

Pó de basalto como fertilizante alternativo na cultura do feijão preto em Latossolo vermelho

Basalt powder as alternative fertilizer in black bean crop in Red Oxisol

Darlan Weber da Silva¹; Eduardo Canepelle²; Mastrângello Enivar Lanzanova³; Divanilde Guerra³; Marciel Redin³

¹Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Frederico Westphalen (RS), +555537440600, darlanweberdasilva@hotmail.com. ²Graduando em Agronomia, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Unidade em Três Passos (RS), eduardocanepelle@gmail.com. ³Professores Doutores da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Unidade em Três Passos (RS), mastrangello-lanzanova@uergs.edu.br; divanilde-guerra@uergs.edu.br; marcielredin@gmail.com.

ARTIGO

Recebido: 28/03/2020
 Aprovado: 14/09/2020

Palavras-chave:
Phaseolus vulgaris
 Produção de grãos
 Rochagem
 Remineralização

Key words:
Phaseolus vulgaris
 Yield grain
 Rocking
 Remineralizer

RESUMO

O pó de basalto (PB) vem sendo utilizado como fonte de nutrientes alternativo em algumas culturas no Brasil, sobretudo em graníferas, como o feijão preto. Desse modo, o objetivo do estudo foi avaliar o efeito de doses de PB na produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e grãos de feijão preto em Latossolo vermelho. O experimento foi conduzido por dois anos experimentais, safras 2017/18 e 2018/19 em delineamento de blocos casualizados, com três repetições, totalizando 33 parcelas experimentais, constituídas de 6 m² cada. Os tratamentos foram: 5, 10, 20, 40, 60, 80, 120, 160, 200 t ha⁻¹ de PB, além de outro tratamento com fertilização química NPK e uma testemunha - TEST (sem PB e NPK). A semeadura do feijão preto foi com espaçamento de 40 cm entre linhas e 12 cm entre plantas. No estágio de pleno florescimento das plantas foi determinada a produção da MSPA e na colheita, os grãos. A produção de MSPA e grãos de feijão apresentou tendência crescente em relação às doses de PB, ou seja, quanto maior a dose de PB, maior foi a produção de MSPA e grãos, com valores variando de 1091 a 2892 kg ha⁻¹ e 989 a 2111 kg ha⁻¹, respectivamente. Doses de 5 a 60 t ha⁻¹ apresentam ação equivalente na produção MSPA e grãos de feijão preto em comparação com a fertilização química NPK. Doses de PB acima de 80 t ha⁻¹ promovem a maior produção de grãos de feijão preto em Latossolo vermelho.

ABSTRACT

The basalt powder (PB) has been used as an alternative nutrient source in some cultures in Brazil, especially grain plants such as black beans. The objective of this study was to evaluate the effect of doses of PB in the production of dry matter of shoot (MSPA) and black beans grains in a Red Oxisol. The experiment was conducted for two experimental years, 2017/18 and 2018/19 harvests in a randomized block design, with three replications, totaling 33 experimental plots, consisting of 6 m² each. The treatments were: 5, 10, 20, 40, 60, 80, 120, 160, 200 t ha⁻¹ of PB, in addition to another treatment with chemical fertilization NPK and a control - TEST (without PB and NPK). The sowing of black beans was 40 cm between rows and 12 cm between plants. At the full flowering stage of the plants, the production of MSPA was determined and at harvest, the grains. The production of MSPA and bean grains showed an increasing trend in relation to the doses of PB, that is, the higher the dose of PB, the greater the production of MSPA and grains, with values ranging from 1091 to 2892 kg ha⁻¹ and 989 to 2111 kg ha⁻¹, respectively. Doses of 5 to 60 t ha⁻¹ have equivalent action on the productivity of MSPA and black bean grains compared to chemical fertilization NPK. PB doses above 80 t ha⁻¹ promote the highest productivity of black bean grains in a Red Oxisol.

INTRODUÇÃO

Na agricultura, a fertilização das plantas é realizada principalmente com fertilizantes químicos solúveis. As fontes solúveis liberam rapidamente os nutrientes para as culturas, porém, os nutrientes que não são absorvidos pelas plantas

podem ser lixiviados, contaminando o solo e a água. Outro aspecto a ser considerado é a obtenção destas fontes, uma vez que as jazidas estão sendo esgotadas, resultando no aumento dos custos destes fertilizantes (FERREIRA et al., 2009). Dessa forma, existe uma crescente busca por pesquisas voltadas para a produção agrícola de modelo sustentável,

baseadas no manejo ecológico do solo, e principalmente, o uso de insumos alternativos em substituição ou complementação aos químicos. Nesse contexto, o uso de pó de rochas moídas como o pó de basalto (PB), tipo de rocha amplamente encontrada no Rio Grande do Sul (RS) para fertilização do solo é uma prática cada vez mais utilizada na agricultura (MELO et al., 2012). Esta prática foi descrita por Luz et al. (2010) como “rochagem” e consiste na incorporação de rochas moídas ao solo para melhorar, sobretudo, os atributos químicos do solo.

As vantagens atribuídas à rochagem estão relacionadas ao fornecimento simultâneo e gradual de vários nutrientes, como K, Mg, Ca, entre outros, conforme a necessidade das plantas, o que torna os nutrientes disponíveis para as mesmas por um período maior, além do baixo custo, reduzindo a dependência de produtos da indústria química e os impactos ao meio ambiente (FYFE et al., 2006). Além disso, a matéria prima do PB é de fácil obtenção e exploração, seu uso gera economia de mão de obra, visto que seu efeito residual prolongado reduz a necessidade de reposição de nutrientes no solo (HANISCH et al., 2013). Outrossim, o PB pode conter diversos argilominerais na sua composição, o que pode contribuir para o aumento da capacidade de troca de cátions do solo (CTC), corroborando com a afirmação de Escosteguy e Klant (1998), em que a aplicação do PB proporciona adição de colóides com carga negativa líquida, devido à maior presença de sílica, o que pode aumentar a retenção de cátions, como por exemplo, cálcio, magnésio e potássio, além de reduzir a lixiviação desses nutrientes. No entanto, a grande desvantagem atribuída ao PB é a ausência do fornecimento de nitrogênio (SILVEIRA, 2016), o qual, segundo Melo et al. (2012) deve ser complementado com fontes orgânicas ou minerais, exceto em culturas que realizam a fixação biológica de nitrogênio (FBN), como a cultura do feijão.

O feijão (*Phaseolus vulgaris*) é a espécie do gênero *Phaseolus* mais cultivada no mundo. O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de feijão e de acordo com o levantamento realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) para a safra de 2019/20, o plantio do feijão atingiu uma área equivalente a 3,0 milhões de hectares com uma produção nacional estimada em 3,2 milhões de toneladas (CONAB, 2020). Ainda, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020), os maiores produtores do país, somadas as três

últimas safras, são Paraná, com 20% de participação na produção nacional, Minas Gerais, com 19,8%, Goiás, com 10,9%, e Bahia, com 10,8%. A cultura do feijão está intimamente ligada a agricultura familiar, sendo este um dos alimentos básicos de grande parcela da população (FERREIRA et al., 2009). Contudo, a produção da cultura ainda é baixa, com valores em nível nacional e mundial de 922 e 776 kg ha⁻¹, respectivamente (CONAB, 2020). Estes resultados podem estar associados a fatores climáticos, pragas, doenças, disponibilidade de nutrientes, entre outros, indispensáveis para obtenção de alta produção e qualidade dos grãos de feijão (SILVA et al., 2012).

Desse modo, o uso de PB na fertilização da cultura do feijão surge como excelente alternativa aos fertilizantes químicos solúveis. Porém, apesar do aumento da utilização de rochagem, como o PB, ainda são raros os estudos avaliando doses de PB no desenvolvimento e produção de grãos de feijão (WRITZL et al., 2019). Nesse sentido, Simão e Cola (2012), destacam que a rochagem no cenário agrícola necessita de pesquisas, para atender às necessidades dos agricultores de produzir alimentos que atendam às exigências dos consumidores por alimentos mais limpos e também com redução dos custos de produção.

Diante das restritas informações agrônômicas sobre o efeito do uso de PB como fonte de nutrientes, torna-se necessário compreender melhor os efeitos dessa prática de fertilização alternativa sobre culturas anuais, como o feijão, tendo vista que esta é uma das culturas bases da agricultura familiar do Brasil. Neste contexto, o objetivo com este trabalho foi avaliar o efeito de doses de PB na produção de matéria seca da parte aérea das plantas (MSPA) e de grãos de feijão preto cultivado em Latossolo vermelho.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em condições de campo por dois anos experimentais em Bom Progresso, RS. O clima da região corresponde, segundo a classificação de Köppen, ao tipo Cfa, temperado úmido e com verão quente. O solo do local é classificado como um Latossolo Vermelho Distrófico típico (SANTOS et al., 2018). No primeiro ano experimental antes da implantação do experimento foi realizada amostragem de solo para análise química nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm (Tabela 1).

Tabela 1. Propriedades químicas do solo da área no início do experimento. Bom Progresso, Rio Grande do Sul.

Camadas cm	pH ^a H ₂ O	V %	MOS %	Argila g kg ⁻¹	P mg kg ⁻¹	K mg kg ⁻¹	H + Al mmolc dm ⁻³	Ca mmolc dm ⁻³	Mg mmolc dm ⁻³
0-10	5,6	64,5	3,5	172,1	10,2	156,4	2,8	3,1	3,5
10-20	5,2	59,3	2,4	160,6	8,7	80,3	2,9	2,6	2,7

^apH: Potencial de hidrogênio; V: Saturação por bases; MOS: Matéria orgânica do solo; P: Fósforo; K: Potássio; H+Al: Acidez potencial; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio.

O experimento teve início na safra 2017/18 (Ano 1) em uma área conduzida sob sistema de plantio direto consolidado, ou seja, onde este sistema era utilizado por décadas. O delineamento experimental adotado foi blocos casualizados, com três repetições, totalizando 33 parcelas experimentais, constituídas de 6 m² cada. Os tratamentos corresponderam a nove doses de PB: 5, 10, 20, 40, 60, 80, 120, 160 e 200 t ha⁻¹. Ainda foi testado outros dois tratamentos. No primeiro, as plantas receberam adubação química (NPK), utilizando o superfosfato triplo, em que a

dose recomendada foi aplicada conforme o manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (SBCS, 2016). No segundo, as plantas foram cultivadas na ausência do PB e NPK, ou seja, um tratamento sem adição de fertilizantes, denominada testemunha (TEST).

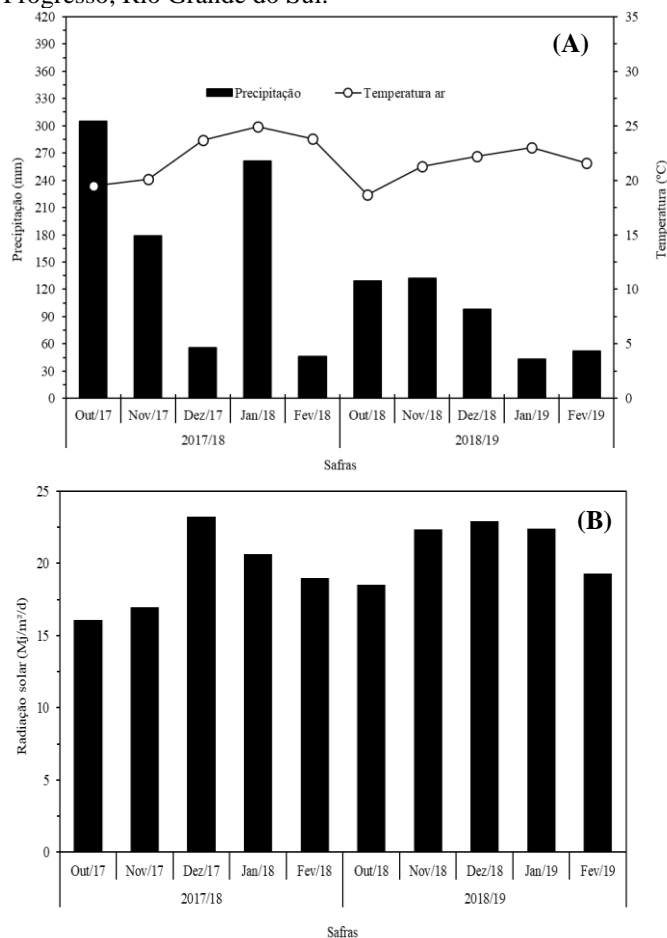
O PB foi aplicado a lanço em dose única na camada superficial, no início do primeiro ano experimental, no qual o solo apresentava as seguintes propriedades químicas: Ca = 12,7 mmolc dm⁻³; Mg = 2,4 mmolc dm⁻³; Al e H + Al = 0,0 mmolc dm⁻³; saturação por bases = 96%; S = 7 mg dm⁻³; P

(Mehlich¹) = 349 mg dm⁻³; K = 72 mg dm⁻³; Cu = 13,7 mg dm⁻³; Zn = 1,8 mg dm⁻³; Fe = 430 mg dm⁻³ e Mn = 3,4 mg dm⁻³.

O feijão preto cultivado foi a cultivar Uirapuru, semente crioula que foi adquirida com produtor familiar da região do estudo. A mesma foi cultivada no espaçamento de 40 cm entre linhas e 12 cm entre plantas, totalizando oito plantas por metro linear e uma população de aproximadamente 186 mil plantas por hectare. A safra 2018/19, que corresponde ao segundo ano experimental (Ano 2), foi instalado sob a mesma área das parcelas experimentais da safra anterior, correspondente a cada tratamento, sendo utilizado a mesma metodologia, exceto a aplicação do PB, que já tinha sido aplicado no Ano 1.

As plantas espontâneas foram controladas de forma manual com auxílio de enxada, sendo realizadas capinas a cada 15 dias, enquanto o controle de pragas e doenças foi realizado sempre que necessário, a partir dos critérios mínimos para a aplicação. O experimento foi conduzido em condições naturais e sem irrigação. Os dados de precipitação e temperatura média do ar durante os dois anos experimentais podem ser observados na Figura 1.

Figura 1. Precipitação e temperatura média do ar (A), e radiação solar total (B) nos dois anos experimentais. Bom Progresso, Rio Grande do Sul.



Aos 70 dias após a semeadura, em pleno florescimento, foram coletadas, em duplicata, as plantas de feijão contidas em 1 metro linear, em cada repetição dos tratamentos avaliados. Posteriormente, o material vegetal foi colocado em estufa de circulação de ar para secagem a 65 °C, até obtenção de massa constante, com posterior obtenção da matéria seca

da parte aérea (MSPA). A determinação da produção de grãos de feijão foi realizada no estágio de maturação fisiológica das plantas, por meio da colheita manual de 2 metros lineares de plantas de cada parcela nos dois anos experimentais, retirada as vagens, separando-se os grãos, que posteriormente, foram pesados. A produção de grãos foi expressa na unidade de 13%, recomendada para grãos de feijão.

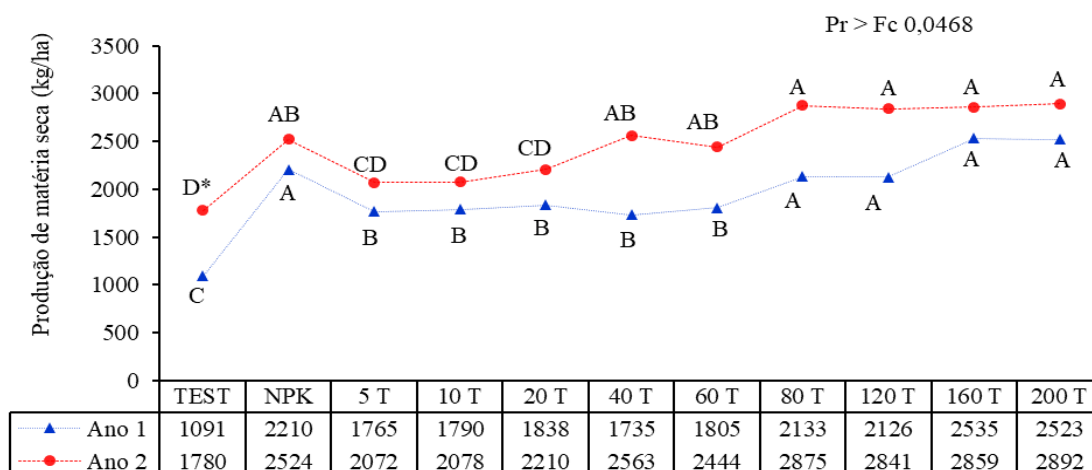
Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$), e no caso de significância realizou-se o teste de Tukey ($P < 0,05$). Para estas análises utilizou-se o *software* estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

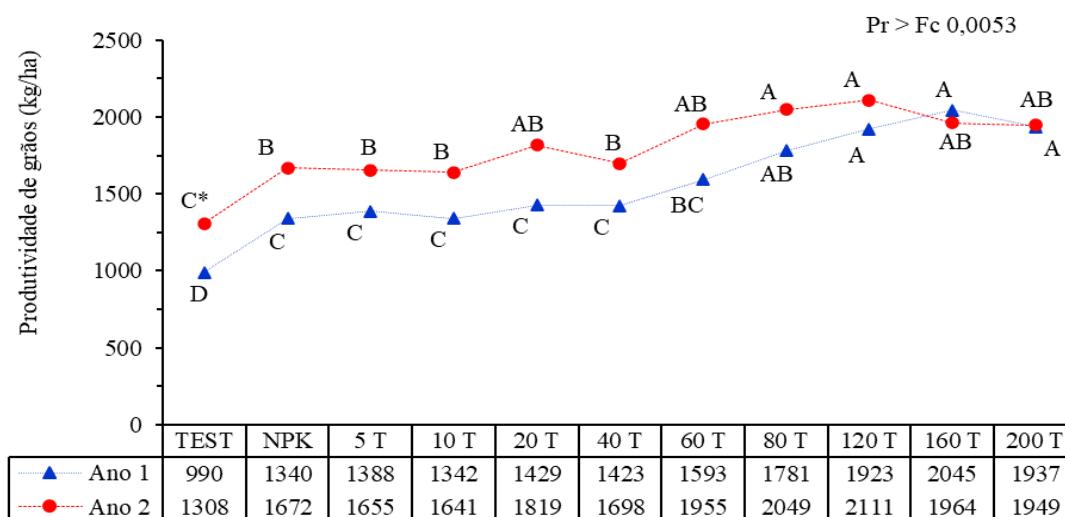
A análise dos dados da produção de MSPA das plantas de feijão preto mostrou diferença significativa entre os tratamentos nos dois anos experimentais (Figura 2). No primeiro ano experimental (Ano 1 - safra 2017/18), a produção de MSPA variou nos diferentes tratamentos. A maior produção de MSPA (2535 kg ha⁻¹) foi obtida nas plantas que receberam 160 t ha⁻¹ de PB, aproximadamente 14,7 e 132% superior que os tratamentos NPK e testemunha (TEST), respectivamente. Já a menor produção foi obtida no tratamento TEST, com produção de 1091 kg ha⁻¹. Resultados similares de MSPA foram alcançados por Plewka et al. (2009), que também não obtiveram diferenças significativas com o uso de doses baixas de PB (0, 1, 2 e 3 t ha⁻¹) na cultura do feijão. No segundo ano experimental (Ano 2 - safra 2018/19) as maiores produções de MSPA foram observadas nos tratamentos de 80 a 200 t ha⁻¹, com valores variando de 2841 a 2892 kg ha⁻¹. A menor produção foi obtida no tratamento TEST, com produção de 1780 kg ha⁻¹. Esses resultados condizem aos dados de Bolland e Baker (2000) que afirmam a necessidade de aplicação de grandes doses de pó de rocha para que diferenças significativas sejam notadas no crescimento e produção de grãos das culturas.

Os tratamentos também influenciaram de forma significativa ($P < 0,05$) a produção de grãos de feijão nos dois anos experimentais (Figura 3). Semelhante ao observado na MSPA, a produção de grãos de feijão nos dois anos experimentais também apresentou tendência de incremento com o aumento das doses de PB.

No primeiro ano experimental (Ano 1 - safra 2017/18), a maior produção de grãos (2045 kg ha⁻¹) foi observado na dose de 160 t ha⁻¹ de PB, superando em 52,6 e 106,5% a produção de grãos dos tratamentos com NPK e a TEST, respectivamente. Neste ano, a maior produção foi observada nos tratamentos de 80 a 200 t ha⁻¹ com valores variando de 1781 a 2045 kg ha⁻¹. Já a menor produção foi nos tratamentos com doses até 60 t ha⁻¹ de PB, NPK e o tratamento sem nenhuma adição de fertilizantes (TEST, com valor de 990 kg ha⁻¹). No segundo ano experimental as maiores médias de produções foram observadas nos tratamentos de 80 e 120 t ha⁻¹, com 2049 e 2111 kg ha⁻¹, respectivamente, porém não diferindo estatisticamente dos tratamentos com 60, 160 e 200 t ha⁻¹. A redução da produção na dose máxima pode ser atribuída a lei dos incrementos decrescentes de forma não linear devido ao fato de que possivelmente nas dosagens anteriores já tenha havido o atendimento as necessidades da cultura (SBCS, 2016). O tratamento com 120 t ha⁻¹ de PB superou em 26,3 e 61,4% a produção de grãos dos tratamentos com NPK e a TEST, respectivamente. A menor produção foi obtida no tratamento TEST, com 1308 kg ha⁻¹.

Figura 2. Produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) de feijão preto nos dois anos experimentais, safras 2017/18 (Ano 1) e 2018/19 (Ano 2). Bom Progresso, Rio Grande do Sul.

*Letras iguais, na mesma linha para cada ano de cultivo, não diferem pelo teste de Tukey 5%.

Figura 3. Produção de grãos de feijão preto nos dois anos experimentais, safras 2017/18 (Ano 1) e 2018/19 (Ano 2). Bom Progresso, Rio Grande do Sul.

* Letras iguais, na mesma linha para cada ano de cultivo, não diferem pelo teste de Tukey 5%.

A produção de grãos obtidas neste estudo, independente do tratamento foi inferior ao observado por Aguiar et al. (2020) na mesma região de estudo no RS que obtiveram produção de 4000 kg ha⁻¹ utilizando a cultivar de feijão preto IPR Uirapuru. Kachinski et al. (2020) no PR também obtiveram produção de grãos superior obtidas neste estudo sendo 3399 kg ha⁻¹ com a cultivar BRS Esteio e 3212 kg ha⁻¹ com cultivar IPR Campos Gerais. As produções superiores obtidas nos estudos de Aguiar et al. (2020) e Kachinski et al. (2020) decorrem, dentre outros fatores, a utilização de cultivares melhoradas e/ou selecionadas que apresentam maiores produções que cultivares crioulas, utilizada nesse estudo. No entanto, a produção dos grãos de feijão preto crioulo obtidos nas doses de 80, 120, 160, 200 t ha⁻¹ de PB em ambos os anos experimentais e na dose 60 t ha⁻¹ no primeiro ano são semelhantes às obtidas por Nascente et al. (2012) no TO com as cultivares de feijão preto BRS Supremo e Ouro Negro que foram de 1863 e 2729 kg ha⁻¹ respectivamente, sem aplicação de nitrogênio em cobertura; já quando aplicado nitrogênio em cobertura as produções de grãos das cultivares foi superior aos obtidos neste estudo, reafirmando que as cultivares melhoradas e/ou selecionadas apresentam produção

de grãos geralmente superior as crioulas, quando submetidas a adubação.

Segundo Bolland e Baker (2000), a eficiência do PB como fertilizante alternativo é questionada devido a sua solubilidade e da necessidade da aplicação de elevadas quantidades para alcançar respostas positivas no crescimento das plantas e na produção de grãos. No entanto, neste estudo, observou-se aumento na produção de grãos de feijão preto crioulo, já nas menores doses de PB testada, quando comparado ao cultivado na ausência do adubo alternativo (TEST), em ambos os anos de cultivo. Além disso, no primeiro ano, todas as produções de grãos obtidas com as doses de PB foram superiores ao tratamento com NPK, com diferenças variando de 0,001% a 52,6%. No segundo ano de cultivo, o comportamento em relação a TEST foi semelhante ao Ano 1, enquanto que para o tratamento com NPK, as produções com as doses de PB foram superiores a partir da dose 20 t ha⁻¹, com diferenças de até 26,3% na dose de 120 t ha⁻¹.

De acordo com Camargo et al. (2012), o PB apresenta lenta liberação e/ou fornecimento de nutrientes no solo, uma vez que o processo de disponibilização é considerado um

processo complexo, pois depende entre outros fatores, da granulometria e tempo de reação, além de fatores do próprio solo, como pH e atividade biológica. Esse comportamento pode ser atribuído, especificamente, a lenta solubilização dos nutrientes presente na rocha moída, e consequente liberação lenta para as plantas (HANISCH et al., 2013). Desse modo, no presente estudo, mesmo no segundo ano experimental, o tempo decorrido provavelmente, não foi suficiente para a liberação eficiente de nutrientes para as plantas de feijão. Possivelmente, essa lenta liberação de nutrientes e alta fertilidade do solo, estejam associadas as menores produções de grãos com as doses de 5 a 60 t ha⁻¹ de PB, porém, não diferem da fertilização química (NPK).

Hanisch et al. (2013) trabalharam com doses de PB (0, 2, 4, 8 e 12 t ha⁻¹) e não observaram efeito significativo no rendimento de milho e soja cultivadas em Latossolo vermelho. Gotz et al. (2019), também não observaram aumento da produção do trigo com aplicação das doses de 0, 2, 4, 8 e 12 t ha⁻¹ PB. Similarmente, Plewka et al. (2009), não observaram ganhos significativos na produção do feijão com o aumento das doses de PB. Os resultados desse estudo também são convergentes com Silva et al. (2012), que não constataram diferenças nos resultados do cultivo de feijão adubado com NPK em relação os obtidos com doses de até 60 t ha⁻¹ de PB, ratificando que o PB pode ser utilizado como fertilizante alternativo, com potencial para substituir a fertilização química. No entanto, deve-se levar em consideração o custo benefício da aplicação de PB em relação ao NPK atrelado a localização da fonte do PB, a logística para aplicar na lavoura, o preço do PB e NPK, e principalmente, seu efeito residual prolongado no solo, que mesmo em doses elevadas, visto que segundo Hanisch et al. (2013) pode ser mais econômico, pois reduz a necessidade de reposição de nutrientes no solo a cada novo cultivo.

Nesse estudo, as maiores doses de PB (60 a 120 t ha⁻¹), mesmo em solo de média/alta fertilidade, promoveram as maiores produções de grãos de feijão, podendo ser atribuído ao maior fornecimento de nutrientes no solo para as plantas. Nesse sentido, Silva et al. (2017), relatam que o incremento na produção nas maiores doses de PB pode estar associado ao melhor ambiente químico para solubilização da rocha, promovida pelos microrganismos do solo. Writzl et al. (2019), observaram que o crescimento das plantas e produção de grãos do milho pipoca com aplicação de 40 t ha⁻¹ de PB separado ou associado com cama de frango (1855 kg ha⁻¹), apresentou resultados semelhantes aos obtidos com fertilização química NPK, mostrando o potencial da fertilização alternativa com PB. Porém, os resultados desse estudo mostram que há limitação, e a utilização de doses acima de 120 t ha⁻¹, promoveram decréscimos de até 7,6% na produção de grãos (Ano 2). Esse efeito pode indicar toxicidade de nutrientes com doses acima de 120 t ha⁻¹ no PB (ESCOSTEGUY; KLAMT, 1998), e/ou pode ser atribuído a lei dos incrementos decrescentes de forma não linear que mostra tendência de estabilização ou redução da produção das culturas com aumento das doses de fertilizantes, indicando somente gasto de nutrientes acima da necessidade essencial das plantas (SBCS, 2016).

No segundo ano experimental, observou-se maior produção de MSPA (Figura 2) e produção de grãos (Figura 3). Esses resultados, provavelmente estão relacionados com distribuição uniforme das chuvas durante o ciclo da cultura, menor variação de temperatura, especialmente, nos estádios

reprodutivos da cultura (Figura 1A) e maior incidência de radiação solar nos meses de dezembro e janeiro (Figura 1B). Já no primeiro ano experimental, ocorreu um período de alto índice de chuvas no mês de outubro, e nos meses seguintes um declínio, o que pode ter afetado o desenvolvimento da cultura, visto que o aumento da temperatura atrelado ao declínio das chuvas, provavelmente favoreceu o abortamento floral, o que influencia diretamente na produção (Figura 1A).

A menor produção tanto de MSPA quanto de grãos no primeiro ano experimental também pode ser justificada pelo menor tempo de interação das doses de PB com o solo, especialmente, com os microrganismos do solo, e consequente lenta e/ou baixa solubilização/liberação/disponibilidade dos nutrientes para as plantas de feijão, conforme já foi relatado por outros autores (CAMARGO et al., 2012; HANISCH et al., 2013). Além da baixa solubilidade do PB, para os menores resultados do primeiro ano experimental, também deve ser considerado a aplicação realizada em superfície, em que o PB pode não ter lixiviado no perfil do solo, e assim não ter um contato direto com as raízes do feijão.

A lenta liberação e disponibilidade de nutrientes neste estudo pode estar associada as menores produções de grãos observadas nas doses de 5 a 60 t ha⁻¹ de PB, as quais não diferem da fertilização química (NPK). Em relação a maior produção de MSPA com o aumento gradativo das doses de PB, outro fator que pode ter influenciado, além da lenta liberação e disponibilidade de nutrientes, segundo Escosteguy e Klamt (1998), é o fornecimento de nutrientes como o Ca, rico no PB usado no experimento (12,7 mmolc dm⁻³). Segundo Taiz e Zeiger (2009), o Ca tem papel importante no metabolismo das plantas, uma vez que fornece resistência mecânica da parede celular e tem papel importante na divisão das células, promovendo o crescimento radicular das plantas, aumentando a absorção dos demais nutrientes, e consequentemente, promovendo maior crescimento e produção das plantas, conforme observado nesse estudo em relação aos dados de produção de matéria seca e produção de grãos.

Apesar das possíveis vantagens do uso de PB como fonte de nutrientes para as plantas, os resultados do presente estudo indicam que uma das principais limitações deste produto na agricultura está relacionado ao uso de baixas doses. Quanto ao uso de PB na agricultura, inicialmente o custo poderá ser elevado devido as maiores doses, mas é relevante considerar seu efeito residual no solo por vários anos de cultivos consecutivos, diferente dos fertilizantes químicos solúveis, os quais tem a necessidade da aplicação a cada novo cultivo.

CONCLUSÕES

A aplicação de doses de 5 a 60 t ha⁻¹ de PB, não apresenta aumento na produção de MSPA e produção de grãos da cultura do feijão preto, em comparação com a fertilização química NPK.

Doses de 80 a 200 t ha⁻¹ de PB promovem as maiores produções de MSPA e produção de grãos da cultura do feijão preto.

O aumento da dose e do tempo residual de aplicação do PB apresenta tendência de incremento na produção de MSPA e grãos do feijão preto.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. C. M. D.; SILVA, D. R. O. D.; BASSO, C. J.; NOVELLO, B. D. P.; SILVA, Á. A. A. D. Agronomic traits in common bean are influenced by infestation and coexistence with volunteer maize. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.50, p.1-9, 2020. [10.1590/1983-40632020v5059098](https://doi.org/10.1590/1983-40632020v5059098)
- BOLLAND, M. D. A.; BAKER, M. J. Powdered granite is not an effective fertilizer for clover and wheat in sandy soils from Western Australia. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v.56, n.1, p.59-68, 2000. [10.1023/a:1009757525421](https://doi.org/10.1023/a:1009757525421)
- CAMARGO, C. K.; RESENDE, J. T. V.; CAMARGO, L. K. P.; FIGUEIREDO, A. S. T.; ZANIN, D. S. Produtividade do morangueiro em função da adubação orgânica e com pó de basalto no plantio. *Semina: Ciências Agrárias*, v.33, n.1, p.2985-2994, 2012. [10.5433/1679-0359.2012v33Sup1p2985](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33Sup1p2985)
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 19 set 2020.
- ESCOSTEGUY, P. A. V.; KLAMT, E. Basalto moído como fonte de nutrientes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.22, n.1, p.1-20, 1998. [10.1590/S0100-06831998000100002](https://doi.org/10.1590/S0100-06831998000100002)
- FERREIRA D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011. [10.1590/S1413-70542011000600001](https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001)
- FERREIRA, E. R. N. C.; ALMEIDA, J. A.; MAFRA, A. L. Pó de basalto, desenvolvimento e nutrição do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e propriedades químicas de um Cambissolo Húmico. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.8, n.2, p.111-121, 2009.
- FYFE, W. S.; THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution. *Academia Brasileira de Ciências*, v.78, n.1, p.721-730, 2006. [10.1590/S0001-37652006000400007](https://doi.org/10.1590/S0001-37652006000400007)
- GOTZ, L. F.; CASTAMANN, A.; PIOVESAN, F.; ANZOLIN, B. L.; HEREK, T. A.; MIKOANSKI, W. M.; RITA, Y. L. Use of rock powder associated with bovine manure in Latossolo vermelho cultivated with wheat. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v.9, n.2, p.131-139, 2019. [10.21206/rbas.v9i2.3464](https://doi.org/10.21206/rbas.v9i2.3464)
- HANISCH, A. L.; FONSECA, J. A.; JUNIOR, A. A. B.; SPAGNOLLO, E. Efeito do pó de basalto no solo e em culturas anuais durante quatro safras, em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v.3, n.2, p.100-107, 2013. [10.21206/rbas.v3i2.224](https://doi.org/10.21206/rbas.v3i2.224)
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 set 2020.
- KACHINSKI, W. D.; ÁVILA, W. F.; MULLER, L. M. M.; DOS REIS, A. R.; RAPIM, L.; VIDIGAL, J. C. B. Nutrition, yield and nutrient export in common bean under zinc fertilization in no-till system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.44, p.1-13, 2020. [10.1590/1413-7054202044029019](https://doi.org/10.1590/1413-7054202044029019)
- LUZ, A. B.; LOUREIRO, F. E. L.; SAMPAIO, J. A.; CASTILHOS, Z. C.; BEZERRA, M. S. Rochas, minerais e rotas tecnológicas para produção de fertilizantes alternativos. In: FERNANDES, F. R. C.; LUZ, A. B.; CASTILHOS, Z. C. (eds.). *Agrominerais para o Brasil*. Rio de Janeiro, RJ: CETEM, 2010. cap.4, p. 61-88.
- MELO, V. F.; UCHÔA, S. C. P.; DIAS, F. O.; BARBOSA, G. F. Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo Distrófico da savana de Roraima. *Acta Amazonica*, v.42, n.4, p.471-476, 2012. [10.1590/S0044-59672012000400004](https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000400004)
- NASCENTE, A. S.; KLUTHCOUSKI, J.; CRUSCIOL, C. A. C.; COBUCCI, T.; DE OLIVEIRA, P. Fertilization of common bean cultivars in tropical lowlands. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.42, n.4, p.407-415, 2012. [10.1590/S1983-40632012000400003](https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000400003)
- PLEWKA, R. G.; ZAMULAK, J. R.; VENÂNCIO, J. A.; DA CUNHA MARQUES, A.; DE OLIVEIRA, C. D. Avaliação do uso do pó de basalto na produção de feijão. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v.4, n.2, p.4397-4400, 2009.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; DOS ANJOS, L. H. C.; DE OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5.ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356p.
- SBCS - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Núcleo Regional Sul: Comissão de Química e fertilidade do Solo - RS/SC, 2016, 376p.
- SILVA, A.; ALMEIDA, J. A.; SCHMITT, C.; DO AMARANTE, C. V. Fertilidade do solo e desenvolvimento de feijão comum em resposta adubação com pó de basalto. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.7, n.4, p.548-554, 2012.
- SILVA, V. N.; SILVA, L. E. S. F.; DA SILVA, A. J. N.; STAMFORD, N. P.; MACEDO, G. R. Solubility curve of rock powder inoculated with microorganisms in the production of biofertilizers. *Agriculture and Natural Resources*, v.51, n.1, p.142-147, 2017. [10.1016/j.anres.2017.01.001](https://doi.org/10.1016/j.anres.2017.01.001)
- SILVEIRA, R. T. G. Uso de rochagem pela mistura de pó de basalto e rocha fosfatada como fertilizante natural de solos tropicais lixiviados. 2016. 107f. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas) Universidade de Brasília, Brasília, 2016.
- SIMÃO, J. B. P.; COLA, G. P. A. Rochagem como forma alternativa de suplementação de Potássio na agricultura agroecológica. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.7, n.1, p.1-8, 2012.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.
- WRITZL, T. C.; CANEPELLE, E.; STEIN, J. E. S.; KERKHOFF, J. T.; STEFFLER, A. D.; DA SILVA, D. W.; REDIN, M. Produção de milho pipoca com uso do pó de rocha de basalto associado à cama de frango em Latossolo. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v.9, n.2, p.101-109, 2019. [10.21206/rbas.v9i2.3077](https://doi.org/10.21206/rbas.v9i2.3077)