



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
BACHARELADO EM AGRONOMIA**



**INFLUÊNCIA DA ROCHAGEM NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E NA  
PRODUTIVIDADE DA SOJA**

**RODRIGO BASTOS RODRIGUES**

**DOURADOS-MS  
Dezembro/2020**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
BACHARELADO EM AGRONOMIA**



**INFLUÊNCIA DA ROCHAGEM NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E NA  
PRODUTIVIDADE DA SOJA**

**RODRIGO BASTOS RODRIGUES**

Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Agronomia, da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Alessandra Mayumi Tokura Alovisi

**DOURADOS-MS  
Dezembro/2020**

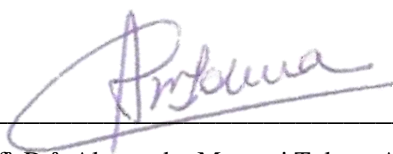
**INFLUÊNCIA DA ROCHAGEM NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E NA  
PRODUTIVIDADE DA SOJA**

**RODRIGO BASTOS RODRIGUES**

Monografia apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de  
Engenheiro Agrônomo

Aprovada em: 03/12/2020

**Banca Examinadora**



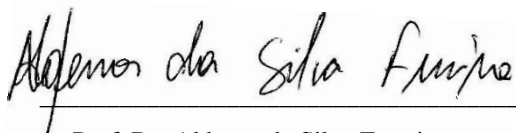
Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Alessandra Mayumi Tokura Alovisi

(Orientadora)



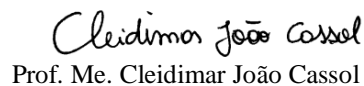
Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Elisângela Dupas

(Membro)



Prof. Dr. Aldenor da Silva Ferreira

(Membro)



Prof. Me. Cleidimar João Cassol

(Membro)

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, à minha mãe, Edleusa Bastos Cardoso Rodrigues e meu pai, Enedir Rodrigues, por me dar a oportunidade de viver e de estudar, além de me apoiarem na escolha pelo curso de Agronomia.

Ao meu irmão e sua família, todos os primos, tios e avós que contribuíram em forma de incentivos, conselhos, caronas e por ampararem os meus pais enquanto estive fora durante a graduação.

A todos os amigos de Naviraí e de Dourados que ao longo destes anos me receberam de alguma forma em suas casas, seja para descansar, comer, estudar, desabafar ou se divertir, meu muito obrigado jamais vou esquecer.

A minha amiga e futura Eng. Agrônoma Mariana Manzato Tebar pela ajuda, companhia e incentivo em diversos momentos deste experimento.

Em especial à minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Alessandra Mayumi Tokura Alovisi, pela paciência e oportunidade de trabalhar juntos e por ter me apresentado este tema e a cromatografia de solos também.

Aos amigos e colaboradores do grupo de estudo em Fertilidade do Solo que contribuíram em diversas etapas da condução deste experimento.

À Universidade Federal da Grande Dourados, todos os demais Professores e Técnicos da FCA pelo conhecimento compartilhado, por seus serviços prestados a nós alunos, à sociedade e a toda comunidade científica.

## Sumário

<b>Resumo .....</b>	<b>X</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>XX</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>10</b>
2.1. A CULTURA DA SOJA E SUA IMPORTÂNCIA PARA MATO GROSSO DO SUL .....	10
2.2. IMPORTÂNCIA DO SOLO COMO UM SISTEMA DINÂMICO .....	11
2.3. FERTILIZANTES .....	12
2.4. ROCHAGEM COMO FONTE ALTERNATIVA NO FORNECIMENTO DE NUTRIENTE	13
2.5. AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DA ROCHAGEM.....	15
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>16</b>
3.1. DESCRIÇÃO DO LOCAL, CLIMA E SOLO .....	16
3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS .....	17
3.3. CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	18
3.4. VARIÁVEIS ANALISADAS.....	18
3.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	19
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>19</b>
4.1. ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO .....	19
4.1.1. CAMADA SUPERFICIAL DO SOLO (0-10 CM).....	19
4.1.2. CAMADA SUB SUPERFICIAL DO SOLO (10-20 CM).....	20
4.1.3. ANÁLISE FOLIAR E PRODUTIVIDADE .....	22
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>26</b>

## RESUMO

Devido à baixa fertilidade natural da maioria dos solos brasileiros, o país tornou-se grande importador de fertilizantes solúveis, resultando na elevação dos custos de produção e aumentando a dependência externa de outros países que fornecem estes insumos. Felizmente, devido ao tamanho e diversidade do território nacional, é possível encontrar diversas fontes de rochas, que apesar da baixa solubilidade, podem fornecer todos ou pelo menos parte dos nutrientes para as plantas. Em análise a esta importância, objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito residual da adição de pó de rocha basáltica associado ou não com adubação química adicional, sobre os atributos químicos do solo e produtividade da cultura da soja. O delineamento experimental foi de blocos casualizados em esquema fatorial (5x2), testando, cinco doses de pó de rocha (0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 Mg ha<sup>-1</sup>), com ou sem adubação química de NPK na formulação 05-25-06 na dose 200 kg ha<sup>-1</sup>, com quatro repetições. O experimento foi conduzido em condições de campo na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados. Após a colheita da soja foram avaliadas as características agrônômicas de altura final de plantas, altura da inserção do primeiro legume, diâmetro do coleto, peso de 1000 grãos, produtividade da soja e os atributos químicos do solo. A adubação química influenciou os teores dos nutrientes P, K e Mn no solo. Na camada de 0-10 cm houve aumento dos teores de P e K. Na camada de 10-20 cm ocasionou redução no teor de Mn. O residual da aplicação das doses de pó de basalto ocasionou a redução das concentrações foliares de P, Cu, Zn. Para o teor foliar de P, os dados se ajustaram a função linear decrescente. Para Cu, o menor teor encontrado nas folhas foi de 10,90 mg dm<sup>-3</sup> na dose de 6,71 Mg ha<sup>-1</sup> do pó de basalto. Para o Zn, o menor teor encontrado nas folhas da soja foi de 41,66 mg dm<sup>-3</sup> na dose de 7,92 Mg ha<sup>-1</sup> do pó de basalto. A adubação química complementar favoreceu a redução da concentração do Mg foliar. Altura de plantas, diâmetro do coleto, peso de grãos e produtividade foram influenciadas pela adição da adubação química complementar, com os maiores valores nos tratamentos que receberam a adubação química. A pequena liberação dos nutrientes do pó de basalto indica que tal material não pode ser utilizado como a principal fonte de nutrientes às plantas.

**Palavras-chave:** Basalto; *Glycine max*; Adubação.

## ABSTRACT

Due to most Brazilian soils' low natural fertility, the country has become a significant importer of soluble fertilizers, resulting in increased production costs and increasing external dependence on other countries that supply these inputs. Fortunately, due to the size and diversity of the national territory, it is possible to find several sources of rocks, which despite the low solubility, can supply all or at least part of the nutrients to the plants. In analyzing this importance, the objective of this study was to evaluate the residual effect of adding basaltic rock powder, associated or not with additional chemical fertilization, on the chemical attributes of the soil and productivity of the soybean crop. The experimental design was randomized blocks in a factorial scheme (5x2), testing five doses of rock dust (0; 2.5; 5.0; 7.5 and 10.0 Mg ha<sup>-1</sup>), with or without fertilization. NPK chemistry in formulation 05-25-06 at a dose of 200 kg ha<sup>-1</sup>, with four replications. The experiment was carried out under field conditions at the Experimental Farm of Agricultural Sciences of the Federal University of Grande Dourados. After the soybean harvest, the agronomic characteristics of final plant height, the height of the insertion of the first vegetable, the diameter of the collection, the weight of 1000 grains, soybean productivity, and the chemical attributes of the soil were evaluated. Chemical fertilization influenced the levels of nutrients P, K and Mn in the soil. In the 0-10 cm layer, there was an increase in the levels of P and K. In the 10-20 cm layer, and it caused a reduction in the Mn content. The residual application of the doses of basalt powder caused the decrease in leaf concentrations of P, Cu, Zn. For the leaf P content, the data adjusted to the decreasing linear function. For Cu, the lowest content found in the leaves was 10.90 mg dm<sup>-3</sup> in the dose of 6.71 Mg ha<sup>-1</sup> of the basalt powder. For Zn, the lowest content found in soybean leaves was 41.66 mg dm<sup>-3</sup> in the dose of 7.92 mg ha<sup>-1</sup> of the basalt powder. Complementary chemical fertilization favored the reduction of leaf Mg concentration. Plant height, stem diameter, grain weight, and productivity were influenced by the addition of complementary chemical fertilization, with the highest values in treatments that received chemical fertilization. The small release of nutrients from the basalt powder indicates that such material cannot be used as the primary source of nutrients for plants.

**Keywords:** Basalt; *Glycine max*; Fertilization.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países que mais produz soja no mundo, com produção recorde estimada em 120,9 milhões de toneladas, ganho de 5,1% em relação à safra 2018/19. Os grãos de soja se encontram na liderança do ranking de exportações, alcançando a marca de mais de 80 milhões de toneladas de grãos de soja (CONAB, 2020). Entretanto, considerando toda a cadeia agrícola nacional e a baixa fertilidade natural dos solos brasileiros, o país tornou-se grande importador de fertilizantes. Em 2018, o Brasil foi o país que mais importou fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos no mundo, sendo gasto 2,68 bilhões, 360,57 milhões e 3,35 bilhões de dólares, respectivamente com a importação dos fertilizantes (TRIDGE, 2019).

Segundo Polidoro (2017), 79% do total de fertilizantes consumidos no país são importados, o que torna a agricultura brasileira muito dependente do mercado externo e do preço do dólar. Para diminuir essa dependência, que pesa sobre produtores e sobre a balança comercial do país, a pesquisa agrícola nacional está desenvolvendo e incentivando o uso de fontes alternativas de nutrientes.

Dessa forma, a utilização de pó de rochas ou rochagem apesar de não ser um conceito novo tem sido objeto de pesquisas oficiais e de portfólios de empresas, principalmente depois que o Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), através da Lei 12.890 de 10 de dezembro de 2013 e a Instrução Normativa nº 5, de 10 de março de 2016, regulamentaram a produção, registro e comércio do pó de rocha na agricultura, atualmente chamado de “Remineralizadores”, sendo o material de origem mineral que tenha passado apenas por redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo, por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas, físico-químicas e/ou da atividade biológica do solo, além das quantidades máximas permitidas de contaminantes como o Arsênio (As), Cádmio (Cd), Mercúrio (Hg) e Chumbo (Pb), além de servir como parâmetro comparativo na prospecção de novos recursos (BRASIL, 2016).

A utilização de remineralizadores tem potencial para reduzir a dependência de insumos externos e melhorar a eficiência na manutenção da fertilidade do solo através da lenta e gradual diminuição do uso de fertilizantes industriais, em manejos que permitam o incremento de matéria orgânica no solo e promovam condições favoráveis para a sobrevivência e estabelecimento de micro-organismos do solo em geral, que através de ácidos orgânicos, contribuem para a solubilidade de nutrientes e, em especial, os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), que podem acelerar o processo de intemperismo, desde que estejam em contato direto



com o pó de (rocha) rochagem, assim, possivelmente se beneficiar de um maior efeito residual e liberação gradativa de nutrientes para a solução do solo (HINSINGER et al., 2001).

Oliveira et al. (2006), buscaram avaliar o desenvolvimento vegetativo e o acúmulo de (K) por plantas de soja, testaram rochas fontes de potássio e sua eficiência agrônômica ou seja, neste caso, a capacidade de disponibilizar nutrientes em tempo hábil para o desenvolvimento da cultura, sendo testados: arenito vulcânico, brecha alcalina, carbonatito, biotita xisto e ultramáfica alcalina, além da fonte padrão de K, o cloreto de potássio e concluíram que as rochas ultramáfica alcalina e biotita xisto foram as mais eficientes agronomicamente. O carbonatito apresentou viabilidade de utilização como fonte de K, porém, com solubilidade mais lenta que a ultramáfica alcalina e a biotita xisto. O arenito vulcânico não apresentou viabilidade agrônômica como fonte de K. Os dados foram obtidos através de análise foliar e da avaliação da matéria seca na parte aérea da planta.

Klein (2020) testou doses crescentes de pó de basalto em dois Latossolos Distroférricos Vermelhos sendo um de textura argilosa e outro de textura média e constatou que houve melhora significativa nos atributos químicos do solo de textura média, enquanto que, o solo de textura argilosa por apresentar maior fertilidade natural não apresentou respostas significativas para a maioria dos atributos químicos do solo.

Segundo Schmidt et al. (2019) a substituição total de fertilizantes químicos solúveis pelo pó de rocha não alterou os atributos químicos do solo, mas os autores relataram efeito positivo nos componentes de produção, onde foi constatado maior número de vagens com três grãos, nos tratamentos que receberam  $2 \text{ Mg ha}^{-1}$  de um *blend* de granito, mármore dolomítico e basalto, quando comparado com a soja do tratamento sem adubação.

Segundo Alovisi et al. (2020), o pó de basalto pode ser considerado como uma fonte alternativa de fertilizante e corretivo do solo de baixo custo, entretanto, a baixa solubilidade do pó de basalto indica que tal material não pode ser utilizado como a principal fonte de nutrientes às plantas.

Os altos preços dos fertilizantes aliados com o baixo investimento do governo na indústria nacional de fertilizantes e aspectos contaminantes como o carreamento dos nutrientes por água da chuva e/ou da irrigação para rios e lençóis freáticos, faz necessário a busca por fertilizantes alternativos que possuam tanto macro como micronutrientes, e que principalmente apresentem baixo custo.

Assim, objetivou-se com o trabalho avaliar o efeito residual da aplicação do pó de rocha basáltica, associado ou não com adubação química adicional, sobre os atributos químicos do solo e na produtividade da soja.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. A CULTURA DA SOJA E SUA IMPORTÂNCIA PARA MATO GROSSO DO SUL**

A cultura da soja é uma das commodities grãos mais importantes no mundo, sendo indispensável como provedora de matéria prima de alimentos para todos os países produtores e não produtores do mundo, devido à grande quantidade produzida, a possibilidade de armazenamento por longos períodos, a sua composição e os diferentes processos inerentes a ele, que configura inúmeras utilidades para a economia e para o homem (ADVFN, 2019).

A soja é um produto completo, utilizado na fabricação de alimentos para o ser humano em farelo ou in natura e para o animal através de rações, na extração de óleo e gorduras vegetais, na fabricação do biodiesel que é também por lei constituinte do diesel comercializado no País como estratégia de aumento de rendimento e para cumprir acordos políticos ambientais, visando reduzir a emissão de gases tóxicos provenientes da combustão em motores. A leguminosa possui ainda diversas outras utilidades que pouco se comenta como emprego na fabricação de medicamentos, tintas, cosméticos, polímeros, papéis, entre outros (AGROLINK, 2012).

Os nutrientes mais exigidos pela cultura da soja são N e K. Além dos macronutrientes orgânicos (C, H, O) fornecidos pela atmosfera ( $O_2$ ,  $CO_2$  e  $H_2O$ ), a cultura da soja necessita de nutrientes fornecidos pelo solo: P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Co e Zn e, no caso do N, parte pelo solo e parte pela atmosfera (VITTI e TREVISAN, 2000). Os valores da exigência nutricional da cultura da soja são características variáveis em função de cultivares e ainda o potencial de produção pode ser influenciado por diversos fatores como: época de plantio, clima, fertilidade do solo e manejo cultural.

A produtividade das culturas é reflexo da interação da absorção de nutrientes que varia de acordo com as exigências nutricionais da cultura e é dependente de diversos fatores edafoclimáticos, cultivares, resposta a adubação e tratos culturais, sendo este conjunto de condições expressa em quantidade na produção de grãos (CARVALHO, 2012).

A produção mundial de soja no ano de 2019 é de 362,075 milhões de toneladas e o Brasil contribui com mais de 30% deste total. Considerando todo o território nacional na safra 2018/2019 a área cultivada foi de 35,9 milhões de hectares e a produtividade média nacional

foi de 3.206 kg ha<sup>-1</sup>. O Mato Grosso é o estado que lidera a produção, sua área plantada foi de 9,7 milhões de hectares com produtividade média estadual de 3.346 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto que Mato Grosso do Sul ocupa a quinta posição, com área plantada de 2.853,7 milhões de hectares e produtividade média estadual de 2.980 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2019)

Devido à alta exportação de nutrientes, via grãos, da área produtora realizada pela cultura da soja é necessário a reposição constante dos nutrientes exportados, para a manutenção da fertilidade do solo. No Mato Grosso do Sul na safra 2018/2019 estima-se que o produtor tenha gasto com corretivos, fertilizantes e adubação de cobertura o equivalente a 31,2% do custo total de produção que foi estimado em R\$ 3.143,90 por hectare com a soja RR, que é a tecnologia Roundup Ready, de resistência ao Glifosato, de R\$ 3.171,37 com a soja IPRO, que é a tecnologia Intacta, de resistência a ferrugem asiática da soja e por último de R\$ 3.306,77 com a soja convencional (RICHETTI, 2018).

## **2.2. IMPORTÂNCIA DO SOLO COMO UM SISTEMA DINÂMICO**

Com exceção da produção hidropônica, o solo é o principal meio de suporte e crescimento das plantas, sendo composto de uma camada de material ativo biologicamente, resultado do intemperismo de rochas, minerais e biomassa, que depende da necessidade de boas condições edafoclimáticas para garantir a ciclagem de nutrientes e a capacidade de produzir (LOPES e GUILHERME, 2007).

A capacidade de uma planta produzir, depende da fertilidade do solo que é entendida como a presença de nutrientes disponíveis para as plantas em um sistema dinâmico onde os nutrientes se dispõem e são absorvidos pelas raízes das plantas, mas, como o solo é um sistema aberto muitos nutrientes são exportados via grãos, além disso alguns elementos podem ficar retidos, imobilizados ou perdidos por lixiviação e erosão (FAQUIN, 2005). Assim, há a necessidade de reposição dos nutrientes no solo para manter ou aumentar a produtividade das culturas.

Com o passar do tempo a exploração extensiva na mesma área se torna um dreno de nutrientes que são extraídos e exportados e por isso é necessário fazer a reposição destes nutrientes de forma balanceada através da adição de fertilizantes, comumente utilizadas no plantio junto a linha de semeadura e em cobertura para manutenção e fonte direta nos períodos fisiológicos de melhor resposta na planta (SFREDO, 2008).

A construção da fertilidade do solo ocorre através das sucessivas etapas agrícolas como o condicionamento do perfil do solo através da calagem e adubações corretivas e de manutenção, visando ainda a manutenção do agro ecossistema e o monitoramento dos atributos

químicos, físicos e biológicos inseridos nos sistemas, além da manutenção crescente e diversificada dos restos culturais, melhoria na infiltração e aproveitamento da água e oxigenação do solo (RESENDE et al., 2016).

A utilização excessiva de fertilizantes pode contribuir para a contaminação e eutrofização dos cursos d'água, acidificação do solo, emissões de gases tóxicos para a atmosfera, além da excessiva utilização de energia em todas as etapas do processo até a aplicação. Entretanto as boas práticas de utilização e eficiência dos fertilizantes aliadas as práticas conservacionistas de estruturação do solo podem ter impactos menores, porém ainda utilizam fontes finitas que podem acabar em poucas décadas (LANA, 2009).

O solo é um sistema dinâmico, capaz de produzir alimentos, ciclar nutrientes, armazenar carbono, água e oxigênio, mas para que funcione de forma saudável é preciso garantir o equilíbrio da capacidade do solo de suportar, transformar e fornecer nutrientes em níveis adequados mantendo a qualidade ambiental e promovendo a saúde das plantas e animais. (VEZZANI e MIELNICZUK, 2009).

### **2.3 FERTILIZANTES**

Segundo a Instrução Normativa N° 39, de 80 de agosto de 2020, fertilizantes são compostos químicos obtidos pela complexação de íons presentes em minerais, de forma intencional, segundo os conceitos de estabilidade da molécula, aplicação e durabilidade no solo, são dependentes da condutividade elétrica, densidade de partículas e reatividade. Os fertilizantes que utilizam fontes sólidas do tipo pó, farelado ou granulado podem ser classificados em: simples, formado de um complexo químico contendo um ou mais nutrientes, misto, mistura de dois ou mais fertilizantes simples e complexo, obtidos através de processo industrial, que contenha dois ou mais nutrientes resultante de processo tecnológico em que se formem dois ou mais compostos químicos (BRASIL, 2018).

Fórmulas complexas evitam a segregação e otimizam sua aplicação devido as diferentes fontes de liberação lenta e controlada, promovendo manutenção da fertilidade em função da solubilização e assimilação pela planta à medida que se desenvolve. Os fertilizantes inorgânicos solúveis que contem N em sua composição são obtidos através de processos industriais que exigem grandes quantidades de energia e pressão, enquanto o P na maioria das vezes é proveniente de rochas sedimentares fosfatadas e importadas tratadas com ácidos fortes. O K é proveniente de minerais, também importados, mas que na maioria das vezes podem ser utilizados sem tratamento químico (LOUREIRO et al., 2009).

Além da difícil obtenção de fertilizantes industriais, o uso desenfreado tem grandes impactos ambientais, como a eutrofização e a mobilização de grandes quantidades de solo. Para produzir alimentos em sistemas sustentáveis, é necessário tecnologia e ajustes, aliados a incentivos financeiros e sociais. A necessidade de fontes alternativas é justificada com a grandeza de recursos passíveis de exploração em diversas regiões do Brasil, mas para que isso seja possível é necessário realizar análises físico-químicas dos materiais, definir a finalidade e adequar a granulometria (RESENDE et al., 2012).

O governo brasileiro junto com instituições/empresas públicas e privadas dentre as quais o MME, MCTIC, CNPQ e a CAPES, realizam a cada dois anos o Congresso Brasileiro de Rochagem e são parceiros desde a primeira edição do evento, juntos reúnem e divulgam dados de diversas pesquisas na prospecção e avaliação de fontes regionais de nutrientes, normatização para o uso de remineralizadores, prospecção de remineralizadores de solo, intemperismo de minerais e liberação de nutrientes, interação mineral-planta-microrganismos, avaliação agronômica de remineralizadores e desenvolvimento de produtos à base de remineralizadores de solo e perspectivas futuras (BAMBERG et al., 2017).

## **2.4 ROCHAGEM COMO FONTE ALTERNATIVA NO FORNECIMENTO DE NUTRIENTES**

Diversos nomes já foram citados para esta prática como pães de pedra, rochagem ou pó de rocha, remineralizadores, agrominerais entre outros, seu conceito é fundamentado na agrogeologia da formação e manutenção dos solos e em como utilizar diferentes rochas para promover a fertilidade e a disponibilidade dos nutrientes (VAN STRAATEN, 2002).

Um dos itens da Lei Nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013., diz que o protocolo deverá atender simultaneamente os seguintes objetivos:

- a) testar a capacidade dos remineralizadores em alterar positivamente uma ou mais variáveis respostas da cultura-alvo ou do solo;
- b) demonstrar que o produto atua na nutrição e/ou desenvolvimento da planta, direta ou indiretamente, ou no condicionamento do solo (BRASIL, 2013).

O produto é obtido de rochas trituradas e moídas como rochas de fontes calcária rica em carbonato de cálcio e ou magnésio, enquanto fontes basálticas são ricas em cálcio, magnésio, potássio e silício e ressaltam ainda a importância de associação a biofertilizantes (MOREIRA, 2016).

A solubilidade destas rochas é baixa e depende da biomineralização que consiste em reunir diversos minerais que contenham nutrientes que possam servir de substrato para microrganismos naturais do solo que são transformadores, realizando o trabalho biológico e possibilitando os nutrientes serem assimilados pelas plantas, assim como o calcário obtido da moagem de rochas ricas em carbonato de cálcio e magnésio. Podem ser utilizadas as rochas fosfáticas, potássicas e até mesmo nitrogenadas, sendo mais indicado para utilizações complementares do que substituição total de fontes solúveis, uma vez que a extração pelas culturas é facilmente notada pela produção quantitativa e qualitativa (LOUREIRO et al. 2009).

O uso da rochagem ainda se encaixa no conceito de "Arranjos Produtivos Locais" os "APLs", que integram uma rede de interações entre empresas, produtores, técnicos e toda a comunidade de forma direta ou indiretamente com objetivo de cooperação e aprendizado utilizando recursos regionais, gerando atuação local e estímulo de atividades coletivas (MDIC, 2018).

Segundo a Instrução Normativa nº 5, de 10 de março de 2016, mesmo que o produto apresente baixas e médias concentrações de nutrientes, baixa a média solubilidade e pouco valor comercial, é um material abundante e/ou subproduto de processos industriais, e seu uso na agricultura pode contribuir com a redução do efeito estufa e passivo ambiental (BRASIL, 2016)

No solo tem como vantagem principal de repor nutrientes em solos de baixa fertilidade, reduzir a acidez com o passar do tempo, reestruturar o solo e melhorar a capacidade de oxigenação, reduzir custos com fertilizantes químicos. Nas plantas, aumenta o poder de germinação de sementes, melhora desenvolvimento do sistema radicular e vegetativo, deixam o caule e casca mais grossos, engrossa a película que envolve a folha aumentando a proteção contra fatores climáticos e patógenos. Nos alimentos, promove maior durabilidade após a colheita, melhora a coloração, sabor, peso e o valor nutritivo (MOREIRA, 2016).

Apesar dos benefícios da rochagem, a super dosagens de alguns materiais pode conter minerais tóxicos em quantidades elevadas, como alumínio, arsênio, cádmio, mercúrio e chumbo e podem contribuir com acúmulo desses metais no solo, além da higroscopicidade e salinidade, sendo possível também afetar organismos edáficos e a fauna. Também podem formar uma espécie de camada de compactação devido a granulometria fina do pó e suas propriedades cimentantes (TOSCANI e CAMPOS, 2017).

## 2.5 AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DA ROCHAGEM

Trabalho realizado por Alovisei et al. (2017) buscou avaliar os atributos químicos do solo e a produtividade das culturas de milho e soja em resposta a adição de pó de basalto associados ou não ao bioativo. Os incrementos nos teores dos nutrientes no solo, após 16 meses da aplicação do pó de basalto e bioativo, foram relativamente baixos. Mesmo após a colheita de duas safras de grãos, o solo manteve a faixa adequada de interpretação dos atributos químicos do solo. A produtividade das culturas de milho e soja não foram influenciadas pela adição do pó de basalto e do bioativo.

Segundo Edward et al. (2016), que avaliaram a influência da aplicação de rochas moídas fosfáticas e basálticas nas taxas de colonização por fungos micorrízicos arbusculares em raízes e no desenvolvimento de esporos sob a influência de diferentes tratamentos em cultivos de feijão-vagem e soja concluíram que a produção de esporos de fungos micorrízicos arbusculares possivelmente foi influenciada pela aplicação de rochas moídas e sua associação com a calagem.

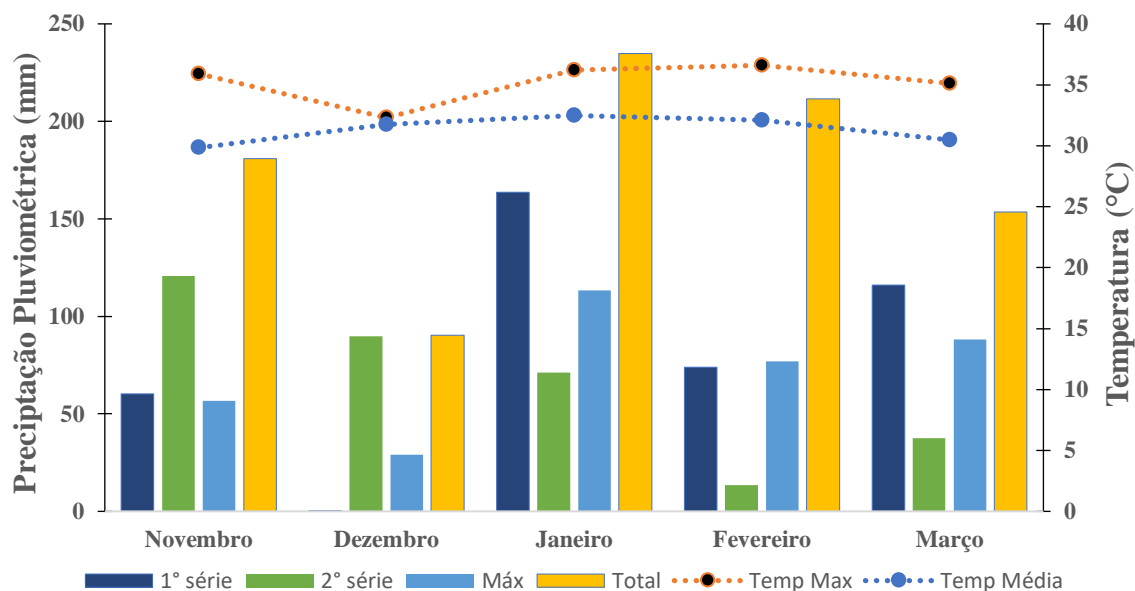
Toscani e Campos (2017) determinar a mineralogia e geoquímica do solo antes e depois da aplicação de diversos insumos, como a adição de rochas basálticas (Formação Serra Geral), fosforito e dolomito fosfatado (Grupo Bambuí), além de NPK e calagem para compreender o comportamento ao longo do ano e determinar os resíduos ativos no solo. Os autores afirmaram que o uso da rochagem resultou em um significativo aumento das substâncias e parâmetros físico-químicos responsáveis pela fertilidade dos solos, bem como de sua resposta agronômica, além de apresentar um importante efeito residual. Entretanto, para o pleno desenvolvimento das plantas além da utilização dos pós de basalto, fosforito ou dolomito fosfatado os autores recomendaram a utilização da calagem para potencializar seus efeitos benéficos.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Descrição do local, clima e solo

O experimento foi conduzido durante o ano agrícola 2018/2019, em condição de campo, na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), no município de Dourados, MS, localizado a 434m de altitude, 54°59'13" de longitude Oeste e de 22°14'08" de latitude Sul.

O clima de Dourados foi classificado como Cwa, clima úmido e inverno seco, as médias anuais de temperatura são de 22°C e a precipitação varia entre 500 mm e 1500 mm anuais (FIETZ et al., 2017). A temperatura média, máxima e precipitações foram obtidas da Estação Meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste para região de Dourados, MS (Figura 1).



**Figura 1.** Caracterização das condições climáticas da área experimental, Dourados (MS), safra 2018/2019. Cada série representa 15 dias de avaliação.

Dados: EMBRAPA, 2019.

No início do experimento, foram aplicadas a lanço sem incorporação cinco doses de pó de basalto (0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10 Mg ha<sup>-1</sup>). Cultivou-se na área a cultura da soja (safra 2017/18) e milho (safra 2018). Posteriormente, no terceiro cultivo, na safra 2018/2019 cultivou-se a soja para verificar a resposta ao efeito residual do pó de rocha aplicado antes da safra 2017/2018.

O pó de rocha aplicado ao solo é uma rocha basáltica oriunda da empresa Mineradora Tozzi Junqueira Ltda – ME (Pedreira Esteio), situada no município de Itaporã – MS. Foi utilizado material residual fino resultante da operação de britagem. A granulometria do pó de



basalto aplicado no experimento está em acordo com as normas da ABNT para classificação de corretivos e fertilizantes, sendo que 100% do produto passou em peneira de malha 0,84 mm e 50% em peneira de malha 0,3 mm. O valor de pH (suspensão 1:1) do material é de 9,7 e a composição química total da rocha basáltica é de: SiO<sub>2</sub>: 51,4%, CaO: 8,32%, MgO: 3,58%, K<sub>2</sub>O: 3,42%; Zn: 56,5 mg kg<sup>-1</sup>, Cu: 182 mg kg<sup>-1</sup>, Ni: 3,77 mg kg<sup>-1</sup>, B: 107 mg kg<sup>-1</sup>, Cl: 798 mg kg<sup>-1</sup>, Co: 9,65 mg kg<sup>-1</sup>, Fe: 22.000 mg kg<sup>-1</sup>, Mn: 394 mg kg<sup>-1</sup>, os elementos Cd, As, Pb, Hg e Mo se encontravam abaixo da faixa de quantificação. Os elementos macro e traço foram determinados por espectrometria de emissão, ICP.

O solo da área foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, de textura argilosa (SANTOS et al., 2013), apresentando características químicas (Tabela 1), avaliadas de acordo com metodologia de Claessen (1997).

**Tabela 1:** Atributos químicos do solo, determinadas em amostras de solo coletadas nas camadas 0-10 cm e 10-20 cm antes da implantação do experimento. Dourados – MS, 2019.

Profundidade de coleta	pH		M.O	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
	H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	-----mmolcdm <sup>-3</sup> -----							
(0-10cm)	6,0	5,4	30	13	5,1	47	23	43	0	75	118	63
(10-20cm)	5,5	4,7	22	6	2,3	29	14	55	3	45	101	45

Fonte: Próprio autor, 2019.

### 3.2. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 5x2, utilizando-se de 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos de cinco doses de pó de rocha basáltica (0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10 Mg ha<sup>-1</sup>) com e sem adubação química adicional (05-25-06 NPK 200 kg ha<sup>-1</sup>). Os tratamentos foram identificados como: T1 (controle); T2 (sem adição do pó de rocha + adubação química adicional); T3 (2,5 Mg ha<sup>-1</sup> de pó de rocha e sem adubação química adicional); T4 (2,5 Mg ha<sup>-1</sup> de pó de rocha e com adubação química adicional); T5 (5,0 Mg ha<sup>-1</sup> de pó de rocha e sem adubação química adicional); T6 (5,0 Mg ha<sup>-1</sup> de pó de rocha e com adubação química adicional); T7 (7,5 Mg ha<sup>-1</sup> de pó de rocha e sem adubação química adicional); T8 (7,5 Mg ha<sup>-1</sup> de pó de rocha e com adubação química adicional); T9 (10 Mg ha<sup>-1</sup> de pó de rocha e sem adubação química adicional); T10 (10 Mg ha<sup>-1</sup> de pó de rocha e com adubação química adicional).

### 3.3. Condução do experimento

A semeadura da soja, variedade Monsoy 6410, foi realizada no dia 14 de novembro de 2018, com semeadora adubadora, modelo Semeato, equipada com sete linhas, na densidade de semeadura de 16 plantas  $m^{-1}$ . A parcela foi constituída por sete linhas espaçadas entre si de 0,45 m (3,15 m), com 5 m de comprimento, com área total da parcela 15,75  $m^2$ . Nas parcelas em que os tratamentos constituíam de adubação química complementar foi adicionado a dose de 200  $kg\ ha^{-1}$  da fórmula 05-25-06 (NPK).

O controle de plantas daninhas foi realizado com o herbicida glifosato, na dose de três litros por hectare. O controle de percevejos foi feito com o inseticida Tiametoxam + Lambda-Cialotrina na dose de 200  $mL\ ha^{-1}$ .

### 3.4. Variáveis analisadas

Foram avaliadas a altura da planta (ALT), altura de inserção do primeiro legume (APL), diâmetro do coleto (DC), teor de nutrientes foliares, peso de mil grãos (PG), produtividade de grãos (PROD) e atributos químicos do solo após a colheita da soja.

Para a análise dos teores de nutrientes nas folhas, foram coletadas as amostras em fase de floração plena, sendo 10 trifólios com pecíolo em cada parcela para a determinação de macro e micronutrientes, conforme metodologia de Malavolta et al. (1997). As folhas foram submetidas à lavagem com água destilada. Após secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas, posteriormente as folhas foram moídas em moinho tipo Wiley e peneiradas com peneiras de malha de 20 mesh (0,85 mm). O nitrogênio foi extraído por digestão sulfúrica a quente e determinado pelo método semi-micro Kjeldahl. O P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn foram extraídos por digestão nítrico-perclórica a quente e determinados por espectrometria de absorção molecular (P), espectrofotometria de emissão de chama (K), espectrofotometria de absorção atômica (Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn).

Altura de planta: antes da colheita, a altura da planta de soja foi determinada a partir de cinco plantas, com régua graduada em centímetros, tomando-se a distância ente o nível do solo e o ápice da planta.

Altura do primeiro legume: antes da colheita, medindo cinco plantas, com régua graduada em centímetros, com os valores representando a média entre as alturas de inserção do primeiro legume.

Diâmetro de coletor: antes da colheita, o diâmetro do coletor da planta de soja foi determinada a partir de cinco plantas, com paquímetro em milímetros.

Peso de mil grãos: depois da colheita, homogeneizando os grãos colhidos a partir de plantas de cada parcela individualmente

Produtividade de grãos: foi determinada amostrando-se uma área de 4,5 m<sup>2</sup>, dentro de cada parcela. Após a trilha das plantas em trilhadora estacionária e limpeza dos grãos, as amostras foram colocadas em estufa de ventilação forçada e corrigida umidade para 13% e posteriormente foram pesadas em balança digital.

Após a colheita da soja, foram coletadas amostras de solo, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, para realizar as análises químicas de acordo com metodologia descrita por Claessen (1997), que englobaram: pH em água, pH CaCl<sub>2</sub>, Ca, Mg, Al, P MELICH-1, K e MO.

### **3.5. Análise estatística**

Os resultados obtidos, em cada variável analisada, foram submetidos à análise de variância, e as médias dos tratamentos comparadas pelo Teste t de Student a 5%, utilizando o programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2014). Os dados das doses de pó de rocha (significativos) foram submetidos também a análise de regressão. Os modelos para ajustes das equações foram escolhidos com base no coeficiente de determinação e na sua significância ( $p < 0,01$ ).

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Atributos químicos do solo**

#### **4.1.1. Camada superficial do solo (0-10 cm)**

Não foi detectada interação entre o residual da aplicação das doses de pó de basalto e da adubação química complementar, somente efeito isolado da adubação química para as variáveis P e K (Tabela 2), onde os maiores teores de P e K no solo foram dos tratamentos que receberam adubação química, esses resultados que já eram esperados pela adição direta de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, via adubação.

Na análise dos atributos químicos do solo na camada superficial (0-10 cm) percebe-se que os valores de pH, M.O, P, Ca, Mg, Cu, Mn e Zn estão dentro dos níveis de suficiências de médios a altos teores para o desenvolvimento da cultura (RAIJ et al., 1997).

**Tabela 2:** Resumo da análise de variância para atributos químicos do solo, da camada de 0-10 cm, de Acidez do solo (pH), Matéria Orgânica (M.O), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Acidez potencial (H+Al), Alumínio (Al), soma de Bases Trocáveis (SB), Capacidade de Troca Catiônica (CTC), Saturação por Bases (V%), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn) em relação a doses de pó de basalto e adubação química adicional, Dourados – MS, 2019.

Tratamentos	pH (CaCl <sub>2</sub> )	pH (H <sub>2</sub> O)	M.O	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V%	Cu	Fe	Mn	Zn
Doses de pó de basalto (D)			g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	-----mmolcdm <sup>-3</sup> -----						%	----- mg dm <sup>-3</sup> -----			
(Mg ha <sup>-1</sup> )															
0	5,46	6,11	27,91	16,88	4,37	44,77	21,32	42,98	70,48	113,45	62,24	13,96	44,72	105,42	4,11
2,5	5,45	6,11	27,84	18,14	4,00	43,78	21,49	44,25	69,29	113,51	61,08	14,17	42,79	107,26	3,25
5,0	5,39	6,04	27,59	16,50	3,94	42,58	21,14	46,40	67,66	114,04	59,49	14,00	43,91	101,95	2,95
7,5	5,50	6,12	27,20	15,66	3,92	42,90	21,82	44,51	68,64	113,12	60,61	14,22	45,20	105,35	3,09
10,0	5,51	6,15	27,95	17,04	3,95	45,11	21,84	42,52	70,88	113,45	62,59	14,12	45,22	105,70	3,05
Pr>F	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Adubação (A)															
Com	5,44	6,08	28,06	19,3a	4,33a	44,21	21,57	44,65	70,11	114,77	61,13	14,11	43,36	105,60	3,19
sem	5,48	6,13	27,33	14,4b	3,74b	43,45	21,47	43,61	68,66	112,26	61,26	14,08	45,37	104,67	3,38
Pr > F	ns	ns	ns	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pr > F (DxA)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	4,89	3,60	5,87	14,79	19,83	9,18	9,50	16,40	8,60	4,13	9,15	4,33	14,50	6,56	33,88
Média	5,46	6,11	27,70	16,84	4,04	43,83	21,52	44,13	69,39	113,51	61,20	14,10	44,37	105,14	3,29

ns, \* e \*\*: não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

Fonte: Próprio autor, 2019.

#### 4.1.2 Camada sub superficial do solo (10-20 cm)

Observa-se que na camada subsuperficial os valores de pH, M.O, P, K, Ca, Mg, SB, CTC, V%, Mn e Zn (Tabela 3) são menores que na camada de 0-10 cm (Tabela 2), esta é uma característica comum, visto que, é na camada superficial que os corretivos e adubos são adicionados. Já os teores de acidez potencial (H + Al) e Fe estão em maiores concentrações na camada de 10-20 cm, característica natural de solos do cerrado.

Não foi detectada interação entre o residual da aplicação das doses de pó de basalto e da adubação química complementar. Houve, somente efeito isolado da adubação química para a variável Mn (Tabela 3), onde o maior teor no solo foi encontrado nos tratamentos que não receberam a adubação química, possivelmente porque na camada subsuperficial o pH do solo encontra-se mais ácido, contribuindo com a maior solubilidade do Mn e conseqüentemente com sua disponibilidade (CARVALHO, 2007).

Na análise dos atributos químicos do solo na camada subsuperficial (10-20 cm) observa-se que os valores de pH, M.O, P, Ca, Mg, Cu, Mn e Zn estão dentro dos níveis médios a altos e se encontram suficientes para o desenvolvimento da cultura (RAIJ et al., 1997).

#### 4.1.3 Análise foliar e Produtividade

Não foi detectada interação entre o residual da aplicação das doses de pó de basalto e da adubação química complementar, somente efeito isolado do residual da aplicação das doses de pó de basalto para as concentrações foliares de P, Cu e Zn, que houveram diminuição nos teores foliares, possivelmente causado pelo efeito de diluição, devido ao maior acúmulo de matéria seca nas folhas, e efeito isolado da adubação química complementar para a concentração foliar de Mg que foi superior nos tratamentos que não receberam a adubação química complementar (Tabela 4). Apesar da diferença significativa, os teores de Mg nas folhas se encontram na faixa adequada para o desenvolvimento da soja (EMBRAPA, 1996).

Para as variáveis Cu e Zn os dados se ajustaram a função quadrática. O menor teor de Cu encontrado nas folhas da soja foi de 10,90 mg dm<sup>-3</sup> na dose de 6,71 Mg ha<sup>-1</sup> do pó de basalto (Figura 2). Para o Zn, o menor teor encontrado nas folhas da soja foi de 41,66 mg dm<sup>-3</sup> na dose de 7,92 Mg ha<sup>-1</sup> do pó de basalto (Figura 3). Apesar dos menores teores de Cu e Zn nas doses indicadas do pó de basalto, os teores estão na faixa adequada para o desenvolvimento das plantas de soja. Para o teor foliar de P os dados se ajustaram a função linear decrescente (Figura 4).

**Tabela 3:** Resumo da análise de variância para atributos químicos do solo, da camada de 10-20 cm, de Acidez do solo (pH), Matéria Orgânica (M.O), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Acidez potencial (H + Al), Alumínio (Al), Soma de Bases Trocáveis (SB), Capacidade de Troca Catiônica (CTC), Saturação por Bases (V%), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn) em relação a doses de pó de basalto e adubação química adicional, Dourados – MS, 2019.

Tratamentos	pH (CaCl <sub>2</sub> )	pH (H <sub>2</sub> O)	M.O	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V%	Cu	Fe	Mn	Zn
Doses de pó de basalto (D)			g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	-----mmolcdm <sup>-3</sup> -----						%	----- mg dm <sup>-3</sup> -----			
(Mg ha <sup>-1</sup> )															
0	4,95	5,67	20,66	5,72	1,74	28,72	16,00	55,41	46,45	101,89	45,58	14,52	56,70	66,01	1,56
2,5	5,05	5,74	21,19	5,3	1,62	27,91	16,09	53,16	45,62	98,80	46,24	14,10	53,99	65,82	1,54
5,0	4,94	5,66	19,95	4,26	1,52	26,96	15,66	55,86	44,14	100,04	44,49	14,04	56,15	66,12	1,34
7,5	5,04	5,77	19,95	5,19	1,39	27,99	16,67	54,89	46,04	100,91	46,00	14,29	55,77	68,90	1,34
10,0	5,07	5,77	22,39	4,71	1,57	28,80	16,52	54,06	46,85	100,91	46,58	14,41	53,52	69,05	1,40
Pr>F	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Adubação (A)															
Com	4,96	5,69	20,26	5,37	1,64	28,51	15,79	56,24	45,06	101,32	44,49	14,20	55,24	63,34b	1,35
sem	5,05	5,76	21,39	4,71	1,50	27,64	16,59	53,11	46,59	99,70	47,06	14,34	55,21	71,02a	1,51
Pr > F	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
Pr > F (DxA)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	4,37	3,06	9,11	37,75	33,25	12,71	10,27	14,83	11,15	6,69	12,37	4,10	11,76	8,44	20,28
Média	5,01	5,72	20,83	5,04	1,57	28,08	16,19	54,68	45,82	100,51	45,77	14,27	55,23	67,18	1,43

ns e \*: não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

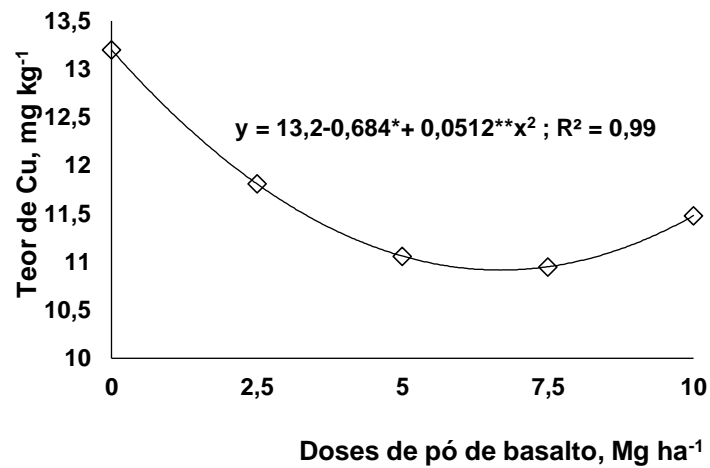
Fonte: Próprio autor, 2019

**Tabela 4.** Teores foliares de macro e micronutrientes da soja, em função de doses de pó de basalto e da adubação química complementar.

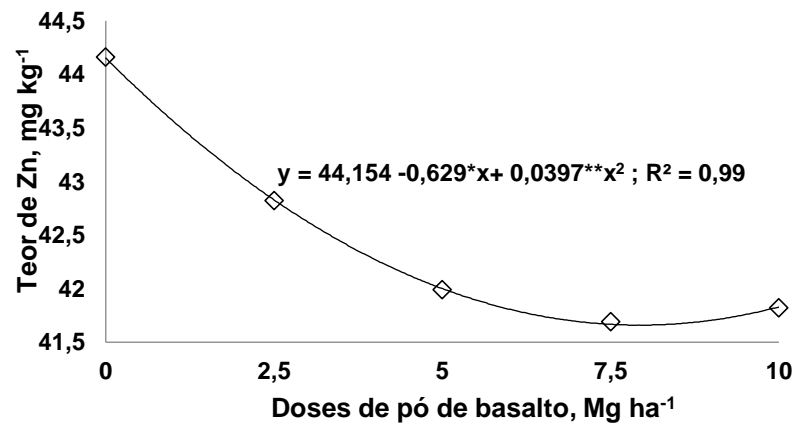
Tratamentos		Teores foliares de macro e micronutrientes							
Doses de pó de basalto (D)	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
(Mg ha <sup>-1</sup> )	----- g kg <sup>-1</sup> -----				----- mg kg <sup>-1</sup> -----				
<b>Safra 2018/19</b>									
0	47,22	4,24	21,38	8,24	4,17	13,20	119,87	51,99	44,16
2,5	45,25	4,18	21,81	8,30	4,12	11,81	108,24	50,02	42,82
5,0	44,51	4,11	21,12	8,21	4,09	11,06	117,69	51,95	41,99
7,5	43,79	4,04	21,69	8,39	4,06	10,95	108,45	49,77	41,69
10,0	44,50	3,97	22,37	8,60	4,06	11,48	109,67	48,65	41,82
Pr>F (D)	ns	**	ns	ns	ns	**	ns	ns	**
Adubação (A)									
Com	44,83	4,15	21,82	8,36	3,99 b	11,25	115,51	49,78	40,88
Sem	45,27	4,07	21,52	8,31	4,21 a	12,15	110,06	51,17	44,14
Pr > F (A)	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns
Pr > F (AxD)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	5,78	3,77	6,85	4,94	3,82	12,77	17,02	17,44	6,68
Média	45,06	4,11	21,67	8,35	4,10	11,70	112,78	50,48	42,51

ns e \*\*: não significativo e significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

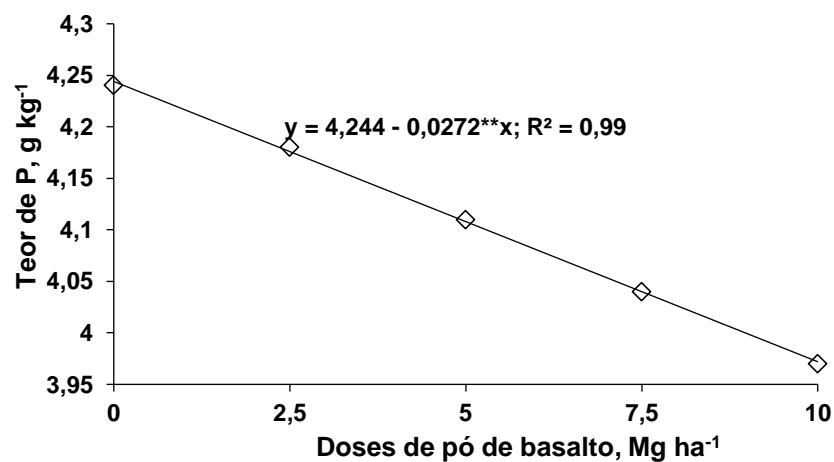
Fonte: Próprio autor, 2019.



**Figura 2.** Teor foliar de cobre em plantas de soja ( $p < 0,01$ ) em função do residual das doses de pó de basalto. Fonte: Próprio autor, 2019.



**Figura 3.** Teor foliar de zinco em plantas de soja ( $p < 0,01$ ) em função do residual das doses de pó de basalto. Fonte: Próprio autor, 2019.



**Figura 4.** Teor foliar de fósforo em plantas de soja ( $p < 0,01$ ) em função do residual das doses de pó de basalto. Fonte: Próprio autor, 2019.



Considerando a análise foliar para a cultura da soja, somente o teor de N está abaixo do adequado, os demais nutrientes estão na faixa adequada para o desenvolvimento da cultura da soja (BROCH e RANNO, 2012), independente dos tratamentos.

Observando os resultados encontrados nos atributos químicos do solo (Tabelas 2 e 3) e foliar (Tabela 4), o solo da área experimental apresentava elevada reserva de nutrientes para as plantas, independente dos tratamentos. Solos com essa característica não respondem rapidamente à adubação e apresentam ótimos rendimentos das culturas (KLEIN, 2020).

Para os parâmetros avaliados quanto a biometria e produtividade não houve interação entre os fatores doses e adubação, somente houve significância ( $p < 0,01$ ) para o tratamento que recebeu adubação química, com os maiores valores encontrados nos tratamentos que receberam a adubação química complementar (Tabela 5).

**Tabela 5.** Altura final de plantas (ALT), altura da inserção do primeiro legume (APL), diâmetro do coleto (DC), peso de 1000 grãos (PG) e produtividade (Prod.) da soja, em função de doses de pó de basalto e da adubação química complementar.

Tratamentos		Teores foliares de macro e micronutrientes				
Doses de pó de basalto (D)	ALT	APL	DC	PG	Prod	
Mg ha <sup>-1</sup>	cm	cm	mm	g	kg ha <sup>-1</sup>	
0	86,76	22,77	7,00	83,55	2992,45	
2,5	85,81	21,94	7,46	83,86	2874,23	
5,0	84,60	22,04	7,00	83,30	3010,93	
7,5	83,86	21,34	7,71	85,31	2976,60	
10,0	82,49	23,06	7,32	85,02	2726,82	
Pr>F	ns	ns	Ns	ns	ns	
Adubação (A)						
Com	86,54 a	22,27	7,61	86,86 a	3148,87 a	
Sem	82,87 b	22,18	6,98	81,56 b	2683,54 b	
Pr > F	*	ns	*	**	**	
Pr > F (DxA)	ns	ns	Ns	ns	ns	
CV (%)	5,46	20,25	10,41	3,92	14,45	
Média	84,70	22,23	0,73	84,21	2916,21	

ns e \*\*: não significativo e significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

Fonte: Próprio autor, 2019

A produtividade média deste experimento foi de 2.916,21 kg ha<sup>-1</sup>, abaixo da média do Estado, que foi de 3.342 kg ha<sup>-1</sup> (FAMASUL, 2020). Apesar do solo apresentar teores adequados de nutrientes para o desenvolvimento da cultura, a baixa produtividade encontrada no presente trabalho pode ser explicada pela fitotoxidez proporcionada pelo inseticida aplicado no estágio R5 da cultura.

Houve significância ( $p < 0,01$ ) para o peso de mil grãos somente utilizando a adubação química, onde os maiores valores foram encontrados nos tratamentos que receberam a adubação química complementar (Tabela 5).

O pó de basalto não influenciou as variáveis analisadas após dois anos da aplicação, o que indica que o material não pode ser utilizado como a principal fonte de nutrientes às plantas. Os dados apresentados referem-se aos principais resultados observados no segundo ano de análise do experimento com o cultivo da soja. Vale ressaltar que o experimento continua sendo amostrado e analisado periodicamente. Essa é a estratégia do estudo, para que se obtenham informações do efeito residual da aplicação do pó de basalto.

## 5. CONCLUSÃO

A adubação química influenciou os teores dos nutrientes P, K e Mn no solo. Na camada de 0-10 cm houve aumento dos teores de P e K. Na camada de 10-20 cm ocasionou redução no teor de Mn.

O residual da aplicação das doses de pó de basalto ocasionou a redução das concentrações foliares de P, Cu e Zn e, a adubação química complementar favoreceu a redução da concentração do Mg foliar, ambos possivelmente causado pelo efeito de diluição.

Altura de plantas, altura de inserção do primeiro legume, diâmetro do coleto, peso de mil grãos e produtividade foram influenciadas pela adição da adubação química complementar, com os maiores valores nos tratamentos que receberam a adubação química.

O pó de basalto não pode ser utilizado como a principal fonte de nutrientes às plantas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADVFN BRASIL. Investimentos. **Commodities**. 2020. Disponível em: <<https://br.advfn.com/investimentos/commodities>> Acesso em: 12 out. 2020.

AGROLINK. Notícias - **Soja: o brilho do grão de mil e uma utilidades**. 2012. Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/noticias/soja--o-brilho-do-grao-de-mil-e-uma-utilidades\\_148113.html](https://www.agrolink.com.br/noticias/soja--o-brilho-do-grao-de-mil-e-uma-utilidades_148113.html)>. Acesso em: 11 out. 2019.

ALOVISI, A. M., FRANCO, D., ALOVISI, A. A., HARTMANN, L. K., SILVA, R. S. (2017). Atributos de fertilidade do solo e produtividade de milho e soja influenciados pela rochagem. **Acta Iguazu**, v. 6, n. 5, p. 57-68, 2017.

ALOVISI, A. M., TAQUES, M. M., ALOVISI, A. A., TOKURA, L. K., SILVA, J. A. M., CASSOL, C. J. (2020). Rochagem como alternativa sustentável para a fertilização de solo. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 9, n. esp., p. 918-932, mai. 2020.

BAMBERG, A. L., SILVEIRA, C. A. P., MARTINS, E. S., BERGMANN, M., MARTINAZZO, R.; THEODORO, S. H. Nota da comissão organizadora. **Anais...** 3º Congresso brasileiro de rochagem. Assis, SP, 2017.

BRASIL. **Lei nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013**. Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil, Brasília, DF. 10 dez. 2013.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 39, de 8 de agosto de 2018**. Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil, Brasília, DF. 8 ago. 2018. Pp. 1-2.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 5, de 10 de março de 2016**. Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil, Brasília-DF, 14 mar. 2016. Seção 1, p. 10 e 11.

BROCH, D.L.; RANNO, S. K. Fertilidade do solo, Adubação e Nutrição da Cultura da Soja. **Tecnologia de Produção: Soja e Milho 2012/2013**. Maracaju: Fundação MS, 2012. p. 2-38.

CARVALHO, A. D. F. **Corretivos e adubos**. /2008?/ agencia.cnptia.embrapa.br. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cenoura/arvore/CONT000gnhfy7ha02wx5ok0edacxlc3wvowi.html>>. Acesso em 14 de mar. 2019.

CARVALHO, M. C. S. **Nutrição e adubação do algodoeiro com micronutrientes**. Circular técnica nº110.p65, Campina Grande, PB, 2007.

CLAESSEN, M. E. C., BARRETO, W. O., PAULA, J. L., DUARTE, M. N. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, Brasília – DF, v.7- Safra 2019/20- Décimo levantamento, n.10, p. 63, julho de 2020.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, Brasília – DF, v.6- Safra 2018/19- Décimo segundo levantamento, n.12, p. 9-16, setembro de 2019.

EDWARD, W. O., PAULA, A. M., GATTO, A. **Influência do uso de pó de rochas fosfáticas e basálticas na ocorrência de micorrizas arbusculares em solo de cerrado**. Brasília, DF, Brasil, 2016.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa da Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na Região Central do Brasil**. 1996/97. Londrina, 1996. 164p. (EMBRAPA-Soja. Documento 96).

EMBRAPA. **Guia Clima**. 2019. Dourados, MS. Disponível em: <https://clima.cpao.embrapa.br>. Acesso em 20 de novembro de 2019.

FAMASUL. **Acompanhamento de safra. Circular 349/2020**. Soja 2019/2020. Disponível em: <http://www.semagro.ms.gov.br/wp-content/uploads/2020/03/349-BOLETIM-SEMANAL-CASA-RURAL-AGRICULTURA-CIRCULAR-349.pdf.pdf.pdf>. Acesso em 18 de outubro de 2020.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA / FAEPE, 2005.p.: il. - Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: A Guide for Its Bootstrap Procedures in Multiple Comparisons: Sisvar: um guia dos seus procedimentos de comparações múltiplas Bootstrap. Ciência e Agrotecnologia.**, Lavras, v.38, n. 2, p.109-112, mar./abr., 2014, Lavras, MG, v. 38, ed. 2, p. 109-112, março 2014.

FIETZ, C. R., FISCH, G. F., COMUNELLO, E., FLUMIGNAN, D. L. **O clima da região de Dourados, MS**. 3. ed. Rev. atual. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2017.

HINSINGER, P.; BARROS, O., N., F.; BENEDETTI, M., F.; NOACK, Y.; CALLOT, G. Plant induced weathering of a basaltic rock: Experimental evidence. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, France, vol. 85, n. 1, p. 137-152, 01 de ago. 2000.

KLEIN, Z. H. L. **Alteração nos atributos químicos do solo após aplicação de pó de basalto como remineralizador**. UEM, Maringá, PR, 2020.

LANA, R. P. Uso racional de recursos naturais não renováveis: aspectos biológicos, econômicos e ambientais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, Viçosa, MG. p.330-340, 2009.

LOPES, A. S., GUILHERME L.R.G. **Fertilidade do Solo e Produtividade Agrícola**. Lavras, MG. UFLA 2007. Cap.1. In: SBCS, Viçosa, 2007. Fertilidade do Solo, 1017p. (eds. NOVAIS, R.F., ALVAREZ V., V.H., BARROS, N.F., FONTES, R.L.F., CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L.).

LOUREIRO, F. E. L. (Ed.); MELAMED., R. G. (Ed.); FIGUEIREDO NETO, J. (Ed.). **Fertilizantes agroindústria e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2009. 645p.

MDIC. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Arranjos Produtivos Locais - APLs**. 2001. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/arranjos-produtivos-locais>. Acesso em 20/10/2019.

MOREIRA, V. R. R. (Ed.) **Biomineralização. Uso de pós de rocha ou rochagem**. Fichas Agroecológicas. Tecnologias apropriadas para agricultura orgânica. Brasília, DF: Mapa. 2016. 2p.

OLIVEIRA, F. A., CASTRO, C., MOREIRA, A., SILVA, L.S. Efeito residual da adubação com rochas brasileiras como fontes de potássio para a cultura da soja. **Espaço & Geografia**, Vol.9 n° 2 (2006).

POLIDORO, J.C. **Dependência externa de fertilizantes é debatido em audiência pública**. Embrapa Notícias, 24 de nov. de 2017. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/30098853/dependencia-externa-de-fertilizantes-npk-e-debatida-em-audiencia-publica>> Acesso em: 11 de out. de 2019.

RAIJ, B. V; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. 285 p. (Instituto Agrônomo Campinas. Boletim Técnico, 100).

RESENDE, A. V., FONTOURA, S. M. V., BORGHI, E., SANTOS, F.C., KAPPES, C., MOREIRA, S. G., JUNIOR, A. O., BORIN, A. L. D. C. **Solos de Fertilidade Construída: Características, Funcionamento e Manejo**. Informações Agronômicas n° 156, p. 4. dezembro de 2016.

RESENDE, A. V., NETO, A. E. F., MARTINS, E. S., HURTADO, S. M. C., OLIVEIRA, C. G., SENA, M. C. **Protocolo de Avaliação Agronômica de Rochas e Produtos Derivados como Fontes de Nutrientes às Plantas ou Condicionadores de Solo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 30 p.

RICHETTI, A. **Viabilidade econômica da cultura da soja na safra 2018/2019**. Comunicado Técnico, n. 236. Dourados, Mato Grosso do Sul. Embrapa Agropecuária Oeste, 2018, Tabela 1.

SANTOS, H.G., JACOMINE, P. K. T., ANJOS, L. H. C., OLIVEIRA, V. A., LUMBRERAS, J. F., COELHO, M. R., ALMEIDA, J. A., FILHO, J. C. A., OLIVEIRA, J. B., CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2013a. 353 p.

SCHMIDT, K. E., CEZIMBRA, J.C.G., FILHO L.E.N.C., BIANCHETTO, R., FONTANIVE, D.E., SOUZA, E.L. **Utilização do pó de rocha em substituição a adubação mineral tradicional na cultura da soja no noroeste do estado do RS**. UERGS, 2019.

SFREDO, G. J. **Soja no Brasil: Calagem, adubação e nutrição mineral**. Embrapa Soja, Londrina. Set. 2008. 148p.

TOSCANI, R. G., CAMPOS, J. E. **Uso de Pó de Basalto e Rocha Fosfatada como Remineralizadores em Solos Intensamente Intemperizados**. SP: UNESP, Geociências, V. 36, n. 2, p.259 – 274, 2017.

TRIDGE. **Top importing Countries of Nitrogen Fertilizers**. 2019. Disponível em: <<https://www.tridge.com/intelligences/nitrogen-fertilizers/import>> Acesso em 11 de out. 2019.

TRIDGE. **Top importing Countries of Phosphate Fertilizers**. 2019. Disponível em: <<https://www.tridge.com/intelligences/phosphate-fertilizers/import>>> Acesso em 11 de out. 2019.

TRIDGE. **Top importing Countries of Potassium Fertilizers**. 2019. Disponível em: <<https://www.tridge.com/intelligences/potassium-fertilizers/import>> Acesso em 11 de out. de 2019.

STRAATEN, P.V. **Rocks for Crops: Agrominerals of Sub-Saharan Africa**. Nairóbi, Kenya: ICRAF. 2002. 338p.

VEZZANI, F. M., MIELNICZUK, J. **Uma visão sobre qualidade do solo**. Rev. Bras. Ciênc. Solo vol.33 no.4 Viçosa. July/Aug. 2009.

VITTI, G. C., TREVISAN, W. **Manejo de macro e micronutrientes para alta produtividade da soja**. **Informações Agronômicas**. Nº 90. Piracicaba, SP. ESALQ/USP. junho de 2000.