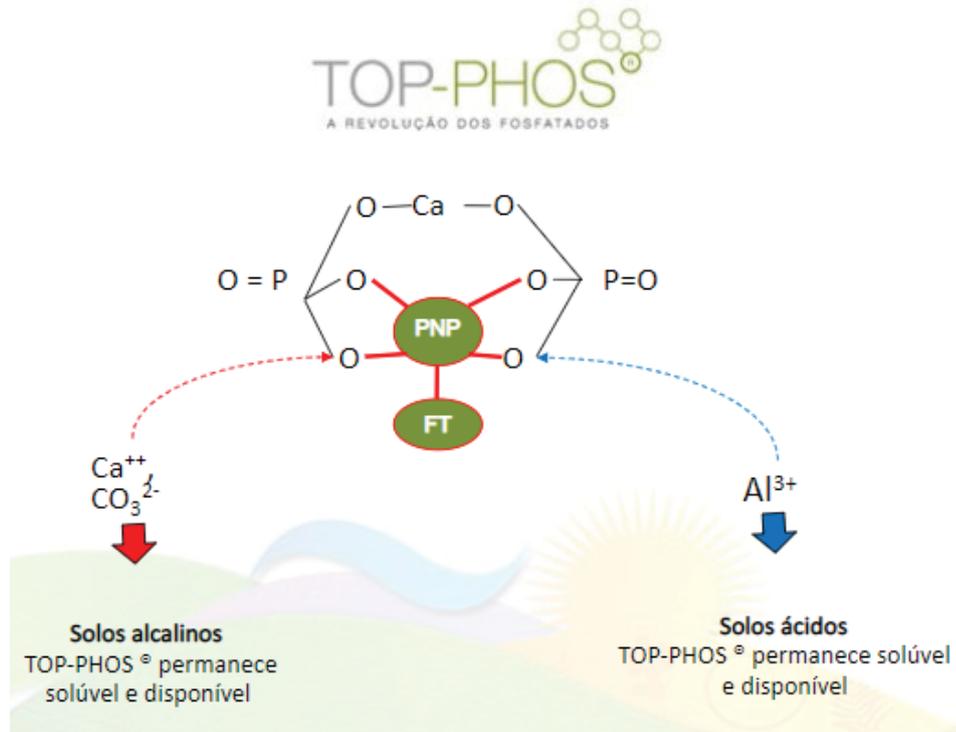
RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS MÉDIAS DO PESO DE MIL GRÃOS. FORNAROLLI CIÊNCIA AGRÍCOLA, LONDRINA/PR.

Causa da variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	4	206,50	51,625	8,1299	0,0010759
Resíduo	15	95,25	6,350		
Total	19	301,75			
CV (%)	1,41				

RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS MÉDIAS DO RENDIMENTO DE GRÃOS. FORNAROLLI CIÊNCIA AGRÍCOLA, LONDRINA/PR.

Causa da variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	4	821939	205485	4,2172	0,01745
Resíduo	15	730882	48725		
Total	19	1552821			
CV (%)	7,7				

### Anexo 3 – Esquema de ação do Top Phos



O Top Phos possui a tecnologia CSP (complexo superfosfato), que protege o fósforo da fixação do alumínio, ferro, pH e argila, deixando-o disponível para as plantas, além de estimular o desenvolvimento radicular, aumentando a área de contato, maior absorção do P e maior produtividade (TIMAC AGRO, 2021).

Esta tecnologia de liberação lenta, deixa o P livre de qualquer ligação ao alumínio ou carbonatos (POLIDORO, 2011), ou seja, a substituição dos carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) pelo fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) dependerá do grau da substituição que esta causará na instabilidade da estrutura cristalina da rocha, definindo a eficiência dos fosfatos naturais (LEHR; McCLELLAN, 1972). Esta dureza cristalina acontece, no caso das rochas nacionais, por sua característica de menor reatividade para aplicá-la como fertilizante (FRANZINI, 2006).

## Anexo 4 – Análise de solo: Geral



## NEOSOLO AGROANÁLISES

CNPJ: 09.534.471/0001-54

Rua Visconde de Mauá, 112 - FONE: (43) 3026-1117 - LONDRINA - PARANÁ

Convênio: Particular	
Solicitante: Fornarolli C.A.	Data: 23/04/2020
Propriedade: Fornarolli	Matrícula: Gleba: Gleba 01
Proprietário/Arrendatário: Fornarolli	Área (ha):
Endereço:	

## RESULTADO DA ANÁLISE DO SOLO

Identificação da Amostra	Amostra	38206
	Profundidade	00-20

## QUÍMICA BÁSICA

mg/dm <sup>3</sup> g/kg	Fósforo.....P	10,6
	Matéria Orgânica.....M.O.	29,3
	pH em CaCl <sub>2</sub> .....>	5,3
	Alumínio.....(Al <sup>3+</sup> )	0,0
	Acidez Potencial.....(H + Al <sup>3+</sup> )	3,70
	Cálcio.....(Ca <sup>2+</sup> )	4,5
	Magnésio.....(Mg <sup>2+</sup> )	1,2
	Potássio.....(K <sup>+</sup> )	0,32
	Soma de Bases.....SB	6,1
	C.T.C.....>	9,8
Saturação complexo de troca %	Saturação por Bases.....V%	62,2
	Saturação por Alumínio.....m%	0,0
	Saturação por cálcio.....%Ca <sup>2+</sup>	46,3
	Saturação por magnésio.....%Mg <sup>2+</sup>	12,6
	Saturação por potássio.....%K <sup>+</sup>	3,3
Relações	Cálcio / Magnésio.....Ca / Mg	4
	Cálcio / Potássio.....Ca / K	14
	Magnésio / Potássio.....Mg / K	4

## MICROELEMENTOS

mg/dm <sup>3</sup>	Boro.....B	NS
	Cobre.....Cu	NS
	Ferro.....Fe	NS
	Manganês.....Mn	NS
	Zinco.....Zn	NS
mg/dm <sup>3</sup>	ENXOFRE.....(S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	NS

## GRANULOMETRIA

%	Argila.....>	70,0
	Silte.....>	10,0
	Areia.....>	20,0
	Classificação.....>	Muito Argilosa(Tipo III)
outros	pH em água.....>	5,88

EXTRATORES	Granulometria: Método do Densímetro		
	(H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> ): SMP	(C): Welkey Black	(S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ): Fosfato Monocalcico - 500mg de P/l (B): Água Quente
(Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Al <sup>3+</sup> ): KCL 1M	<span style="color: green;">■</span> Alto	<span style="color: orange;">■</span> Médio	<span style="color: red;">■</span> Baixo
(Cu, Fe, Mn, Zn, P, K <sup>+</sup> ): Mehlich I	<span style="color: blue;">■</span> Não Prejudicial	<span style="color: orange;">■</span> Pouco Prejudicial	<span style="color: red;">■</span> Prejudicial

Obs.: Este laudo de análise refere-se a amostras enviadas ao laboratório, não contendo recomendação de fertilizantes e corretivos.



Fernando P. Meneghel  
Engenheiro Agrônomo  
Crea: PR 25074/D

## Anexo 5 – Análise de solo: Tratamento 1



## NEOSOLO AGROANÁLISES

CNPJ: 09.534.471/0001-54

Rua Visconde de Mauá, 112 - FONE: (43) 3026-1117 - LONDRINA - PARANÁ

Convênio: Particular	
Solicitante: Fornarolli Ciência Agrícola	Data: 09/09/2021
Propriedade: F 1	Matrícula: Gleba: 1
Proprietário/Arrendatário: Fornarolli	Área (ha):
Endereço: Londrina - PR	

## RESULTADO DA ANÁLISE DO SOLO

Identificação da Amostra	Amostra	50644
	Profundidade	20-40

## QUÍMICA BÁSICA

mg/dm <sup>3</sup>	Fósforo.....P	15,8	
	g/kg	Matéria Orgânica.....M.O.	28,6
		pH em CaCl <sub>2</sub> .....>	5,1
	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	Alumínio.....(Al <sup>3+</sup> )	0,0
		Acidez Potencial.....(H + Al <sup>3+</sup> )	4,17
		Cálcio.....(Ca <sup>2+</sup> )	5,5
		Magnésio.....(Mg <sup>2+</sup> )	1,6
		Potássio.....(K <sup>+</sup> )	0,48
		Soma de Bases.....SB	7,6
		C.T.C.....>	11,8
Saturação complexo de troca %		Saturação por Bases.....V%	64,6
	Saturação por Alumínio.....m%	0,0	
	Saturação por cálcio.....%Ca <sup>2+</sup>	46,5	
	Saturação por magnésio.....%Mg <sup>2+</sup>	14,0	
	Saturação por potássio.....%K	4,1	
Relações	Cálcio / Magnésio.....Ca / Mg	3	
	Cálcio / Potássio.....Ca / K	11	
	Magnésio / Potássio.....Mg / K	3	

## MICROELEMENTOS

mg/dm <sup>3</sup>	Boro.....B	NS
	Cobre.....Cu	NS
	Ferro.....Fe	NS
	Manganês.....Mn	NS
	Zinco.....Zn	NS

mg/dm <sup>3</sup>	ENXOFRE.....(S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	NS
--------------------	--	----

## GRANULOMETRIA

%	Argila.....>	76,0
	Silte.....>	12,0
	Areia.....>	12,0
	Classificação.....>	Muito Argilosa(Tipo III)

outras	pH em água.....>	5.59
--------	------------------	------

EXTRATORES	Granulometria: Método do Densímetro		
	(H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> ): SMP	(C): Walkley Black	(S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ): Fósforo Monocalcico - 500mg de P/l (B): Água Quente
(Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Al <sup>3+</sup> ): KCL 1M	Alto	Médio	Baixo
(Cu, Fe, Mn, Zn, P, K <sup>+</sup> ): Mehlich I	Não Prejudicial	Pouco Prejudicial	Prejudicial

Obs.: Este laudo de análise refere-se a amostras enviadas ao laboratório, não contendo recomendação de fertilizantes e corretivos.

Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural  
SOLICITANTE: EMBRAPA

**Embrapa**  
Solos

VÁLIDO ATÉ ABRIL/21

**neo solo**  
Agroanálises

Fernando P. Meneghel  
Engenheiro Agrônomo  
Crea: PR 25074/D

## Anexo 6 – Análise de solo: Tratamento 2



## NEOSOLO AGROANÁLISES

CNPJ: 09.534.471/0001-54

Rua Visconde de Mauá, 112 - FONE: (43) 3026-1117 - LONDRINA - PARANÁ

Convênio: Particular	
Solicitante: Fornarolli Ciência Agrícola	Data: 09/09/2021
Propriedade: F 1	Matrícula: Gleba: 4
Proprietário/Arrendatário: Fornarolli	Área (ha):
Endereço: Londrina - PR	

## RESULTADO DA ANÁLISE DO SOLO

Identificação da Amostra	Amostra	50647
	Profundidade	20-40

## QUÍMICA BÁSICA

mg/dm <sup>3</sup> D kg	Fósforo.....P	17,1
	Matéria Orgânica.....M.O.	28,2
	pH em CaCl <sub>2</sub> .....>	4,7
	Alumínio.....(Al <sup>3+</sup> )	0,1
	Acidez Potencial.....(H + Al <sup>3+</sup> )	5,49
	Cálcio.....(Ca <sup>2+</sup> )	5,1
	Magnésio.....(Mg <sup>2+</sup> )	1,4
	Potássio.....(K <sup>+</sup> )	0,35
	Soma de Bases.....SB	6,9
	C.T.C.....>	12,4
cmol/dm <sup>3</sup>		
	Saturação por Bases.....V%	55,6
	Saturação por Alumínio.....m%	2,0
	Saturação por cálcio.....%Ca <sup>2+</sup>	41,2
	Saturação por magnésio.....%Mg <sup>2+</sup>	11,6
Saturação por potássio.....%K	2,8	
Relações		
	Cálcio / Magnésio.....Ca / Mg	4
	Cálcio / Potássio.....Ca / K	15
	Magnésio / Potássio.....Mg / K	4

## MICROELEMENTOS

mg/dm <sup>3</sup>	Boro.....B	NS
	Cobre.....Cu	NS
	Ferro.....Fe	NS
	Manganês.....Mn	NS
	Zinco.....Zn	NS

mg/dm <sup>3</sup>	ENXOFRE.....(S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	NS
--------------------	--	----

## GRANULOMETRIA

%	Argila.....>	76,0
	Silte.....>	14,0
	Areia.....>	10,0
	Classificação.....>	Muito Argilosa(Tipo III)

outros	pH em água.....>	5,43
--------	------------------	------

(Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Al <sup>3+</sup> ): KCL 1M	Granulometria: Método do Densímetro		
	(H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> ): SMP	(C): Walkley Black	(S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ): Fósforo Monocalcico - 500mg de P/I (B): Água Quente
(Cu, Fe, Mn, Zn, P, K <sup>+</sup> ): Mehlich I	Alto	Médio	Baixo
	Não Prejudicial	Pouco Prejudicial	Prejudicial

Obs.: Este laudo de análise refere-se a amostras enviadas ao laboratório, não contendo recomendação de fertilizantes e corretivos.



Fernando P. Meneghel  
Engenheiro Agrônomo  
Crea: PR 25074/D

## Anexo 7 – Análise de solo: Tratamento 3



## NEOSOLO AGROANÁLISES

CNPJ: 09.534.471/0001-54

Rua Visconde de Mauá, 112 - FONE: (43) 3026-1117 - LONDRINA - PARANÁ

Convênio: Particular	
Solicitante: Fornarolli Ciência Agrícola	Data: 09/09/2021
Propriedade: F 1	Matrícula: Gleba: 3
Proprietário/Arrendatário: Fornarolli	Área (ha):
Endereço: Londrina - PR	

## RESULTADO DA ANÁLISE DO SOLO

Identificação da Amostra	Amostra	50646
	Profundidade	20-40

## QUÍMICA BÁSICA

mg/dm <sup>3</sup>	Fósforo.....P	24,0	
	g/kg	Matéria Orgânica.....M.O.	30,5
		pH em CaCl <sub>2</sub> .....>	4,6
	cmol/dm <sup>3</sup>	Alumínio.....(Al <sup>3+</sup> )	0,2
		Acidez Potencial.....(H + Al <sup>3+</sup> )	4,59
		Cálcio.....(Ca <sup>2+</sup> )	4,3
		Magnésio.....(Mg <sup>2+</sup> )	1,1
		Potássio.....(K <sup>+</sup> )	0,55
		Soma de Bases.....SB	6,0
		C.T.C.....>	10,6
Saturação complexo de troca %		Saturação por Bases.....V%	56,8
	Saturação por Alumínio.....m%	3,2	
	Saturação por cálcio.....%Ca <sup>2+</sup>	40,8	
	Saturação por magnésio.....%Mg <sup>2+</sup>	10,8	
	Saturação por potássio.....%K	5,2	
Relações	Cálcio / Magnésio.....Ca / Mg	4	
	Cálcio / Potássio.....Ca / K	8	
	Magnésio / Potássio.....Mg / K	2	

## MICROELEMENTOS

mg/dm <sup>3</sup>	Boro.....B	NS
	Cobre.....Cu	NS
	Ferro.....Fe	NS
	Manganês.....Mn	NS
	Zinco.....Zn	NS

mg/dm <sup>3</sup>	ENXOFRE.....(S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	NS
--------------------	--	----

## GRANULOMETRIA

%	Argila.....>	74,0
	Silte.....>	12,0
	Areia.....>	14,0
	Classificação.....>	Muito Argilosa(Tipo III)

outras	pH em água.....>	5.16
--------	------------------	------

EXTRATORES	Granulometria: Método do Densímetro		
	(H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> ): SMP	(C): Walkley Black	(S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ): Fosfato Monocalcico - 500mg de P/I (B): Água Quente
(Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Al <sup>3+</sup> ): KCL 1M	Alto	Médio	Baixo
(Cu, Fe, Mn, Zn, P, K <sup>+</sup> ): Mehlich I	Não Prejudicial	Pouco Prejudicial	Prejudicial

Obs.: Este laudo de análise refere-se a amostras enviadas ao laboratório, não contendo recomendação de fertilizantes e corretivos.

  
 Fernando F. Meneghel  
 Engenheiro Agrônomo  
 Crea: PR 25074/D

Anexo 8 – Análise de solo: Tratamento 4



# NEOSOLO AGROANÁLISES

CNPJ: 09.534.471/0001-54

Rua Visconde de Mauá, 112 - FONE: (43) 3026-1117 - LONDRINA - PARANÁ

Convênio: Particular	
Solicitante: Fornarolli Ciência Agrícola	Data: 09/09/2021
Propriedade: F 1	Matrícula: Gleba: 5
Proprietário/Arrendatário: Fornarolli	Área (ha):
Endereço: Londrina - PR	

RESULTADO DA ANÁLISE DO SOLO

Identificação da Amostra	Amostra	50648
	Profundidade	20-40

QUÍMICA BÁSICA

mg/dm <sup>3</sup>	Fósforo.....P	12,2
	Matéria Orgânica.....M.O.	28,2
	pH em CaCl <sub>2</sub> .....>	4,8
	Alumínio.....(Al <sup>3+</sup> )	0,1
	Acidez Potencial.....(H + Al <sup>3+</sup> )	5,13
	Cálcio.....(Ca <sup>2+</sup> )	5,1
	Magnésio.....(Mg <sup>2+</sup> )	1,4
	Potássio.....(K <sup>+</sup> )	0,45
	Soma de Bases.....SB	7,0
	C.T.C.....>	12,1
cmol/dm <sup>3</sup>		
	Saturação por Bases.....V%	57,5
	Saturação por Alumínio.....m%	1,8
	Saturação por cálcio.....%Ca <sup>2+</sup>	42,0
	Saturação por magnésio.....%Mg <sup>2+</sup>	11,8
Saturação por potássio.....%K	3,7	
Relações	Cálcio / Magnésio.....Ca / Mg	4
	Cálcio / Potássio.....Ca / K	11
	Magnésio / Potássio.....Mg / K	3

MICROELEMENTOS

mg/dm <sup>3</sup>	Boro.....B	NS
	Cobre.....Cu	NS
	Ferro.....Fe	NS
	Manganês.....Mn	NS
	Zinco.....Zn	NS

mg/dm <sup>3</sup>	ENXOFRE.....(S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	NS
--------------------	--	----

GRANULOMETRIA

%	Argila.....>	74,0
	Silte.....>	14,0
	Areia.....>	12,0
	Classificação.....>	Muito Argilosa(Tipo III)

outras	pH em água.....>	5.43
--------	------------------	------

(Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Al <sup>3+</sup> ): KCL 1M	Granulometria: Método do Densímetro		
	(H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> ): SMP	(C): Walkley Black	(S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ): Fósforo Monocalcico - 500mg de P/l (B): Água Quente
(Cu, Fe, Mn, Zn, P, K <sup>+</sup> ): Mehlich I	Alto	Médio	Baixo
	Não Prejudicial	Pouco Prejudicial	Prejudicial

Obs.: Este laudo de análise refere-se a amostras enviadas ao laboratório, não contendo recomendação de fertilizantes e corretivos.



Fernando P. Meneghel  
Engenheiro Agrônomo  
Crea: PR 25074/D

## Anexo 9 – Análise de solo: Tratamento 5



## NEOSOLO AGROANÁLISES

CNPJ: 09.534.471/0001-54

Rua Visconde de Mauá, 112 - FONE: (43) 3026-1117 - LONDRINA - PARANÁ

Convênio: Particular	
Solicitante: Fornarolli Ciência Agrícola	Data: 09/09/2021
Propriedade: F 1	Matrícula: Gleba: 6
Proprietário/Arrendatário: Fornarolli	Área (ha):
Endereço: Londrina - PR	

## RESULTADO DA ANÁLISE DO SOLO

Identificação da Amostra	Amostra	50649
	Profundidade	20-40

## QUÍMICA BÁSICA

mg/dm <sup>3</sup>	Fósforo.....P	16,1
g/kg	Matéria Orgânica.....M.O.	28,6
	pH em CaCl <sub>2</sub> .....>	5,0
	Alumínio.....(Al <sup>3+</sup> )	0,1
	Acidez Potencial.....(H + Al <sup>3+</sup> )	5,02
cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	Cálcio.....(Ca <sup>2+</sup> )	5,4
	Magnésio.....(Mg <sup>2+</sup> )	1,3
	Potássio.....(K <sup>+</sup> )	0,54
	Soma de Bases.....SB	7,2
	C.T.C.....>	12,3
Saturação complexo de troca %	Saturação por Bases.....V%	59,1
	Saturação por Alumínio.....m%	1,2
	Saturação por cálcio.....%Ca <sup>2+</sup>	43,9
	Saturação por magnésio.....%Mg <sup>2+</sup>	10,8
	Saturação por potássio.....%K	4,4
Relações	Cálcio / Magnésio.....Ca / Mg	4
	Cálcio / Potássio.....Ca / K	10
	Magnésio / Potássio.....Mg / K	2

## MICROELEMENTOS

mg/dm <sup>3</sup>	Boro.....B	NS
	Cobre.....Cu	NS
	Ferro.....Fe	NS
	Manganês.....Mn	NS
	Zinco.....Zn	NS

mg/dm <sup>3</sup>	ENXOFRE.....(S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	NS
--------------------	--	----

## GRANULOMETRIA

%	Argila.....>	79,0
	Silte.....>	15,0
	Areia.....>	6,0
	Classificação.....>	Muito Argilosa(Tipo III)

outros	pH em água.....>	5,65
--------	------------------	------

EXTRATORES	Granulometria: Método do Densímetro		
(H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> ): SMP	(C): Walkley Black	(S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ): Fósforo Monocalcico - 500mg de P/l	(B): Água Quente
(Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Al <sup>3+</sup> ): KCL 1M	Alto	Médio	Baixo
(Cu, Fe, Mn, Zn, P, K <sup>+</sup> ): Mehlich I	Não Prejudicial	Pouco Prejudicial	Prejudicial

Obs.: Este laudo de análise refere-se a amostras enviadas ao laboratório, não contendo recomendação de fertilizantes e corretivos.



Fernando P. Meneghel  
Engenheiro Agrônomo  
Crea: PR 25074/D