



LUÍS AUGUSTO TEIXEIRA DE CARVALHO

**USO DE PÓ DE ARDÓSIA COMO FONTE ALTERNATIVA DE
NUTRIENTES NA PRODUÇÃO DE MILHO E MILHETO**

LAVRAS – MG

2023

LUÍS AUGUSTO TEIXEIRA DE CARVALHO

**USO DE PÓ DE ARDÓSIA COMO FONTE ALTERNATIVA DE
NUTRIENTES NA PRODUÇÃO DE MILHO E MILHETO**

Monografia apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do
curso de Agronomia, para
obtenção do título de bacharel.

Prof. Dr. Guilherme Vieira Pimentel UFLA
Orientador

Me. Sérgio Hebron Maia Godinho
Coorientador

LAVRAS – MG
2023

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, pública e gratuita, ao Programa de Agronomia, pela oportunidade de realizar este curso.

Ao professor Guilherme Vieira Pimentel, pela ajuda no decorrer do trabalho e pela importante contribuição a minha formação profissional.

Ao doutor Sérgio Hebron Maia Godinho, pela orientação e amizade, muito importante para minha formação acadêmica.

Aos professores que ministraram as aulas no decorrer do curso, pelo ensinamento e disponibilidade de tempo sempre que necessário.

À minha mãe Maria Helena e ao meu pai José Antônio, por ter me proporcionado todos os meus estudos, sem vocês eu jamais teria conseguido.

Aos tios e tias e especial a João Luís pelo apoio e ensinamentos até aqui.

Aos colegas e amigos da República Cistema Hantigo pela ajuda e parceria em todos os momentos, além da grande amizade.

A todos que, de uma ou outra maneira, colaboraram para que o trabalho chegasse ao seu fim.

RESUMO

Com o aumento dos custos de fertilizantes, à busca por fontes alternativas para fornecimento de nutrientes, tem sido crescente, visto a necessidade de reduzir os custos de produção. Dessa forma, objetivou-se com este estudo avaliar o potencial do pó de ardósia como fonte alternativa de nutrientes para as culturas do milho e milheto. Foram conduzidos dois experimentos. O primeiro experimento foi realizado no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras (CDCT) – Fazenda Muquém, na cidade de Lavras – MG. Utilizou-se o híbrido de milho NS73 VIP3. O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), consistindo em cinco tratamentos (doses) de pó de ardósia (2, 4, 6, 8 e 10 ton ha⁻¹) e o controle (sem aplicação), com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por 5 linhas, com espaçamento de 0,50 metros entrelinha e 5 metros de comprimento, totalizando 12,5 metros². Realizou-se a colheita das 3 linhas centrais de milho para posterior avaliações de produtividade e amostra de solo de 0 - 20cm em todas as parcelas. O segundo experimento foi realizado em casa de vegetação, em vasos de 5 dm³, utilizou-se o híbrido de milheto ADR 500, em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com seis tratamentos, consistindo em dois corretivos, calcário e silicato de cálcio e magnésio e quatro doses de pó de ardósia (200, 400, 800, 1600 Kg/ha), com quatro repetições. Realizou-se dois cortes, o primeiro 64 dias após o plantio e o segundo 63 dias após o primeiro corte, para avaliação de massa seca do milheto. Não houve diferença significativa entre os tratamentos aplicados no experimento com milho. Para o milheto, houve diferença significativa no primeiro corte, nos tratamentos de calcário isolado e associado com 800 e 1600 Kg/ha de pó de ardósia. No segundo corte não houve diferença significativa. De modo geral, o pó de ardósia apresenta potencial como fonte alternativa de nutrientes, principalmente para culturas acumuladoras de Si, contudo são necessárias mais pesquisas, principalmente conduzidas ao longo do tempo, para avaliar os efeitos do pó de ardósia, tanto para a qualidade do solo, quanto para o desenvolvimento das culturas.

Palavras-chave: Rochagem, *Zea mays* e *Pennisetum glaucum*.

ABSTRACT

With the increase in fertilizer costs, the search for alternative sources to supply nutrients has been growing, given the need to reduce production costs. Thus, the objective of this study was to evaluate the potential of slate powder as an alternative source of nutrients for corn and millet crops. Two experiments were conducted. The first experiment was carried out at the Center for Scientific and Technological Development in Agriculture of the Federal University of Lavras (CDCT) - Muquém Farm, in the city of Lavras - MG. The corn hybrid NS73 VIP3 was used. The experimental design was in randomized blocks (DBC), consisting of five treatments (doses) of slate powder (2, 4, 6, 8 and 10 ton ha⁻¹) and the control (no application), with four replications. The plots consisted of 5 rows, with a spacing of 0.50 meters between rows and 5 meters in length, totaling 12.5 meters². The 3 central rows of corn were harvested for further evaluation of productivity and soil sample of 0 - 20cm in all plots. The second experiment was carried out in a greenhouse, in 5 dm³ pots, using the millet hybrid ADR 500, in a completely randomized experimental design (DIC), with six treatments, consisting of two correctives, limestone and calcium silicate and magnesium and four doses of slate powder (200, 400, 800, 1600 Kg/ha), with four replications. Two cuts were performed, the first 64 days after planting and the second 63 days after the first cut, to evaluate millet dry mass. There was no significant difference between the treatments applied in the corn experiment. For pearl millet, there was a significant difference in the first cut, in the limestone treatments alone and associated with 800 and 1600 Kg/ha of slate dust. In the second cut, there was no significant difference. In general, slate dust has potential as an alternative source of nutrients, mainly for Si accumulating crops, however more research is needed, mainly conducted over time, to evaluate the effects of slate dust, both for the quality of the soil and for crop development.

Keywords: Rocking, *Zea mays* and *Pennisetum glaucum*.

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Importação de Fertilizantes Intermediários e Complexos N P K (em toneladas de produto). | 10 |
| Tabela 2: Caracterização química do pó de ardósia | 16 |
| Tabela 3: Tratamentos e doses dos produtos aplicados no experimento do milho..... | 17 |
| Tabela 4: Caracteres de produtividade da cultura do milho em relação as doses de pó-de-rocha. | 18 |
| Tabela 5: Análise de fertilidade do solo em relação as diferentes doses de pó de ardósia..... | 20 |
| Tabela 6: Médias dos atributos de produtividade da cultura do milho, em função da aplicação dos tratamentos em dois ciclos de cultivo (Lavras, MG, 2020)..... | 22 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Precipitação, temperatura mínima e máxima no município de Lavras..... | 14 |
| Figura 2: Média mensal da precipitação, temperatura máxima e mínima em Lavras | 15 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1-INTRODUÇÃO | 8 |
| 2- REFERENCIAL TEÓRICO | 10 |
| 2.1 UTILIZAÇÃO DE FERTILIZANTES NO BRASIL | 10 |
| 2.2 PÓ DE ARDÓSIA COMO FONTE ALTERNATIVA DE NUTRIENTE | 12 |
| 2.3 ROCHAGEM NA CULTURA DO MILHO E MILHETO | 12 |
| 3-MATERIAL E MÉTODOS | 14 |
| 3.1 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO A CAMPO | 14 |
| 3.1.2 <i>Delineamento experimental</i> | 15 |
| 3.1.3 <i>Caracterização química do pó de ardósia</i> | 15 |
| 3.1.4 <i>Avaliação dos parâmetros de crescimento do milho</i> | 16 |
| 3.2 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO..... | 16 |
| 3.2.1 <i>Delineamento experimental</i> | 16 |
| 3.2.2 <i>Avaliações dos parâmetros de crescimento do milho</i> | 17 |
| 3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA..... | 17 |
| 4-RESULTADOS E DISCUSSÃO | 18 |
| 4.1 MILHO | 18 |
| 4.1.2 <i>Produtividade</i> | 18 |
| 4.1.3 <i>Análise do solo</i> | 19 |
| 4.2. MILHETO..... | 21 |
| 4.2.1 <i>Matéria fresca e matéria seca</i> | 21 |
| 4.2.2 <i>Altura</i> | 23 |
| 5-CONCLUSÃO | 24 |
| 6-REFERÊNCIAS | 25 |

1-INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado o quarto maior produtor mundial de alimentos e com a expansão do agronegócio, a demanda por insumos na agricultura é crescente, principalmente de fertilizantes. O Brasil ainda é dependente da importação de fertilizantes, aumentando os custos do sistema de produção. Os principais fertilizantes importados, são os fosfatados, potássicos e nitrogenados, com 58% de origem da Rússia. (ANDA, 2018).

Dessa forma conforme as produções das culturas aumentam, a quantidade de nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantações também aumenta, e caso não haja reposição dessas substâncias, há grandes chances de perda na produção. Por essa razão, os empregos dos fertilizantes na agricultura asseguram o suprimento desses nutrientes, garantindo altos níveis de produção e, conseqüentemente, retorno econômico significativo para os agricultores (REETZ JR, 2017).

Na agricultura brasileira uma das principais fragilidades é a necessidade de importação de insumos que compõem as formulações dos fertilizantes solúveis (NPK). Com isso, mesmo com safras anuais batendo recordes indicando a eficiência da produção agrícola brasileira, futuramente pode ocorrer uma crise no setor devido à dependência externa de fertilizantes. Há, portanto, a necessidade de se obter fontes alternativas para suprir as demandas dos macronutrientes e micronutrientes dos solos brasileiros como complementação à fertilização do solo (THEODORO et al., 2011).

O pó de rocha apresenta-se como uma possível opção, sendo uma alternativa de reduzir os custos de produção e minimizar a dependência por estes insumos industrializados. Segundo Almeida (2007) os pós de rocha são empregados visando acelerar os processos de sucessão e dinamização biológica nos solos e não como fontes de nutrientes que serão diretamente absorvidas pelas plantas cultivadas. Não se trata, portanto, de um sistema de substituição de insumos (adubo químico por pó de rocha), mas de uma mudança de concepção sobre o manejo da fertilidade do agro ecossistema.

O pó de ardósia é composto por silício, potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), por isso é utilizado na agricultura como remineralizador de solos, por meio de um processo conhecido como rochagem. Segundo Khatouniani (2001), a maneira de se reduzir este tempo e promover a liberação dos nutrientes, seriam aplicar o pó de rocha na forma moída, como pó fino.

Uma das principais estratégias de manejo utilizada é a associação do uso de pós de rocha com diferentes fontes de biomassa, em especial gramíneas, sendo a cana-de-açúcar, milho e milheto consideradas plantas acumuladoras de silício, podendo absorver grandes quantidades, além de favorecer a resistência às pragas e ao déficit hídrico.

O milheto é uma planta que não possui grandes exigências em relação ao solo e, por esse motivo, torna-se uma cultura de boa adaptação a localidades com fertilidade reduzida, deficiência hídrica e temperaturas elevadas. O sistema radicular é vigoroso e sua alta habilidade de absorção de nutrientes é a principal razão que faz com que esta espécie se destaque em relação às outras (MARCANTE; CAMACHO; PAREDES, 2011).

O pó de ardósia é um fertilizante ainda pouco estudado, mas possui um grande potencial de uso principalmente dentro do sistema de produção, uma alternativa bastante viável para aproveitamento de parte dessas escórias acumuladas pela indústria siderúrgica com uso na agricultura como fonte rica em silício, porém faltam pesquisas adequadas que visem desenvolver formas de uso mais eficientes. Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de doses de pó de rocha de ardósia nos componentes de rendimento da cultura do milho e do milheto.

2- REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Utilização de fertilizantes no Brasil

Segundo Dias e Amaral (2000), as riquezas geradas pelo agronegócio alimentam a economia como um todo e propiciam condições para a melhoria de qualidade de vida, principalmente nas pequenas e médias cidades brasileiras, as quais estão com sua economia alicerçada no agronegócio.

Nesse sentido a utilização de fertilizantes na agricultura é um dos principais fatores que possibilita o aumento da produção alimentar global. Sem a sua aplicação no solo, seria possível produzir somente metade dos alimentos básicos e mais áreas teriam que ser convertidas em áreas de cultivo. O aumento da produtividade agrícola ao longo dos anos se faz necessário devido ao constante aumento da população. Segundo o relatório da ONU, estima-se que até 2050, a população mundial chegue a 10 bilhões de pessoas (ONU, 2021).

Conseqüentemente, ao longo dos anos, o consumo de fertilizantes vem aumentando em todo o mundo. No Brasil, houve um aumento considerável ao longo dos anos, principalmente a partir de 2009/2010. Considerando o consumo no ano de plantio da safra, a média trienal da quantidade consumida de adubos está representada na Tabela 1 (ANDA, 2021).

Tabela 1: Importação de Fertilizantes Intermediários e Complexos N P K (em toneladas de produto).

| Importação de Fertilizantes Intermediários e Complexos N P K (em toneladas de produto) | | | | | |
|--|------------|------------|------------|------------|-----------|
| | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2022x2021 |
| Janeiro | 2.518.521 | 2.183.773 | 2.881.171 | 3.257.517 | 13,10% |
| Fevereiro | 1.214.879 | 1.613.872 | 2.356.086 | 2.978.831 | 26,40% |
| Março | 1.325.970 | 1.851.456 | 1.735.064 | 2.436.963 | 40,50% |
| Abril | 1.820.352 | 2.434.744 | 2.415.734 | 2.546.321 | 5,40% |
| Maiο | 2.399.455 | 2.623.720 | 2.984.083 | 3.100.483 | 3,90% |
| Junho | 3.011.660 | 2.734.373 | 3.572.334 | 3.367.692 | -5,70% |
| Julho | 3.068.228 | 3.289.013 | 4.134.244 | 3.641.775 | -11,90% |
| Agosto | 3.300.393 | 3.269.520 | 3.904.412 | 2.934.803 | -24,80% |
| Setembro | 2.724.237 | 3.192.098 | 4.263.904 | 3.139.392 | -26,40% |
| Outubro | 3.162.935 | 3.755.396 | 3.230.532 | 2.627.348 | -18,70% |
| Novembro | 2.631.060 | 2.966.039 | 4.194.565 | | |
| Dezembro | 2.400.930 | 2.958.539 | 3.586.209 | | |
| Janeiro a outubro | 24.546.630 | 26.947.965 | 31.477.564 | 30.031.125 | -4,60% |
| Total do ano | 29.578.620 | 32.872.543 | 39.258.338 | 30.031.125 | |

Fonte: SIACESP e MDIC

Aumentando a quantidade consumida, a entrega de fertilizantes ao mercado também aumenta para conseguir acompanhar a demanda. O Brasil importa cerca de 80% de todo o fertilizante consumido, gerando uma ampliação do valor nas safras 2022/2023 (ANDA, 2022).

O Brasil depende muito das importações de fertilizantes para satisfazer suas necessidades. Só em 2021, foram importadas 41,6 milhões de toneladas de fertilizantes — um crescimento de 22% em relação a 2020. Até novembro, o Brasil importou 32.699 milhões de toneladas, aponta a Associação Nacional para Difusão de Adubos (Anda). O volume é 7,4% menor que o do mesmo período de 2021. (ANDA, 2022).

A demanda atual por fertilizantes no mundo é de aproximadamente 182 milhões de toneladas. Segundo essa pesquisa, o nitrogênio (N) é o nutriente mais consumido em toda a produção agrícola, que é liderada (60%) pela China, Índia, Estados Unidos e Brasil (AGROLINK, 2017).

A demanda por fertilizantes no Brasil é crescente. Desde a crise mundial em 2008, as vendas aumentaram a uma taxa média de 8,6% ao ano no país. Em 2013, as entregas de adubos ao consumidor final totalizaram 31,08 milhões de toneladas, segundo a ANDA (2018). As vendas foram recordes. O Mato Grosso foi o principal consumidor, absorvendo 5,25 milhões de toneladas, seguido por São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Paraná e Goiás.

Segundo Silva e Fernandes (2018), as culturas que mais consumiram adubos foram a soja, o milho, a cana-de-açúcar e o café. Juntas responderam por mais de 70,0% do volume comercializado. Apesar da demanda crescente e do potencial agrícola brasileiro, alguns entraves rondam o mercado de fertilizantes. A produção nacional cresceu pouco nos últimos anos, bem abaixo do incremento do consumo.

Em 2017, segundo a provedora de informações estratégicas no mercado de fertilizantes (GLOBALFERT, 2018), o Brasil importou 23 milhões de toneladas de fertilizantes. Os principais países exportadores foram: Rússia, Canadá, Bielorrússia, Catar, Marrocos, Estados Unidos, Israel e China. O Cloreto de Potássio importado pelo Brasil teve como principais locais de origem o Canadá (29%), Bielorrússia (22%), Rússia (20%) e Israel (10%). Já fertilizantes fosfatados tiveram como principais exportadores: Marrocos (30%), Estados Unidos (19%), Rússia (14%) e Arábia Saudita (9%). Quanto aos fertilizantes nitrogenados, os principais exportadores foram: Oriente Médio (41%), Rússia (24%), China (8%), Bélgica (5%), Nigéria (5%) e Estados Unidos (4%).

2.2 Pó de ardósia como fonte alternativa de nutriente

Binda (2020) definiu ardósias como uma rocha metamórfica que se assemelha à argila e é composta por materiais extremamente finos como: muscovita, mica, quartzo, óxido de titânio, clorita, entre outros, possui densidade de aproximadamente 2,7 g / cm³.

O Brasil é detentor de grande parte das reservas mundiais de ardósia sendo que a região sudeste do Brasil detém a liderança nacional na área de rochas ornamentais e de revestimento, correspondendo a 75% da produção (FEAM, 2014).

Quanto à produção de ardósia, mais especificamente, Minas Gerais e Santa Catarina são os principais produtores, sendo Minas Gerais responsável por aproximadamente 90% da produção nacional (CARRUSCA, 2001).

O uso de pó de rocha na agricultura pode representar uma importante fonte de macronutrientes como fósforo, potássio, o que pode substituir parcialmente a adubação fosfática e potássica, pois, aproximadamente 50% dos fertilizantes consumidos no Brasil são importados, resultando em um alto custo de produção das culturas (LOUREIRO et al., 2009).

Uma das possibilidades, é o uso de pó de rocha que é um produto que irá funcionar como um remineralizador do solo, utilizado através da prática de manejo denominada “rochagem”. O termo rochagem do inglês, *rock for crops*, designa a aplicação direta de rochas moídas ou contendo finos naturais (pó de rocha), utilizada na agricultura como forma de fertilizar o solo (SOUZA et al., 2010).

Pesquisas vêm sendo feitas para atender os parâmetros ambientais para o desenvolvimento das culturas, entre essas pesquisas, uma das que mais se destaca é a utilização de rochagem, que se baseia no uso de pó de rocha como fornecedor de nutrientes. A rochagem tem como principal objetivo a redução da utilização de fertilizantes minerais convencionais, tornando-se importante na remineralização do solo, fornecendo macro e micronutrientes a depender da rocha utilizada, alterando de forma positiva a fertilidade do solo sem afetar o equilíbrio ambiental. (BRITO et al., 2019).

2.3 Rochagem na cultura do milho e milheto

A rochagem parte do princípio de diversificação de fontes de nutrientes, criando novas opções de suprimento, como a incorporação de rochas e/ou minerais ao solo, podendo ser considerada como um tipo de remineralização, onde o pó de rocha é utilizado para melhorar as características químicas de solos pobres ou lixiviados, fundamentando-se, basicamente, na

busca do equilíbrio da fertilidade, na conservação dos recursos naturais e na produtividade sustentável (COLA & SIMAO, 2012).

Desta forma, a técnica conhecida como rochagem, a qual consiste na adição de rochas moídas ao solo (pó de rocha), com finalidade de fertilizar, corrigir ou condicionar o solo, se mostra promissora para a produção agrícola, principalmente para cultivos agroecológicos, destacando-se pela diversidade de matérias primas com potencial de uso para adubação (NUNES *et al.*, 2014).

Esse tipo de adubação é viável economicamente e ecologicamente, visto, não existir nenhuma aplicação de origem química no solo, pois, de forma geral, corresponde apenas a moagem das rochas para assim gerar o produto a ser aplicado e a eficiência deste depender apenas do tipo de rocha utilizado e o tamanho da partícula a ser incorporado ao solo (WELTER, 2011).

Uma outra vantagem na utilização de rochagem é o fornecimento de silício, que apesar de não ser considerado um dos elementos pertencente ao grupo de essenciais para o crescimento e desenvolvimento da planta, ele é tido como benéfico, uma vez que estudos apontam que quando a planta está bem nutrida de sílica, a mesma apresenta um maior potencial a resistência ao ataque de pragas e doenças (SANTOS, 2014).

Resende *et al.* (2009) avaliaram a capacidade de fornecimento de nutrientes por uma biotita xisto, subproduto de mineração, proveniente do estado de Goiás. Foram observados ganhos de crescimento do milho nos tratamentos com rochagem quando comparados aos tratamentos em que se omitiu o fornecimento de potássio, calagem, enxofre ou micronutrientes. A partir desses resultados, os autores destacaram que, em função dos benefícios múltiplos às plantas, a rocha em questão deveria ser mais estudada, a fim de viabilizar seu uso como insumo agrícola regional.

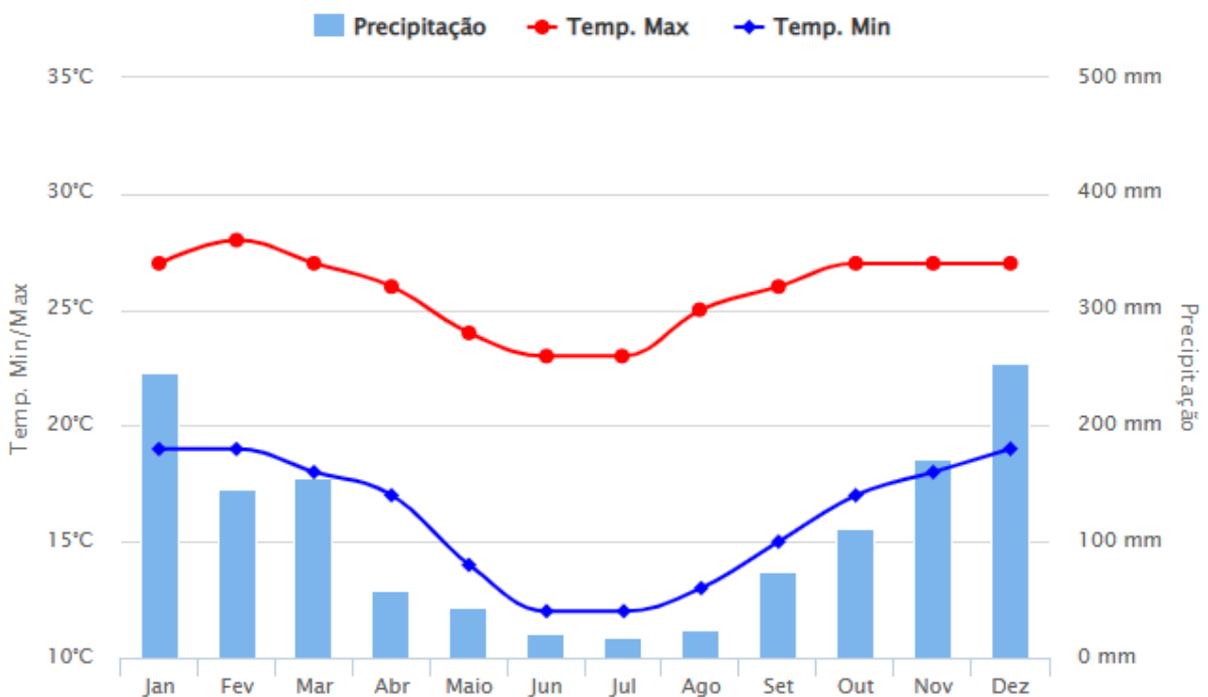
3-MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos, o primeiro com a cultura do milho á campi e o segundo com milho em condições de casa de vegetação.

3.1 Condução do experimento a campo

O experimento foi conduzido á campo no período de outubro de 2019 à março de 2020, no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras (CDCT) – Fazenda Muquém, localizada na cidade de Lavras-MG. O solo do local do experimento é classificado como latossolo vermelho, foram realizadas análises químicas e físicas do solo. Utilizou-se o Híbrido de milho NS73 VIP3. Ambos os ensaios foram realizados na cidade de Lavras, possuindo média anual de precipitação pluvial de 1.493,2 milímetros e temperatura média de 19,3 °C (DANTAS *et al.*, 2007).

Figura 1: Precipitação, temperatura mínima e máxima no município de Lavras.



Fonte: Climatempo

Figura 2: Média mensal da precipitação, temperatura máxima e mínima em Lavras.

| Mês | Minima (°C) | Máxima (°C) | Precipitação (mm) |
|-----------|-------------|-------------|-------------------|
| Janeiro | 19° | 27° | 246 |
| Fevereiro | 19° | 28° | 146 |
| Março | 18° | 27° | 155 |
| Abril | 17° | 26° | 59 |
| Maio | 14° | 24° | 44 |
| Junho | 12° | 23° | 21 |
| Julho | 12° | 23° | 18 |
| Agosto | 13° | 25° | 25 |
| Setembro | 15° | 26° | 75 |
| Outubro | 17° | 27° | 112 |
| Novembro | 18° | 27° | 171 |
| Dezembro | 19° | 27° | 254 |

Fonte: Climatempo

Os dados representados representam o comportamento da chuva e da temperatura ao longo dos anos. As médias climatológicas são valores calculados a partir de uma série de dados de 30 anos observados. É possível identificar as épocas mais chuvosas, secas, quentes e frias de uma região.

3.1.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos de cinco doses de pó de ardósia, correspondendo a 0 (controle), 2, 4, 6, 8 e 10 ton ha⁻¹. Cada parcela foi composta por 5 linhas, com espaçamento de 0,5m e 5 metros de comprimento, totalizando 12,5 m².

3.1.3 Caracterização química do pó de ardósia

A ardósia pulverizada foi cedida pela empresa Micapel – Mineração Capão das Pedras Ltda localizada em Pitangui – MG, retirada da jazida Pitangui Banca. Realizou-se a

remineralização da rocha para caracterização química, a fim de avaliar todos os elementos presentes. Em ambos os experimentos foi utilizado o pó de ardósia (Tabela 2).

Tabela 2: Caracterização química do pó de ardósia

| K ₂ O | CaO | MgO | SiO ₂ | P ₂ O ₅ | Si | B | Zn | Cu | Fe | Mn | Mo |
|---------------------|------|-------|------------------|-------------------------------|-------|-------|--------|--------|------|------|--------|
| % | | | | | | | | | | | |
| 4,39 | 1,08 | 3,94 | 3,4 | < 1 | 39,4 | < 0,1 | < 0,05 | < 0,05 | 5,63 | 0,09 | < 0,01 |
| Co | Ni | Se | Cl | As | Cd | Hg | Pb | | | | |
| mg kg ⁻¹ | | | | | | | | | | | |
| 18,4 | 16,5 | < 0,2 | < 0,1 | 34,32 | < 0,2 | < 0,3 | < 0,4 | | | | |

Fonte: Centro de Tecnologia Agrícola e Ambiental (CAMPO).

3.1.4 Avaliação dos parâmetros de crescimento do milho

Avaliou-se a produtividade (PROD), estimada pela colheita das três linhas centrais das parcelas, onde as espigas foram colhidas manualmente, despalhadas e debulhadas mecanicamente, após realizou-se o peso dos grãos.

Cada amostra teve sua umidade mensurada, para correção da massa total de grãos por parcela para 13% de umidade. A produtividade foi determinada com base na produção da área útil da parcela, com teor de água corrigido para 13% e está expressa em tonelada por hectare (t ha⁻¹).

3.2 Condução do experimento em casa de vegetação

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no departamento de agricultura da Universidade federal de Lavras, localizada no município de Lavras-MG (21° 14' 43" S; 44° 59' 59" W, Altitude de 919 m). Utilizou-se o híbrido de milho ADR 500, o qual foi semeado em vasos de 5 dm⁻³, preenchidos com solo coletados da camada de 0-20 cm, classificado como latossolo vermelho-amarelo. Foram realizadas análises químicas e físicas para caracterização do solo.

3.2.1 Delineamento experimental

O delineamento foi inteiramente casualizado (DIC), com seis tratamentos e quatro repetições, sendo dois tratamentos com corretivos (calcário e silicato de cálcio e magnésio) e quatro tratamentos com calcário e doses crescentes de Si (200,400,800 e 1600 kg ha⁻¹), como fonte de Si, utilizou-se o pó de ardósia (tabela 3).

Tabela 3: Tratamentos e doses dos produtos aplicados no experimento do milho

| Tratamentos | Si (Kg ha ⁻¹) |
|---------------------------------------|---------------------------|
| Silicato de Ca e Mg (22% Si) + Nu (s) | 369,6 |
| Calcário + Nu (S) | 0 |
| (C) + Pó de Rocha (39,4% Si) + Nu (s) | 200 |
| (C) + Pó de Rocha (39,4% Si) + Nu (s) | 400 |
| (C) + Pó de Rocha (39,4% Si) + Nu (s) | 800 |
| (C) + Pó de Rocha (39,4% Si) + Nu (s) | 1600 |

C: calcário isolado. Nu (s): nutrientes exigidos pela cultura.

3.2.2 Avaliações dos parâmetros de crescimento do milho

Avaliou-se dois ciclos do milho. O primeiro corte da parte aérea foi realizado 64 dias após à sementeira e o segundo corte 63 dias após o primeiro corte. Realizou-se avaliações com relação à altura (cm), massa fresca e massa seca (g), em ambos os ciclos.

3.3 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância individuais pelo teste F para os dois experimentos, seguido da aplicação do teste de Scott-Knott (5%) para comparação das variáveis, por meio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

4-RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Milho

Nesse experimento, avaliou-se a produtividade, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, peso de mil grãos, análise de solo antes e após a aplicação do pó de ardósia.

4.1.2 Produtividade

Ao analisar a produtividade (kg/ha) da cultura do milho, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e o peso de mil grãos os tratamentos não diferiram entre si, ou seja, por mais que houve na média um aumento da produtividade com o uso das doses de pó de rocha, estatisticamente não existe diferença entre eles (Tabela 3).

Tabela 4: Caracteres de produtividade da cultura do milho em relação as doses de pó-de-rocha.

| Dose (ton/ ha ⁻¹) | NF ¹ | GF ² | P100 ³ | Produtividade |
|-------------------------------|---------------------|-----------------|-------------------|---------------|
| 0 | 16,3 a ⁴ | 30,6 a | 34,5 a | 10.803,5 a |
| 2 | 16,5 a | 30,3 a | 35,1 a | 11.000,8 a |
| 4 | 16,6 a | 29,9 a | 36,3 a | 12.583,3 a |
| 6 | 16,2 a | 31,6 a | 37,9 a | 13.713,8 a |
| 8 | 16,2 a | 31,8 a | 36,4 a | 11.858,9 a |
| 10 | 16,4 a | 32,7 a | 38,6 a | 12.147,1 a |
| Média Geral | 13,60 | 31,10 | 36,50 | 12017,90 |
| C.V. (%) | 8,10 | 11,80 | 12,20 | 18,20 |

¹NF: número de fileiras; ²GF: grãos por fileira; ³P100 – peso (g) de 100 grãos. ⁴Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Concordam com os dados apresentados os resultados observados por Ferreira et al. (2009), que constataram que o pó de basalto de duas origens não influenciou o teor de nutrientes na fitomassa e a produtividade de grãos de feijão. Resultado semelhante foi verificado por Silva et al. (2011), que não verificaram aumento da produtividade de feijão com o incremento de doses de pó de basalto, assim como Hanisch et al. (2013), não verificaram aumento na produtividade do milho após três anos da aplicação do pó de basalto em solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, típico da região do planalto norte catarinense. Segundo Harley e Gilkes (2000) a solubilidade lenta seria uma característica importante do uso de pós de rocha,

por permitir que ocorra um efeito residual após a aplicação desse produto, o que reduziria a demanda por aplicação de fertilizantes por determinados períodos.

Embora o milho seja considerado cultura acumuladora de silício, onde o silício é transportado para a parte aérea e depositado nas paredes celulares na forma de sílica amorfa, principalmente na epiderme foliar (BARBOSA, 2002), contribuindo com o aumento da produção de forma indireta, entretanto, não foram encontradas diferenças na produtividade do milho, com a adição de pó de basalto e serpentinito, cujos materiais apresentavam teores médios de silício (23% no basalto e 18% no serpentinito).

4.1.3 Análise do solo

Após a demarcação da área experimental, realizou-se uma amostragem de solo, em zigue zague em toda área do experimento com o propósito de quantificar os nutrientes presentes nele antes da aplicação do pó de ardósia. Após a colheita do milho, realizou-se uma amostragem por parcela, 5 amostras simples, sendo duas na linha de plantio e 3 na entrelinha para se obter uma amostra composta da parcela.

Tabela 5: Análise de fertilidade do solo em relação as diferentes doses de pó de ardósia.

| Doses (ton/ha ⁻¹) | P | K | Ca | Mg | S | Cu | Fe | Mn | Zn |
|-------------------------------|------|-------|------|------|------|-------|--------|-------|-------|
| | g/Kg | | | | | mg/Kg | | | |
| 0 | 3,5a | 14,1a | 7,3a | 2,9a | 2,4a | 10,1a | 294,3a | 59,8a | 46,2a |
| 2 | 3,4a | 23,6a | 7,4a | 3,0a | 2,4a | 10,8a | 304,0a | 60,8a | 46,0a |
| 4 | 3,6a | 17,0a | 7,7a | 3,1a | 2,4a | 10,4a | 288,8a | 61,3a | 49,7a |
| 6 | 3,4a | 13,7a | 7,1a | 2,9a | 2,3a | 10,2a | 291,3a | 62,5a | 53,6a |
| 8 | 3,4a | 15,9a | 7,3a | 3,0a | 2,3a | 9,6a | 268,3a | 67,2a | 55,9a |
| 10 | 3,6a | 14,7a | 7,1a | 3,0a | 2,3a | 9,2a | 266,2a | 62,6a | 46,9a |
| Média Geral | 3,5 | 16,5a | 7,4 | 3,0 | 2,4 | 10,1 | 285,5 | 62,4 | 49,8 |
| C.V. (%) | 8,1 | 48,5 | 13,0 | 11,4 | 5,5 | 9,9 | 11,5 | 13,8 | 14,7 |

As médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Scoot-Knott a 5% de significância.

Analisando esses caracteres, não houve aumento significativo dos nutrientes analisados.

4.2. Milheto

Com a finalidade de avaliar o uso do pó de rocha sobre o efeito na biomassa da cultura do milheto foi proposto esse estudo. As unidades experimentais foram compostas por vasos de polietileno, conforme a metodologia de Resende et al. (2016), preenchidos com 5 dm³ de substrato composto de Latossolo Vermelho-Amarelo. Após a aplicação dos corretivos, o solo foi incubado por 30 dias. Decorrido o período de incubação, realizou-se a semeadura do milheto em cada vaso. As adubações de base e cobertura dos nutrientes (Nus) seguiram a metodologia de Resende et al. (2016).

O delineamento foi inteiramente casualizados (DIC), sendo conduzidos em ambiente controlado, casa de vegetação, sendo os tratamentos: dois corretivos (calcário e silicato de Ca e Mg), ambos aplicados para atingir 70% da saturação de base do solo; além de quatro tratamentos com doses crescentes de Si (200, 400, 800 e 1600 kg/ha) com aplicação de calcário como corretivo de solo. Ao total de seis tratamentos com quatro repetições.

4.2.1 Matéria fresca e matéria seca

Foi realizado o corte de toda a parte aérea das plantas aos 64 dias após a semeadura (DAS) para o primeiro ciclo de cultivo e aos 63 DAS para o segundo ciclo. O material foi acondicionado em sacos de papel pardo, os quais foram identificados e levados ao laboratório para a determinação da massa fresca (MF), medida que foi obtida por pesagem em balança analítica.

Afim de se obter a massa seca, as amostras depois de terem passado por uma pré-secagem a pleno sol, seguiram para estufa de circulação forçada a 65°C por 72 horas, até atingirem peso constante, sendo novamente pesadas em balança analítica para determinação da umidade.

Realizaram-se as análises de variância individuais pelo teste F para os experimentos das duas etapas, seguida da aplicação de teste de Scott-Knott (5%) para comparação das variáveis. Em ambas as análises adotou-se o nível de 5% de probabilidade, por meio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

Tabela 6: Médias dos atributos de produtividade da cultura do milho, em função da aplicação dos tratamentos em dois ciclos de cultivo (Lavras, MG, 2020).

| Tratamentos | Dose de Si | 1° ciclo | | | 2° ciclo | | |
|---------------------------------------|----------------------|------------|---------|---------|------------|--------|--------|
| | Kg/ ha ⁻¹ | Altura (m) | MF (g) | MS (g) | Altura (m) | MF (g) | MS (g) |
| Silicato de Ca e Mg (22% Si) + Nu (s) | 369,60 | 1,12b2 | 403,40b | 81,30b | 0,24a | 36,00a | 13,80a |
| Calcário + Nu (S) | 0,00 | 1,32a | 479,00a | 112,00a | 0,33a | 32,50a | 12,50a |
| (C) + Pó de Rocha (39,4% Si) + Nu (s) | 200,00 | 1,28a | 367,60b | 80,70b | 0,43a | 33,80a | 13,10a |
| (C) + Pó de Rocha (39,4% Si) + Nu (s) | 400,00 | 1,15b | 375,60b | 78,10b | 0,26a | 47,50a | 16,80a |
| (C) + Pó de Rocha (39,4% Si) + Nu (s) | 800,00 | 1,30a | 464,30a | 108,20a | 0,33a | 31,70a | 12,60a |
| (C) + Pó de Rocha (39,4% Si) + Nu (s) | 1600,00 | 1,33a | 445,70a | 96,30a | 0,50a | 40,00a | 14,60a |
| Média Geral | | 1,25 | 422,60 | 92,80 | 0,35 | 36,90 | 13,80 |
| C.V (%) | | 8,73 | 11,51 | 17,45 | 35,77 | 31,32 | 19,97 |

1Solo antes da implantação-12,9 mg/Kg de Si. 2Médias seguidas das mesmas letras na coluna não apresentam diferenças significativa entre si.

Para os caracteres de matéria fresca e matéria seca no 1º corte, 64 dias após o plantio, houve diferença significativa para os tratamentos de calcário isolado ou associado ao pó de ardósia nas doses de 800 e 1600 kg/há. Já na rebrota, 2º ciclo, realizamos as mesmas análises 63 dias após a primeira e não houve diferença significativa para esses caracteres.

4.2.2 Altura

Para o caractere altura, no primeiro ciclo, houve diferenças significativas, onde a aplicação de calcário isolado ou associado ao pó de rocha nas doses de 800 e 1600 kg/ha promoveram aumento em altura das plantas de milho, variando de 1,28 a 1,33 m. Considerando o segundo ciclo, ou seja, a rebrota das plantas após o corte, não houve diferenças significativas para os caracteres avaliados.

Apesar de não ter sido constatada influência do pó-de-rocha neste trabalho, Silveira e Lima (2007) destacam que a mistura de esterco com pó-de-rocha proporcionou um maior rendimento na altura e no diâmetro das plantas de milho em comparação ao uso do fertilizante solúvel convencional (NPK). Por outro lado, Veloso (2006), em trabalho realizado com superfosfato simples e pó-de-rocha, concluiu que a adição de pó-de-rocha ao substrato para produção de mudas de maracujá reduziu a eficiência da adubação fosfatada. Também, Silverol e Machado Filho (2007), comparando a utilização do pó-de-rocha com superfosfato simples e cloreto de potássio, obtiveram resultados inferiores com o uso de pó-de-rocha. Segundo os autores, o fertilizante químico sendo altamente solúvel, fornece os nutrientes mais rapidamente que o pó-de-rocha, que necessita de mais tempo para a decomposição dos minerais e liberação dos elementos.

Pelo exposto, pode-se afirmar que o pó-de-rocha se comporta como a fração silte do solo, a qual é composta pelos minerais primários, com grande instabilidade no solo em razão de sua maior área superficial, podendo disponibilizar nutrientes para as plantas a curto, médio e longo prazo, com a ressalva de que, a curto prazo, só ocorre quando há predominância de minerais máficos, mais fáceis de intemperizar (MELO *et al.*, 2009).

5-CONCLUSÃO

Para a cultura do milho, as doses, não promoveram ganhos significativos na produtividade e nos teores de nutrientes no solo.

Para o milheto no primeiro ciclo, aos tratamentos com calcário isolado e associado as doses de 800 e 1600 kg ha⁻¹, promoveram melhores resultados nos parâmetros avaliados. No segundo corte, não houve diferença significativa.

De modo geral, o pó de ardósia apresenta potencial como fonte alternativa de nutrientes, principalmente para culturas acumuladoras de Si, contudo são necessárias mais pesquisas, principalmente conduzidas ao longo do tempo, para avaliar os efeitos do pó de ardósia, tanto para a qualidade do solo, quanto para o desenvolvimento das culturas.

6-REFERÊNCIAS

- ANDA. Anuário estatístico do setor de Fertilizantes. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://anda.org.br>>. Acesso em: 03 fev. 2023.
- ANDA. Anuário estatístico do setor de Fertilizantes - 2018. Disponível em: <http://anda.org.br>>. Acesso em 3 dez. 2022.
- ANDA. Anuário estatístico do setor de Fertilizantes - 2021. Disponível em: <http://anda.org.br>>. Acesso em 10 fev. 2022.
- AGROLINK. Demanda mundial de fertilizantes chega a 182 milhões de toneladas De acordo com levantamento feito pelo Portal GlobalFert. Publicada 03/10/2017. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/noticia/demanda-mundial-de-fertilizantes- chega-a-182-milhoes-de-toneladas_398726.html. Acesso em: 09/02/2023
- ALMEIDA, E. et al. **Revitalização dos solos em processos de transição agroecológica no sul do Brasil**. Agriculturas, Rio de Janeiro, v. 4, n. 1, p. 7-10, 2007.
- BARBOSA, S.C.S.; ALCOFORADO, P.A.U.G.; COSTA, J.P.V.; ALBUQUERQUE, A.W.; REIS, L.S.; BASTOS, A.L. **Adição de carbonato, silício e fósforo nas propriedades químicas de três solos do estado de Alagoas**. FERTBIO - Rio de Janeiro, 2002.
- BINDA, F.F. et al. **Friction elements based on phenolic resin and slate powder**. Journal of Materials Research and Technology, 2020;9(3):3378-3383.
- BRITO, Rychaellen Silva de Brito *et al.* Rochagem na agricultura: importância e vantagens para adubação suplementar. **South American Journal Of Basic Education, Technical And Technological.**, Rio Branco, Ac, v. 6, n. 1, p. 528-540, 14 maio 2019.
- CARRUSCA, E. **Aproveitamento Industrial de Resíduos de Ardósia como Insumo Mineral na Fabricação de Cimento**. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente) - Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2001.
- COLA, G.P.A; SIMÃO, J. B. P. **Rochagem como Forma Alternativa de Suplementação de Potássio na Agricultura Agroecológica**. Revista Verde (Mossoró – RN – Brasil) v.7, n.1, p. 01 - 08 de janeiro março de 2012. Disponível em: <http://revista.gvaa.com.br>. Acessado em: 10 de fev. 2023.
- DANTAS, A. A.; CARVALHO, L. G. de; FERREIRA, E. **Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG**. Ciência e Agro tecnologia, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez., 2007.
- DIAS, G. L.; AMARAL, C. M. **Mudanças Estruturais na Agricultura Brasileira, 1980-1998**. In: BAUMANN, Renato, (Org.). Brasil: uma década em transição. Rio de Janeiro: Cepal/Campus, 2000.
- FEAM. **Plano de ação para sustentabilidade do setor de rochas ornamentais - Ardósia em Papagaios (Parte 3)**. Belo Horizonte, MG, 2014. 50 p.

FERREIRA, E.R.N.C.; ALMEIDA, J.A.; MAFRA, A.L. **Pó de basalto, desenvolvimento e nutrição do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) e propriedades químicas de um Cambissolo Húmico**. Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages, v.8, n.2, p.111-121, 2009.

FERREIRA, D. F. Sisvar. *A computer statistical analysis system*. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GLOBALFERT. Boletins Informativos. Disponível em: <<https://globalfert.com.br/boletinsgf>> Acesso em: Acesso em: 10 jan. 2023.

HARLEY, A.D.; GILKES, R.J. *Factors influencing the release of plant nutrient elements from silicate rock powders: a geochemical overview*. Nutrient Cycling in Agroecosystems, v.56, p.11–36, 2000.

KHATOUNIAN, C. A. **A reconstrução ecológica da agricultura**. Botucatu: Agroecológica, 2001, 348 p.

LOUREIRO, F.E.L., MELAMED, R., FIGUEIREDO, N.J., 2009. **Fertilizantes, agroindústria e sustentabilidade**. Centro de Tecnologia Mineral, Ministério da Ciência e Tecnologia, CETEM/MCT, Rio de Janeiro. <http://www.cetem.gov.br/files/docs/livros/2009/Fertilizantes.pdf>.

MARCANTE, N. C.; CAMACHO, M. A.; PAREDES, F. P. J. Teores de nutrientes no milho como cobertura de solo. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 2, p. 196-204, 2011.

MELO, V. de F.; CASTILHOS, R. M. V.; PINTO, L. F. S. Reserva mineral do solo. In: MELO, V. de F.; ALLEONI, L. R. F. (Eds.). **Química e mineralogia do solo: parte I - conceitos básicos**. Viçosa: SBCS, p. 251-332, 2009.

NUNES, J. M. G.; KAUTZMANN, R. M.; OLIVEIRA, C. *Evaluation of the natural fertilizing potential of basalt dust wastes from the mining district of Nova Prata (Brazil)*. Journal of Cleaner Production, v.84, p.649-656, 2014.

ONU. FAO: **Desenvolvimento sustentável nas indústrias de sementes é vital**. 2021. Disponível em: Acesso em: 4 fev. 2023.

REETZ JR, H. F. **Fertilizantes e seu Uso Eficiente**. 1º ed. Copyright 2016 IFA. São Paulo, 2017.

SILVEROL, A. C.; MACHADO FILHO, L. **Utilização de pó de granito e manto de alteração de piroxenito para fertilização de solos**. Revista Brasileira de Agroecologia, v. 02, n. 01, p. 703-707, 2007.

TZVELEV, N. N. **The system of grasses Poaceae and their evolution**. The Botanical Review. Lancaster, v.55, n.3, p.141-204, 1989.

VELOSO, H. S.; SAMPAIO, R. A. **Crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo em resposta à adubação com superfosfato simples e pó-de-rocha 2006**. 33 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Núcleo de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais.

VERNETTI JUNIOR, F.J.; GOMES, A.S.; SCHUCH, L.O.B. **Sustentabilidade de sistemas de rotação e sucessão de culturas em solos de várzea no Sul do Brasil**. Ciência Rural, Santa Maria, RS, v.39, n.6, p.1708-1714, 2009.

WELTER, M. K. et al. **Efeito da aplicação de pó de basalto no desenvolvimento inicial de mudas de camu-camu (Myrciaria dubia)**. Rev. Brasileira de Fruticultura, v. 33, n. 3, p. 922-931, 2011.

RESENDE, A. V. de; FONTOURA, S. M. V.; BORGHI, E.; SANTOS, F. C. dos; KAPPES, C.; MOREIRA, S. G.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. de; BORIN, A. L. D. C. **Solos de fertilidade construída: características, funcionamento e manejo**. Informações Agrônômicas, n. 156, p. 1-19, 2016.

SILVA, Lucas Augusto Da; FERNANDES, Natasha Morete. **A cadeia produtiva de adubos e fertilizantes**, ENCIGESP, Praia Grande, p. 1-15, 2017.

SILVEIRA, M. L.; LIMA, F. M. R. S. **O uso de pó de rocha fosfática para o desenvolvimento da agricultura familiar no Semi-Árido brasileiro**. JORNADA DA INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 15, 2007. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, 2007.

SOUZA, Vera Lúcia do Espírito Santo; SILVA, Gisele Rose da. **Agrominerais para o Brasil**. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral, 2010. 380 p.

THEODORO, Suzi Huff; LEONARDOS, Othon Henry. Rochagem: Uma Questão de Soberania Nacional. **XIII Congresso Brasileiro de Geoquímica**, Gramado, Rs, p. 337-340, 14 set. 2011.

WELTER, Marina Keiko *et al.* Efeito da aplicação de pó de basalto no desenvolvimento inicial de mudas de camu-camu (Myrciaria dubia). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, Sp, v. 33, n. 3, p. 922-931, set. 2011.