



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

VIVIANE ROCHA RAMOS NASCIMENTO

**REMINERALIZADOR A BASE DE PÓ DE BASALTO NO CULTIVO DE COUVE-  
MANTEIGA**

Uberlândia  
2023

VIVIANE ROCHA RAMOS NASCIMENTO

**REMINERALIZADOR A BASE DE PÓ DE BASALTO NO CULTIVO DE COUVE-  
MANTEIGA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Prof. Dr. José Luiz Rodrigues Torres  
Orientador

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Adriane de Andrade Silva  
Coorientadora

Uberlândia  
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

N244r  
2023 Nascimento, Viviane Rocha Ramos, 1979-  
Remineralizador a base de pó de basalto no cultivo de couve-  
manteiga [recurso eletrônico] / Viviane Rocha Ramos Nascimento. -  
2023.

Orientador: José Luiz Rodrigues Torres.  
Coorientadora: Adriane de Andrade Silva.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-graduação em Agronomia.  
Modo de acesso: Internet.  
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2024.5049>  
Inclui bibliografia.  
Inclui ilustrações.

1. Agronomia. I. Torres, José Luiz Rodrigues, 1965-, (Orient.). II.  
Silva, Adriane de Andrade, 1972-, (Coorient.). III. Universidade Federal  
de Uberlândia. Programa de Pós-graduação em Agronomia. IV. Título.

---

CDU: 631

André Carlos Francisco  
Bibliotecário Documentalista - CRB-6/3408

VIVIANE ROCHA RAMOS NASCIMENTO

**REMINERALIZADOR A BASE DE PÓ DE BASALTO NO CULTIVO DE COUVE-  
MANTEIGA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Uberlândia, 15 de dezembro de 2023.

Banca Examinadora:

---

José Luiz Rodrigues Torres – Doutor (UFU)

---

Regina Maria Quintão Lana – Doutor (UFU)

---

Daniel Pena Pereira – Doutor (IFTM Campus Uberaba)

---

Hamilton César de Oliveira Charlo – Doutor (IFTM Campus Uberaba)

Uberlândia  
2023



## ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 015/2023, PPGAGRO				
Data:	Quinze de dezembro de dois mil e vinte e três	Hora de início:	14:10	Hora de encerramento:	18:10
Matrícula do Discente:	12122AGR017				
Nome do Discente:	Viviane Rocha Ramos Nascimento				
Título do Trabalho:	Pó de basalto como remineralizador do solo e potencial nutricional para o cultivo de couve-manteiga				
Área de concentração:	Produção vegetal				
Linha de pesquisa:	Uso e Recuperação de Solos e Resíduos na Agricultura				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Regina Maria Quintão Lana - UFU; Daniel Pena Pereira - IFTM; Hamilton Cesar de Oliveira Charlo - IFTM; José Luiz Rodrigues Torres - IFTM orientador do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr. José Luiz Rodrigues Torres, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovada.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Jose Luiz Rodrigues Torres, Usuário Externo**, em 19/12/2023, às 10:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Hamilton César de Oliveira Charlo, Usuário Externo**, em 20/12/2023, às 17:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Daniel Pena Pereira, Usuário Externo**, em 21/12/2023, às 10:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Regina Maria Quintão Lana, Professor(a) do Magistério Superior**, em 27/12/2023, às 14:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **5006824** e o código CRC **DA23E544**.

Referência: Processo nº 23117.084526/2023-27

SEI nº 5006824

Dedico este trabalho ao meu esposo pelo amor e carinho incondicional.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao meu Deus, a Ele toda honra e glória!

Ao meu amado esposo e amigo, que me tratou com tanto zelo em todo tempo.

Aos meus pais e familiares que amo tanto, pelos ensinamentos e apoio no decorrer da trajetória.

À minha Coordenadora Lyris Bruno e as colegas de trabalho pelo companheirismo.

Às minhas amigas e amigos de estudo, Meirielly, Giulyana, Ana Karoline e a nossa mascotinha Maria, Ricardo e Mateus todo o meu carinho e gratidão, foi um tempo de muita luta e dedicação.

Um agradecimento especial ao meu professor orientador Dr. José Luiz Rodrigues Torres e à minha coorientadora a Dr<sup>a</sup>. Adriane de Andrade Silva que nunca desistiram de mim, por terem me dado a oportunidade de realizar este sonho.

Aos professores Dr<sup>a</sup>. Denise e Dr. Fábio que ministraram a disciplina de estatística a minha gratidão pelos ensinamentos, que me proporcionaram entender a execução deste trabalho e o professor Dr. João Paulo que me incentivou a continuar . Às “teachers” Simone e Fabiângela por me prepararem para o Proflin.

As amigas Ravisa, Dr<sup>a</sup>. Mara Lúcia e equipe da Secretaria de Agronegócio, Economia e Inovação e da Fundação de Excelência Rural de Uberlândia - FERUB toda a minha gratidão pela parceria e empenho em todas as fases da pesquisa e condução do meu experimento.

A Coordenação do curso e demais professores e o apoio da secretaria do programa de pós-graduação em Agronomia, sempre disponíveis para me orientar.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento, apoio financeiro e consolidação do programa de pós-graduação *Stricto sensu* em Agronomia e demais programas no Brasil.

A Universidade Federal de Uberlândia (UFU), à Pró-reitora de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPP-UFU), ao Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA) pelo incentivo a pesquisa e ao desenvolvimento sustentável e ambiental.

À Prefeitura de Municipal de Uberlândia pelo apoio e financiamento a esse projeto de pesquisa.



NASCIMENTO, Viviane Rocha Ramos. **Remineralizador a base de pó de basalto no cultivo de couve-manteiga**, 2023. 45 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

O município de Uberlândia, na região do Triângulo Mineiro apresenta uma grande reserva de rocha de origem basáltica, que após ser processada e transformada na forma de pó de rocha apresenta aplicabilidade como remineralizador de solos, podendo ser utilizado como um complemento da adubação mineral, que vai ao encontro com a necessidade do país, de desenvolver novas tecnologias e diminuir a dependência externa dos principais fertilizantes utilizados na produção agrícola nacional. Neste estudo objetivou-se avaliar diferentes doses de pó de basalto como fonte complementar da adubação mineral e relacionar com o estado nutricional e atributos agronômicos da couve-manteiga. O estudo foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, sendo avaliadas seis doses de pó de basalto: T1 = 0,0 (sem pó de basalto); T2 = 2,0; T3 = 4,0; T4 = 6,0; T5 = 8,0 e T6 = 10,0 t ha<sup>-1</sup> de pó de basalto. Em todos os tratamentos foi aplicado fertilizante mineral do formulado NPK na dose de 111 g.m<sup>-2</sup> + fertilizante orgânico Forte C na dose de 1000 g m<sup>-2</sup>, com quatro repetições. Foram realizadas três colheitas de folhas em intervalos aproximados de 30 dias e neste material vegetal foram avaliados o estado nutricional da planta no momento da colheita, o número de folhas por planta (NP), comprimento vertical (CV) e horizontal (CH), massa fresca (MF) e massa seca (MS) das folhas da couve-manteiga. Observou-se o uso do pó de basalto como fonte complementar da adubação mineral no cultivo da couve-manteiga proporcionou aumento do CV, CH, MF e MS das folhas atingindo o valor máximo de 33,11; 23,40; 776,22 e 120,97 cm, até a dose máxima aplicada de 6 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. O teor foliar dos N, K, Ca, S e Cu aumentou, enquanto que o de P, Mg, Mn, Zn, B, Mo diminuiu à medida que as doses de pó de basalto aumentaram. O acúmulo de P, Mg, Mn, Zn, B, Cu na planta diminuiu à medida que as doses de pó de basalto aumentaram.

Palavras-chave: rochagem; agricultura sustentável; hortaliças.

NASCIMENTO, Viviane Rocha Ramos. **Basalt powder-based remineralizer in kale cultivation**, 2023. 45 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

The municipality of Uberlândia, in the Triângulo Mineiro region, has a large reserve of rock of basaltic origin, which, after being processed and transformed into rock powder, can be used as a soil remineralizer and can be used as a complement to mineral fertilization, which meets the country's need to develop new technologies and reduce external dependence on the main fertilizers used in national agricultural production. This study aimed to evaluate different doses of basalt powder as a complementary source of mineral fertilizer and relate it to the nutritional status and agronomic attributes of butter cabbage. The study was conducted in a completely randomized design, evaluating six doses of basalt powder: T1 = 0.0 (without basalt powder); T2 = 2.0; T3 = 4.0; T4 = 6.0; T5 = 8.0 and T6 = 10.0 t ha<sup>-1</sup> of basalt powder. In all treatments, mineral fertilizer was applied, formulated NPK at a dose of 111 g m<sup>-2</sup> + organic fertilizer Forte C at a dose of 1000 g m<sup>-2</sup>), with four replications. Three leaf harvests were carried out at approximate intervals of 30 days and the nutritional status of the plant at the time of harvest, the number of leaves per plant (NP), vertical length (VL) and horizontal length (HL), fresh mass (FM) and dry mass (DM) of the butter cabbage leaves were assessed. It was observed that the use of basalt powder as a complementary source of mineral fertilizer in the cultivation of butter cabbage provided an increase in VL, HL, FM and DM of the leaves, reaching a maximum value of 33.11, 23.40, 776.22 and 120.97 cm, up to the maximum applied dose of 6 t ha<sup>-1</sup>, respectively. The leaf content of N, K, Ca, S and Cu increased, while that of P, Mg, Mn, Zn, B, Mo decreased as the doses of basalt powder increased. The accumulation of P, Mg, Mn, Zn, B, Cu in the plant decreased as the doses of basalt powder increased.

Keywords: rocking; sustainable agriculture; vegetables

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Os remineralizadores do solo.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Fertilização e correção da acidez do solo.....</b>	<b>15</b>
<b>2.3</b>	<b>Uso de pó de rocha como fonte suplementar de adubação em hortaliças.....</b>	<b>18</b>
<b>2.4</b>	<b>Uso de pó de rocha em áreas cultivadas com brássicas.....</b>	<b>19</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>21</b>
<b>3.1</b>	<b>Caracterização da área experimental.....</b>	<b>21</b>
<i>3.1.1</i>	<i>Localização.....</i>	<i>21</i>
<i>3.1.2</i>	<i>Tipo de solo.....</i>	<i>22</i>
<i>3.1.3</i>	<i>Clima da região.....</i>	<i>22</i>
<b>3.2</b>	<b>Delineamento experimental e tratamentos.....</b>	<b>23</b>
<b>3.3</b>	<b>Informações complementares.....</b>	<b>24</b>
<i>3.3.1</i>	<i>Calagem e adubação padrão.....</i>	<i>24</i>
<i>3.3.2</i>	<i>Preparo dos canteiros, transplântio das mudas e irrigação.....</i>	<i>24</i>
<i>3.3.3</i>	<i>Controle de pragas, plantas invasoras e irrigação.....</i>	<i>25</i>
<b>3.4</b>	<b>Avaliações.....</b>	<b>25</b>
<i>3.4.1</i>	<i>Análises de desempenho agrônômico.....</i>	<i>25</i>
<i>3.4.2</i>	<i>Estado nutricional na planta no momento da colheita.....</i>	<i>26</i>
<i>3.4.3</i>	<i>Análise do solo.....</i>	<i>26</i>
<b>3.5</b>	<b>Análise estatística.....</b>	<b>26</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>36</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>36</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura (°C) de julho a novembro de 2022 na cidade de Uberlândia - MG.....22
- Figura 2 – A. Análise de regressão e curvas com ajuste polinomial para o comprimento vertical (CV) e horizontal (CH), B. massa fresca (MF) e massa seca (MS) das folhas da couve- manteiga, em solo adubado com diferentes doses de pó de basalto, em Uberlândia, MG.....28
- Figura 3 – A. Teor foliar médio dos macronutrientes N, P e Ca, B. de P, Mg e S, C. acúmulo de P e Mg na planta, em três colheitas de couve-manteiga, em solo adubado com diferentes doses de pó de basalto, em Uberlândia, MG, em 2022.....30
- Figura 4 – A. Teor foliar médios dos micronutrientes Mn, Zn e B, B. de Cu e Mo, C. acúmulo de Mn, Zn e B, D. e de Cu na planta, em três colheitas de couve-manteiga, em solo adubado com diferentes doses de pó de basalto, em Uberlândia, MG, em 2022.....33

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Caracterização físico-química do pó de basalto aplicado no solo neste estudo.....23
- Tabela 2 - Valores médios do número de folhas por planta (NP), comprimento vertical (CV), horizontal (CH), massa fresca (MF) e massa seca de folhas (MS), de três colheitas da couve-manteiga, em solo com diferentes doses de pó de basalto, em Uberlândia, MG, em 2022.....27
- Tabela 3 - Teor foliar médio e acúmulo dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) na planta, em três colheitas de couve-manteiga, em solo com diferentes doses de pó de basalto, em Uberlândia, MG, em 2022.....29
- Tabela 4 - Teor foliar médio e acúmulo dos micronutrientes cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn), boro (B), molibdênio (Mo) e de silício (Si) na planta, em três colheitas de couve-manteiga, em solo com diferentes doses de pó de basalto, em Uberlândia, MG, em 2022.....31

## 1. INTRODUÇÃO

De forma geral, as hortaliças são plantas de ciclo curto ou médio, que precisam de elevadas quantidades de fertilizantes minerais para suprir suas necessidades, em períodos relativamente curtos, além de corretivos do solo, agroquímicos e de irrigação por aspersão, que podem causar desequilíbrios nutricionais, aumento da erosão hídrica e lixiviação de nutrientes (Ferreira Junior *et al.*, 2022). Para que estes nutrientes possam ser absorvidos pelas plantas é necessário que estes fertilizantes sejam altamente solúveis, porém, em hortaliças, esta adubação ainda é complementada por resíduos de confinamentos de bovinos, aves e de compostos orgânicos (Diniz *et al.*, 2007; Ribeiro *et al.*, 2019).

Outros produtos vêm sendo utilizados como fertilizante ou como complemento da adubação no cultivo das hortaliças, dentre eles, os fertilizantes organominerais, os resíduos de agroindústrias e os remineralizadores tem se destacado, pois são produtos que apresentam solubilização gradual, permitindo que a cultura tenha acesso ao nutriente de forma constante e gradual durante todo o ciclo (Silva *et al.*, 2020).

Com relação aos remineralizadores, a lei 12.890 de 10/12/2013, em seu artigo 3º estabeleceu que são materiais de origem mineral que tenha sofrido apenas 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, e/ou promova a melhoria das propriedades físico-químicas ou da atividade biológica do solo, conforme o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2013). Essa lei foi regulamentada em 2016, através das Instruções Normativas 05 e 06, do MAPA, onde foram estabelecidas garantias mínimas para o seu uso e comercialização, que permitiram sua produção, registro e sua comercialização na agricultura brasileira (Klein; Dutrow, 2012; Batista *et al.*, 2017).

O pó de basalto é um dos remineralizadores produzidos na região do Triângulo Mineiro, que tem na sua composição consideráveis concentrações de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e do potássio (K) em menor quantidade, que são macronutrientes essenciais a produção das culturas, que contribuem para a correção da acidez e aumento da capacidade de troca de cátions do solo, além de disponibilizar micronutrientes e silício (Si) (Hanisch *et al.*, 2013).

A utilização de pó de basalto vem ganhando espaço no cultivo de hortaliças, pois tem se destacado como uma tecnologia que pode apresentar vantagens econômicas, ambientais e produtivas em diferentes culturas, quando associada à fertilização com fontes de minerais altamente solúveis (NPK) (Lajus *et al.*, 2021), pois possui liberação lenta de nutrientes, que diminui as perdas por lixiviação, favorecendo a sua absorção durante todo o ciclo da planta

(Leonardos *et al.*, 2000). Esses fatores sugerem o potencial desse produto como alternativa para complementar a adubação de hortaliças, desde que associado a fertilizantes minerais, para promover a produção, principalmente em colheitas subsequentes (Carvalho, 2012).

A liberação dos nutrientes que estão retidos neste pó de rocha depende do tipo de rocha e da superfície de contato da partícula, que quanto menor for o tamanho da partícula, mais rápida será a reação química e a disponibilização dos nutrientes (Luchese *et al.*, 2002). Contudo, alguns fatores podem influenciar na liberação e absorção dos nutrientes dentre eles pode-se destacar o tipo do clima, se tropical ou temperado, quantidade de material aplicado, granulometria e baixa atividade microbiana, considerando que a solubilização dos minerais presentes nas rochas basálticas está relacionada à atividade biológica (Hinsinger *et al.*, 2001). Franco Júnior *et al.* (2024) afirmam que ainda são necessários vários estudos para melhor caracterização a eficiência da destes produtos como complemento da adubação.

Quando reduzida a forma de pó, a rocha basáltica, pode fornecer quantidades razoáveis de alguns nutrientes ao solo, além de proporcionar também a adição de colóides negativos por causa da presença da sílica, sendo que esses colóides permitem a adsorção de cátions, como  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  e  $\text{K}^{+}$ , impedindo que eles sejam levados pela água e estejam disponíveis para plantas (Brady e Weil, 2013). Segundo Camargo *et al.* (2012), o uso de pós de rocha pode acelerar os processos de sucessão e dinamização biológica nos solos e conseqüentemente acelerar a liberação de nutrientes que estão associados a matéria orgânica do solo, com isso, não devem ser utilizados como um produto para substituição de fertilizantes minerais, mas podem ser utilizados como complemento no manejo da fertilidade do solo.

Em hortaliças, manejos que envolvem o uso de pó de basalto são recentes, mostrando a necessidade de mais avaliações, principalmente de estudo relacionado as concentrações utilizadas e a produção das culturas, visto que a quantidade de resultados de estudos divulgados na literatura é escassa. As brássicas são plantas com ciclo acima de 80 dias, que podem ser colhidas uma única vez no caso de brócolis, repolho e couve-flor, ou em várias colheitas como ocorre para a couve-manteiga (*Brassica oleracea* var. *acephala* L.), nelas o uso do pó de rocha no manejo do solo aparece em situações esporádicas com poucas avaliações. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a utilização de diferentes doses de pó de basalto como fonte complementar da adubação mineral e relacionar com o estado nutricional e atributos agrônômicos da couve-manteiga.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Os remineralizadores do solo

O Brasil é um país privilegiado em muitos aspectos, pois possui uma imensa diversidade biológica em uma extensa floresta tropical, detém as maiores reservas hídricas do planeta, dispõe de uma geodiversidade igualmente vasta que originou solos que suportam uma grande variedade de agroecossistema e, ainda, conta com grandes reservas minerais e de petróleo (Theodoro *et al.*, 2021).

Dentre estas reservas minerais destacam-se as rochas basálticas por sua ampla distribuição geográfica, que estão presentes em toda região sul, parte do sudeste e centro-oeste, sendo que também possuem ocorrências menores em outras partes do País (Hartmann, 2014). Estas rochas são de origem vulcânica, que devido a sua composição mineralógica, são uma excepcional fonte de  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ , Fe, Si e, eventualmente de K, além de uma série de micronutrientes, conseqüentemente, por ter tais características possuem alto potencial para o uso como remineralizadores de solo, podendo atender parcialmente a demanda por fertilizantes para a agricultura brasileira (Instituto Brasileiro de Mineração - IBRAM, 2017).

A necessidade do Brasil importar insumos agrícolas, principalmente de fontes de N, P e K, tornou-se uma preocupação frequente, principalmente para os produtores, que se veem reféns desta situação, devido à variação cambial existente entre os países exportadores. A fim de diminuir a dependência nacional por fertilizantes e tecnologias importadas, está em elaboração a política nacional de fertilizantes e insumos para a nutrição de plantas, a qual deve se estender de 2022 a 2050 (Brasil, 2021), refletindo a tendência de mais intensiva utilização de rocha para aplicação direta, além da expansão de uso de remineralizadores, como alternativa de uma racionalização do uso de fertilizantes com o suporte de mais aprofundadas pesquisas agronômicas.

As Instruções Normativas (INs) 05 e 06/2016 do MAPA (Brasil, 2016) estabeleceram as garantias mínimas que os remineralizadores devem possuir para receber um registro de comercialização, que são a soma de bases (SB),  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$  e  $\text{MgO} \geq 9\%$ , os teores de quartzo  $\leq 25\%$  e limites mínimos dos elementos potencialmente tóxicos (EPT). Com a regulamentação dos remineralizadores de solo, os materiais devem conter índices mínimos de micro e macronutrientes, sendo o material de origem mineral que tenha passado apenas por redução e classificação de tamanho por processos mecânicos. Somado a isso, relata também as



quantidades máximas permitidas de contaminantes como o Arsênio (As), Cádmiio (Cd), Mercúrio (Hg) e Chumbo (Pb) (Brasil, 2016).

Os principais remineralizadores utilizados no Brasil na atualidade são provenientes de rocha de basaltos, xistos, kamafugitos, fonolitos, gnaisses e serpentinitos, dentre estas, o fonolito destaca-se por ser uma rocha magmática de origem vulcânica composta por cerca de 9% de  $K_2O$ , além de também possuir em sua composição o dióxido de silício ( $SiO_2$ ), óxido de cálcio (CaO), óxido de magnésio (MgO) e outras substâncias que auxiliam no desenvolvimento da planta (Theodoro *et al.*, 2021).

Dentre os remineralizadores, o pó de rocha do basalto é proveniente de uma rocha magmática de coloração preta, composta por quartzo, mica e feldspato, facilmente intemperizáveis, com baixo teor de cálcio e que são fontes de silício, potássio, magnésio e fósforo. O magma que dá origem ao basalto é um produto direto da fusão parcial do manto superior terrestre, que é relativamente mais quente (1000 – 1200 °C) que o magma granítico (700-900 °C) e com menor percentual em sílica (45 – 52% de  $SiO_2$ ), sendo mais fluido, menos viscosa, facilitando que chegue à superfície (Silva *et al.*, 2011).

A remineralização do solo através do uso de pó de rocha é uma alternativa tecnicamente viável e economicamente rentável devido ao baixo custo do processo de beneficiamento (Silveira *et al.*, 2021), sendo também mais sustentável do ponto de vista ambiental, uma vez que a rochagem possibilita a liberação gradual de nutrientes e não requer aplicações repetidas após cada cultivo, como ocorre com os fertilizantes químicos (Brito *et al.*, 2019); que consistem em moer as rochas que compõem o produto, as quais liberam gradualmente os nutrientes diminuindo assim as perdas por lixiviação e favorecendo uma ação de longo prazo do insumo aplicado (Santos *et al.*, 2022).

Os remineralizadores podem se tornar uma opção estratégica para diminuir a dependência do Brasil de fertilizantes importados, especialmente do cloreto de potássio (KCl), cujas flutuações de preço do adubo e no câmbio monetário impactam sensivelmente o custo de produção e reduzem as margens de lucros no agronegócio (Oliveira *et al.*, 2019). Contudo, o custo do transporte entre o local de produção (jazida) e da aplicação, muitas vezes tem limitado a adoção dessa tecnologia (Santos *et al.*, 2022).

O valor e o interesse pela rochagem têm crescido nos últimos anos, principalmente por ser uma fonte sustentável e alternativa de nutrientes, contudo, há décadas produtores que trabalham com a produção sustentável e usam alternativas mais acessíveis e sustentáveis na agricultura como a rochagem, que é uma técnica de uso de minerais do próprio solo, ou seja,

utiliza-se uma fertilização natural com o uso dos pós de rochas, também denominados agrominerais ou remineralizadores (Cola; Simão, 2012).

Com sua composição e possíveis benefícios fisiológicos para o solo, é evidenciada a necessidade de estudos agronômicos que avaliem o potencial de uso de cada rocha, como verificação de doses, impactos para as características produtivas e análise de disponibilidade de nutrientes do solo, especialmente para hortaliças. Nesse sentido, vale ressaltar que a fim de assegurar a qualidade de remineralizadores de solo, alguns critérios foram estabelecidos com a Instrução Normativa nº 05/2016 que determina a garantia mínima para registro como remineralizadores de solo como a presença de:  $K_2O \geq 1\%$  e a soma de bases ( $K_2O + CaO + MgO \geq 9\%$ ), percentagem máxima de elementos potencialmente tóxicos (EPT) como  $15 \text{ mg kg}^{-1}$  de Arsênio,  $10 \text{ mg kg}^{-1}$  de Cádmio,  $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$  de Mercúrio e  $200 \text{ mg kg}^{-1}$  de Chumbo e de quartzo ( $SiO_2$  livre) devem ser menores ou iguais a 25%, além de comprovação da eficiência agronômica através de testes e pesquisas (Brasil, 2016).

## 2.2 Fertilização e correção da acidez do solo

A manipulação de rochas na agricultura é uma prática antiga, que possui ampla aplicação como corretivos de solo (calcário) e para a fertilização (fosfatagem natural) (Cola; Simão, 2012). O incremento no potencial hidrogeniônico (pH) é um dos efeitos benéficos esperados com o uso de remineralizadores já comprovado por uma vasta literatura, entretanto, é importante destacar que este efeito corretivo do remineralizador não ocorre da mesma forma que o calcário (Toscani; Campos, 2017; Luchese *et al.*, 2021).

O efeito do calcário ocorre devido às reações dos carbonatos de cálcio (CaO) e magnésio (MgO) que o constituem, enquanto que o remineralizador promove o aumento do pH pelo consumo de hidrogênio ( $H^+$ ) na reação de intemperismo dos silicatos, sendo que é esperado um efeito mais rápido quando ocorrem maiores quantidades de silicatos de Cálcio (Ca), sendo seguidos pelos silicatos de magnésio (Mg), sódio (Na) e potássio (K), pois estes apresentam maior reatividade (Silva *et al.*, 2012; Anda *et al.*, 2015).

Dada a importância da elevação do pH do solo nos solos brasileiros, que são muito intemperizados, pobres em fertilidade, ácidos e que apresentam baixa capacidade de troca catiônica (CTC), novas fontes capazes de fornecer nutrientes e ainda promover um efeito de redução da acidez tem sido estudada, sendo que os remineralizadores têm atendido a esta demanda (Melo *et al.*, 2012; Luchese *et al.*, 2021).

Em seu estudo, utilizando pó de basalto e rocha fosfatada como remineralizadores em solos intensamente intemperizados, Toscani e Campos (2017) concluíram que o uso de remineralizadores resultou em um significativo aumento das substâncias e parâmetros físico-químicos responsáveis pela fertilidade dos solos, bem como de um melhor desenvolvimento da área foliar, além de apresentar um importante efeito residual no solo, aumentou o pH e a saturação de bases (V%) e diminuiu a saturação por alumínio (Al) e o teor de matéria orgânica do solo (MOS).

Utilizando rochas basálticas para rejuvenescer solos intemperizados, Theodoro *et al.* (2021) observaram que houve mudanças no perfil de fertilidade dos solos, após um ano da implantação dos experimentos, onde foi possível verificar que ocorreram diferenças no conteúdo das médias de três macronutrientes (P, K e Mg) e quatro micronutrientes (Mo, B, Mn e Cu), dos treze principais nutrientes e parâmetros avaliados (P, K, Ca, Mg, S, CTC, MO pH, B, Zn, Fe, Mn e Cu) no tratamento com o remineralizador do solo e, que as análises estatísticas revelaram que a massa de grãos da cultura da quinoa mostrou-se com diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que o que continha o remineralizador + composto orgânico foram superiores aos demais tratamentos.

A aplicação de fontes de minerais alternativas no solo permite reações químicas que liberam elementos químicos constituintes dos minerais da rocha, ficando disponíveis para absorção pelas plantas, sendo que a velocidade de solubilização vai ser dependente do tempo entre a aplicação do remineralizador, da granulometria do solo e do produto e das necessidades de nutrientes requeridas pelo solo (Van Straaten, 2006).

O tempo de resposta das plantas mediante a utilização de pós de rocha é dependente de alguns fatores, sendo o principal deles o intemperismo, mais precisamente, o biointemperismo, que envolve a interação de raízes, microrganismos associados às raízes na rizosfera, e os minerais, evidenciando a importância de um bom manejo que favoreça a microbiota do solo, bem como o uso de plantas de cobertura com um bom sistema radicular que auxilie no processo (Meheruna; Akagi, 2006).

Os microrganismos do solo atuam fragmentando as partículas e realizando alterações complexas na superfície dos minerais, que também podem agir no potencial eletroquímico e na concentração de ácidos e quelantes orgânicos que favorecem o intemperismo na rizosfera, com isso, pode-se afirmar que a solubilização e disponibilidade dos minerais do pó de rocha para as plantas são muito influenciadas pela atividade biológica (Harley; Gilkes, 2000), sendo assim, recomendando o uso de práticas culturais que estimulem o desenvolvimento dos microrganismos do solo, como a compostagem e uso de fertilizantes orgânicos.

Alguns dos elementos liberados com a utilização de pós de rocha, às vezes não recebem devida atenção, como o silício, que favorece a resistência das plantas contra fatores de estresses bióticos e abióticos, se alocando nas paredes celulares (Richmond; Sussman, 2003). Os minerais silicatos promovem a hidrólise, que consome o  $H^+$  e resulta no aumento gradual do pH, sendo este um indicador da reatividade da rocha e liberação dos cátions básicos e metálicos, ânions silicato e minerais secundários.

Nesse sentido, Harley e Gilkes (2000) afirmam que para se obter bons resultados com o uso dos pós de rocha é preciso promover uma integração da parte mineral, orgânica e biológica no solo, considerando que estes processos fazem com que o biointemperismo libere os nutrientes contidos no meio das camadas dos minerais nos remineralizadores, nutrientes estes que possuem maior área superficial específica e capacidade de troca de cátions. Em geral, partículas <0,3 mm (50 mesh) proporcionam reatividade adequada para favorecer a liberação dos nutrientes para o solo e para as plantas.

Em seus estudos usando a rochagem (basalto) em combinação ao lodo de esgoto, Silva *et al.* (2008) observaram que houve contribuição das doses utilizadas para o crescimento de Gonçalo Alves (*Astronium fraxinifolium* Schott), que é uma espécie arbórea do cerrado, pois a aplicação de pó de basalto associado ao agupapé ou esterco, apresentaram melhorias químicas no subsolo e relacionadas a aspectos microbiológicos, desta forma a aplicação desta combinação, poderia atuar como complementar e melhorar os atributos do solo em todos os seus aspectos.

A aplicação das rochas moídas tem demonstrado grande potencial para o desenvolvimento vegetal, conforme observado por Wang *et al.* (2000), no norte da China utilizando a cultura de arroz, puderam relacionar que o crescimento das plantas estava associado a porções onde a fração fina dominava com a oferta de potássio advindo de mineiras do gnaiss e associações a porções e granulometria da rocha utilizada.

O uso de pó de rocha na olericultura, fruticultura, cana-de-açúcar, cereais, setor florestal e pastagens com sucesso no Brasil, em substituição e/ou complementação aos fertilizantes industrializados, contudo sua eficiência agrônômica sempre está relacionada à mineralogia, a composição química e a granulometria de rochas moídas, condições de clima e de solo e da atividade microbiana (Swoboda *et al.*, 2022).

Avaliando a produtividade do amendoim sob efeito residual de pó de rocha basáltica (PRB) em área de reforma de canavial, Silveira *et al.* (2021) observaram que o uso do pó de rocha basáltica para o cultivo da cultura do amendoim apresentou um acréscimo linear e

significativo de 24,51% no incremento da produtividade, com aumentos de 1,7 e 1,8 t ha<sup>-1</sup>, e de 70 a 73 sc ha<sup>-1</sup>, nas doses de 2,5 e 5,0 t ha<sup>-1</sup>, quando comparado ao tratamento sem PRB.

### **2.3 Uso de pó de rocha como fonte suplementar de adubação em hortaliças**

As hortaliças são plantas cultivadas para consumo de seus segmentos como folhas, caules, raízes, frutos, flores e sementes, são caracterizadas por conter além de fibras, vitaminas e minerais, sendo, muito importantes para compor uma alimentação equilibrada e saudável, que incluem uma variedade de vegetais, podendo ser cultivadas em hortas, jardins, ambientes pequenos, terrenos e outros (Bevilacqua, 2006). O consumo regular de hortaliças tem sido recomendado como parte de uma dieta equilibrada a fim de proporcionar uma melhor qualidade de vida ao indivíduo (Clemente *et al.*, 2015).

De forma geral, as hortaliças geralmente de ciclo curto ou médio e tratos culturais intensivos, que necessitam elevadas quantidades de fertilizantes minerais para suprir suas necessidades em períodos relativamente curtos, que são complementados por resíduos de bovinos, aves e de compostos orgânicos, cujas partes comestíveis são diretamente utilizadas na alimentação humana, sem exigir industrialização prévia (Ribeiro *et al.*, 2019).

Uma das alternativas que vem sendo testadas no cultivo de hortaliças é a utilização dos remineralizadores do solo para complementar a adubação mineral que sendo realizadas nestas culturas. Melamed *et al.* (2007) destacam que estes pós de rocha possuem custo reduzido, pois são subprodutos da indústria produzidos através da moagem de rochas, técnica esta que permite agregação de nutrientes de forma lenta e com liberação de gradual dos elementos, reduzindo desta forma, perdas por lixiviação e favorecendo uma ação de longo prazo do insumo aplicado. O autor destaca ainda que este material pode auxiliar na reposição de alguns nutrientes de forma lenta e contínua, auxiliar no controle de pH, reativar os processos biológicos e reduzir índices de erosão no solo, com isso, promover melhor desenvolvimento das plantas cultivadas.

Avaliando o uso de pó de rocha basáltica como fertilizante alternativo na cultura da rúcula (*Eruca sativa* L.), Brugnera (2012) observou que o composto por mix de cama de aves e pó de basalto mostrou-se resultados superiores para os parâmetros de altura de planta, tamanho de raiz, comprimento e largura de folha, número de folhas e estudo da massa seca e fresca das plantas de rúcula, quando comparado aos outros tratamentos. O autor destacou ainda que o uso contínuo de pó de rocha, associado aos fertilizantes utilizados para o cultivo da cultura específica, pode apresentar melhoras consideráveis na qualidade e na redução do custo da

lavou, mas um estudo mais aprofundado e novos testes em culturas de ciclo mais longo serão necessários.

Com o objetivo de avaliar os aspectos qualitativos e quantitativos de variedades de alface submetidas a concentrações de pó de rocha basáltica em cultivo orgânico, Lajús *et al.* (2021) observaram que a concentração de 500g de pó de rocha em cultivo orgânico é recomendada para as variedades de alface Crespa, Americana e Lisa, pois proporcionam aumento da produção de massa verde, contudo, com o aumento das doses, ocorre a diminuição da quantidade de massa verde. O autor justificou que isto ocorre devido ao aumento da quantidade de pó, que proporciona o adensamento das partículas do substrato, dificultando o crescimento da planta.

Avaliando a produtividade do morangueiro em função da adubação orgânica e com pó de basalto no plantio, Camargo *et al.* (2012) observaram que as maiores doses de esterco bovino combinadas com doses intermediárias de pó de basalto proporcionaram maior produtividade total e produção comercial dos frutos de morangueiro, entretanto, as doses de esterco e de pó de basalto não influenciaram a massa média de frutos.

## **2.4 Uso de pó de rocha em áreas cultivadas com brássicas**

Fazem parte da família botânica das brássicas o repolho, brócolis, couve-flor, couve-de-bruxelas, couve-rábano, rabanete, canola, rúcula, agrião, mostarda e nabo, sendo que a couve-manteiga é uma das hortaliças mais populares nas regiões Centro/Sul do Brasil, principalmente por ser produzida em pequenas áreas do cinturão verde e em hortas domésticas enriquecendo a alimentação diária da população (Filgueira, 2000). No Brasil, ela pode ser cultivada o ano todo, raramente produz pendão floral, apresenta certa tolerância ao calor e permanece produtiva por vários meses (Bezerra *et al.*, 2005).

De forma geral, as brássicas são plantas que apresentam alto valor nutritivo e comercial, tem grande importância socioeconômica em alguns estados brasileiros e estão incluídas entre as hortaliças mais consumidas no país, pois são plantas apresentam alto valor nutritivo e comercial, são excelentes fontes de vitamina A, K, Fe, Ca, fibras e fitoquímicos, ricas em ácido cítrico e ascórbico e sais de cálcio (Kano *et al.*, 2010).

Entretanto, são plantas que apresentam elevada capacidade de extração de nutrientes do solo, com isso necessitam de grandes aportes de nutrientes, em períodos de tempo relativamente curtos, que é feito através do uso de fertilizantes minerais, que são absorvidos na sequência

K>N>Ca>S>Mg>P para os macronutrientes e Fe>Zn>Mn>B>Cu>Mo para os micronutrientes (May *et al.*, 2007).

Também são plantas exigentes em micronutrientes, dentre eles o molibdênio (Mo), sendo que a disponibilização adequada desse elemento é fundamental para garantir plantas saudáveis e produtivas (Vidigal *et al.*, 2007), pois o Mo é essencial à nutrição das plantas, sendo constituintes de pelo menos cinco enzimas catalisadoras de reações relacionadas ao metabolismo do N (Vieira *et al.*, 1998).

Avaliando o Efeito residual do pó de basalto e enxofre elementar e resposta a doses de nitrogênio em cobertura na cultura da canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), Santos *et al.* (2022) observaram que a utilização do pó de basalto apresentou efeito residual logo após um ano de aplicação com melhoria das características químicas do solo por meio do aumento do pH do solo, dos teores de K e P, do V% e da redução da acidez potencial do solo, sendo que a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N proporcionou aumento do teor de N nas plantas de canola, enquanto as doses de 80 kg ha<sup>-1</sup> e de 100 kg ha<sup>-1</sup> proporcionaram aumento no número de grãos por síliqua das plantas de canola. Enquanto que a produtividade da cultura não foi afetada por nenhum dos fatores testados.

Em seu estudo Menezes (2016) avaliou a eficiência da utilização de pó de micaxisto na produção de couve-manteiga, observaram que a utilização do pó de rocha (micaxisto) como fonte alternativa de nutrientes para o cultivo da couve folha se torna viável quando associado à outra fonte de nutrientes, pois ele necessita de um maior período de tempo para a solubilização e mineralização dos nutrientes.

Segundo Tessaro *et al.* (2013), a produção agroecológica de mudas e desenvolvimento a campo de couve-chinesa (*Brassica pekinensis*) foi avaliada com objetivo de avaliar o desempenho de diferentes substratos sobre o desenvolvimento da cultura, sendo que os resultados mostraram que a adição de pó de rocha é um fator determinante no desempenho das mudas, sendo os melhores resultados obtidos nas parcelas cultivadas com mudas obtidas nos substratos formulados com 7 e 9% de pó de basalto.

A utilização de substratos alternativos para produção de repolho e beterraba em consórcio e monocultivo, Costa *et al.* (2013) avaliaram o uso de diferentes porcentagens de pó de basalto na composição dos tratamentos, observaram que o comprimento de raiz aumenta com os substratos: 40% de composto, 5% de areia, 15% de casca de arroz carbonizada, 20% de pó de basalto, e 35% de composto, 5% de areia, 15% de casca de arroz carbonizada, 25% de pó de basalto para beterraba e repolho, respectivamente.

Dentre as brássicas está a couve-manteiga (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*), que é uma planta que apresenta potencialidade nutracêutica, ou seja, é um alimento ou parte de um alimento que proporciona benefícios medicinais, incluindo prevenção ou tratamento de doenças (Naik; Gupta, 2010; Novo *et al.*, 2010; Azevedo *et al.*, 2014).

As folhas desta couve-manteiga são ricas em proteínas, carboidratos, Ca, Fe, fibras e vitaminas A e C (Lefsrud *et al.*, 2007) e flavonoides, com teores superiores às demais hortaliças folhosas (Cartea *et al.*, 2008), que podem ser consumidas *in natura*, saladas, refogados, sucos verdes ou detox, à sua procura, portanto vem aumentando nos últimos anos com a ideologia de uma vida saudável o que aquece o mercado nacional (Novo *et al.*, 2010). A ingestão destas folhas pode estar associada a redução do desenvolvimento de doenças crônicas relacionadas à idade como problemas cardiovasculares e câncer (Moreno *et al.*, 2006; Soengas *et al.*, 2011; Vilar *et al.*, 2008).

Os pós de rochas quando aliado aos esterco animais, esses são capazes de apresentar microrganismos que produzem substâncias capazes de acelerar a decomposição da rocha, liberando os minerais para o solo (Hoffman, 2001).

A prática da rochagem como complemento da adubação mineral em brássicas pode desencadear o desdobramento de outros estudos, em associações com compostos orgânicos e minerais, que serão capazes de auxiliar na viabilização de uma produção agrícola menos dependente, mais barata, e ainda, possibilitar a manutenção e autonomia de pequenos e médios agricultores (Theodoro, 2006; Tejada *et al.*, 2008).

Diante da importância e da escassez de informações sobre a couve-manteiga, bem como da necessidade de buscar métodos alternativos e econômicos na produção de hortaliças, faz-se necessário conduzir outros estudos com formas de adubação ou complemento da mesma, com produtos novos que tem surgido e vem sendo testado em outras culturas.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Caracterização da área experimental**

##### **3.1.1 Localização**

O estudo foi conduzido na área experimental da Fundação de Excelência Rural de Uberlândia (FERUB), localizada na Fazenda Buriti, BR 050, Km 63, no município de Uberlândia-MG, entre as coordenadas geográficas de 19°05'16'' de latitude Sul, 48°21'11'' de longitude Oeste, a 804 metros de altitude, durante o período de julho a novembro de 2022.



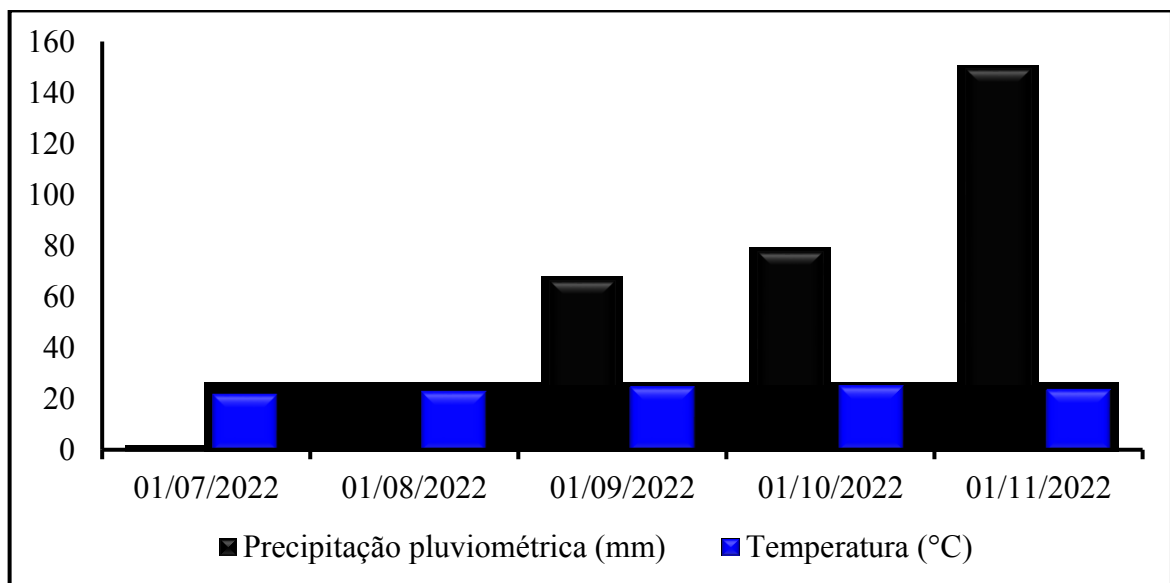
### 3.1.2 Tipo de solo

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Santos *et al.*, 2018), de textura argilosa, que na profundidade até 20 cm apresentou a análise granulométrica de 460, 128 e 412 g kg<sup>-1</sup> de areia, silte e argila, respectivamente, tendo os seguintes atributos químicos: pH (em H<sub>2</sub>O) de 5,75; 3,0 mg dm<sup>-3</sup> de P (Mehlich), 89,25 mg dm<sup>-3</sup> de K<sup>+</sup>, 2,89 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>2+</sup>, 0,79 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg<sup>2+</sup>, 2,83 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de H + Al, 3,91 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de CTC efetiva, 6,31 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de CTC potencial, teores de micronutrientes: 0,34 mg dm<sup>-3</sup> de B, 4,30 mg dm<sup>-3</sup> de Cu, 25 mg dm<sup>-3</sup> de Fe, 9,60 mg dm<sup>-3</sup> de Mn, 1,52 mg dm<sup>-3</sup> de Zn, V% de 63.

### 3.1.3 Clima da região

O clima da região é classificado como Aw, tropical quente, segundo a classificação atualizada de Köppen (Beck *et al.*, 2018), com verões chuvosos e inverno seco e frio. A temperatura média anual é de 22,3° e a pluviosidade média anual é de 1342 mm (Brasil, 2021). Entretanto, no período avaliado de julho a novembro do ano de 2022 ocorreu precipitação acumulada de 303,4 mm e temperatura média de 23,38 °C (Figura 1).

Figura 1 - Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura (°C) de julho a novembro de 2022 na cidade de Uberlândia - MG.



Fonte: da autora

### 3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O estudo foi conduzido no campo, no delineamento inteiramente casualizado, onde foram avaliados seis tratamentos: T1 = 0,0; T2 = 2,0; T3 = 4,0; T4 = 6,0; T5 = 8,0 e T6 = 10,0 t ha<sup>-1</sup> de pó de basalto, todos com 4 repetições. Todos os tratamentos foram adubados com fertilizante mineral no formulado 8-28-16, na dose de 111 g m<sup>-2</sup> + fertilizante orgânico Forte C na dose de 1000 g m<sup>-2</sup>).

Cada parcela da área experimental foi composta por canteiros de 6,0 metros de comprimento e 1,0 metro de largura (6,0 m<sup>2</sup>).

O pó de basalto utilizado no estudo apresentou as seguintes características químicas no momento da sua aplicação no solo, que está de acordo com as exigências estabelecidas para a comercialização do produto (Tabela 1).

Tabela 1 - Caracterização físico-química do pó de basalto aplicado no solo neste estudo.

Parâmetro	Resultado	Unidade
pH	9,3	-
K	1,1	%
CaO	9,0	%
MgO	5,7	%
CaO + MgO	15,8	%
As	3,0	mg kg <sup>-1</sup>
Cd	2,0	mg kg <sup>-1</sup>
Hg	<0,1	mg kg <sup>-1</sup>
Pb	12,0	mg kg <sup>-1</sup>

Análise realizada no Laboratório da CAMPO, que tem como responsável Técnico o Doutor Fernando Vilela, CRQ - MG 02102119.

Fonte: da autora

De acordo com a Instrução Normativa (IN) nº 5, de 10/12/2016 (Brasil, 2016), o remineralizador atende as exigências para a classificação do Pó de basalto, quanto ao uso na agricultura. O produto está enquadrado na Classe "E", pois utiliza exclusivamente matéria-prima de origem mineral ou sintética, que também atende ao descrito no Art. 4º, quanto as garantias em relação à soma de bases (CaO, MgO, K<sub>2</sub>O), que deve ser igual ou superior a 9% em peso peso<sup>-1</sup>, em relação ao teor K<sub>2</sub>O, deve ser igual ou superior a 1% em peso peso<sup>-1</sup> e o pH

foi de 9,3. Em relação aos metais pesados, na IN nº5, o teor de Arsênio (As) permitido é de 15 mg kg<sup>-1</sup>, de Cádmiio (Cd) e chumbo (Pb) o teor foi 80 e 94% menor que o exigido na legislação, respectivamente, enquanto que o teor de Mercúrio (Hg) foi menor que 0,1 mg kg<sup>-1</sup>.

### **3.3 Informações complementares**

#### **3.3.1 Calagem e adubação padrão**

No dia 07 de fevereiro de 2022 foi feita a calagem da área, seguindo um cronograma prévio da equipe técnica da Prefeitura Municipal de Uberlândia com a aplicação de 1,0 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico com a seguinte composição química: 36,4% de óxido de cálcio, 44% de óxido de magnésio, 99,87% de poder de neutralização (PN) e 90,28% de poder relativo de neutralização total (PRNT) para elevar a saturação de base a 70%, seguindo recomendação para a cultura da couve-manteiga (Ribeiro *et al.*, 1999).

Antes do transplante das mudas para o campo no dia 12 de julho de 2022, foi realizada a lanço a adubação mineral considerada padrão, sendo que todas as parcelas receberam a mesma adubação de plantio conforme recomendação para a cultura na dose de 111g m<sup>-2</sup>, do adubo formulado com NPK 8-28-16, que equivale a dose de 88,8 kg ha<sup>-1</sup> de N, 310,8 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 177,6 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 1000 g m<sup>-2</sup> do composto orgânico Forte C (1,5 de N; 2,5 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 0,8 K<sub>2</sub>O, 1,0% de Mg, 1,0% de S e 4,0% de Ca), que foi misturado no solo em todos os tratamentos. As adubações de cobertura foram realizadas a lanço, após cada período de colheita com o formulado 20-05-20, na dose de 20 g m<sup>-2</sup> por canteiro, nos tratamentos T1 a T6.

#### **3.3.2 Preparo dos canteiros, transplante das mudas e irrigação**

A aplicação do calcário foi realizada a lanço na dose equivalente a 1,0 t ha<sup>-1</sup>, conforme recomendação seguida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 2017). Posteriormente, foram levantados os canteiros de forma manual, 1,0 metro de largura e 6,0 m de comprimento para cada linha de plantio, sendo que o corretivo aplicado foi incorporado no solo na profundidade média de 10 cm.

O sistema de irrigação foi o de microaspersor do tipo bailarina, com fornecimento diário de água no início da manhã e final da tarde, observando as questões climáticas e as necessidades da cultura, mantendo o solo na capacidade de campo.

As mudas utilizadas de couve-manteiga (*Brassica oleracea* var. *acephala* L. - híbrida – “Hi crop”) foram adquiridas no Viveiro de mudas Hortiflora localizado em Uberlândia – MG.

Quando estas mudas de couve-manteiga apresentaram 3 folhas totalmente expandidas, no dia 13/07/2022, procedeu-se com o transplante para o campo, no espaçamento de 0,50 m entre linhas e 0,60 m entre plantas, com 10 plantas por fileira, totalizando 20 plantas por parcela.

### **3.3.3 Controle de pragas, plantas invasoras e irrigação**

Em 12/09/2022 ocorreu a retirada do excesso das folhas de couve e a aplicação do inseticida orgânico Pironim + detergente + óleo, na dose de 500 ml por 100 litros de água para prevenir/controlar as pragas que atacam a planta, no dia 14/09/2022 foi realizada a aplicação do inseticida Decis em 30mL/100 litros de água, que é um inseticida de contato e ingestão do grupo químico dos piretróides, que tem como ingrediente ativo a Deltametrina, de forma intercalada entre a colheita e a avaliação, devido à incidência de pulgão da couve (*Brevicoryne brassicae*).

O controle das plantas invasoras nos canteiros foi feito através de capinas manuais realizadas semanalmente.

## **3.4 Avaliações**

### **3.4.1 Análises de desempenho agrônomo**

Neste estudo foram empregadas análises de folhas comerciais, isto é, aquelas que poderiam ser comercializadas.

As características agrônomicas da couve-manteiga foram avaliadas em três momentos, nas colheitas realizadas aos 30 dias após o transplante (DAT) (em 23/08/2022), aos 62 DAT (em 05/10/2022) e aos 86 DAT (em 07/11/2022), contudo foram mantidas colheitas regulares das folhas comerciais (tamanho mínimo de 20 a 30 cm de comprimento) da couve-manteiga a cada 10 dias, durante o ciclo de aproximadamente 100 dias. Em cada colheita foi realizada a contagem do número de folhas por planta (NP), o comprimento vertical (CV) das folhas, considerando o maior tamanho do pecíolo da folha até o seu ápice, o comprimento horizontal (CH) das folhas, considerando a maior largura da mesma, mensurada com auxílio de uma fita métrica, massa fresca (MF) e seca (MS) das folhas, que foi realizada com uma balança de precisão com duas casas decimais.

As folhas da planta colhidas entre as datas avaliadas foram doadas as Instituições de caridade da região.

### **3.4.2 Estado nutricional na planta no momento da colheita**

Em cada colheita foi retirado uma amostra de folhas para avaliação do estado nutricional da planta. Estas amostras foram lavadas em água corrente, depois com solução com detergente ( $3 \text{ mL L}^{-1}$ ), água deionizada, solução com HCl a 0,1 M e água destilada, a seguir foram colocadas em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de  $65^\circ \text{C}$  ou até massa constante para determinação de massa seca (g).

Após seco, o material foi moído, depois encaminhado ao Laboratório de análise foliar para determinação das concentrações de macro e micronutrientes e percentual de silício, utilizando metodologia da Embrapa (2015).

### **3.4.3 Análise do solo**

Amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-20 cm para avaliação dos atributos químicos em cada parcela na área experimental, em todos os tratamentos, logo após a 3º colheita de folhas (dia 03/11/2022), quando a planta atingiu aproximadamente 100 DAT. Nestas amostras foi determinado o pH em água, os teores de macro (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Cu, Mn, Zn, B e Mo), de acordo com a metodologia desenvolvida por Teixeira *et al.* (2017). Foram avaliados os percentuais de Si no solo extraídos com as soluções de  $\text{CaCl}_2$  a  $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  e de  $\text{CH}_3\text{COOH}$  a  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ , conforme proposto por Korndörfer *et al.* (2004).

### **3.5 Análise estatística**

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias, por meio dos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Em seguida foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F, e quando significativa às médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), com auxílio do programa RStudio sistema para análise estatística criado por Ross Ihaka e Robert Gentleman (1990).

## **4. RESULTADOS**

Analisando o número de folhas por planta (NP), observou-se que não houve diferenças significativas entre o nos tratamentos avaliados, entretanto, para os parâmetros comprimento vertical (CV) e horizontal (CH) das folhas de couve-manteiga, os maiores valores ocorreram

onde foi realizada a aplicação da dose de 4 t ha<sup>-1</sup> (33 e 23,23 cm) e 6 t ha<sup>-1</sup> (33,87 e 23,97 cm) de pó de basalto, que foram significativamente iguais e superiores aos outros tratamentos (0, 2, 8 e 10 t ha<sup>-1</sup>), respectivamente (Tabela 2). O número total de folhas de couve (NP), oscilou de 10,92 a 12,69 unidades por planta.

Tabela 2 - Valores médios do número de folhas por planta (NP), comprimento vertical (CV), horizontal (CH), massa fresca (MF) e massa seca de folhas (MS), de três colheitas da couve-manteiga, em solo com diferentes doses de pó de basalto, em Uberlândia, MG, em 2022.

Doses	Folhas de couve-manteiga				
	NP	CV	CH	MF	MS
t ha <sup>-1</sup>	un.	.....cm.....		.....g planta <sup>-1</sup> .....	
0	12,26	31,69 b	21,77 b	700,22 c	93,97 c
2	10,92	31,36 b	22,27 b	702,40 c	92,85 c
4	12,64	33,00 a	23,23 a	751,40 b	102,97 b
6	12,69	33,87 a	23,97 a	810,92 a	118,17 a
8	11,94	30,98 b	21,69 b	710,20 c	102,02 c
10	12,13	30,78 b	21,41 b	689,40 c	92,60 c
Teste F	1,31 <sup>ns</sup>	4,85**	5,98**	5,66**	6,53**
CV%	9,29	3,48	3,67	5,33	7,81

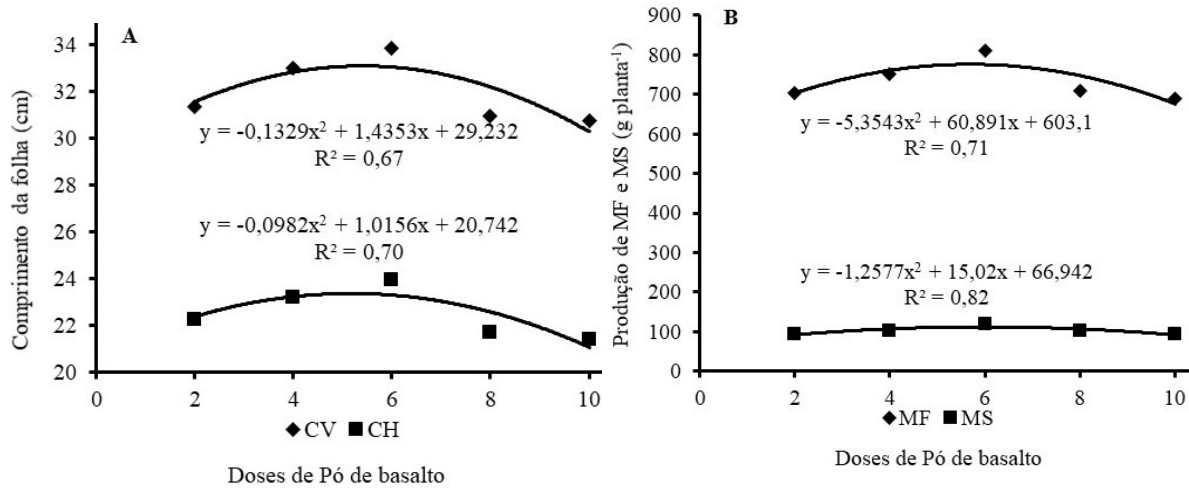
<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas em colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 0,05 de significância.

Fonte: da autora

Com relação a massa fresca (MF) e massa seca (MS), o destaque ocorreu para o tratamento com aplicação de 6 t ha<sup>-1</sup>, pois apresentou os melhores resultados ( $p < 0,05$ ), produzindo 810,93 e 118,17 g planta<sup>-1</sup>, que foi significativamente superior a aplicação de 4 t ha<sup>-1</sup>, que produziu 751,40 e 102,97 g planta<sup>-1</sup> e aos demais tratamentos, respectivamente. Pode-se destacar ainda que os tratamentos com menores (0 e 2 t ha<sup>-1</sup>) e maiores doses (8 e 10 t ha<sup>-1</sup>) apresentaram valores estatisticamente iguais para todos os atributos agrônômicos avaliados (NP, CV, CH, MF e MS) (Tabela 2).

Aplicando a análise de regressão para as doses de pó de basalto obteve-se uma curva com ajuste polinomial, onde foi possível determinar o valor máximo do CV e CH de 33,11 e 23,40 cm, que foi atingido nas doses de 5,4 e 5,2 t ha<sup>-1</sup> do pó de basalto, que apresentaram coeficientes de correlação ( $R^2$ ) de 67 e 70%, respectivamente, sendo que a partir destas doses os valores decaíram (Figura 2A).

Figura 2 – A. Análise de regressão e curvas com ajuste polinomial para o comprimento vertical (CV) e horizontal (CH), B. massa fresca (MF) e massa seca (MS) das folhas da couve-manteiga, em solo adubado com diferentes doses de pó de basalto, em Uberlândia, MG.



Fonte: da autora

Através da análise de regressão para as doses de pó de basalto obteve-se uma curva com ajuste polinomial, onde foi possível determinar o valor máximo do MF e MS de 776,22 e 120,97 cm, que foi atingido nas doses de 5,69 e 5,97 t ha<sup>-1</sup> do pó de basalto, que apresentaram  $R^2$  de 71 e 82%, respectivamente, a partir destas doses os valores decaíram (Figura 2B).

O teor foliar médio encontrado na análise química de macronutrientes nas folhas de couve-manteiga nas três colheitas mostrou que para o nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) os valores foram estatisticamente iguais onde foi aplicado as doses de 4 e 6 t ha<sup>-1</sup>, para fósforo (P) o maior valor (3,90 g k<sup>-1</sup>) foi observado na dose de 4 t ha<sup>-1</sup>, enquanto que para o enxofre (S) (13,40 g k<sup>-1</sup>) o mesmo ocorreu na dose de 6 t ha<sup>-1</sup> (Tabela 3).

Com relação ao acúmulo de macronutrientes nas folhas observou-se que somente para o P e o Mg é que ocorreram diferenças ( $p < 0,05$ ) entre as doses avaliadas, sendo que o maior acúmulo ocorreu nas doses zero (100,97 kg ha<sup>-1</sup> e 112,69 kg ha<sup>-1</sup>) e 2 t ha<sup>-1</sup> (98,51 kg ha<sup>-1</sup> e 112,35 kg ha<sup>-1</sup>) de pó de basalto aplicada, respectivamente, enquanto que para os outros nutrientes (N, K, Ca e S) não houve diferenças significativas entre si.

Tabela 3 - Teor foliar médio e acúmulo dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) na planta, em três colheitas de couve-manteiga, em solo com diferentes doses de pó de basalto, em Uberlândia, MG, em 2022.

Dose	N	P	K	Ca	Mg	S
t ha <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>					
Teor foliar						
0	32,35 b	4,05 a	35,52 a	18,22 b	4,47 a	12,12 b
2	30,90 b	3,80 a	33,85 b	18,00 b	4,32 a	12,65 b
4	34,47 a	3,90 a	34,55 a	20,37 a	4,00 a	12,22 b
6	36,00 a	3,47 b	36,77 a	20,12 a	3,97 a	13,40 a
8	32,52 b	3,25 b	33,40 b	18,07 b	3,62 b	13,12 a
10	32,42 b	3,42 b	31,55 b	19,75 a	3,37 b	13,17 a
Teste F	11,27**	5,04**	6,74**	4,57**	3,51**	4,28**
CV(%)	3,27	7,61	4,05	5,42	11,13	4,02
Acúmulo dos macronutrientes						
	kg ha <sup>-1</sup>					
0	809,77	100,97 a	888,13	457,08	112,69 a	303,71
2	805,18	98,51 a	881,91	469,20	112,35 a	329,21
4	806,50	91,40 a	807,50	476,02	92,88 b	285,84
6	814,97	78,50 b	831,83	456,75	90,17 b	302,93
8	800,69	80,01 b	822,27	445,89	89,61 b	323,72
10	822,97	86,38 b	796,25	498,76	85,03 b	333,19
Teste F	0,07 <sup>ns</sup>	8,02**	1,87 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>	4,21**	1,76 <sup>ns</sup>
CV(%)	7,60	7,39	6,71	9,17	12,24	8,89

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras distintas em colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

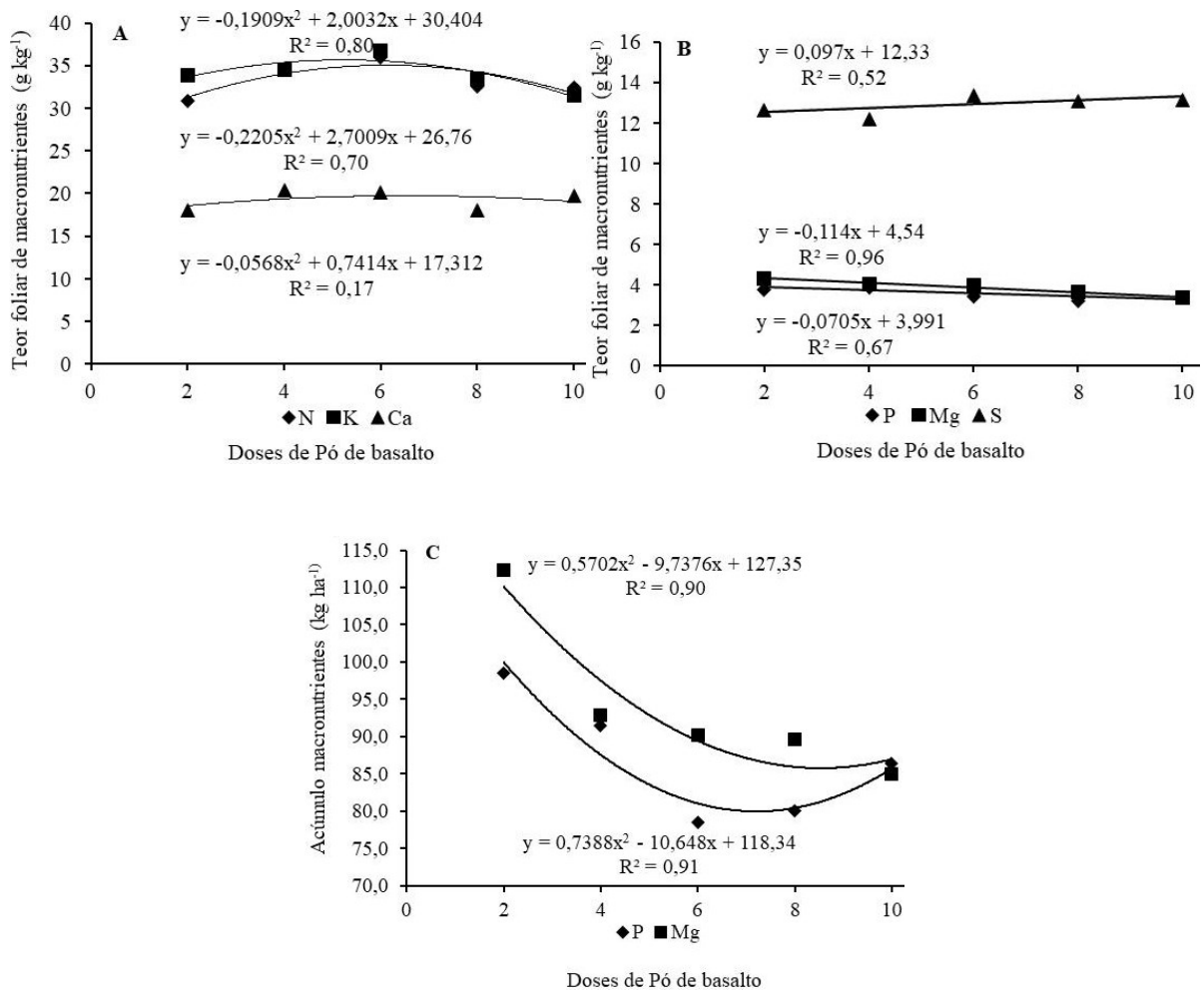
Fonte: da autora

Analisando o teor de nutrientes através da análise de regressão para as doses de pó de basalto, as curvas de regressão apresentaram ajuste polinomial para os nutrientes N, K, Ca (Figura 3A), onde foi possível determinar que ocorresse o teor máximo 35,03; 35,66 e 19,73 g kg<sup>-1</sup>, nas doses de 6,12, 5,25 e 6,52 t ha<sup>-1</sup> do pó de basalto, que apresentaram R<sup>2</sup> de 70, 80, 17, 66 e 54%, respectivamente, sendo que a partir destas doses os valores decaíram, enquanto que para P, Mg e S o ajuste da curva de foi linear (Figura 3B), que apresentaram R<sup>2</sup> de 67, 96 e



52%, enquanto que para o S a medida que a dose de pó de basalto aumentou, o teor foliar também aumentou, para o P e o MG os teores foliares diminuíram.

Figura 3 - A - Teor foliar médio dos macronutrientes N, P e Ca, B - de P, Mg e S, C - acúmulo de P e Mg na planta, em três colheitas de couve-manteiga, em solo adubado com diferentes doses de pó de basalto, em Uberlândia, MG, em 2022.



Fonte: da autora

Com relação ao acúmulo de nutrientes na planta nas doses de pó de basalto, as curvas de regressão apresentaram ajuste polinomial para os nutrientes P e Mg (Figura 3C), onde foi possível determinar que com o aumento das doses ocorresse menor acúmulo destes nutrientes até atingindo o mínimo de 79,97 e 85,78 g kg<sup>-1</sup>, nas doses de 7,21 e 8,53 t ha<sup>-1</sup> do pó de basalto, que apresentaram R<sup>2</sup> de 90 e 91%, respectivamente, sendo que a partir destas doses os valores voltaram a aumentar (Figura 3C).

O teor foliar médio encontrado na análise química para os micronutrientes nas folhas de couve-manteiga nas três colheitas mostrou que para cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn), boro (B), molibdênio (Mo) e silício (Si), não houve um padrão identificando a melhor dose de pó de basalto aplicada, entretanto, ficou comprovado que os menores teores foram encontrados onde foi aplicada a dose de 10 t ha<sup>-1</sup>, para todos nutrientes avaliados (Tabela 4).

Tabela 4 - Teor foliar médio e acúmulo dos micronutrientes cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn), boro (B) e molibdênio (Mo), de silício (Si) na planta, em três colheitas de couve-manteiga, em solo com diferentes doses de pó de basalto, em Uberlândia, MG, em 2022.

Dose	Cu	Mn	Zn	B	Mo	Si
t ha <sup>-1</sup>	.....mg kg <sup>-1</sup> .....					
Teor foliar						
0	4,05 a	100,10 a	34,67 a	16,82 a	0,57 b	0,30
2	3,35 b	89,35 b	36,27 a	17,75 a	1,05 a	0,32
4	4,12 a	78,72 b	34,40 a	13,85 b	0,82 a	0,30
6	3,77 a	54,87 c	29,90 b	13,85 b	0,32 b	0,30
8	3,90 a	82,47 b	34,22 a	14,82 b	0,37 b	0,30
10	3,47 b	69,32 c	31,37 b	14,32 b	0,52 b	0,35
Teste F	3,45**	17,38**	10,89**	12,33**	7,33**	0,72 <sup>ns</sup>
CV(%)	8,87	9,54	4,28	6,18	23,35	17,73
Acúmulo dos micronutrientes						
	.....g ha <sup>-1</sup> .....					
0	101,49	2504,70 a	867,47 a	420,00 b	14,59 c	7,88
2	87,75	2331,07 a	945,18 a	462,42 a	27,71 a	8,59
4	96,62	1847,65 c	805,11 a	323,82 d	18,82 b	7,35
6	85,34	1240,21 d	675,70 b	313,04 d	7,77 c	7,22
8	96,34	2033,46 b	844,61 a	364,89 c	9,43 c	7,54
10	87,16	1752,56 c	794,40 a	362,31 c	13,21 c	8,51
Teste F	1,88 <sup>ns</sup>	14,05**	5,86**	21,59**	8,47**	2,04 <sup>ns</sup>
CV(%)	10,35	12,31	9,01	6,58	22,64	10,50

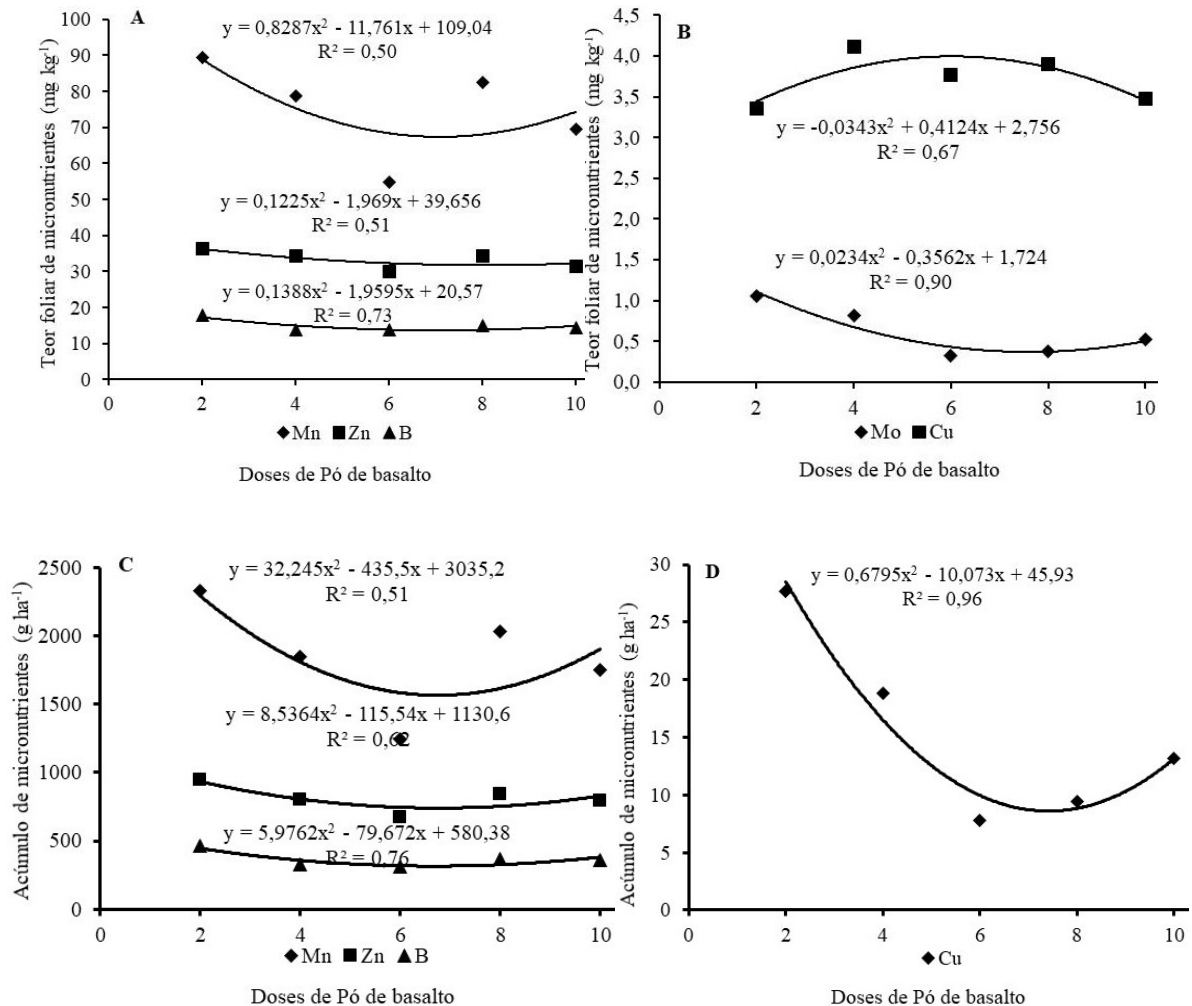
<sup>1</sup>Médias seguidas por letras distintas em colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Fonte: da autora

Com relação ao acúmulo de micronutrientes nas folhas observou-se que somente para o Mn, Zn, B e Mo é que ocorreram diferenças significativas entre as doses avaliadas, sendo que o maior acúmulo ocorreu na dose de 2 t ha<sup>-1</sup>, de 2331,07; 945,18; 462,42 e 27,71 g ha<sup>-1</sup>. Pode-se destacar ainda que na dose de 6 t ha<sup>-1</sup> foi onde ocorreu os menores valores acumulados destes nutrientes, de 1240,21; 675,70; 313,04 e 7,77 g ha<sup>-1</sup>, respectivamente, enquanto que não houve diferenças entre os valores acumulados para o Cu e o Si para as doses avaliadas (Tabela 4).

Analisando o teor foliar de micronutrientes através da análise de regressão para as doses de pó de basalto observou-se que as curvas apresentaram ajuste polinomial para Mn, Zn, B (Figura 4A) e Cu (Figura 4B), onde foi possível observar que os teores diminuíram até atingir o mínimo de 31,71; 31,74, 13,65 e 0,37 mg kg<sup>-1</sup>, nas doses de 7,10; 8,04; 7,06 e 7,61 t ha<sup>-1</sup> do pó de basalto, que apresentaram R<sup>2</sup> de 50, 51, 73 90%, respectivamente, sendo que a partir destas doses os valores decaíram, enquanto que para o Mo, os teores aumentaram até o máximo de 3,99 mg kg<sup>-1</sup>, na dose de 5,92 t ha<sup>-1</sup> do pó de basalto, que apresentou um R<sup>2</sup> de 67%, depois decaiu (Figura 4B).

Figura 4 – A. Teor foliar médios dos micronutrientes Mn, Zn e B, B - de Cu e Mo, C. acúmulo de Mn, Zn e B, D. e de Cu na planta, em três colheitas de couve-manteiga, em solo adubado com diferentes doses de pó de basalto, em Uberlândia, MG, em 2022.



Com relação ao acúmulo de nutrientes na planta, as curvas de regressão para os micronutrientes Mn, Zn, B (Figura 4C) e Cu (Figura 4D) apresentaram ajuste polinomial onde foi possível observar que os teores diminuiram até atingindo o mínimo de 1564,74; 739,64; 314,84 e 8,60 g ha<sup>-1</sup>, nas doses de 6,75; 6,77; 6,66 e 7,41 t ha<sup>-1</sup> do pó de basalto, que apresentaram R<sup>2</sup> de 51, 62, 76 e 96%, respectivamente, sendo que a partir destes valores mínimos voltaram a aumentar.

## 5 DISCUSSÃO

As aplicações de pó de basalto como complemento da adubação de base na dose de 6 t ha<sup>-1</sup> influenciaram todos os parâmetros agrônômicos avaliados (CV, CH, MF e MS), com exceção do NP (Tabela 2), comportamento este também observado na produção de MF e MS por Tessaro *et al.* (2013) com couve chinesa (*Brassica pekinensis*) e com repolho (Costa *et al.*, 2013).

Os valores obtidos para NP (10,92 a 12,69), MF (689,40 a 810,92 g planta<sup>-1</sup>) e MS de folhas (92,60 a 118,17 g planta<sup>-1</sup>) estão semelhantes aos observados em outros estudos para o primeiro ciclo de couve-manteiga quando cultivado com outros fertilizantes, biofertilizantes e manejos orgânicos (Silva *et al.*, 2012a; Araújo *et al.*, 2021; Carvalho *et al.*, 2021).

Avaliando condicionadores alternativos de substrato na qualidade da muda e produtividade de couve-manteiga, Silva *et al.* (2016) observaram valores de MF entre 362,5 a 656,7 g planta<sup>-1</sup>, MS entre 64 a 79 g planta<sup>-1</sup>, que são todos inferiores ao observados neste estudo, onde o complemento da adubação realizada com pó de basalto apresentou resultados significativamente superiores para estes parâmetros nas doses de 4 e 6 t ha<sup>-1</sup>. Através da análise de regressão das doses de pó de basalto foi possível determinar que os valores máximos de MF e MS atingidos neste estudo foram de 776,22 e 120,97 cm, nas doses de 5,69 e 5,97 t ha<sup>-1</sup> do pó de basalto, valores estes superiores aos citados pelo autor.

Em relação ao CV, a média das três colheitas apresentaram valores médios variando entre 30,78 a 33,87 cm, sendo que estes valores são semelhantes aos encontrados em folhas de couve cultivadas com diferentes doses de esterco caprino, onde o maior CV (altura) obtido foi de 32,08 cm (Carvalho *et al.*, 2021). A análise de regressão para as doses de Pó de basalto mostrou que o CV máximo foi de 33,11 cm (Figura 2A), que ocorreu na dose de 5,4 t ha<sup>-1</sup> de pó de basalto, que foi superior ao valor médio (32,08 cm) citado pelo autor.

Tomando-se como referência a faixa de suficiência de macronutrientes para a couve-manteiga proposta por Trani *et al.* (2015), de 30 a 55 g kg<sup>-1</sup> para o N, de 3 a 7 g kg<sup>-1</sup> para o P, de 20 a 40 g kg<sup>-1</sup> para o K, de 15 a 25 g kg<sup>-1</sup> para o Ca e de 3 a 7 g kg<sup>-1</sup> para o Mg, pode-se afirmar que na colheita a planta utilizada neste estudo encontrava-se em estado nutricional adequado, com todos os valores dentro desta faixa de suficiência, pois a análise do estado nutricional da planta no momento da colheita neste estudo mostrou que ocorreu variação para o N de 30,90 a 36,00 g kg<sup>-1</sup>, para P de 3,25 a 4,05 g kg<sup>-1</sup>, para o K de 31,55 a 36,77 g kg<sup>-1</sup>, para o Ca de 18,00 a 20,37 g kg<sup>-1</sup>, para o Mg de 3,37 a 4,47 g kg<sup>-1</sup> e para o S de 12,12 a 13,40 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 3), que a adubação mineral e o complemento com o pó de basalto contribuiu para que a mesma estivesse nesta condição.

Através da análise de regressão dos teores de macronutrientes foi possível calcular o valor máximo N, K e Ca no momento da colheita, que foi de 35,03; 35,66 e 19,73 g kg<sup>-1</sup>, nas doses de 6,12, 5,25 e 6,52 t ha<sup>-1</sup> do pó de basalto (Figura 3A), que está dentro das faixas de suficiência proposta por Trani *et al.* (2015). Para o P, Mg e S o ajuste da curva de foi linear (Figura 3B), que aumentou para o S e diminuiu para P e Mg, a medida que a dose de pó de basalto aumentou.

Para os micronutrientes, Trani *et al.* (2015) e Luengo *et al.* (2018) descrevem que a faixa de suficiência para a couve-manteiga é de 30 a 100 mg kg<sup>-1</sup> para o B, de 5 – 20 mg kg<sup>-1</sup> para o Cu, de 60 a 300 mg kg<sup>-1</sup> para o Fe, de 40 a 250 mg kg<sup>-1</sup> para o Mn, de 0,4 a 0,8 mg kg<sup>-1</sup> para o Mo e de 30 a 150 mg kg<sup>-1</sup> para o Zn.

No momento da colheita, o teor de micronutrientes observados neste estudo variou de 13,85 a 17,75 mg kg<sup>-1</sup> para o B, de 3,35 a 4,05 mg kg<sup>-1</sup> para o Cu, de 54,87 a 100,10 mg kg<sup>-1</sup> para o Mn, de 0,32 a 1,05 mg kg<sup>-1</sup> para o Mo e de 29,90 a 36,27 mg kg<sup>-1</sup> para o Zn, com isso, evidenciou que as plantas estavam abaixo da faixa de suficiência para o B e o Mo, pois como pode ser observado através das curvas de regressão, que com o aumento das doses de pó de basalto diminuí os teores de Mo e B na planta (Figuras 4A e B).

Os teores médios foliares e acúmulos de nutriente na planta para macro e micronutrientes nas três colheitas da couve-manteiga (Tabela 3) estão dentro das faixas de suficiência proposto por Ayaz *et al.* (2006), descrito em seu estudo, onde determinou o conteúdo de nutrientes da couve-manteiga.

Em relação aos teores foliares médios de micronutrientes, o Cu, Mn, Zn, B, Mo e o Si nas três colheitas de couve-manteiga, a dose de 10 t ha<sup>-1</sup> foi a que apresentou os piores resultados para os nutrientes avaliados, enquanto que para outras doses não foi observado um padrão no desempenho da planta.

Os resultados observados neste estudo mostraram que o remineralizador utilizado (pó de basalto) como complemento da adubação no cultivo da couve-manteiga melhoraram a qualidade química do solo para alguns macronutrientes (N, K, Ca e S) (Figura 3) e micronutriente (Cu) (Figura 4). Os resultados obtidos nesta pesquisa estão de acordo com as afirmações feitas por Hartmann (2014) e Beerling *et al.* (2020) e Theodoro *et al.* (2021), que confirmaram as hipóteses testadas em seu estudo, uma vez que mostram que o uso de remineralizadores, derivados das rochas basálticas, combinados ou não com fontes orgânicas, mostrou-se eficaz para fertilizar o solo para alguns macro e micronutrientes, além disso, comprovaram ainda que os pós de rocha possuem um efeito residual de mais longo prazo,

quando comparados aos fertilizantes solúveis, efeito residual este que não foi avaliado neste estudo com couve-manteiga.

Em seu estudo, avaliando as rochas basálticas para rejuvenescer solos intemperizados, Theodoro *et al.* (2021) observaram que houve mudanças no perfil de fertilidade dos solos, após um ano da implantação dos experimentos, onde foi possível verificar que ocorreram diferenças no conteúdo das médias de seis macro e micronutrientes (P, K, Mg, Mo, B, Mn e Cu) dos 13 principais parâmetros avaliados (P, K, Ca, Mg, S, CTC, MO pH, B, Zn, Fe, Mn e Cu) onde foi aplicado o remineralizador (pó de basalto), assim também como ocorreu neste estudo com couve-manteiga.

## 6 CONCLUSÕES

O uso do pó de basalto como fonte complementar da adubação mineral no cultivo da couve-manteiga proporcionou aumento do comprimento vertical (CV) e horizontal (CH), massa fresca (MF) e seca (MS) das folhas atingindo o valor máximo de 33,11; 23,40; 776,22 e 120,97 cm, até a dose máxima aplicada de 6 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

O teor foliar dos N, K, Ca, S e Cu aumentou, enquanto que o de P, Mg, Mn, Zn, B, Mo diminuiu a medida que as doses de pó de basalto aumentaram.

O acúmulo de P, Mg, Mn, Zn, B, Cu na planta diminuiu a medida que as doses de pó de basalto aumentaram.

## REFERÊNCIAS

ANDA, M.; SHAMSHUDDIN, J.; FAUZIAH, C. I. Improving chemical proprieties of a highly weathered soil using finely ground basalt rock. *Catena*, v. 124, p. 147-161, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.09.012>.

ARAÚJO, R. M. de; CAMPOS, M. C. C.; MENDONÇA, L. H. R.; SILVA, D. M. P. da; BRITO FILHO, E. G. de; SIMÕES, W. S.; SANTOS, L. A. C. dos; CUNHA, J. M. da. Uso alternativo de biofertilizantes oriundos do aproveitamento de resíduos agroindustriais e doméstico na produção de couve-manteiga (*Brassica oleracea* L. Var Acephala). *Sociobiodiversidade Amazônica: Saberes, olhares e práticas agroecológicas*, v. 1, n. 1, p. 84-100, 2021.

AYAZ, F. A.; GLEW, R. H.; MILLSON, M.; HUANG, H. S.; CHUANG, L. T.; SANZ, C.; HAYĐRLĐOGLU-AYAZ, S. Nutrient contents of kale (*Brassica oleraceae* L. var. *acephala* DC.). *Food Chemistry*, v. 6, n. 4, p. 572-579, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.03.011>.

AZEVEDO, A. M.; FERNANDES, J. S. C.; PEDROSA, C. E.; VALADARES, N. R.; FERREIRA, M. R. M.; MARTINS, R. A. V. Divergência genética e importância de caracteres morfológicos em genótipos de couve. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 32, p. 48-54, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S010205362014000100008>.

BATISTA, N. T. F.; RAGAGNIN, V. A.; HACK, E.; GORGEN, A. L.; MARTINS, E. S. Protocolo para avaliação da eficiência agrônômica de remineralizadores de solo uma proposta da Embrapa. *In*: III CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 8 a 11 de novembro de 2016, Pelotas. **Anais [...]** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2016. p. 221-237.

BECK, H. E.; ZIMMERMANN, N. E.; MCVICAR, T. R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; WOOD, E. F. Publisher Correction: Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data**, v. 7, n. 1, p. 274, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41597-020-00616-w>.

BEERLING, D. J.; KANTZAS, E. P.; LOMAS, M. R.; WADE, P.; EUFRÁSIO, R. M.; RENFORTH, P. *et al.* A potential for large-scale CO<sub>2</sub> removal via enhanced rock eathering with croplands. **Nature**, v. 583, p. 242-248, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/S41586-020-2448-9>.

BEVILACQUA, H. E. C. R. Classificação das hortaliças. *In*: MARTINS, A. L. C.; BEVILACQUA, H. E. C. R.; SHIRAKI, J. N. (Coords.). **Horta: cultivo de hortaliças**. São Paulo: Rettec Artes Gráficas, 2006. p. 1-5.

BEZERRA, A. P. L.; VIEIRA, A. V.; VASCONCELOS, A. A.; ANDRADE, A. P. S.; INNECCO, R.; MATTOS, S. H. Desempenho de plântulas de couve (*Brassica oleracea* var. *Acephala*) tratadas com cera de carnaúba hidrolisada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23. p. 395, 2005.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. *In*: LEPSCH, I. F. (ed.). **Elementos da natureza e propriedades do solo**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. p. 54-69.

BRASIL. **Instrução Normativa**. Art. 1º Ficam estabelecidas as regras sobre definições, classificação, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura. Brasília: Diário Oficial da União, Seção 10, p. 1-8, 10 mar. 2016.

BRASIL. **Decreto nº 10.605, de 22 de janeiro de 2021**. Institui o Grupo de Trabalho Interministerial com a finalidade de desenvolver o Plano Nacional de Fertilizantes. Brasília: Diário Oficial da União, Seção 1, p. 1, 25 jan. 2021.

BRASIL. MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Lei 12.890, 10/12/2013**. Altera a Lei nº 6.894 de 16 de dezembro de 1980, por meio da inclusão dos remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, Seção 1, n. 240, 11 dez. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária – MAPA. **Instrução Normativa MAPA Nº 5 DE 10/03/2016**. Ficam estabelecidas as regras sobre definições, classificação, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura. Brasília: MAPA, 2016. Disponível em:



<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-5-de-10-3-16-remineralizadores-e-substratos-para-plantas.pdf/view>. Acesso em: 20 jan. 2024.

BRASIL. **Produção nacional de fertilizantes**: estudo estratégico. Brasília: Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos, 2020. Disponível em: [https://www.gov.br/planalto/pt-br/assuntos/assuntos-estrategicos/documentos/estudos-estrategicos/sae\\_publicacao\\_fertilizantes\\_v10.pdf](https://www.gov.br/planalto/pt-br/assuntos/assuntos-estrategicos/documentos/estudos-estrategicos/sae_publicacao_fertilizantes_v10.pdf). Acesso em: 9 fev. 2023.

BRITO, R. S.; BATISTA, J. F.; MOREIRA, J. G. V.; MORAES, K. N. O.; SILVA, S. O. Rochagem na agricultura: importância e vantagens para adubação suplementar. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2019.

BRUGNERA, R. L. **Avaliação do uso de pó de rocha basáltica como fertilizante alternativo na cultura da rúcula**. 2012. 54 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Agrônômica) - Faculdade Dinâmica das Cataratas, Foz do Iguaçu, 2012.

CAMARGO, C. K.; RESENDE, J. T. V.; CAMARGO, L. K. P.; FIGUEIREDO, A. S. T.; ZANIN, D. S. Produtividade do morangueiro em função da adubação orgânica e com pó de basalto no plantio. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 6, p. 2985-2994, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33Sup1p2985>.

CARTEA, M. E.; VELASCO, P.; OBREGÓN, S.; PADILLA, G.; HARO, A. de. Seasonal variation in glucosinolate content in Brassica oleracea crops grown in northwestern Spain. **Phytochemistry**, v. 69, n. 2, p. 403-410, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.phytochem.2007.08.014>.

CARVALHO, A. M. X. **Rochagem e suas interações no ambiente solo**: contribuições para aplicação em agrossistemas sob manejo agroecológico. 2012. 116 f. Tese (Doutorado em Solos e nutrição de plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

CARVALHO, R. S.; DIDOLANVI, O. D.; FRANÇA, K. S.; RODRIGUES, R. M. P.; OLIVEIRA, R. L.; REIS, L. O. Efeito de diferentes doses de adubação orgânica no desenvolvimento da couve-manteiga no vale do submédio São Francisco. **Agroecologia: Métodos e Técnicas para uma Agricultura Sustentável**, v. 1, n. 1, p. 165-171, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.37885/210203312>.

CLEMENTE, F. V. T. **Produção de hortaliças para agricultura familiar**. Brasília: EMBRAPA, 2015.

COLA, G. P. A.; SIMÃO, J. B. P. Rochagem como forma alternativa de suplementação de potássio na agricultura agroecológica. **Revista Verde**, Mossoró, v. 7, n. 1, p. 1-8, 2012.

DINIZ, E. R.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S. S.; PETERNELLI, L. A.; BARRELLA, T. P.; FREITAS, G. B. Green manure incorporation timing for organically grown broccoli. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.2, p.199-206, 2007.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2017.

FERREIRA JUNIOR, J. J.; TORRES, J. L. R.; CHARLO, H. C. O.; ORIOLI JÚNIOR, V.; LOSS, A.; BARRETO, A. C. No-till broccoli production using different cover crop residues and nitrogen doses. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 41, e2479, 2023, DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-0536-2023-e2479>.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa, MG: Editora UFV, 2000.

FRANCO JÚNIOR, K. S.; DIAS, M. S.; FERREIRA, L.; PEREIRA, A. C.; ALMEIDA, S. R.; SILVA, A. A.; CAIXETA, E. A. Potencial do Fosbio® para aumentar os níveis de fósforo e boro em um sistema de produção. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 13, n. 1, e5213144741-e5213144741, 2024.

HANISCH, A. L.; FONSECA, J. A.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; SPAGNOLLO, E. Efeito de pó de basalto no solo e em culturas anuais durante quatro safras, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 3, n. 2, p. 100-107, 2013.

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, n. 1, p. 11-36, 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1009859309453>.

HARTMANN, L. A. A história natural do Grupo Serra Geral desde o Cretáceo até o Recente. **Ciência e Natureza**, v. 36, p. 173-182, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/2179460X13236>.

HINSINGER, P.; BARROS, O. N. F.; BENEDETTI, M. F.; NOACK, Y.; CALLOT, G. Intemperismo induzido por plantas em uma rocha basáltica: evidências experimentais. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 65, n. 1, p. 137-152, 2001.

IHAKA, R.; CAVALHEIRO, R. R: uma linguagem para análise de dados e gráficos. **Revista de estatística computacional e gráfica**, v. 5, n. 3, p. 299-314, 1996.

BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia. **Portal inmet**. Brasília: INMET, 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 07 out. 2023.

KANO, C.; SALATA, A. C.; CARDOSO, A. I. I.; EVANGELISTA, R. M.; HIGUTI, A. R.; GODOY, A. R. Produção e qualidade de couve-flor cultivar Teresópolis Gigante em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 453-457, 2010.

KLEIN, C.; DUTROW, B. **Manual de ciência dos minerais**. 23. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

KORNDÖRFER, G. H. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, 2004.

LAJÚS, C. R.; LUZ, G. L.; SILVA, C. G.; DALCANTON, F.; BARICHELLO, R.; SAUER, A. V. Aspectos qualitativos e quantitativos de variedades de alface submetidas a concentrações de pó de rocha em cultivo orgânico. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 5, p. 49498-49512, 2021.

LEFSRUD, M.; KOPSELL, D.; WENZEL, A.; SHEEHAN, J. 2007. Chances in kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) carotenoid and chlorophyll pigment concentrations during leaf ontogeny. **Scientia Horticulturae**, Piracicaba, v. 112, p. 136-141, 2007.

LEONARDOS, O. H.; THEODORO, S.C.H.; ASSAD, M. L. Remineralization for sustainable agriculture: a tropical perspective from a brasilian view point. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 56, p. 3-9, 2000.

LOPES, J. C.; RIBEIRO, L. G.; ARAÚJO, M. G. D.; BERALDO, M. R. Produção de alface com doses de lodo de esgoto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, p. 143-147, 2005.

LUCHESE, A. V.; PIVETTA, L. A.; BATISTA, M. A.; STEINER, F.; GIARETTA, A. P. S.; CURTIS, J. C. D. Agronomic feasibility of using basalt powder as soil nutrient remineralizer. **African Journal of Agricultural Research**, v. 17, n. 3, p. 487-497, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.5897/AJAR2020.15234>.

LUCHESE, E. B.; FAVERO, L. O. B.; LENZI, E. **Fundamentos da química do solo, teoria e prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2002.

LUENGO, R. F. A.; BUTRUILLE, N-M. S.; MELO, R. A. C.; SILVA, J.; MALDONADE, I. R.; COSTA JÚNIOR, A. D. Determinação de minerais no solo e análise de folhas de couve produzida em Brasília. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 21, e2017141, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.14117>.

MAY, A.; TIVELLI, S. W.; VARGAS, P. F.; SAMRA, A. G.; SACCONI, L. V.; PINHEIRO M. Q. **A cultura da couve-flor**. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 2007. (Série Tecnologia APTA; Boletim técnico IAC, 200).

MEHERUNA, A.; AKAGI, T. Role of fine roots in the plant-induced weathering of andesite for several plant species. **Geochemical Journal**, v. 40, n. 1, p. 57-67, 2006. DOI: <https://doi.org/10.2343/geochemj.40.57>.

MELAMED, R.; GASPAR, J. C.; MIEKELEY, N. Pó-de-Rocha como fertilizante alternativo para sistemas de produção sustentáveis em solos tropicais. **Série Estudos e Documentos Sed** – 72, 2007.

MELO, V. F.; UCHÔA, A. C. P.; DIAS, F. O.; BARBOSA, G. F. Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. **Acta Amazônica**, v. 42, n. 4, p. 471 – 476, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000400004>.

MENEZES, E. J. R. **Eficiência da utilização de pó de micaxisto na produção de couve folha**. 2016. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Agrárias) - Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Morrinhos, 2016.

MORENO, D.A.; CARVAJAL, M.; LOPEZ-BERENGUER, C.; GARCIA-VIGUERA, C. Chemical and biological characterization of nutraceutical compounds of broccoli. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 41, p. 1508-1522, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2006.04.003>.

NAIK, I. A.; GUPTA, A. J. Effect of plant density and integrated nutrient management on growth, yield, quality and economics of kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) in temperate region. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 80, p. 80-84, 2010.

SANTOS, N. C.; LANA, M. C.; DUARTE JUNIOR, J. B.; WEIZENMANN, R. F.; REIS, W. Efeito residual do pó de basalto e enxofre elementar e resposta a doses de nitrogênio em cobertura na cultura da canola. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 8, n. 5, p. 32726-32742, 2022.

NOVO, M. C. S. S.; PRELA-PANTANO, A.; TRANI, P. E.; BLAT, S. F. Desenvolvimento e produção de genótipos de couve-manteiga. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 321-325, 2010.

OLIVEIRA, M. P.; MALAGOLLI, G. A.; CELLA, D. Mercado de fertilizantes: Dependência de importações do Brasil. **Revista Interface Tecnológica**, v.16, n.1, p. 489-498, 2019.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do estado de Minas Gerais, 1999.

RIBEIRO, R. R.; TORRES, J. L. R.; ORIOLI JUNIOR, V.; CHARLO, H. C. O.; VIEIRA, D. M. S. Growth analysis of green-leaf lettuce under different sources and doses of organic and mineral fertilization. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 13, n. 2, p. 237-247, 2019. DOI: <http://doi.org/10.17584/rcch.2019v13i2.8521>.

RICHMOND, K.; SUSSMAN, M. Got silicon? The non-essential beneficial plant nutriente. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 6, n. 3, p. 268-272, 2003. DOI: [http://doi.org/10.1016/S13695266\(03\)00041-4](http://doi.org/10.1016/S13695266(03)00041-4).

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2018.

SANTOS, R. B.; ALMEIDA, J. C. R.; LABINAS, A. M.; REZENDE JUNIOR, D. A.; ENARI, E. H. Viabilidade do uso de remineralizadores do solo para a recuperação de pastagem degradada no Estado do Tocantins. **Revista Tecnológica Ciências Ambientais**, v. 6, p. 1-15, 2022.

SANTOS, R. A. **Avaliação da capacidade de troca de cátions (CTC) em pó de rocha e solo que recebeu aplicação**. 2020. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2020.

SILVA, A.; ALMEIDA, J. A.; SCHMITT, C.; COELHO, C. M. M. Avaliação dos efeitos da aplicação de basalto moído na fertilidade do solo e nutrição de *Eucalyptus benthamii*. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 69-76, 2012a.

SILVA, A.; COELHO, C. M. M.; PEREIRA, T.; ALMEIDA, J. A.; SCHMITT, C. Teor de fitato e proteína em grãos de feijão em função da aplicação de pó de basalto. **Acta**

**Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 147-152, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v33i1.5878>.

SILVA, C. P.; GARCIA, K. G. V.; DA SILVA, R. M.; DE ARAÚJO OLIVEIRA, L. A.; DA SILVA TOSTA, M. Desenvolvimento inicial de mudas de couve-folha em função do uso de extrato de alga, *Ascophyllum nodosum*. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 9-12, 2012b.

SILVA, D. B.; QUEIROZ CALEMAN, S. M. Produção agrícola sustentável: análise de um sistema de produção de hortaliças em Mato Grosso do Sul. **Qualitas Revista Eletrônica**, v. 16, n. 1, p. 1-12, 2015.

SILVA, E. A.; CASSIOLATO, A. M. R.; MALTONI, K. L.; SCABORA, M. H. Efeitos da rochagem e de resíduos orgânicos sobre aspectos químicos e microbiológicos de um subsolo exposto e sobre o crescimento de *Astronium fraxinifolium* Schott. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 323-333, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622008000200015>.

SILVA, L. G.; CAMARGO, R.; LANA, R. M. Q.; DELVAUX, J. C.; FAGAN, E. B.; MACHADO, V. J. Chemical changes and development of soybean with use of pelletized organominerals fertilizer based of sewage sludge and filter cake. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 42, p. 1-9, 2020.

SILVA, N. M.; SIMÕES, A. C.; ALVES, G. K. E. B.; FERREIRA, R. L. F.; ARAËJO NETO, S. E. Condicionadores alternativos de substrato na qualidade da muda e produtividade de couve-manteiga. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 11, n. 5, p. 149-154, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v11i5.3963>.

SILVA, R. C.; CURY, M. E.; IEDA, J. J. C.; SERMARINI, R. A.; AZEVEDO, A. C. Chemical attributes of a remineralized oxisol. **Ciência Rural**, Rio de Janeiro, v. 47, n. 11, p. 1-10, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160982>.

SILVEIRA, C. M.; SOUZA, G. V. L.; TOFFOLI, C. R.; BIZÃO, A. A. Produtividade do amendoim sob efeito residual da rochagem em área de reforma de canavial. **South American Sciences**, v. 2, n. 1, p. 21127-21127, 2021. DOI: <https://doi.org/10.52755/sas.v2iedesp1.127>.

SOENGAS, P.; SOTELO, T.; VELASCO, P.; CARTEA M. E. Antioxidant properties of *Brassica vegetables*. **Functional Plant Science and Biotechnology**, v. 5, p. 43-55, 2011.

SWOBODA, P.; DÖRING, T. F.; HAMER, M. Remineralizing soils? The agricultural use of silicate rock powders: A review. **Science of the Total Environment**, v. 807, n. 3, 150976, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150976>.

TEIXEIRA, M. B.; DE CAMARGO, P. L. T.; JÚNIOR, P. P. M. avaliação da perda universal de solos para o município de São Francisco-Minas Gerais. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 2, p. 67-78, 2017.

TEJADA, M.; GONZALEZ, J. L.; GARCÍA-MARTÍNEZ, A. M.; PARRADO, J. Effects of Different Green Manures on Soil Biological Properties and Maize Yield. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 1758-1767, 2008.

TESSARO, D.; MATTER, J. M.; KUCZMAN, O.; FURTADO, L. F. COSTA, L. A. M. COSTA, M. S. S. M. Produção agroecológica de mudas e desenvolvimento a campo de couve-chinesa. **Ciência Rural**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 5, p. 831-837, 2013.

THEODORO, S. H.; SANDER, A.; BURBANO, D. F. M.; ALMEIDA, G. R. Rochas basálticas para rejuvenescer solos intemperizados. **Revista Liberato**, v. 22, n. 37, p. 01-120, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.31514/rliberato.2021v22n37>.

TOSCANI, R. G. S.; CAMPOS, J. E. G. Uso de pó de basalto e rocha fosfatada como remineralizadores em solos intensamente intemperizados. **Geociências**, v. 36, n. 2, p. 259 – 274, 2017.

TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W.; BLAT, S. F.; PRELA-PANTANO, A.; TEIXEIRA, É. P.; ARAÚJO, H. S. *et al.* **Couve de folha: do plantio à pós-colheita**. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 2015.

VAN STRAATEN, P. Farming with rocks and minerals: challenges and opportunities. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 78, n. 4, p. 731-747, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0001-37652006000400009>.

VILAR, M.; CARTEA, M. E.; PADILLA, G. The potential of kales as a promising vegetable crop. **Euphytica**, v. 159, p. 153-165, 2008.

WANG, J. G.; ZHANG, F. S.; ZHANG, X. L.; CAO, Y. P. Release of potassium from K-bearing minerals: Effect of plant roots under P deficiency. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 56, n. 1, p. 45-52, 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/a:1009894427550>.