

Avaliação de fosfato natural (Fosbio®) na cultura do milho safrinha

Evaluation of natural phosphate (Fosbio®) in the “safrinha” corn

Evaluación del fosfato natural (Fosbio®) en el cultivo de maíz safrinha

Recebido: 15/12/2023 | Revisado: 26/12/2023 | Aceitado: 28/12/2023 | Publicado: 29/12/2023

Kleso Silva Franco Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6807-8889>
Centro Superior de Ensino e Pesquisa, Brasil
E-mail: klesojr@gmail.com

Márcio de Souza Dias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8367-1341>
Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais, Brasil
E-mail: marciodesouzadias2013@gmail.com

Anderson Caproni Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-0127-9844>
Fazenda Santa Cruz-MG, Brasil
E-mail: gerencia1@santacruzfazenda.com.br

Sérgio Reis Almeida

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7766-2941>
Fazenda Santa Cruz-MG, Brasil
E-mail: reisalmeidasergio8@gmail.com

Alexandre Aparecido Silva

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1312-5294>
Fazenda Santa Cruz-MG, Brasil
E-mail: carolainesantossilvasilva3637@gmail.com

Elber Augusto Caixeta

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2304-181X>
Fazenda Santa Cruz-MG, Brasil
E-mail: elbercaixeta@hotmail.com

Resumo

Objetivou-se com esta pesquisa avaliar a eficiência da fosfatagem com Fosbio® (Rocafeed) em sistema de produção em cultivo de milho em relação aos teores de fósforo e boro de 0 - 20 cm e de 20 - 40 cm. A pesquisa foi realizada na Fazenda Santa Cruz em Paraguaçu-MG no período de fevereiro a agosto de 2023. Os parâmetros químicos e de granulométrica do solo, foram analisados, e com base nos dados obtidos, foi calculado a quantidade de Fosbio® a ser aplicado na gleba, o qual foi aplicado a lanço em 23/02/23, e em seguida, foi realizada a aplicação do fosfato natural e, posteriormente, a semeadura do milho (Pioneer P3440 PWU) a qual ocorreu em fevereiro. Os tratamentos foram os seguintes: T1 - Controle, T2 - 516 kg ha⁻¹ de Fosbio® e T3 - 1235 kg ha⁻¹ de Fosbio®. O experimento foi instalado em Delineamento em Blocos Casualizados (DBC) com 5 repetições por tratamento sendo os parâmetros avaliados a produtividade do milho, teores de fósforo (P) e boro (B) no solo antes do plantio e após a colheita nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm. As médias obtidas foram comparadas pelo teste de Scott-Knott com 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR®. A aplicação de Fosbio® 00-25-00+0,5 de boro na dosagem de 516 kg/ha⁻¹, promoveu melhoria nos teores de fósforo no solo, tanto avaliados pelo extrator resina como Mehlich, e para o elemento boro a aplicação de dosagens crescentes promoveu incremento no teor do elemento no solo.

Palavras-chave: Adubação; Fosfatagem; Insumo sustentável; Rochas fosfáticas; *Zea mays*.

Abstract

The objective of this research was to evaluate the efficiency of phosphating with Fosbio® (Rocafeed) in a corn production system in relation to phosphorus and boron contents of 0 - 20 cm and 20 - 40 cm. The research was carried out at Fazenda Santa Cruz in Paraguaçu-MG from February to August 2023. The chemical and granulometric parameters of the soil were analyzed, and based on the data obtained, the amount of Fosbio® to be applied was calculated. on the land, which was applied by broadcast on 02/23/23, and then, the application of natural phosphate was carried out and, subsequently, the sowing of corn (Pioneer P3440 PWU) which took place in february. The treatments were as follows: T1 - Control, T2 - 516 kg ha⁻¹ of Fosbio® and T3 - 1235 kg ha⁻¹ of Fosbio®. The experiment was installed in a Randomized Block Design (RBD) with 5 replications per treatment, with the parameters evaluated being corn productivity, phosphorus (P) and boron (B) content in the soil before planting and after harvesting in layers of 0 -20 cm and 20-40 cm. The means obtained were compared using the Scott-Knott test with 5% probability, using the SISVAR® software. The application of Fosbio® 00-25-00+0.5 boron at a dosage of 516 kg/ha⁻¹, promoted an improvement in phosphorus levels in the soil, both evaluated by the resin extractor and Mehlich, and for the boron element the application increasing dosages promoted an increase in the element content in the soil.

Keywords: Fertilization; Phosphating; Sustainable input; Phosphate rocks; *Zea mays*

Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficiencia del fosfatado con Fosbio® (Rocafeed) en un sistema de producción de maíz en relación a contenidos de fósforo y boro de 0 - 20 cm y 20 - 40 cm. La investigación se realizó en la Hacienda Santa Cruz, en Paraguaçu-MG, de febrero a agosto de 2023. Se analizaron los parámetros químicos y granulométricos del suelo y, con base en los datos obtenidos, se calculó la cantidad de Fosbio® a aplicar. terreno, el cual se aplicó al voleo el 23/02/23, y luego, se realizó la aplicación de fosfato natural y, posteriormente, la siembra de maíz (Pioneer P3440 PWU) que se realizó en febrero. Los tratamientos fueron los siguientes: T1 - Control, T2 - 516 kg ha⁻¹ de Fosbio® y T3 - 1235 kg ha⁻¹ de Fosbio®. El experimento se instaló en un Diseño de Bloques al Azar (DBA) con 5 repeticiones por tratamiento, siendo los parámetros evaluados la productividad del maíz, el contenido de fósforo (P) y boro (B) en el suelo antes de la siembra y después de la cosecha en capas de 0 -20 cm y 20-40 cm. Las medias obtenidas se compararon mediante la prueba de Scott-Knott con 5% de probabilidad, utilizando el software SISVAR®. La aplicación de Fosbio® 00-25-00+0.5 boro a dosis de 516 kg/ha⁻¹, promovió una mejora en los niveles de fósforo en el suelo, ambos evaluados por el extractor de resina y Mehlich, y para el elemento boro la aplicación El aumento de las dosis contribuyó a un aumento del contenido de elementos en el suelo.

Palabras clave: Fertilización; Fosfatación; Insumos sostenibles; Rocas fosfatadas; *Zea mays*.

1. Introdução

Os solos brasileiros pela formação de sua gênese, apresenta algumas particularidades em relação ao nutriente Fósforo. Assim sendo, a maioria dos solos agricultáveis no Brasil apresentam baixos níveis deste elemento, e quando aplicados para correção, uma parte significativa apresenta condições de ligação covalente com os óxidos de ferro e alumínio, se fixando, ou seja, ficando adsorvidos e não disponíveis para as plantas, além das perdas por lixiviação.

Além desta particularidade dos solos brasileiros e o fósforo, a agricultura está cada dia mais moderna e dinâmica, com custos elevados de produção, necessitando de otimizarmos os processos produtivos, adoção de tecnologias mais eficientes para manter competitivo o agronegócio. Pantano et al. (2016) e Sasabuchi et al. (2023), destacam que o fósforo é adquirido através da extração das rochas fosfáticas, também denominadas fosforitas, as quais representam uma fonte não renovável. Em conjunto com o nitrogênio e o potássio, compõe um trio clássico de nutrientes fundamentais para as plantas, sendo empregados para assegurar a obtenção de altos rendimentos nas culturas agrícolas.

Outro ponto de grande importância é o uso de insumos mais sustentáveis, assim sendo, a demanda por modelos de produção pautados em sequestro/estoque de carbono, biológicos, pó de rocha estão em evidência, neste contexto o uso de fosfato (oriundo de pó de rocha) aditivado com produtos biológicos pode ser uma grande ferramenta aos sistemas de produção modernos.

Sasabuchi et al. (2023), em seus estudos destacam que as projeções apontam que até o ano de 2035, a necessidade de fósforo superará sua oferta disponível, destacando a importância de uma abordagem sustentável em relação a esse elemento, juntamente com uma melhoria na eficiência da recuperação do fósforo. Cordell et al. (2011), Searchinger et al. (2013) e Domene et al. (2023), alertam para o fato de que a indústria de alimentos enfrentará uma situação crítica até 2050, à medida que se antecipa uma população global de mais de 9 bilhões de pessoas, sendo necessário aumento em cerca de 70% a produção agrícola para suprir as necessidades da população.

Devido à sua concentração geográfica em áreas específicas, a oferta do produto não é adequada em todas as regiões do globo (Scholz et al., 2013), cerca de 90% das reservas de rochas fosfáticas são dominadas por apenas seis países, sendo que 74% delas estão localizadas principalmente no Marrocos e na República do Saara Ocidental (Cordell et al., 2013).

Vale a pena destacar que Scheer et al. (2017), em seus estudos avaliando o crescimento inicial de quatro espécies florestais encontradas em áreas degradadas submetidas as mesmas a três níveis de fertilizantes com alta concentração de P (NPK 5 – 20 -10) em dosagens respectivamente de 0, 330 e 500 g/planta⁻¹, observaram que a espécie *Schinus terebinthifolius* (aroeira-vermelha) apresentou desenvolvimento significativamente superior em relação as demais espécies em relação ao diâmetro e altura.

A incapacidade de persistência das gramíneas está principalmente ligada à gestão inadequada, à diminuição da fertilidade do solo e à ausência de reposição de adubos. Adicionalmente, a escassa disponibilidade de nitrogênio (N), fósforo (P) e a elevada saturação por alumínio (Al) emergem como os principais elementos que restringem a produtividade de forrageiras em solos de regiões tropicais (Barbero et al., 2021), indicando a importância da calagem, bem como da adição de nitrogênio e fósforo nessa área.

Apesar de ser eficaz na reposição de nutrientes, a aplicação de fertilizantes e corretivos pelos criadores de gado é bastante restrita devido aos custos elevados dos insumos, os quais podem constituir mais de 60% do custo total de produção (Barcellos et al., 2008), desta forma a fosfatagem se apresenta como potencial utilização no que se refere a disponibilidade de fósforo para a planta.

O Brasil tem progredido significativamente em relação à produtividade, eficiência e sustentabilidade em vários sistemas de produção agrícola, no entanto, persiste uma elevada dependência de importação de insumos, especialmente matérias-primas para fertilizantes, que predominantemente se apresentam na forma de sais solúveis, estes sais incluem fontes cruciais de nitrogênio, potássio e fósforo, fundamentais para o crescimento de qualquer cultura agrícola (Teixeira et al., 2012; Pillon, 2017).

Com o intuito de regular os pós de rochas, em 10 de dezembro de 2013, a Presidência da República promulgou a Lei Federal nº 12.890/2013, incorporando-os como uma categoria de insumos destinados à agricultura, denominados remineralizadores. Em 10 de março de 2016, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento emitiu a Instrução Normativa (IN) nº 53 (MAPA, 2013), que estabelece normas e critérios para o uso de remineralizadores e condicionadores de solo, definindo as especificações e garantias mínimas desses produtos. Nesse contexto, pesquisas direcionadas ao desenvolvimento de métodos de análise para a caracterização de remineralizadores de solo tornaram-se de extrema importância para respaldar o registro e a utilização adequada desses insumos na agricultura.

O boro é um nutriente crucial para o desenvolvimento das plantas. Índícios apontam que ele desempenha papéis fundamentais no crescimento meristemático, na formação de raízes, na síntese da parede celular, no funcionamento das membranas, nas respostas hormonais e na regulação do ciclo celular (Araújo & Silva, 2012). Javorski et al. (2014), destacam que o boro é de fundamental importância no que se refere a germinação do grão de pólen e respectivo desenvolvimento do tubo polínico. Além disso a sua deficiência pode ocasionar vários problemas na planta com prejudicar o desenvolvimento da planta e a redução do seu potencial produtivo (Silva et al., 2014), gerando conseqüentemente distúrbios nos processos fisiológicos os quais depende deste elemento (Brunes et al., 2015)

Objetivou-se com esta pesquisa avaliar a eficiência da fosfatagem com Fosbio® (Rocafeed) em sistema de produção em cultivo de milho em relação aos teores de fósforo e boro de 0 -20 cm e de 20 -40 cm.

2. Metodologia

A pesquisa foi realizada na Fazenda Santa Cruz, Rodovia MG 453/Km 13, no Município de Paraguaçu-MG, altitude média de 900 m, sendo o clima classificado como Cwa (Köppen & Geiger, 1948), temperatura média anual de 20,7 °C, com uma pluviosidade média anual de 1.227 mm (CLIMATE-DATA.ORG, 2021), no período fevereiro a agosto de 2023. A referida pesquisa de campo é de natureza quantitativa de acordo com a metodologia descrita por Pereira et al. (2018).

A gleba selecionada apresenta um solo argiloso com 48% de argila e coordenadas geográficas Latitude 21°38'57" S, Longitude 45°47'56" W vinha de um cultivo de verão de soja, e posteriormente a sua colheita foi realizado a amostragem de solo na camada de 0-20 cm e 20-40 cm com uso de sonda, com 20 subamostras simples para compor a amostra final. Após a coleta, a amostra composta de solo foi acondicionada em recipiente estéril e encaminhada para o laboratório de análise de solos Ribersolo Análises Agrícolas – Ribeirão Preto/SP, cuja análise está representada nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Análise de solo na camada de 0 – 20 cm.

	pH CaCl ₂	MO g dm ³	P Res mg dm ³	P Mehlich mg dm ³	Ca	Mg	K	H+Al mcmolc dm ³	SB	CTC	V %	m %	B mg dm ³	
Inicial	5,4	26	80	20	39	11	3	29	0	53	82	65	0	0,92

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Tabela 2 - Análise de solo na camada de 20 – 40 cm.

	pH CaCl ₂	MO g dm ³	P Res mg dm ³	P Mehlich mg dm ³	Ca	Mg	K	H+Al mmolc dm ³	Al	SB	CTC	V %	m %	B mg dm ³
inicial	5,4	23	38	7	29	10	2,8	31	0	41,8	73	57	0	0,94

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Os parâmetros químicos do solo, foram analisados, e com base nos dados obtidos, foi calculado a quantidade de Fosbio® a ser aplicado na gleba baseando-se no teor de fósforo (P) do produto, visando elevar o teor de P no solo de 5 a 10 mg/dm³, o qual foi aplicado o fosfato natural a lanço em 23/02/2023, posteriormente, foi realizado semeadura do milho (Pioneer P3440 PWU) a qual ocorreu em fevereiro de 2023. O manejo da lavoura foi realizado de acordo com os dados apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Manejo da Lavoura.

	13-33-00 MS 15	ton.	0,15	17,10
	P 3440 PWU	sc	1,00	58,50
	P 3808 PWU	sc	1,00	26,82
Trat. Sulco Plantio	Bio Asis®	lt	0,10	11,40
	Biotrio®	lt	0,15	17,10
	Bio Free®	lt	0,30	34,20
	Acadian®	lt	0,30	34,20
1ª Pulverização V2/V3	Blend®	lt	0,05	5,70
	Ultimato® (Atrazina)	lt	3,00	342,05
	Glifosato Alamos®	kg	1,00	114,02
	Sperto®	lt	0,20	22,80
	Openeem Plus®	lt	1,00	114,02
	Boveril®	kg	0,50	57,01
	Aureo®	lt	0,15	17,10
	Ativo®	lt	0,15	17,10
	N 160®	lt	30,00	3420,45
2ª Pulverização V4	Blend®	lt	0,05	5,70
	Certero®	lt	0,15	17,10
	Talisman®	lt	0,60	68,41
	Octane®	lt	0,50	57,01
	Openeem Plus®	lt	1,00	114,02
	Exion Max®	lt	1,50	171,02
	KBT Radice®1	lt	0,10	11,40
	Exion Potencer®	lt	0,40	45,61
	Azotrop® (Azospirilum)	lt	0,50	57,01
N 160®	lt	50,00	5700,75	
Pulverização V5/V6	Blend®	lt	0,05	5,70
	Talisman®	lt	0,60	68,41
	Octane®	lt	0,50	57,01
	Nutril Zn®	lt	1,00	114,02
	Nutril Mg®	lt	1,00	114,02
	N 160®	lt	50,00	5700,75
3ª Pulverização V8	Blend®	lt	0,05	5,70
	Triziman®	lt	2,00	228,03
	Sperto®	lt	0,20	22,80
	N 160®	lt	50,00	5700,75

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Para o plantio do Milho, foi utilizado a adubação de plantio com o fertilizante 13-33-00, baseado no potencial de produção esperando pela cultura, assim sendo o uso do Fosbio[®], tem como finalidade principal a construção dos níveis de fertilidade do solo.

Os tratamentos foram os seguintes: T1 - Controle, T2 - 516 kg ha⁻¹ de Fosbio[®] e T3 – 1.235 kg ha⁻¹ de Fosbio[®].

O Fertilizante Fosfatado Fosbio[®] utilizado apresenta a seguinte formulação 00-25-00+ 0,5% de B, sendo que 5% do P₂O₅ é solúvel em ácido cítrico à 2%.

O experimento foi instalado em Delineamento em Blocos Casualizados (DBC) com 5 repetições por tratamento sendo os parâmetros avaliados a produtividade do milho, teores de fósforo (P) e boro (B) no solo antes do plantio e após a colheita nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm.

As médias obtidas foram comparadas pelo teste de Scott-Knott com 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR[®] (Ferreira, 2014).

3. Resultados e Discussão

Em 09/08/2023 o milho atingiu seu ponto de colheita, onde foi realizado esta operação e os dados de produtividade são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Produtividade do milho safrinha submetidos ao fornecimento de Fosbio[®].

Tratamentos	Dosagem de Fosbio [®] (Kg ha ⁻¹)	Produtividade (ton ha ⁻¹)
1 (controle)	Zero	7246,81A
2	516	7000,76A
3	1235	6.828,83B
CV (%)		18,34

*Letras diferentes indicam diferenças estatísticas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Analisando os níveis de produtividade obtidos (Tabela 4), pode-se afirmar que para um cultivo de milho segunda safra, o potencial alcançado foi muito bom, destaca-se que a aplicação do fertilizante NPK 13-33-00 foi suficiente para suprir a demanda nutricional da cultura. Quando se analisa os dados da aplicação do Fosbio[®] a 516 kg/ha⁻¹, podemos observar que não houve diferença estatística em relação ao controle, já para dosagem de 1235 kg/ha⁻¹ houve diferença estatística, isso pode ter se dado, pela condição de maior quantidade fornecida de P no solo, que pode ter prejudicado a absorção de outros nutrientes, o que é bastante comum. Analisando estes dados, pode-se dizer que a aplicação do Fosbio[®] como fertilizante fosfatado de baixa solubilidade poderia ter trazido outros níveis de produtividade, se tivesse sido aplicado com maior antecedência ao plantio, pois a dinâmica no P no solo é bastante complexa e tais reações e disponibilidade deste para a cultura seria diferente pois, pesquisas realizadas por Husnain et al. (2014) e Luchese et al. (2021), os quais ressaltam que o uso de remineralizadores promovem o aumento das substâncias físico-químicas relacionadas a fertilidade dos solos, com importante efeito residual no solo e o melhor desenvolvimento da área foliar. Carvalho e Mundstock (2012) e Samantray et al. (2022) ainda destacam que o pó de rocha promove a liberação de forma mais lenta de nutrientes e por um longo tempo, diferentemente dos adubos solúveis que promovem, em algumas situações, excesso de nutrientes no solo, podendo levar a perdas por lixiviação e até mesmo a liberação e aumento de gases poluentes na atmosfera, e que o uso de remineralizadores podem contribuir com uma agricultura mais sustentável e contribuir com uma menor dependência do País no que se refere a importação de insumos.

Almeida Júnior et al. (2020), em suas pesquisas usando fosfato natural reativo, obtiveram um incremento de produtividade de Milho.

Os efeitos a curto prazo para a construção de fertilidade do solo em relação a produtividade são bastante limitados, pois existe uma série de reações químicas, físicas e biológicas no solo, que limitam muita das vezes a disponibilidade imediata dos nutrientes para as plantas.

Após a colheita também realizou-se uma nova amostragem de solo, para avaliação dos teores de P resina no solo, os quais são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Teores de P resina no solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm.

Tratamentos	Dosagem de Fosbio® (Kg ha ⁻¹)	P	
		(0-20 cm) mg dm ³	(20-40 cm) mg dm ³
Inicial	-	80	38
1 (controle)	Zero	84 B	40 B
2	516	95 A	51 A
3	1235	45 C	24 C
CV (%)		3,72	4,88

*Letras diferentes indicam diferenças estatísticas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Em relação aos níveis de P resina no solo (Tabela 5), pode-se observar que o teor inicial e o controle na camada de 0-20 cm e 20-40 cm, não tiveram variações, confirmando que a aplicação do fertilizante de plantio NPK 13-33-00 foi suficiente para suprir a demanda da cultura. Quando analisado a aplicação de Fosbio®, observou-se que na dosagem de 516 kg ha⁻¹, foi a que melhor resultou em elevação dos níveis de P no solo, e quando analisado a dosagem maior, observou-se que os níveis de P no solo reduziram bruscamente, ficando evidente, que mesmo pensando em construção da fertilidade do solo, não podemos usar altas doses, pois a dinâmica destes nutrientes no solo é bastante complexa, pois o excesso de um elemento inibe disponibilidade de outro, sem contar o processo de transformação do P no solo, com a fixação/adsorção nas argilas do solo. Klein e Agne (2012) e Santos e Medeiros (2023) alertam que a utilização incorreta do fósforo pode fazer com que este insumo passe de fertilizante a poluente, uma vez que seu excesso no ambiente pode ocasionar vários impactos negativos no solo e em recurso hídricos.

Na aplicação do Fosbio® o esperado era que elevasse de 5 a 15 mg/dm³ o teor de P no solo, assim sendo, os teores que a aplicação de 516 kg/ha⁻¹ promoveu uma elevação de 11 mg/dm³ comparado ao tratamento controle na camada de 0-20 e 20-40 cm.

A mobilidade do fósforo na solução solo é lenta e o processo de mineralização dos resíduos orgânicos no solo (Anghinoni & Bissani, 2008; Sasabuchi et al., 2023) irá ocorrer de forma gradativamente, ocorrendo a sua liberação e redistribuição de forma mais solúvel no perfil do solo, podendo explicar os seus efeitos nas diferentes profundidades (Oliveira et al., 2014).

Moreira (2016) ressalta que a recuperação do solo uma vez degradado é um grande desafio e que práticas utilizando a remineralização vão além da nutrição da planta, pois a sua utilização contribui com a sustentabilidade, estabilidade do solo, do clima e até mesmo com o sequestro de carbono.

Esta nova amostragem de solo também foi feita a avaliação dos teores de P Mehlich no solo, os quais são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Teores de P Mehlich mg dm³ no solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm.

Tratamentos	Dosagem de Fosbio® (Kg ha ⁻¹)	P (0-20 cm) mg dm ³	P (20-40 cm) mg dm ³
Inicial	-	20	7
1 (controle)	Zero	29 B	11 B
2	516	38 A	13 A
3	1235	13 C	7 C
CV (%)		6,53	9,97

*Letras diferentes indicam diferenças estatísticas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Os dados dos teores de P obtidos do solo pelo extrator Mehlich (Tabela 6), pode-se observar que a aplicação de Fosbio® na dosagem de 516kg/ha⁻¹ promoveu incrementos de 9 mg/dm³ na camada de 0-20 cm quando comparado ao controle e 2mg/dm³ na camada de 20-40 cm. Vale aqui ressaltar que o extrator Mehlich se baseia na dissolução parcial ácida dos coloides inorgânicos do solo de onde irá ocorrer a extração do fósforo ligado ao cálcio, ferro e alumínio (Brasil & Muraoka, 1997; Carneiro et al., 2023).

A eficiência da adubação fosfatada é altamente dependente da espécie extratora de acordo com estudos realizados por Novais e Smyth (1999) e Mumbach et al. (2018), sendo a adaptação da cultivar ao solo tropical um ponto a ser utilizado para definir a eficiência da absorção de fósforo (Siqueira et al., 2004).

Observou-se que para camadas mais profundas a resposta foi menor, haja vista a mobilidade do nutriente no solo, o qual é pouco móvel.

Os dados de Boro no solo também foram avaliados após a colheita, onde são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Teores de boro mg dm³ resina no solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm.

Tratamentos	Dosagem de Fosbio® (Kg ha ⁻¹)	B (0-20 cm) mg dm ³	B (20-40 cm) mg dm ³
Inicial	-	0,92	0,94
1 (controle)	Zero	1,08 C	1,12 B
2	516	1,13 B	1,05 B
3	1235	2,32 A	2,3 A
CV (%)		14,32	12,66

*Letras diferentes indicam diferenças estatísticas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Em relação ao micronutriente boro (Tabela 7), os níveis foram bastante influenciados pela dosagem do Fosbio® aplicado, destaca se aqui que a fonte utilizada no produto comercial é a base de Ulexita. Os níveis de boro no solo quando aplicados na dosagem de 516kg/ha⁻¹ promoveu um incremento no teor no solo 0.04 mg/dm³ na camada de 0-20 cm, já para a camada de 20-40 cm não houve diferenças estatística.

Beneduzzi (2011) e Tomicioli et al. (2020), destacam que os micronutrientes como por exemplo o boro, são requeridos em pequenas quantidades (partículas por milhão - ppm).

Porém quando se usou dosagem mais elevada de Fosbio®, os níveis foram elevados em 1,24 mg/dm³ na camada de 0-20 cm e 1,18 mg/dm³ na camada de 20-40 cm, destacando que o produto tem 0,5% de boro, onde aplicando 516 kg/ha⁻¹ de Fosbio® o fornecimento seria de aproximadamente 2.58 kg/ha⁻¹ e 1235 kg/ha⁻¹ de Fosbio®, o fornecimento seria de aproximadamente 6,17 kg/ha⁻¹. Desta forma tais resultados vêm de encontro com estudos realizados por Shelp (1993) e Trautmann et al. (2014) em que a adubação realizada com boro apresenta efeito positivo no que se refere ao crescimento radicular, e com os estudos de Cakmak e Römheid (1988) os quais destacaram a contribuição do B na síntese de parede celular e integridade

da membrana plasmática, e que segundo Shelp (1993) e Souza et al. (2015) sua deficiência inibe consequentemente o desenvolvimento do sistema radicular.

Trautmann et al. (2014) em trabalho realizado com soja observaram que os teores de boro no solo aumentaram de forma linearmente com as doses do nutriente aplicado no solo, sendo observado na maior dose (2 mg dm⁻³ de B) sintomas de típicos de toxidez de B nas folhas da cultura da soja o que não foi observado na cultura do milho safrinha.

Assim sendo uma boa opção para construção de teores de boro no solo, tanto nas camadas superficiais quando nas camadas mais profundas.

4. Conclusão

Para o estudo em questão a aplicação de Fosbio® 00-25-00+0,5 de boro na dosagem de 516 kg/ha⁻¹, promoveu melhoria nos teores de fósforo no solo, tanto avaliados pelo extrator resina como Mehlich, e para o elemento boro a aplicação de dosagens crescentes promoveu incremento no teor do elemento no solo.

Não se pretende aqui esgotar a discussão sobre o assunto, mas sim propor que pesquisas adicionais sejam elaboradas, pois acredita-se que o uso de remineralizadores pode contribuir com o aumento significativo da produtividade das culturas agrícolas.

Referências

- Almeida Júnior, J. J., Ataides Smiljanic, K. B., Araújo Matos, F.S., Perozini, A. C., de Sousa, J. V. A., Ribeiro Junior, L. F., Ferreira Silva, R., Araújo, S. L., Martins Dutra, J. & Liberato, P. V. (2020). Análise das variáveis tecnológicas do milho em função das doses crescentes de condicionador pó de rocha / Análise das variáveis tecnológicas do milho em função das doses crescentes de condicionador pó de rocha. *Brazilian Journal of Development*, 6(11), 88440-6. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n11-315>
- Anghinoni, I. & Bissani, C. A. (2008). *Fósforo e adubos fosfatados*. In: Bissani, C. A., Gianello, C., Tedesco, M. J. & Camargo, F. A. O. Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas. (2a ed.), Metropole.
- Araújo, E.O. & Da Silva, M. A. C. (2012). Interação boro e zinco no crescimento, desenvolvimento e nutrição do algodoeiro. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 7, 720-7.
- Barbero, R. P., Ribeiro, A. C. C., Moura, A. M., Longhini, V. Z., Mattos, T. F. A., & Barbero, M. M. D. (2021). Production potential of beef cattle in tropical pastures: a review. *Ciência Animal Brasileira*, 22, 1-22. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v22e-69609>
- Barcellos, A. O., Ramos, A. K. B., Vilela L. & Junior, G. M. (2008). Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. *R. Bras. Zootec.*, 37(suplemento especial), 51-67.
- Beneduzzi, B. E. (2011). *Rochagem: agregação das rochas como alternativa sustentável para a fertilização e adubação de solos*. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Porto Alegre-RS. <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/55696/000858721.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Brasil, E. C. & Muraoka, T. (1997). Extratores de fósforo em solos da Amazônia tratados com fertilizantes fosfatados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21, 599-606.
- Brasil. (2013). Lei nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013. Inclui os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, e dá outras providências. Brasília, 2013.
- Brasil. (2013). Instrução Normativa Mapa nº 05, D.O.U. 23/10/2013, sobre a regulamentação e outras providências. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Ministério do Meio Ambiente. <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-53-2013-com-as-alteracoes-da-in-6-de-10-3-16.pdf>
- Brunes, A. P., Oliveira, S. D., Lemes, E. S., Tavares, L. C., Gehling, V. M., Dias, L. & Villela, F. A. (2015). Adubação boratada e produção de sementes de trigo. *Ciência Rural*, 45, 1572-78. <https://www.scielo.br/j/ct/a/WQJmYDBsCdMQbWxQQVykBc/?lang=pt>
- Cakmak, I. & Römheld, V. (1998). Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. In: Dell, B., Rown, P.H. & Bell, R.W., eds. Boron in soil and plants: Review. Symposium. Chiang Mai. *Plant Soil*, 193, 71-83.
- Carneiro, K. A. A., Moro, L., Macedo, R. S., Neto, R. N. A., Sousa, C. S., & Bakker, A. P. (2023). Fósforo disponível extraído por Mehlich 1 e Olsen em Luvisolo sob agroecossistemas do Semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, 11(1), 165-73.
- Carvalho, A. & Mundstock, X. (2012). *Rochagem e suas interações no ambiente solo: contribuições para aplicação em agrossistemas sob manejo agroecológico*. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. <https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/1631/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Cordell, D., Rosemarin, A., Schröder, J. J. & Smit, A. L. (2011). Towards global phosphorus security: a systems framework for phosphorus recovery and reuse options. *Chemosphere*. 84(6), 747-58. [10.1016/j.chemosphere.2011.02.032](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.02.032).
- Cordell, D. & White, S. (2013). Sustainable Phosphorus Measures: Strategies and Technologies for Achieving Phosphorus Security. *Agronomy*.3, 86-116. <https://doi.org/10.3390/agronomy3010086>
- Domene, S. M. A., Agostini, K., Almeida, G. N. P. D., Camargo, R. G. M., Carvalho, A. M. D., Corrêa, F. E., Delbem, A. C. B., Domingos, S. S., Drucker, D. P., Marchioni, D. M. L., Martins, I. P., Montedo, U. B., Ribeiro, E. M. S., Santiago, R. D. A. C., Silva, R. F. D., Soares, F. M., Steluti, J., & Saraiva, A. M. (2023). Segurança alimentar: reflexões sobre um problema complexo. *Estudos Avançados*, 37(109), 181–206. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2023.37109.012>
- Ferreira, D. F. (2014). Sisvar: um guia dos seus procedimentos de comparações múltiplas Bootstrap. *Ciência e Agrotecnologia*. 38(2), 109-112. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>
- Husnain, H., Rochayatia, S., Sutriadia, T., Nassirb, A. & Sarwanic, M. (2014). Improvement of Soil Fertility and Crop Production through Direct Application of Phosphate rock on Maize in Indonesia. *Procedia Engineering*, 83, 336 - 43 <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.09.025>.
- Javorski, M., Rinaldi, L. K., Javorski, D., Simonetti, A. P. M. & Moreira, G. C. (2014). Qualidade de sementes de milho produzidas com diferentes doses de cálcio e boro. *Revista Cultivando o Saber*. 7(3), 41-51. <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/605>
- Klein, C. & Agne, S. A. A. (2012). Fósforo: de nutriente à poluente! *Revista Elet. Em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*. 8(8), 1713- 21. <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/6430/pdf>
- Köppen, W. & Geiger, R. (1928). *Klimate der Erde*, Justus Perthes, Gotha.
- Luchese, A. V., Pivetta, L. A., Batista, M. A.; Steiner, F., Giaretta, A. P. S., & Curtis, J. C. D. (2021). Agronomic feasibility of using basalt powder as soil nutrient remineralizer. *African Journal of Agricultural Research*, 17(1), 487-97.
- Moreira, D. T. (2016). *Remineralize a terra*. In: Congresso brasileiro de rochagem, 3., Pelotas-RS. Anais...Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília: Embrapa Cerrados; Assis: Triunfal Gráfica e Editora. p. 455. <https://www.embrapa.br/documents/1354346/26325871/Livro+Congresso+de+rochagem+Forma+to+Web.pdf/29be78a9-dd7a-8050-5b31-2b02c583589e>
- Mumbach, G. L., Oliveira, D. A., Warmling, M. I., & Gatiboni, L. C. (2018). Quantificação de fósforo por Mehlich 1, Mehlich 3 e Resina Trocadora de Ânions em solos com diferentes teores de argila. *Revista Ceres*, 65(6), 546–54. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201865060010>
- Novais, R. F. & Smyth, T. J. (1999). *Fósforo em solo e planta em condições tropicais*. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa.
- Oliveira, L. B., Tiecher, T., Quadros, F. L. F., Trindade, J. P. P., Gatiboni, L. C., Brunetto, G., & Santos, D. R. (2014). Formas de fósforo no solo sob pastagens naturais submetidas à adição de fosfatos. *Revista Brasileira De Ciência Do Solo*, 38(3), 867–878. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000300018>
- Pantano, G., Grosseli, G.M., Mozeto, A.A. & Fadini, P.S. (2016). Sustentabilidade no uso do fósforo: uma questão de segurança hídrica e alimentar. *Química Nova*. 39(6), 732-40. <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20160086>
- Pereira, A. S. Shitsuka, D. M., Parreira, F. J. & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. UFSM. https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/358/2019/02/Metodologia-da-Pesquisa-Cientifica_final.pdf
- Pillon, C. N. (2017). *Anais do III Congresso Brasileiro de Rochagem*. Pelotas, Brasil. Embrapa Clima Temperado.
- Sasabuchi, I. T. M., Krieger, K. S., Nunes, R. S., Ferreira, A. C., Xavier, G. T. M., Urzedo, A. L., Carvalho, W. A. & Fadini, P. S. (2023). Sustentabilidade no uso de fósforo: uma revisão bibliográfica com foco na situação atual do estado de São Paulo, Brasil. *Química Nova*. 46(2), 185–198. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170967>
- Samantray, J., Anand, A., Dash, B., Ghosh, M. K., & Behera, A. K. (2022). Silicate minerals – Potential source of potash - A review. *Minerals Engineering*, 179. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2022.107463>
- Santos, E. O. & Medeiros, P. R. P. (2023). A Ação Antrópica e o Processo de Eutrofização no Rio Paraíba do Meio. *Sociedade & Natureza*, 35, 1-13. <https://doi.org/10.14393/SN-v35-2023-66441>
- Searchinger, T., Hanson, C., Ranganathan, J., Lipinski, B., Waite, R., Winterbottom, R., Dinshaw, A. & Heimlich, R. (2013). *Creating a Sustainable Food Future: Interim Findings* – ONU report Organização das Nações Unidas. <http://www.wri.org/publication/creating-sustainable-food-future-interim-findings>
- Shelp, B. J. (1993). *Physiology and biochemistry of boron in plant*. In: Gupta, U.C., ed. Boron and its role in crop production. Boca Raton, CRC Press.
- Silva, I. F., Barbosa, A. M., Tiritam, C. S. & Catuchi, T. A. (2014). Adubação boratada na cultura do arroz em solos de cerrado de baixa fertilidade. *Colloquium Agrariae*. 10, 1-8. <https://doi.org/10.5747/ca.2014.v10.nesp.000130>
- Siqueira, J. O., Andrade, A. T. & Faquim, V. (2004). *O papel dos microrganismos na disponibilização e aquisição de fósforo pelas plantas*. In: Yamada, T. & Abdalla, S.R.S. eds. Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba, Potafos.
- Souza, F. B. M., Pio, R., Coelho, V. A. T., Rodas, C. L., & Silva, I. P. (2015). Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes, boro e ferro e composição mineral de amoreira-preta. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 45(2), 241–248. <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4533906>
- Scheer, M. B., Carneiro, C., Bressan, O. A. & Santos, K. (2017). Crescimento inicial de quatro espécies florestais nativas em área degradada com diferentes níveis de calagem e adubação. *Revista Floresta*. 47(3), 279-87.
- Scholz, R. W., Ulrich, A. E., Eilittä, M. & Roy, Amit. (2013). Sustainable use of phosphorus: A finite resource. *Science of The Total Environment*. 461, 799 – 803. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.05.043>

Teixeira, A. M. S., Sampaio, J. A., Garrido, F. M. S. & Medeiros, M. E. (2012). Avaliação da rocha fonolito como fertilizante alternativo de potássio. *Holos*, 5, 21-33. <https://doi.org/10.15628/holos.2012.1102>

Tomicioli, R. M., Leal, F. T., & Coelho, A. P. (2020). Limitação da produtividade pela deficiência de boro nas culturas da soja, milho, feijão e café. *South American Sciences*, 2(1), 1-24. <https://doi.org/10.17648/sas.v2i1.100>

Trautmann, R. R., Lana, M. C., Guimarães, V. F., Gonçalves Jr., A. C. & Steiner, F. (2014). Potencial de água do solo e adubação com boro no crescimento e absorção do nutriente pela cultura da soja. *Revista Brasileira De Ciência Do Solo*, 38, 240-51. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000100024>