

INFLUÊNCIA DE DOSES DE FOSFATO DE ROCHA NA DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES EM DIFERENTES CLASSES DE SOLOS DO TOCANTINS

Gilberto Coutinho Machado Filho¹, Manoel Mota dos Santos², Mauro Gomes dos Santos³
Rodrigo Ribeiro Fidelis², Saulo de Oliveira Lima², Gilson Araújo Freitas¹

RESUMO:

A adubação fosfatada é uma prática indispensável para cultivos agrícolas em solos de Cerrado. Por isso, a busca por fontes alternativas de Fósforo, possibilitam a redução da dependência do mercado internacional, sendo importante para o agronegócio brasileiro. O objetivo desse trabalho foi avaliar a disponibilidade de nutrientes em função das doses de fosfato de rocha incubadas em quatro classes de solos do Tocantins. O ensaio de incubação de solo foi instalado em casa de vegetação, em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições. Os 20 tratamentos foram obtidos em esquema fatorial 4x5, combinando quatro solos: Neossolo Quartzarenico (RQ); Gleissolo Háptico (GX), Latossolo Vermelho Amarelo (LVA), e Latossolo Vermelho (LV) e cinco doses de fosfato de rocha (0, 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹). A aplicação de fosfato de rocha aumentou o pH do solo apenas do solo LV, saindo de 5,43 na dose 0 para 5,49 na dose de 8 t ha⁻¹. A incubação de fosfato de rocha aumentou linearmente de forma significativa os teores P pelos extratores Mehlich 1 com valores máximos na dose de 8 t ha⁻¹ nos solos RQ, GX, LVA e LV de 78,47; 67,69; 31,73 e 35,96 mg dm⁻³, respectivamente e para o extrator de P Resina trocadora íons os valores máximos nos solos RQ, GX, LVA e LV foram de 49,12; 31,12; 16,35 e 14,64 mg dm⁻³, respectivamente. O teor de Cálcio aumentou de forma significativa para os solos RQ, LV e LVA, atingindo com a dose de 8 t ha⁻¹ valores de 3,29, 2,40 e 2,06 cmol_c dm⁻³, respectivamente. Os teores de Magnésio e Potássio não foram alterados de maneira significativa, assim como os atributos do solo, acidez potencial (H+Al) e saturação por bases (V%) não foram influenciados pela aplicação de doses crescentes de fosfato de rocha.

Palavras-chave: Fósforo, fosfato natural, fosfatagem, rochagem.

INFLUENCE OF ROCK PHOSPHATE RATES ON NUTRIENT AVAILABILITY IN DIFFERENT SOIL CLASSES OF TOCANTINS

ABSTRACT:

Phosphate fertilization is essential for agricultural crops on Cerrado soils, and identifying alternative sources of phosphorus is critical to reduce dependency on the international market and ensure the sustainability of Brazilian agribusiness. This study aimed to evaluate the availability of plant nutrients in response to different rates of rock phosphate incubated in four soil types from Tocantins. The incubation test was conducted in the laboratory using a completely randomized design with four replications. Treatments followed a 4x5 factorial scheme, combining four soil types (Neossolo Quartzarenico, Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-Amarelo, and Gleissolo) and five rates of rock phosphate (0, 2, 4, 6, and 8 t/ha). Rock phosphate application increased soil pH only in Latossolo Vermelho, from 5.43 to 5.49 at 8 t/ha. Phosphorus availability, measured using the Mehlich 1 extractant, peaked at 8 t/ha in Neossolo Quartzarenico (78.47 mg dm⁻³), Gleissolo (67.69 mg dm⁻³), Latossolo Vermelho-Amarelo (31.73 mg dm⁻³), and Latossolo Vermelho (35.96 mg dm⁻³). Using

¹Doutor em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Tocantins - UFT. Campus Gurupi-TO. coutinhoagro@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3637-9644>; freitas@uft.edu.br; <http://orcid.org/0000-0001-8329-1840>. ² Professor Adjunto na Universidade Federal do Tocantins - UFT. Campus Gurupi-TO, santosmm@mail.uft.edu.br <https://orcid.org/0000-0002-6984-1399>; fidelisrr@mail.uft.edu.br; <https://orcid.org/0000-0002-7306-2662>; saulolima@uft.edu.br; <https://orcid.org/0000-0002-8824-3925>.

³Professor Adjunto no Instituto Federal do Tocantins - IFTO. maurogomesdosantos80@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0002-7021-9572>

the ion exchange resin extractant, P content at 8 t ha⁻¹ reached 49.12 mg dm⁻³, 31.12 mg dm⁻³, 16.35 mg dm⁻³, and 14.64 mg dm⁻³, respectively. Calcium content significantly increased in Neossolo Quartzarenico, Latossolo Vermelho, and Latossolo Vermelho-Amarelo, reaching 3.29, 2.40, and 2.06 cmol_c dm⁻³, respectively, at 8 t ha⁻¹. Magnesium and potassium contents were not significantly affected, nor were potential acidity (H+Al) and base saturation (V%). These findings indicate that rock phosphate application improves phosphorus and calcium availability in certain soil types without impacting other essential soil attributes.

Keywords: phosphorus, natural phosphate, phosphate, rock weathering.

INTRODUÇÃO

O estado do Tocantins está localizado em uma região estratégica de expansão da produção agrícola e onde predomina o Bioma Cerrado em aproximadamente 90% do território (Roldão e Ferreira, 2019). Os solos sob vegetação de Cerrado variam em suas características morfológicas, sejam físicas (teores de argila, areia e silte), tipos de argilas de diferentes origens geoquímicas; químicas, de baixa capacidade de troca catiônica e baixa disponibilidade natural de nutrientes (Roldão e Ferreira, 2019; Leite et al.; 2019) e biológicas. Nesse sentido, para que haja maior produtividade no sistema de produção agropecuário e uma maior eficiência do manejo de adubação, é necessária a construção da fertilidade, por meio de práticas corretivas como calagem, gessagem, adubação fosfatada corretiva e adubações com fontes minerais e orgânicas.

A utilização de adubação fosfatada corretiva busca minimizar o efeito da fixação de Fósforo (P) e permite a disponibilidade de Fósforo de forma residual (Monteiro, 2010). O Fosfato é um mineral essencial para as plantas, e está diretamente relacionado ao processo de transferência de energia das células vegetais. Além do fornecimento de P, os fosfatos naturais contêm alta concentração de Cálcio na composição, importante macronutriente com funções estruturais e fisiológica para plantas (Almeida Júnior et al., 2022).

O Brasil é o terceiro maior país consumidor de fertilizante fosfatado, no entanto, a produção de fertilizante nacional é insuficiente, sendo que mais de 70% dos fertilizantes fosfatados utilizados no país são importados, o que evidencia a dependência e vulnerabilidade do agronegócio brasileiro ao mercado internacional de fertilizantes e a necessidade de investimento em pesquisa e desenvolvimento da viabilidade da exploração das rochas fosfatadas encontradas no território nacional (Globalfert, 2021). Em razão do menor custo apresentado por unidade de P_2O_5 , por sofrerem apenas processos físicos para a separação das impurezas, os fosfatos naturais se apresentam como alternativa aos fosfatos acidulados para adubação corretiva em áreas de cultivo de grão, café, frutas, pastagens e cana-de-açúcar.

As rochas fosfatadas de origem sedimentar apresentam maior reatividade, ou seja, maior

eficiência agronômica se comparadas às rochas de origem ígnea (Ferreira et al., 2008; Gholizadeh et al., 2009). Além da origem de formação, há diferenças relevantes entre rochas fosfatadas, principalmente quanto às concentrações de P_2O_5 , CaO, MgO, K_2O e SiO_2 , o que possibilita a comercialização de alguns tipos como fertilizante natural. Apesar dos indicativos de que as rochas fosfatadas brasileiras de origem sedimentar podem ser aplicadas diretamente ao solo como fertilizante, ainda existem poucos trabalhos relacionados a eficiência agronômica. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar doses de fosfato de rocha e disponibilidade de nutrientes em diferentes tipos de solo do Tocantins.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Universidade Federal de Tocantins (UFT), Campus Universitário de Gurupi, localizado na região sul do Estado do Tocantins, entre os meses de abril e julho de 2020. O ensaio de incubação foi instalado em laboratório, em delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições. Os tratamentos foram obtidos em esquema fatorial 4×5 , combinando quatro classes de solos e cinco doses de fosfato de rocha (0, 2, 4, 6 e 8 t ha^{-1}), totalizando 20 tratamentos. A rocha utilizada neste estudo foi fornecida por empresa privada, sendo extraída no município de Taipas do Tocantins, em indústria de extração de fosfato de rocha sedimentar. A rocha passou por processo de britagem, peneiramento e moagem.

Foi realizada uma análise mineralógica prévia para caracterização do material. A análise foi realizada através de difração de raios X (Nascimento Filho, 1999), com a proporção modal da mineralogia exibida na Tabela 1. Fases minerais minoritárias presentes em concentrações da ordem de 0,5% ou menores, estão abaixo do limite de quantificação da técnica utilizada ($< LQ$). Os resultados das análises químicas para os óxidos obtidos por fluorescência de raios X. As análises de difração de raios X e fluorescência de raios X foram realizadas Centro Regional para o Desenvolvimento Tecnológico e Inovação – Crti, no campus Samambaia da Universidade Federal de Goiás – UFG.

Tabela 1. Determinação da proporção modal das fases minerais cristalinas pelo método de Rietveld de amostra de fosfato de rocha extraída em Taipas do Tocantins – TO, 2020.

Análise Quantitativa pelo Método de Rietveld	
Mineral	%
Quartzo	37,90
Apatita	22,17
Muscovita	36,50
Hematita	1,17
Goethita	1,10
Clorita	< LQ
Biotita	< LQ
Calcita	< LQ
Microclínio	< LQ
Dolomita	< LQ

(<LQ) = Abaixo do limite quantificável.

O fosfato de rocha utilizado foi extraído e moído pela empresa fornecedora, no município de Taipas do Tocantins – TO, e apresenta as seguintes características: granulometria de 100% passante em

peneiras de 2 mm, 77% passante em 0,3 mm e 45% passante em 0,075 mm, e as seguintes características químicas, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Composição química do fosfato de rocha, Taipas do Tocantins -TO, 2020.

Macronutrientes							
P ₂ O ₅ total	P ₂ O ₅ ácido cítrico	CaO	MgO	K ₂ O	SiO ₂		
..... %							
9,30	3,11	11,14	0,82	2,57	48,50		
Micronutrientes			Elementos Potencialmente Tóxicos (EPT)				
Mn	Cu	Zn		As	Hg	Cd	Pb
..... mg dm ⁻³							
0,10	29	61		11	<LQ	<LQ	27

(<LQ) = Abaixo do limite quantificável.

Para a incubação do fosfato de rocha, foram selecionadas amostras de quatro classes de solos da região sul do estado Tocantins, com diferentes texturas, coletadas na profundidade de 0-20 cm em área de vegetação nativa, sendo eles, Neossolo Quartzarênico (RQ) coletado no município de Peixe – TO (coordenadas geográficas 12°6'28.022" S, 48°31'47.147" W); Gleissolo Háptico (GX) no município de Gurupi – TO (Coordenadas:

11°46'36.391" S, 49°2'57.931" W); Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) no município de Gurupi – TO (Coordenadas: 11° 44' 51.373" S, 49°3'12.221" W); Latossolo Vermelho (LV) no município de Sandolândia – TO (Coordenadas: 12°32'4.954" S, 49°55'24.646" W) (Embrapa, 2013). Após a coleta, os solos foram secos ao ar, peneirados em peneira com malhas de 2,0 mm e caracterizados quimicamente e fisicamente (Tabela 3).

Tabela 3: Caracterização química e física dos solos originais utilizados na incubação com doses de fosfato de rocha. Gurupi – TO, 2020.

Solo	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H+Al	K	CTC (T)	SB	CTC(t)	K	P
cmol _c dm ⁻³mg dm ⁻³		
RQ	0,71	0,46	0,25	0,50	5,20	0,045	5,96	0,76	1,26	17,60	4,67
GX	2,40	1,90	0,50	0,10	1,80	0,08	4,28	2,48	2,58	30,00	1,20
LVA	1,20	0,80	0,40	0,00	2,00	0,06	3,26	1,26	3,06	25,00	0,70
LV	1,00	0,60	0,40	0,30	4,20	0,22	5,42	1,22	5,42	86,00	1,00
Solo	V	m	M.O.	pH	CaCl ₂				Areia	Silte	Argila
%.....							Textura (g kg ⁻¹).....		
RQ	12,77	39,65	1,13	4,3					857	29	114
GX	58,00	4,00	2,80	5,2					775	25	200
LVA	39,00	0,00	1,20	5,5					600	75	325
LV	22,00	20,00	2,00	4,5					450	50	500

^{1*} Método KCl 1 mol L⁻¹. ^{2*} Método Ca(OAc)₂ 0,5 mol L⁻¹, pH 7. ^{3*} Método Mehlich¹. ^{4*} T = SB + (H+Al). ^{5*} SB = Ca²⁺+Mg²⁺+K⁺+Na⁺. ^{6*} t = SB + Al³⁺. ^{7*} V = 100.SB/T. ^{8*} m = 100.Al³⁺/t. ^{9*} Método Walkley e Black. ^{10*} concentração de P da solução de equilíbrio após agitar durante 1 h a TFSA com solução de CaCl₂ 10 mmol L⁻¹, contendo 60 mg L⁻¹ de P na relação :10. **RQ:** Neossolo Quartzarênico; **GX:** Gleissolo Háptico; **LVA:** Latossolo Vermelho-Amarelo; **LV:** Latossolo Vermelho

Cada unidade experimental foi composta por 0,5 dm⁻³ de solo, e teve a acidez corrigida Calcário dolomítico filler em função dos resultados das análises químicas de solo (Tabela 1), com objetivo de elevar a saturação por bases a 70%. A dose de Calcário foi determinada por hectare, com base no método de elevação da saturação de bases. Em seguida, calculou-se a quantidade para aplicação no volume de solo de dm⁻³. Após a adição do Calcário e da água os solos permaneceram incubados por 30 dias. Foi adicionado, a cada amostra, volume de água destilada equivalente a 70% da capacidade de campo. Os sacos plásticos foram fechados, e o teor de umidade foi repostado a cada dois dias.

A incubação do fosfato de rocha ocorreu durante 60 dias e ao final as amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas na peneira de 2 mm, obtendo assim a terra fina seca ao ar (TFSA), e encaminhadas ao laboratório FAAHFLAB. Foram realizadas análises de pH (CaCl₂), Fósforo (Mehlich 1), Fósforo no extrator Resina trocadora de ânions em lâmina (Miola, 1995), Cálcio, Magnésio, Potássio acidez trocável, acidez potencial (H+Al) e saturação de bases (V%). A extração do Fósforo foi através de Resina e Mehlich 1, o Potássio, Cálcio e Magnésio por Resina. A determinação do Fósforo e do Potássio foi realizada por calorimetria e fotometria de chama, enquanto a determinação do Cálcio e do Magnésio foi realizada por espectrometria de absorção atômica (Teixeira et al., 2017).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão, avaliando a significância dos betas e dos coeficientes de determinação utilizando o programa SISVAR (Ferreira, 2011). Os gráficos das regressões foram plotados utilizando o programa estatístico Sigma Plot Statistics versão 14.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a incubação com doses crescentes de fosfato de rocha as equações de regressão que obtiveram melhor modelo ajustado foi o linear, para médias de Fósforo extraído em Mehlich 1 e Resina para todos os solos, exceto para P Mehlich 1 no solo Neossolo Quartzarênico que apresentou curva quadrática (Figura 1A e 1B).

A aplicação de fosfato de rocha na dose de 8 t ha⁻¹ nos solos RQ e GX, respectivamente, resultou em maiores valores de P disponível em Mehlich 1 (67,69 e 78,47 mg dm⁻³) e Resina (31,12 e 49,12 mg dm⁻³) após 60 dias de incubação. Os teores de P Mehlich 1 e Resina foram menores para os LV (14,64 mg dm⁻³) e LVA (16,35 mg dm⁻³) respectivamente. Os resultados corroboram com os apresentados por Vieira (2021) que avaliou a disponibilidade de P Resina e P Mehlich após a aplicação de diferentes fontes de Fósforo e solos com diferentes teores de argila. Toscani e Campos (2017) avaliando a aplicação de fosfato de rocha extraída em Arraias Tocantins, e aplicada de forma direta no solo

observaram o aumento de 87,50% no teor de P disponível em Mehlich 1.

A adsorção de Fósforo em solos arenosos como o Neossolo Quartzarênico, é menor quando comparado com solos argilosos. O Latossolo Vermelho amarelo e Latossolo vermelho, por apresentarem maiores teores de argila, 32,5% e

50,0% respectivamente, necessitam de elevadas doses de P_2O_5 para elevar o teor de P na solução do solo. Falcão e Silva (2004), observaram correlação positiva entre a capacidade de adsorção de Fósforo e o teor de argila.

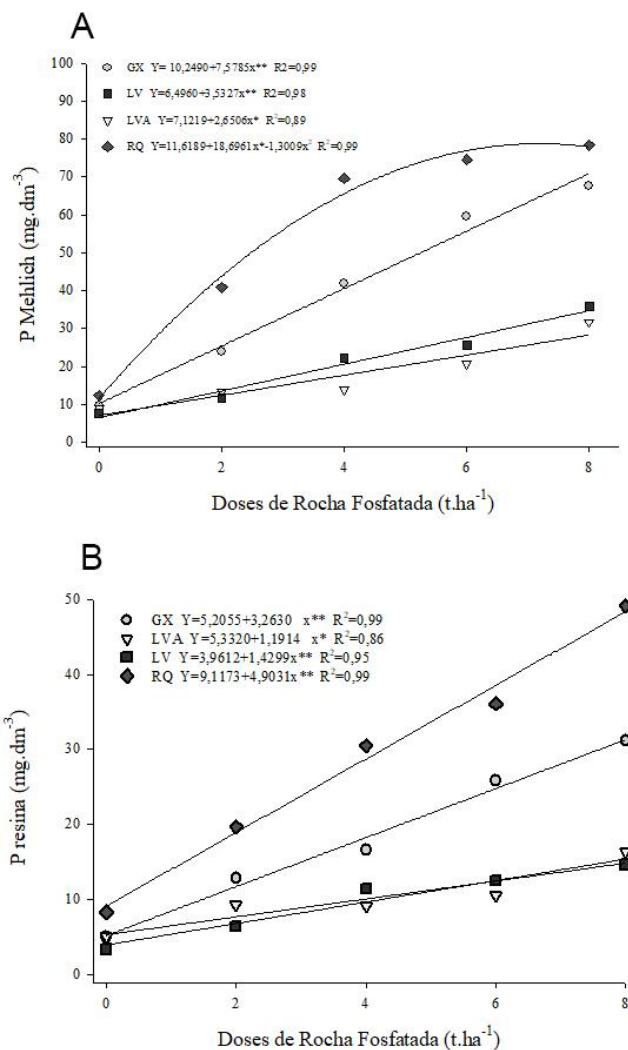


Figura 1. Valores de Fósforo pelo extrator Mehlich 1 (Figura 1A) e pelo método Resina (Figura 1B) das diferentes classes de solos: Neossolo Quartzarênico, Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho e Gleissolo Háplico, ao final dos 60 dias de incubação em função de doses crescentes de fosfato de rocha. Gurupi TO, 2021.

Segundo Sousa e Lobato (2004), a interpretação de boa disponibilidade de P no solo varia conforme o teor de argila para o extrator Mehlich, sendo para o solo RQ superior a 18,1 mg dm^{-3} , para os solos GX e LVA o P Mehlich 1 precisa estar acima de 15,1 mg dm^{-3} , e no solo LV o P disponível em Mehlich 1 precisa estar igual ou superior a 12,1 mg dm^{-3} , sendo necessária a aplicação do fosfato de rocha nas doses de 0,35 t ha^{-1} , 0,6 t ha^{-1}

, 1,6 t ha^{-1} , 3,0 t ha^{-1} para os solos RQ, GX, LV e LVA, respectivamente. A disponibilidade de P no método Resina é considerada adequada acima de 15 mg dm^{-3} , independente do teor de argila, e esse nível foi atingido com as doses 1,2 t ha^{-1} , 3,0 t ha^{-1} , 7,72 t ha^{-1} e 8,12 t ha^{-1} , nos solos RQ, GX, LV e LVA, respectivamente.

O extrator Mehlich, amplamente utilizado na rotina análises laboratoriais pelo Brasil, sendo

considerado um bom extrator para determinação de P em solos de Cerrado de baixa fertilidade natural, pode superestimar os valores de P disponível em solos com aplicação fosfato natural, extraindo frações não lábeis de P pela dissolução dos fosfatos pelos ácidos neles presentes (Embrapa, 2015) como observado neste trabalho, apresentando valores superiores ao extraídos pelo método Resina. Por outro lado, este extrator Mehlich 1 também pode subestimar P disponível em solos com alto teor de argila, devido um maior poder tampão, o extrator é consumido, o que diminui a capacidade de extrair Fósforo. O extrator Resina, apresenta confiabilidade superior ao método de extração Mehlich, quando submetido em diferentes classes de solo, simulando melhor o sistema radicular das plantas (Santos e Conceição, 2018).

O teor de Cálcio aumentou linearmente ($P \leq 0,05$) com a elevação da adição da dose de fosfato de rocha nos solos RQ, LVA e LV atingindo com a maior dose de 8 t ha^{-1} valores de 3,29, 2,40 e 2,06 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente (Figura 2A). No entanto, apenas o solo RQ apresentou valores de Ca^{2+} acima do valor $2,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, considerado adequado para boa disponibilidade para planta (Alvarez et al., 1999). O GX não apresentou aumento significativo no teor de Ca^{2+} com o aumento da dose de fosfato de rocha. O aumento do teor de Ca^{2+} nos solos conforme o aumento da dose de fosfato de rocha é justificado pela presença de fosfato de Cálcio $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ na sua composição de minerais como apatita (Tabela 1).

O teor de Mg^{2+} não apresentou alteração significativa após a incubação de doses crescentes de fosfato de rocha nos quatro solos (Figura 2B). Os teores Mg^{2+} ficaram todos acima de $0,9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ considerado valor mínimo de disponibilidade adequada, exceto para dose de 8 t ha^{-1} no solo GX (Alvarez et al., 1999). Ao final da incubação, observou-se que não houve aumento linear significativo no teor de K^+ do

solo, atingindo no máximo $0,21 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ em função da maior dose de fosfato de rocha no solo Latossolo Vermelho, (Figura 2C). A faixa considerada agronomicamente boa, é entre $0,18 - 0,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Alvarez et al., 1999). Conforme a análise mineralógica (Tabela 1), o fosfato de rocha avaliado apresenta teor K_2O de 2,57% (Tabela 2), e provavelmente esse teor de K possui origem do mineral muscovita ($\text{KA}_1\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$), que é de baixa repulsão, necessitando de um período maior para solubilizar.

Luchini et al. (2012), avaliando a aplicação fosfato de rocha fosforito, observaram incremento do teor de Cálcio no solo em diferentes solos com diferentes classes texturais. Silveira (2016) avaliando a aplicação de fosfato de rocha em latossolo, também observou o incremento significativo do teor de Cálcio no solo, mas não teve reposta significativa nos teores de Mg^{2+} e K^+ .

A incubação com doses crescentes de fosfato de rocha no solo LV apresentou aumento significativo ($P \leq 0,05$) com ajuste para pH em CaCl_2 . Os demais solos não apresentaram variação significativa no pH em CaCl_2 . Independente do solo, os valores de pH ficaram todos acima de 5,4 com valor máximo de 6,8, próximo da faixa considerada adequada para disponibilidade de nutrientes. Korndörfer et al. (1999) avaliando adubação fosfatada com fosfatos naturais não obtiveram diferença significativa nos valores de pH do solo. Luchini et al. (2012), avaliaram fontes e doses de fosfato de rocha e super triplo, e não observaram alterações significativas nos valores de pH com aplicação de fosfato em solos com e sem correção com Calcário, exceto os tratamentos que receberam fosfato de rocha reativo de *Arad* que quando aplicado em solo sem correção. As rochas fosfatadas podem conter pequenas quantidades de carbonato de Cálcio, o que pode causar alterações nos valores de pH do solo quando aplicadas em doses elevadas.

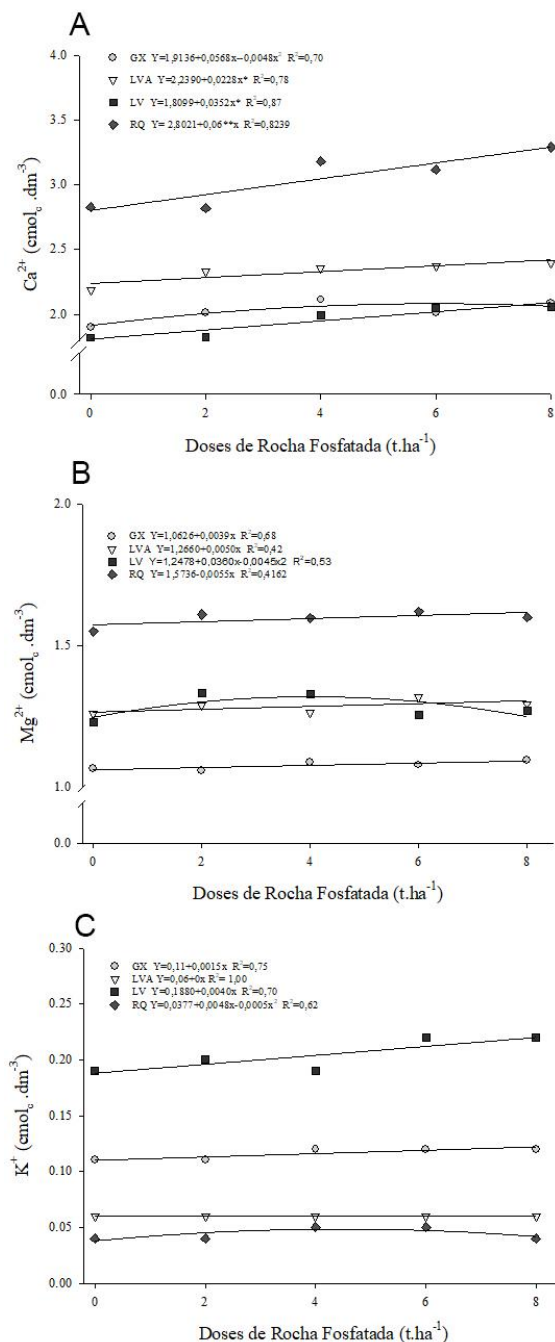


Figura 2. Valores de Ca²⁺ (Figura 2A), Mg²⁺ (Figura 2B) e K⁺ (Figura 2C) em Neossolo Quartzarênico, Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho e Gleissolo Háptico ao final dos 60 dias de incubação em função de doses crescentes de fosfato de rocha. Gurupi TO, 2021.

O teor de Al foi zero para todos os tratamentos. Segundo a indicação de Almeida et al. (1999), pH acima de 5,2 os efeitos negativos do Alumínio são neutralizados favorecendo uma maior eficiência da aplicação de fosfato de rocha no solo. A acidez potencial não variou significativamente com as doses crescentes de Fosfato Natural. Apenas o solo RQ apresentou níveis ideais de acidez potencial ($\leq 1,0$ cmol_c dm⁻³). Mesmo com prévia incubação de

Calcário, os demais solos LV, LVA e GX, apresentaram valores de H+Al acima de 1,0 resultado justificado pelo maior teor de argila e maior capacidade tampão desses solos (Alvarez et al., 1999). A Figura 3, mostra que a saturação de bases (V%) não apresentou variação significativa com a incubação de fosfato de rocha. A faixa considerada agronomicamente boa, encontra-se entre 60,1 – 87,27%.

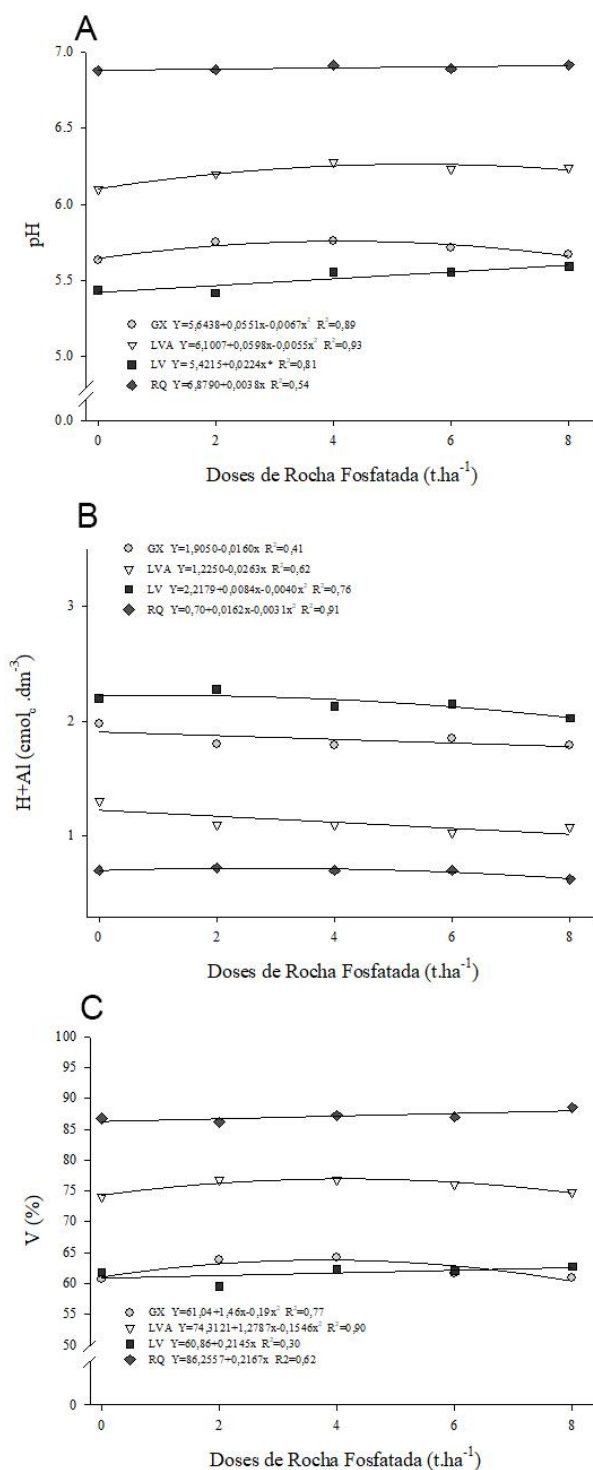


Figura 3. Valores de pH em $CaCl_2$ (Figura 3A), H+Al (Figura 3B), Saturação de Bases V% (Figura 3C) em Neossolo Quartzarênico, Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho e Gleissolo Háplico ao final dos 60 dias de incubação em função de doses crescentes de fosfato de rocha. Gurupi TO, 2021.

Toscani e Campos (2017) concluíram em seus estudos que a aplicação de rochas fosfatadas apresenta minerais que podem ser fontes importantes de macronutrientes como P e Ca, além de apresentar minerais com estrutura 2:1. Contudo, quando aplicado em solo com pH corrigido pela calagem os

resultados são superiores até ao uso de fertilizante solúvel. Baseado nos resultados obtidos na disponibilidade de nutrientes na solução do solo, com destaque para Fósforo, o fosfato de rocha estudada se apresenta como uma alternativa promissora para aplicação direta no solo. Esse trabalho requer uma

sequência de estudos em casa de vegetação com aplicação em solos cultivados com espécies vegetais afim de avaliar capacidade de disponibilização de nutrientes para plantas e a eficiência agrônômica.

CONCLUSÃO

A aplicação de fosfato de rocha elevou os teores de Fósforo nos solos Latossolo Vermelho, Latossolo Amarelo, Gleissolo e Neossolo quartzarênico e houve o aumento no teor de Cálcio nos solos Neossolo Quartzarênico, Latossolo Vermelho Amarelo e Latossolo Vermelho, sendo uma fonte potencial para o fornecimento Fósforo e Cálcio.

O pH do Latossolo Vermelho aumentou linearmente com a aplicação do fosfato de rocha atingindo valor de 5,59 na dose de 8 t ha⁻¹.

O fosfato de rocha não proporcionou o aumento do teor de Mg e K e não alterou os atributos químicos H+Al, CTC a pH 7 e V%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida Júnior, J.J.; Smiljanic, K.B.A.; Matos, F.S.A.; Pereira, R.M.; Da Silva Filho, E.T.; Cremonese, H.S.; Mendonça, A.F.; Dos Santos, M.M.; Da Silva, L.F.; Barbosa, U.R.; Miranda, B.C.; & Silva, V.J.A. Fosfato natural reativo como remineralizador de solo utilizado na cultura da soja na região de Cerrado. **Conjecturas**, v. 22, n. 9, p. 472–485. 2022. DOI: doi.org/10.53660/CONJ-1288-X56

Almeida, J.A.; Ernani, P.R.; Maçaneiro, K.C. Recomendação alternativa de calcário para solos altamente tamponados do extremo sul do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 651-656, 1999. DOI: doi.org/10.1590/S0103-84781999000400014

Alvarez, V.H.; Novais, R.F.; Barros, N.F.; Cantarutti, R.B.; Lopes, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G. & Alvarez, V.H., eds. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5a Aproximação. Viçosa (MG), CFSEMG, 1999. 359.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. **Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo**. Aracajú: Embrapa,

2015. Disponível em: <www.bdpa.cnptia.embrapa.br> Acesso em 22/10/2022.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 353p. 2013.

Falcão, N.P.S.; Silva, J.R.A. Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central. **Revista Acta Amazonica**, Manaus, v. 34, p. 337-342, 2004. DOI: https://doi.org/10.1590/S0044-59672004000300001

Ferreira, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. p. 1039-1042, 2011. DOI: dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001

Ferreira, L.H.G.; Gomes, A.S.; Posser, C.A. **Fosfatos naturais na adubação de sistema de culturas de verão com ênfase no arroz irrigado**. Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 2008. p. 8. Disponível em: <www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/746680/fosfatos-naturais-na-adubacao-de-sistema-de-culturas-de-verao-com-enfase-no-arroz-irrigado> Acesso em 22 de setembro de 2019.

Gholizadeh, A.; Ardaln, M.; Tehrani, M.M.; Hosseini, H.M.; Karimian, N. Solubility test in some phosphate rocks and their potential for direct application in soil. **World Applied Sciences Journal**. Vol. 6, n. 2 2009. Disponível em: <www.idosi.org/wasj/wasj6(2)/5.pdf> Acesso em 22 de setembro de 2019.

Globalfert. Outlook GlobalFert 2021. 2021. Disponível em: https://www.globalfert.com.br/OGFposEvento/arquivo/Outlook-GlobalFert-2021.pdf. Acesso em: 30/10/2022.

Leite, O.C.; Lima, S.O.; Figueira, A.Q.; Sales, P.J.; Silva, E.T.; Reis, G.V. Caracterização fisiográfica do estado do Tocantins e principalmente dos solos nas várzeas no Vale do Araguaia estado do Tocantins. In: **10ª JICE-jornada de iniciação científica e extensão**. 2019. Disponível em: <https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/jice> Acesso em 30 de outubro de 2022.

- Luchini, I.; Tiritan, C.S.; Foloni, J.S.S.; Santos, D.H. Fósforo disponível em solos ácidos e corrigidos com aplicação de fosfatos reativo e natural. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 11, n. 1, p. 82-94, 2012. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/75355799-Aplicacao-de-diferentes-doses-de-arad-fosforita-alvorada-e-superfosfato-triplo-em-solos-acidos-e-solos-corrigidos.html>> Acesso em 30/10/2022.
- Korndörfer, G.H.; Lara-Cabezas, W.A.; Horowitz, N. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais reativos na cultura do milho. **Scientia Agrícola**, v. 56, n. 2, 1999. DOI: doi.org/10.1590/S0103-90161999000200019
- Miola, G.R. **Extração de P, K, Ca e Mg do solo por diferentes métodos e avaliação da disponibilidade de P para as plantas**. (Dissertação de Mestrado) Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 127p. Disponível em <<chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ufrgs.br/fagro/materiais/GersonRobertoMiola.pdf>> Acesso em 03 de outubro de 2024.
- Monteiro, F.A. Pastagem. In: Prochnow, L.I.; Casarin, V.; Stipp, S.R. **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. São Paulo: Piracicaba, Cap. 6, p. 233-271, 2010. Disponível em <<https://repositorio.usp.br/item/001790718>> Acesso em 31 de outubro de 2022.
- Nascimento Filho, V.F. **Técnicas analíticas nucleares de fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDXRF) e por reflexão total (TXRF)**. Departamento de Ciências Exatas/ESALQ Lab. de Instrumentação Nuclear/CENA, 19 p., 1999. Disponível em <https://www.raiosx.ufc.br/site/wp-content/uploads/downloads/2012/10/EDXRF_TXRF.pdf> Acesso em 03 de outubro de 2024.
- Roldão, F.; Ferreira, A.O.V. Climatologia do estado do Tocantins-Brasil. **Caderno de Geografia**, v. 29, n. 59, p. 1161-1181, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2019v29n59p1161>
- Santos, D.M.; Conceição, O.P. Métodos de extração de fósforo. **GETEC**, v. 7, n. 19, p. 31-39. 2018. Disponível em: www.revistas.fucamp.edu.br/getec/article/view/1572/1069 Acesso em 25 de outubro de 2022.
- Silveira, R.T.G. **Uso de rochagem pela mistura de pó de basalto e rocha fosfatada como fertilizante natural de solos tropicais lixiviados**. 2016. viii, 98 f., il. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016. DOI: dx.doi.org/10.26512/2016.04.D.21151
- Sousa, D.M.G.; De Lobato, E. Adubação com nitrogênio. In: Sousa, D.M.G. de; Lobato, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 129-145.
- Vieira, N.D. 2021. **Resposta da soja a fontes e doses de fósforo em solos com diferentes teores de argila**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina – Londrina. Disponível em: <www.pos.uel.br/pgagro/wp-content/uploads/2021/09> Acesso em 22 de setembro de 2022.
- Teixeira, P.C.; Donagema, G.K.; Fontana, A.; & Teixeira, W.G. (2017) – **Manual de métodos de análise do solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 573 p.
- Toscani, R.G.S.; Campos, J.E.G. Uso de Pó De Basalto e Rocha Fosfatada como Remineralizadores em Solos Intensamente Intemperizados. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 36, n. 2, p. 259 – 274, 2017. Disponível em: <www.researchgate.net Use_of_basalt_and_phosphate_rock_powder_as_fertilizers_in_weathered_soils> Acesso em 22 de setembro de 2022.