

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS DE FREDERICO WESTPHALEN/RS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA:
AGRICULTURA E AMBIENTE

Gabriela de Barros

PÓ DE ROCHA DE BASALTO COMO REMINERALIZADOR DE SOLO

Frederico Westphalen, RS
2023

Gabriela de Barros

PÓ DE ROCHA DE BASALTO COMO REMINERALIZADOR DE SOLO

Dissertação apresentada ao curso de pós-graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM/RS) com requisito parcial para obtenção do título de Mestre **em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Vanderlei Rodrigues da Silva

Frederico Westphalen, RS
2023

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

de Barros, Gabriela
P6 de Rocha de Basalto como Remineralizador de Solo /
Gabriela de Barros.- 2023.
43 p.; 30 cm

Orientador: Vanderlei Rodrigues da Silva
Coorientadores: Toebe Marcos, Clóvis Orlando da Rosa
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Campus de Frederico Westphalen, Programa de Pós
Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente, RS, 2023

1. Remineralizador de Solo 2. Agricultura Familiar
3. Agroecologia I. Rodrigues da Silva, Vanderlei II.
Marcos, Toebe III. Orlando da Rosa, Clóvis IV. Título.

sistema de geração automática de ficha catalográfica da unsm. dados fornecidos pelo autor(s). sob supervisão da direção da divisão de processos técnicos da biblioteca central. bibliotecária responsável: paula schoenfeldt. patta em 10/1720.

Declaro, GABRIELA DE BARROS, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Gabriela de Barros

PÓ DE ROCHA DE BASALTO COMO REMINERALIZADOR DE SOLO

Dissertação apresentada ao curso de pós-graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM/RS) com requisito parcial para obtenção do título de Mestre **em Agronomia**.

Aprovado em 30 de Janeiro de 2023

Vanderlei Rodrigues da Silva, Dr. (UFSM)
Presidente/Orientador

Rodrigo Ferreira da Silva, Dr. (UFSM)

Altamir Mateus Bertollo, Dr. (SEAPI/RS)

Frederico Westphalen, RS
2023

Dedico este trabalho

Aos educadores, amigos e aos meus pais Ieda e Gabriel

AGRADECIMENTOS

A Deus e Nossa Senhora Aparecida, pela oportunidade em fazer parte do Programa de Pós Graduação em Agronomia Agricultura e Ambiente da Universidade Federal de Santa Maria – *Campus* de Frederico Westphalen/RS, concedendo-me determinação para conclusão.

O meu eterno agradecimento ao Prof. Vanderlei Rodrigues da Silva, por todos os ensinamentos passados, paciência, generosidade com que guiou este trabalho e amizade.

Ao Coorientador do trabalho Prof. Marcos Toebe e ao Supervisor Prof. Clóvis Orlando da Ros, pelo tempo que prestaram a este projeto, sempre dispostos a nos auxiliar, com ideias e experiências divididas.

Agradeço carinhosamente a Profa. Stela Maris Kulcznski por toda atenção, conhecimentos compartilhados, incentivo e amizade.

Ao Prof. Rodrigo Ferreira da Silva e ao Prof. Volmir Sergio Marchioro pela atenção, experiências divididas.

Aos demais Professores do PPG, por toda atenção e ensinamentos passados, o meu muito obrigada.

Agradeço também a Profa. Paula Menezes, pelo incentivo, ajuda e amizade.

Aos técnicos em laboratório a Marcela Torchelsen, Felipe Bonini, Lucindo Somavilla, Andrea Giovenardi, Gabriel Volpi pela colaboração e auxílios prestados. Agradeço ainda fortemente ao o Eng. Agr. Valdecir José dos Santos membro da secretaria do curso e também a Natália Miranda e a Lais Piovesan por toda atenção, incentivo e amizade.

Aos alunos do Laboratório 308 e 309 do Departamento de Física do Solo da Universidade, em especial ao Gilvan, Anna, Luis, Carlos, Rodrigo, Sidi, Jovani, Lucas, Gerry, Nádia, Dapper e ao Borba, sou grata a todas pelo tempo que passaram auxiliando-me no projeto.

Aos demais colaboradores do *Campus* que de uma forma ou outra se fizeram presente nesta etapa, nunca os esquecerei.

Ao Dr. Fabrício Pilonetto e a Dra. Daniele Fontana pelas dúvidas prestadas atenção e amizade.

Agradeço a banca examinadora, pelo tempo prestado, críticas construtivas e atenção.

Aos meus Pais, Ieda e Gabriel por sempre me incentivarem a ir em busca de meus sonhos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

A Universidade Federal de Santa Maria – *Campus* de Frederico Westphalen/RS e ao Programa de Pós Graduação em Agronomia Agricultura e Ambiente por me oportunizar cursar o Mestrado.

A todos o meu muito obrigada.

"O solo é o 'material criativo' da maioria das necessidades básicas da vida. A criação começa com um punhado de pó."
Dr. William Albert Albrecht.

RESUMO

PÓ DE ROCHA DE BASALTO COMO REMINERALIZADOR DE SOLO

AUTOR: Gabriela de Barros
ORIENTADOR: Prof. Dr. Vanderlei Rodrigues da Silva

Palavras-chave: remineralizador de solo, agricultura familiar, agroecologia

PÓ DE ROCHA DE BASALTO COMO REMINERALIZADOR DE SOLO

O Brasil é um dos maiores produtores de alimentos e grão do mundo e esse acréscimo ocorreu devido a alguns fatores importantes, dentre eles a correção e melhor uso de fertilizantes. Porém, o país não é autossuficiente para suprir a demanda de fertilizantes e grande volume deste insumo é importado, uma alternativa é usar rejeitos de indústrias de mineração da exploração de quartzo ametista do município de Ametista do Sul-Rio Grande do Sul (RS), considerando a disponibilidade e necessidade ambiental de um descarte consciente (HARTMANN, 2014) e sobre a demanda por fertilizantes naturais para cultivos agroecológicos e do tipo de agricultura praticada na região, onde a agricultura familiar predomina. Diante disso, o projeto de pesquisa consiste em caracterizar a composição física e química do basalto, usando-o como um remineralizador de solo. O projeto de pesquisa foi conduzido em casa de vegetação, no campo experimental da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – *campus* de Frederico Westphalen-RS, o clima é classificado como tipo Cfa, subtropical úmido (ALVARES et al., 2013). O solo utilizado no estudo foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (STRECK et al., 2008), coletado em uma área de vegetação mata nativa e foram utilizadas mudas de *Cynodon* spp. cv. Tifton 85 e as rochas utilizadas, fazem parte da Província Ígnea Serra Geral. As amostras foram coletadas de resíduos de uma jazida de extração de ametistas, realizadas *in loco* desiguais e de maneira aleatória, posteriormente passaram por um britador para serem moídas. O experimento foi arranjado em esquema em blocos casualizado ao acaso com o total de seis tratamentos e quatro repetições por tratamento. Cada unidade experimental perfazia de um vaso de plástico de 5 l cada, os tratamentos foram doses de pó de rocha, sendo: T – Testemunha; T1 – 2,0 t. ha⁻¹; T2 – 4,0 t. ha⁻¹; T3 – 8,0 t. ha⁻¹; T4 – 16 t. ha⁻¹; T5 – 32 t. ha⁻¹. As plantas passaram por 04 cortes da parte aérea e 04 aplicações do subproduto de basalto, com o intervalo de 28 dias de cada corte e cada aplicação. As amostras de solo foram secas em estufa de 60 graus, acondicionadas em caixas para realizar as seguintes determinações: pH em água, SMP, P, K, Al, Al + H, CTC e Saturação por Base e Al, seguindo metodologias descritas por (TEDESCO; GIANELLO; BISSANI, 1995). Amostras do rejeito, passaram pelo mesmo procedimento que as amostras de solo. Para determinar o tamanho das partículas, passaram pela técnica de peneiramento e sedimentação, definindo assim a granulometria das partículas pelo método da pipeta (GEE; BAUDER, 1986). As amostras de material vegetal foram realizadas por digestão sulfúrica do tecido foliar para analisar os teores de macronutrientes foram de acordo com a metodologia descrita por (TEDESCO; GIANELLO; BISSANI, 1995). O rejeito utilizado como pó de rocha de Ametista do Sul-RS apresenta elementos químicos importantes

para o setor agrícola, evidenciando positivamente a questão ambiental, social e econômica da região do Noroeste do RS.

ABSTRACT

BASALT ROCK POWDER AS SOIL REMINERALIZER

AUTHOR: Gabriela de Barros
ADVISOR: Prof. Dr. Vanderlei Rodrigues da Silva

Keywords: soil remineralizer, family farming, agroecology

BASALT ROCK POWDER AS SOIL REMINERALIZER

Brazil is one of the largest producers of food and grain in the world and this increase was due to some important factors, including the correction and better use of fertilizers. However, the country is not self-sufficient to meet the demand for fertilizers and the large volume of this input is imported, an alternative is to use waste from mining industries from the exploitation of amethyst quartz in the municipality of Ametista do Sul-Rio Grande do Sul (RS), considering the availability and environmental need for conscious disposal (HARTMANN, 2014) and on the demand for natural fertilizers to agroecological crops and the type of agriculture practiced in the region, where family farming predominates. Therefore, the research project consists of characterizing the physical and chemical composition of basalt, using it as a soil remineralizer. The research project was conducted in a greenhouse, in the experimental field of the Federal University of Santa Maria – UFSM – campus of Frederico Westphalen-RS, the climate is classified as type Cfa, humid subtropical (ALVARES et al., 2013). The soil used in the study was classified as Dystrophic Red Latosol (STRECK et al., 2008), collected in an area of native forest vegetation and seedlings of *Cynodon* spp. cv. Tifton 85 and the rocks used, are part of the Serra Geral Igneous Province. The samples were collected from residues of an amethyst extraction deposit, carried out in loco unequal and in a random way, later passed through a crusher to be ground. The experiment was arranged in a randomized block design with a total of six treatments and four replications per treatment. Each experimental unit consisted of a plastic vessel of 5 l each, the treatments were doses of rock dust, as follows: T – Control; T1 – 2.0 t. ha⁻¹; T2 – 4.0 t. ha⁻¹; T3 – 8.0 t. ha⁻¹; T4 – 16 t. ha⁻¹; T5 – 32 t. ha⁻¹. The plants underwent 04 cuts of the aerial part and 04 applications of the basalt by-product, with an interval of 28 days between each cut and each application. The soil samples were dried in an oven at 60 degrees, placed in boxes to carry out the following determinations: pH in water, SMP, P, K, Al, Al + H, CTC and Saturation by Base and Al, following methodologies described by (TEDESCO; GIANELLO; BISSANI, 1995). Waste samples underwent the same procedure as soil samples. To determine the size of the particles, they went through the technique of sieving and sedimentation, thus defining the granulometry of the particles by the pipette method (GEE; BAUDER, 1986). The samples of plant material were carried out by sulfuric digestion of the leaf tissue to analyze the levels of macronutrients, according to the methodology described by (TEDESCO; GIANELLO; BISSANI, 1995). The waste used as rock dust from Ametista do Sul-RS presents important chemical elements for the agricultural sector, positively highlighting the environmental, social and economic issue of the Northwest region of RS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Projeto em execução (a), (b) e (c)	24
Figura 2 – Local de descarte de rejeito oriundo de jazidas no Município de Ametista do Sul/RS (a) e (b).	24
Figura 3 – Mapa com a localização do Município de Ametista do Sul/RS	23
Figura 4 – Mapa geológico simplificado da Bacia do Paraná	27
Figura 5 – Croqui do experimento e seus tratamentos.....	29
Figura 6 – Sequencia do experimento	30
Figura 7 – Atributos químicos do solo utilizado para o experimento, submetido a aplicação de diferentes doses de pó de rocha e avaliados em diferentes dias de aplicação (Frederico Westphalen/RS, 2020).....	34
Figura 8 – Teores de Fósforo e Potássio em função da quantidade de pó de rocha aplicado em superfície (Frederico Westphalen/RS, 2020).....	35
Figura 9 – Concentração dos elementos no tecido vegetal de forragem submetida a aplicação de pó de rocha (Frederico Westphalen/RS, 2020).....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição granulométrica do solo na fração areia, argila e silte.....	31
Tabela 2 – Características físicas do solo (solo + pó) utilizado para a incubação.....	31
Tabela 3 – Propriedades químicas do pó/filler utilizado para a incubação do experimento.....	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVOS.....	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.1.1 Objetivos específicos	17
2.2 HIPÓTESES.....	17
3 REVISÃO DE LITERATURA	18
4 METODOLOGIA	23
4.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO	23
5 PROCEDIMENTOS	28
5.1.1 ANÁLISES	30
5.1.1.1 Caracterização do solo utilizado e análise do solo.....	30
5.1.2.2 Coleta da parte aérea das plantas e análises químicas do tecido vegetal	31
5.1.2.3 Caracterização e análises do pó de rocha estudado.....	32
6 RESULTADOS E DISCUSÃO	33
6.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS	33
6.2 SUBPRODUTO	36
6.3 PRODUÇÃO DE FORRAGEM	36
7 CONCLUSÃO	38
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de alimentos e grãos do mundo e esse acréscimo ocorreu devido ao desenvolvimento de novas cultivares, melhoramento genético, semeadura direta, controle de ervas, pragas, doenças e principalmente a correção e melhor uso de fertilizantes (FAO, 2020). Porém o país, não é autossuficiente para suprir a demanda de fertilizantes e grande volume deste insumo é importado, ficando assim extremamente dependente dos preços estabelecidos pelos países exportadores (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2019).

Os fertilizantes são divididos em três categorias principais, sendo: os fertilizantes do tipo mineral, onde são modificados por processos físicos, químicos e físico-químico em seguida são peneirados e distribuídos no solo fornecendo nutrientes considerados macronutrientes primário, secundário e os micronutrientes. Também há o tipo orgânico, tido através de húmus de minhoca, produtos de compostagem, biofertilizantes, farinha de osso e de dejetos de animais. Ainda há, os fertilizantes conhecidos como organominerais, que são a junção de adubos orgânicos com minerais, resultando assim, em uma forma de complemento de acordo as necessidades de dada cultura.

Os fertilizantes usados em larga escala são os químicos, divididos de acordo com o seu modo de fabricação. Estes fertilizantes industriais são decorrentes de formulações químicas, tais como a ureia, por exemplo, que é substanciada em estado de alta temperatura e pressão sendo utilizado amônia e gás carbônico resultando em um produto com alta concentração de nitrogênio. Em torno de 85% dos fertilizantes usados no Brasil foram importados, de acordo com informações da Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA, 2021).

No Brasil, se utilizam prioritariamente fertilizantes químicos para fertilização das áreas destinadas a produção de grãos. Por não ter matéria prima para elaboração de tal produto, estes fertilizantes são importados. Dos fertilizantes produzidos no território nacional, a maior concentração de indústrias está localizada na região sul do Brasil. Com este cenário, nos últimos anos houve um aumento no número de pesquisas por fontes alternativas para obtenção de fertilizantes com potencial de serem utilizados para o fornecimento de nutrientes para as plantas.

No Brasil, se utiliza prioritariamente fertilizantes químicos e é importada, visto que não há matéria prima disponível para tal demanda. Dos produtos feitos no território nacional, esta, a maior concentração está na região Sul do Brasil. Neste propósito, nos últimos anos vários

estudos têm buscado outras alternativas de fertilizantes disponíveis no território nacional com potencial de ser utilizado para o fornecimento de nutrientes para as culturas.

Regionalmente, rochas do tipo fosfáticas estão disponíveis, por exemplo no basalto, rejeito que ocorre quando há a extração de quartzo ametista e ágata na região Norte do Rio Grande do Sul, que produz uma grande quantidade de rejeitos de basalto que necessita de descarte adequado. O basalto é uma rocha ígnea extrusiva, que moída possui minerais que podem ser utilizadas pelas plantas nos cultivos agrícolas.

A estrutura fundiária da região norte do Rio Grande do Sul é composta basicamente por agricultores familiares que diversificam a sua produção agropecuária, com grãos, frutíferas, gado de leite, gado de corte, utilizando, prioritariamente, a mão de obra familiar. Nesse sentido, a formação de pastagens perenes é de fundamental importância para a alimentação dos animais. A forragem da espécie tifton (*Cynodon ssp.*) se destaca por ser uma cultura de grande importância econômica para o Estado do Rio Grande do Sul por se adaptar bem ao clima subtropical e apresentar um elevado grau de produção de massa verde com um alto valor nutritivo.

Considerando a disponibilidade e necessidade ambiental de um descarte adequado dos rejeitos da extração de pedra ametista, da demanda por fertilizantes naturais para cultivos agroecológicos e do tipo de agricultura praticada na região, destaca-se a seguinte pergunta: o pó de rocha de basalto oriundo da extração de quartzo ametista pode ser utilizado no fornecimento de nutrientes para a produção de massa seca do capim tifton.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo foi avaliar o uso do pó de rocha de basalto, oriundo da extração de quartzo ametista, no fornecimento de nutrientes para a produção de massa seca de forragem tifton.

2.1.1 Objetivos específicos

a) Comparar, ao longo de 04 ciclos, os atributos químicos e nutrientes no solo e na massa vegetal de plantas de capim tifton adubadas com diferentes dosagens do pó de rocha originário do rejeito da extração de ametista.

b) Quantificar os nutrientes de interesse agrícola presentes no rejeito de basalto de Ametista do Sul-RS e a dinâmica de liberação destes para os cultivos agrícolas.

2.2 HIPÓTESES

a) Ao longo de 04 ciclos, haverá aumento dos atributos químicos e nutrientes no solo e na massa vegetal de plantas de tifton adubadas com diferentes dosagens de pó de rocha originário de rejeito de extração de ametista.

b) O pó de rocha de basalto oriundo da extração de quartzo ametista, possui nutrientes facilmente solubilizados que são absorvidos pelo capim tifton.

3 REVISÃO DE LITERATURA

A agricultura brasileira avançou rapidamente após os anos 1960 (BALSAN, 2006) devido a incorporação de técnicas de plantio, máquinas e principalmente, correção de acidez do solo e fertilização (OGINO et al., 2020). A chamada revolução verde elevou os patamares de produtividade das culturas e até os dias atuais, vem-se melhorando as técnicas de plantio, manejo do solo conservacionista, modernizando as máquinas agrícolas, adicionando fertilizantes de acordo com a potência de produtividade dos cultivos. Porém muitas áreas ainda estão degradadas com solo ácidos e de baixa fertilidade.

O Brasil está entre os cinco países do mundo que mais produzem alimentos, sendo extremamente dependente da importação de fertilizantes (PILLON, 2016) OLIVEIRA et al., 2019) o que é uma fragilidade da nossa agricultura. Sendo significativo a busca por fontes alternativas nacionais de fertilizantes.

De acordo com o perfil Socioeconômico do COREDE (Conselho Regional de Desenvolvimento, região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, onde foi executado o projeto de pesquisa, a agricultura familiar predomina, mantendo uma diversidade no setor agropecuário, onde predomina a criação de suínos, bovino de leite e de corte, em seguida aparece o cultivo de grão, pastagem e agroindústrias (COREDES, 2020).

Considerando a quantidade da atividade de produção de gado de corte e leite em um raio de 300 km do local do projeto de pesquisa, escolhemos a cultura de capim tifon para os testes, pois esta gramínea apresenta alta produtividade e boa qualidade de forragem, além de ser uma pastagem de característica rustica.

Conforme dados de BATISTA et al., (2017), um fator importante também levado em consideração, é referente a logística, dado que, o subproduto ou o rejeito da indústria de mineração utilizado, compreende uma certa distância entre a fonte e o local a ser aplicado, caso contrário, se torna inviável economicamente.

A geologia do Brasil possui, em diversos pontos, minerais que são capazes de compor materiais para a fabricação de fertilizantes, contanto que, se trata de uma cadeia de fabricação de insumos e será sempre produzida, pode-se buscar diminuir a dependência de certas matérias para a formulação dos mesmos (FONSECA, 2019).

Os fertilizantes minerais são oriundos, na sua grande maioria, de rochas específicas que possuem uma determinada concentração de um certo elemento químico que é essencial para a nutrição das plantas. Em solos de clima tropical e subtropical, os fenômenos de intemperismo

das rochas estão bastante atuantes e as fases da erosão do solo contribuem para que os nutrientes que estão sendo disponibilizados ao solo para os rios e destes para os oceanos, deixando os solos mais pobres. Além disso, o tipo de material de origem tem influência na quantidade de nutrientes no solo.

Exemplificando, um conjunto de nutrientes são necessários para que as plantas se desenvolvam da forma adequada, salvo o nitrogênio, os demais componentes estão presentes nas rochas, como por exemplo Mg, Ca e K podem ser encontrados em alta concentração em dunitos, basalto, sienitos e também grande acúmulo dos elementos Co, Zn e Cr (BERGMA, 2009).

Bem como, existe um ramo da ciência chamado de (agroecologia), onde um de seus objetivos é o conhecimento do rejuvenescimento geológico dos solos onde também busca manter e aumentar as condições químicas, físicas e biológicas dos solos, em benefício de um sistema agrícola sustentável (VAN STRAATEN, 2019).

A atividade de mineração necessita ser trabalhada de forma consciente, dado que tem potencial para causar danos ambientais, como por exemplo, a destinação incorreta dos resíduos decorrentes da atividade das lavas para a extração de ametista (THEODORO, et al., 2006).

Neste sentido, complementando a eficácia agrônômica e a sustentabilidade existe à prática da rochagem, conhecido como remineralizador de solo e chamado também de pó de rocha pelos locais. Quando o remineralizador de solo é inserido no sistema propõem uma melhoria das condições de fertilidades a longo prazo, ou seja, a liberação de nutrientes é mais lenta, porém pode ser utilizada em áreas de produção agroecológica por considerar um produto oriundo da formação do solo e regionalizado (VAN STRAATEN, 2006).

Existem duas rochas que são propensas para esta técnica, sendo as vulcânicas e máficas, pois possuem uma quantidade maior de nutrientes, onde o principal é o P. Porém, é necessário em muitos casos um fomento para que ocorra a liberação dos nutrientes de forma mais rápida. As rochas vulcânicas e máficas (por possuírem maiores quantidades de P) são as matérias primas mais indicadas para a obtenção do pó de rocha. Estes materiais apresentam degradação lenta e, com isso, os nutrientes ficam disponíveis no ambiente a longo prazo. Para que este processo acelere uma alternativa é a diminuição da granulometria do material, desta forma ocorre o aumento da área superficial específica do produto (pós de rocha) com o solo, resultando na aceleração dos processos físicos, químicos e biológicos que liberam os nutrientes para a solução do solo (MOREIRA et al., 2017).

O remineralizador de solo tem o a capacidade de alterar as características químicas, mineralógicas e físicas dos solos agricultáveis, possibilitando ainda um resultado que torna a agricultura mais sustentável.

Porém, este ainda é um assunto pouco estudado, com certa carência de informações, pois, as rochas apresentam elementos químicos diferentes, sendo necessário o estudo específico em cada região. Mas já é reconhecido e está em conformidade com a lei (Lei nº 12.890).

De acordo com a lei nº12.890 de 10 de dezembro de 2013.

Altera a Lei no 6.894, de 16 de dezembro de 1980, para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, e dá outras providências. (...) e) remineralizador, o material 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 para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo; (BRASIL, 2013).

A prática de rochagem, remineralizadores de solo ou pó de rocha como é conhecido popularmente, pode ser usada para fornecer nutrientes às plantas. Verificou-se que é realidade em alguns estados do Brasil a tecnologia de rochagem e é usada em práticas de produção agrícola mais sustentável, do tipo agroecológica (SILVA et al., 2013).

No Brasil, em especial no Sul do país existe a predominância de rochas basálticas como material de origem dos solos, sendo sua fonte e K_2O , Na_2O , CaO , MgO , P_2O_5 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CuO , ZnO , TiO_2 , MnO e SiO_2 (ESCOSTEGUY; KLAMT, 1998).

Esta formação se chama: formação geológica Serra Geral possui uma extensão de 1.000.000 km², onde cobre parte da América do Sul. O grupo da Serra Geral possui depósitos, jazidas ou minas de geodos de quartzo ametista de maior classe em nível mundial e também apresenta grande potencial para diversos outros minerais (HARTMANN, 2014). Essa formação é composta por rochas vulcânicas do tipo basalto, andesito basáltico e andesito predominando com 95 % do volume de rochas e, posteriormente com (5 vols.%) rochas do tipo riolito e riolito. Na região Norte do RS, principalmente no município de Ametista do Sul e suas confrontantes, sendo: Planalto, Frederico Westphalen, Rodeio Bonito, Cristal do Sul, Trindade do Sul, Gramado dos Loureiros e Iraí, ocorrem a exploração de geodos de quartzo ametista (HARTMANN, 2014). Além disso, informações da Cooperativa de Garimpeiros do Médio Uruguai Ltda – COOGAMAI, localizada em Ametista do Sul/RS, local onde há a maior concentração de lavra, não existe uma estimativa da quantidade de rejeito que está depositado em solos do município (HARTMANN; SILVA, 2011).

A exploração de geodos de ametista ocorre em galerias (furnas), onde os garimpeiros retiram o basalto manualmente. Após a extração, o produto é despejado em pilhas a céu aberto. Esse basalto é um rejeito que apresenta impacto ambiental local, sendo necessário dar uma destinação e/ou agregar valor ao resíduo gerado. Para isso, a moagem desse rejeito e a aplicação em lavouras tem se mostrado promissor.

Verificando a maneira com que a rocha é descartada na etapa final do trabalho da mineração, onde o rejeito fica exposto a céu aberto, em pilhas nas encostas de morros, é possível gerar um subproduto com valor agregado, transformando-o em alternativas lucrativas, tanto economicamente com o beneficiamento do basalto vindo assim melhorar a fertilidade do solo nas áreas agricultáveis e também evitar a contaminação ambiental.

Neste sentido, existe a importância da extração destas gemas na região Sul do Brasil, onde compõem grande parte do setor econômico e também interfere na questão social de diversos municípios. É relevante explorar este estudo, com o intuito de dispor cientificamente de uma finalidade para o rejeito remanescente da exploração das mesmas (JUCHEM, 2014).

Isto é, com o uso da técnica de rochagem, melhoram as características de fertilidade do solo, considerando que a prática ajudará de forma positiva na questão da importação de insumos agrícolas, onde nosso país é dependente (BRANCO et al., 2019). É uma solução ambiental e econômica referente a fertilidade do solo, podendo ser usada a técnica de rochagem na agricultura.

Após a aplicação do pó de rocha no solo, haverá a disponibilidade gradativa e a dissolução desse material, ou seja, quanto tempo demora para as plantas absorverem os nutrientes (RIBEIRO, 2018).

O Brasil, possui uma grande quantidade desta atividade, a exploração de lavra mineral de modo consequente resulta rejeitos e há um descarte descontrolado, gerando assim problemas ambientais, usar a rocha e os minerais que estão disponíveis em pilhas de descarte, transformando em pó de rocha de forma correta na agricultura, poderá diminuir esses danos (HARTMANN, 2014).

Em função disso, mais pesquisas vêm sendo realizadas utilizando como fonte o rejeito oriundo de indústrias de mineração, que apresentam potencial para serem utilizados como remineralizador de solo. Para se obter os dados são necessários ensaios agrícolas e, também, conhecer a composição química e mineralógica do basalto utilizado (KORCHAGIN, 2018).

Independentemente disso, muitos obstáculos ainda são enfrentados para manter preservado os meios de fontes naturais, como por exemplo o solo e a água. É pertinente o uso de novas tecnologias serem adotadas, para que os agricultores mantenham suas atividades

agrícolas de forma sustentável (MIGUEL; SANO, 2011). Além disso, é de grande valia para o país, encontrar outras formas de fontes para fertilizantes em uso agrícola, tanto na preservação ambiental, usando de forma racional os nutrientes que estão disponíveis, diminuindo a dependência da importação dos mesmos (DALMORA et al., 2016).

A cultura utilizada para o trabalho *Cynodon dactylon* cv Tifton 85 é decorrente do cruzamento de capim Tifton 68 *Cynodon nlemfuensis* com uma espécie vinda da África do Sul, chamada de capim Tifton 292 *Cynodon dactylon* (BURTON et al., 1993). O capim Tifton 85 é um híbrido, possui alta resistência a doenças, ao déficit hídrico, porém baixa resistência a acidez. Caracteriza-se como uma planta perene, com hastes longas e folhas largas a sua coloração é verde escura e seu porte é alto, também apresenta uma relação laminar foliar/colmo favorável, é estolonífera e rizomatoso, os seus rizomas são compridos, onde se espalham rapidamente, sendo um capim utilizado na produção de forragem verde para pastejo e também para fenação (FONSECA; MARTUNCELO, 2010).

O melhoramento genético em *Cynodon spp*, viabilizou o desenvolvimento de híbridos que evidenciaram ótimas respostas ao uso de fertilizantes e de melhor qualidade bromatológica do que linhagens de grama bermuda convencionais, o seu estabelecimento é por meio da planta mãe, tanto de parte aérea, do colmo e também pode ser usado os rizomas e estolões. (HILL et al.; RODRIGUES, et al 1998).

Dentro das possibilidades da agricultura familiar, a atividade de gado de leite é uma importante fonte de renda para muitos produtores rurais do Rio Grande do Sul, sendo a maior região produtora do País e a região Noroeste é o principal polo produtivo devido ao seu alto valor nutricional e sua morfologia adequada (LEE et al. 2010; CARVALHO, 2011; COLUSSI et al. 2014).

4 METODOLOGIA

4.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO

O projeto de pesquisa foi conduzido em casa de vegetação (Fig. 1 a, b), no campo experimental da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – campus de Frederico Westphalen/RS, sob coordenadas geográficas 27^o40'05'' S 53^o42'10'' W onde apresenta altitude de 480 metros. De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima é classificado como tipo Cfa, subtropical úmido com temperatura média anual de 19,1°C (ALVARES et al., 2013).

O solo utilizado no estudo foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (STRECK et al., 2008), coletado em uma área de vegetação mata nativa no município de Palmeira das Missões/RS, na profundidade de 0 a 30 cm. Após a coleta, o solo passou por processo de secagem e peneiramento e montagem dos vasos para a implementação dos tratamentos.

Foram utilizadas mudas de *Cynodon* spp. cv. Tifton 85, chamada de grama-bermuda (Fig. 1 c), adquiridas de plantações junto de um agricultor local. Esta planta tem origem da África e é uma gramínea forrageira perene de verão, apresenta boa produtividade e tem a característica de rusticidade, seu porte é alto, colmo e folhas largas e sua coloração é verde escuro, os rizomas são maiores e seus estolões se expandem de forma mais rápidas que as outras cultivares deste gênero (BURTON; GATES; HILL, 1993).

Como fonte de remineralizador de solo, utilizou-se pó de rocha de basalto, coletado em depósitos de rejeito de jazidas de quartzo ametista e ágatas no município de Ametista do Sul/RS (Fig. 2 a, b).

Figura 1 – Execução do experimento: área e local (a) e (b), material utilizado (c)



Fonte: elaborado pela autora (2021).

Figura 2 – Local de descarte de rejeito oriundo de jazidas no Município de Ametista do Sul/RS (a) e (b).



(a)

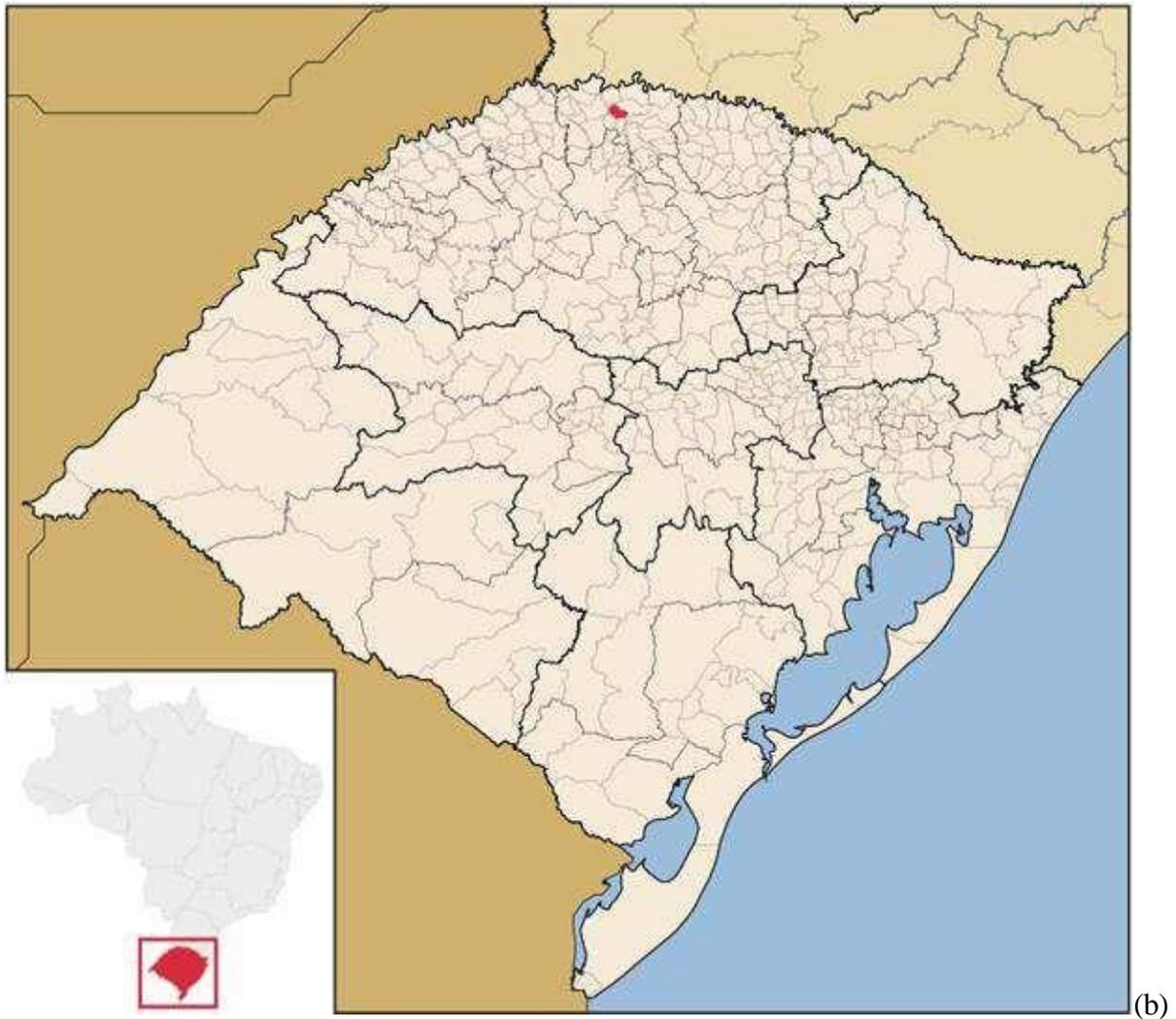


(b)

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Ametista do Sul/RS é uma cidade brasileira, localizada no Rio Grande do Sul, com pouco mais de 7.000 habitantes e faz parte da Microrregião de Frederico Westphalen/RS, a latitude $27^{\circ}21'38''$ sul e a uma longitude $53^{\circ}10'54''$ norte e com altitude de 505 metros (Fig. 3).

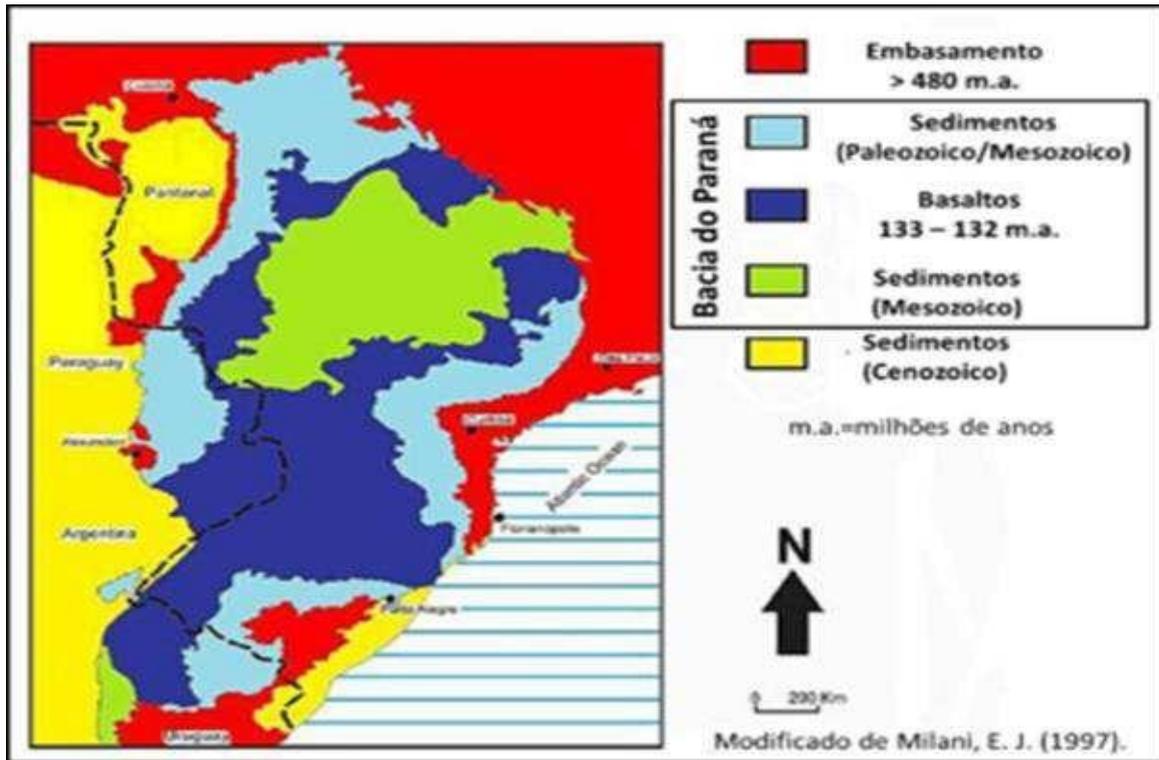
Figura 3 – Mapa com a localização do Município de Ametista do Sul/RS.



Fonte: Wikipédia.

As rochas utilizadas, fazem parte da Província Ígnea Serra Geral (Fig. 4). As amostras foram coletadas de resíduos de uma jazida de extração de quartzo ametista e ágata, realizadas *in loco* desiguais e de maneira aleatória, posteriormente passaram por um britador para serem moídas.

Figura 4 – Mapa geológico simplificado da Bacia do Paraná.



(a)

5 PROCEDIMENTOS

As amostras de basalto foram moídas, ou seja, trituradas com um britador já existente na mesma propriedade onde foi coletado o material.

Após a implantação das mudas de tifton, aguardou-se 20 dias para o seu estabelecimento, em seguida foi realizado o corte para deixá-las uniformes e posteriormente foi realizado a primeira aplicação do pó de rocha.

Cada unidade experimental foi representada por um vaso flexível de plástico com capacidade de 5 litros, onde, o qual foi preenchido com solo e realizado o plantio, perfazendo um estolão por vaso. Após 20 dias do plantio, com as mudas já estabelecidas, foi executado um corte da parte aérea das plantas, para mantê-las padronizadas e assim dar início ao primeiro ciclo e as plantas foram cortadas a 5 cm do solo.

O experimento foi arranjado em esquema em blocos casualizados ao acaso com o total de seis tratamentos e quatro repetições por tratamento. Cada unidade experimental perfazia de um vaso de plástico de 5 l cada. Os tratamentos foram doses de pó de rocha, conforme descrito abaixo:

Um dia por semana era realizado um sorteio referente aos vasos e então feito a alternância dos mesmos.

T – Testemunha;

T1 – 2,0 t.ha-1;

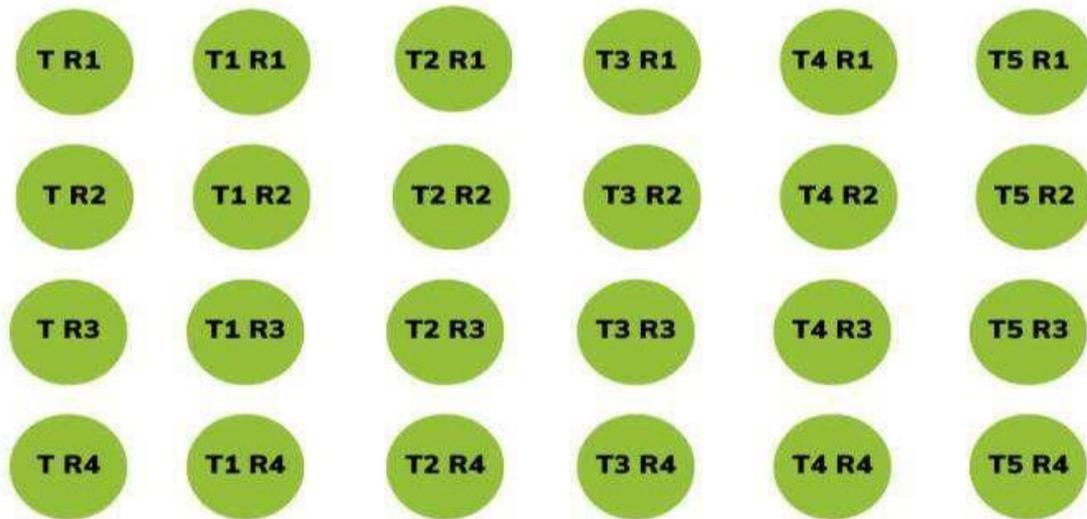
T2 – 4,0 t.ha-1;

T3 – 8,0 t.ha-1;

T4 – 16 t.ha-1;

T5 – 32 t.ha-1.

Figura 5 – Croqui do experimento e seus tratamentos.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Foram realizadas quatro adubações com pó de rocha, totalizando as seguintes quantidades de pó de rocha por tratamento:

T – Testemunha;

T1 – 8,0 t.ha-1;

T2 – 16,0 t.ha-1;

T3 – 32,0 t.ha-1;

T4 – 64,0 t.ha-1;

T5 – 128,0 t.ha-1.

O experimento foi iniciado no mês de junho de 2020, totalizando 04 cortes da parte aérea das plantas e 04 aplicações do subproduto de basalto, com o intervalo de 28 dias de cada corte e cada aplicação. O corte era realizado e em seguida feita a aplicação do pó de rocha, ou seja, as duas ações realizadas ao mesmo dia.

Figura 6 – Sequencia do experimento.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Regas deforma manual, sempre realizadas pela parte da manhã e em dias muito quentes, também foram realizadas regas ao final do dia.

5.2.1 Análises

5.2.1.1 Caracterização do solo utilizado e análise do solo

As amostras de solo foram secas em estufa a 60 graus, depois foram desenvolvidas as determinações de: pH em água, SMP, P, K, Al, Al + H, CTC e Saturação por Base e Al, seguindo metodologias descritas por (TEDESCO; GIANELLO; BISSANI, 1995).

O pH do solo foi medido em água (1:1, solo:água) e sob uma solução SMP tamponada (Shoemaker et al., 1961). O fósforo (P) e o potássio (K) disponíveis foram extraídos com solução de Mehlich-1 (0,05 mol L-1HCl+0,0125 mol L-1H2 ASSIM4); o fósforo foi medido usando um colorímetro operando em uma absorvância de 660 nm. O potássio foi determinado em um fotômetro de chama usando gás natural.

Análises físicas do solo foram realizadas para caracterização do solo, onde, primeiramente as amostras foram secas ao ar, moídas usando gral de porcelana e peneiras de 2,00 mm. Para determinar o tamanho das partículas (frações areia, silte e argila), foi realizada a técnica de peneiramento e sedimentação, definindo assim a granulometria das partículas pelo método da pipeta (GEE; BAUDER, 1986).

Tabela 1 – Distribuição granulométrica do solo na fração areia, argila e silte.

Amostras	Granulometria (%)		
	--Areia %--	--Argila %--	--Silte %--
01	68	12	44

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Densidade de partículas foi de $2,60 \text{ Mg m}^{-3}$, determinada pelo método do balão volumétrico.

Determinou-se a densidade e porosidade do solo pelo método do cilindro, coletando um cilindro de 5 cm de altura e 5 cm de diâmetro para caracterizar a camada superficial do solo nos vasos (Tabela 2).

Tabela 2 – Características físicas do solo (solo + pó) utilizado para a incubação

Tratamentos	Densidade Solo	Porosidade Total	Microposidade	Macroposidade
	----- Mg m^{-3} -----	-- cm^3 --		
Test.	1,40	0,46	0,22	0,24
Trat. 1	1,31	0,50	0,25	0,24
Trat. 2	1,38	0,47	0,25	0,22
Trat. 3	1,38	0,47	0,25	0,21
Trat. 4	1,36	0,48	0,26	0,22
Trat. 5	1,39	0,47	0,25	0,21

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

5.2.2.2 Coleta da parte aérea das plantas e análises químicas do tecido vegetal

A coleta de material da parte aérea das plantas, seguida da aplicação do pó de rocha, desenvolveu-se com periodicidade de 28 dias. Amostras desta parte aérea foram preparadas e conduzidas ao Laboratório de Física do Solo, da Universidade Federal de Santa Maria, *campus* de Frederico Westphalen/RS, para pesagem da massa verde (MV), depois foram conduzidas para a estufa a 45°C , por um período de 48 horas, após foram realizadas pesagens da produção da massa seca (MS) da parte aérea da cultura.

O corte da forragem foi realizado a 5 cm da superfície do solo. Esse procedimento foi realizado com intervalo de 28 dias, de acordo com a taxa de crescimento da forragem e possível pastoreio em situações de campo. As amostras de material vegetal foram secas e pesadas, moídas e conduzidas ao Laboratório de Fertilidade do Solo para determinação dos teores de

Macronutrientes, sendo eles: Fósforo (P), Potássio (K). A digestão sulfúrica do tecido foliar para analisar os teores de macronutrientes foram de acordo com a metodologia descrita por (TEDESCO; GIANELLO; BISSANI, 1995).

5.2.2.3 Caracterização e análises do pó de rocha estudado

A distância entre o “rejeito” da mineração de ametista e a área experimental da universidade, são de 40 km.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) pelo teste F ($p < 0,05$), quando significativo a interação procedeu-se análise de regressão polinomial (F, $p < 0,05$) programa. Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, objetivando verificar a posição e dispersão dos dados, com o auxílio do programa computacional *Statistical Analysis System* – SAS 8.0 (SAS INSTITUTE, 1999).

Tabela 3 – Propriedades químicas do pó/filler utilizado para a incubação do experimento.

Tratamento	pH	SMP	P	K	Cu	Zn	Ca	Mg	Al	Al+H	CTC Efetiva ph 7	Saturação Base Al		
	H ₂ O		----- mg/L-----				----- cmolc/L-----					---%---		
Amostra	8,69	7,48	200,41	276,00	55,01	8,52	13,02	2,62	0,00	0,80	16,35	17,15	95,35	0,00

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS

Em relação as análises de solo, mostra-se, as condições químicas do solo usado para a incubação do experimento, onde aqui nos tratamentos a testemunha nos diz que os indicadores de acidez (Fig. 6) sem aplicação do pó de rocha, houve aumento leve, mas gradativo do pH do solo. Na testemunha o valor do pH em água foi 4,86 chegando a 5,28 no tratamento 5, considerando o período total do experimento do experimento foram de 162 dias. Este resultado é similar ao realizado por Dumitru et al. (1999) e Ramos et al. (2020). De acordo com Leonardos et al. (2000) observaram que o uso de pó de rocha para a correção de acidez em solos com alto poder de tampão é pouco plausível, porém as aplicações do subproduto devem ser extremamente altas, tornando pouco provável o uso para apenas este fim.

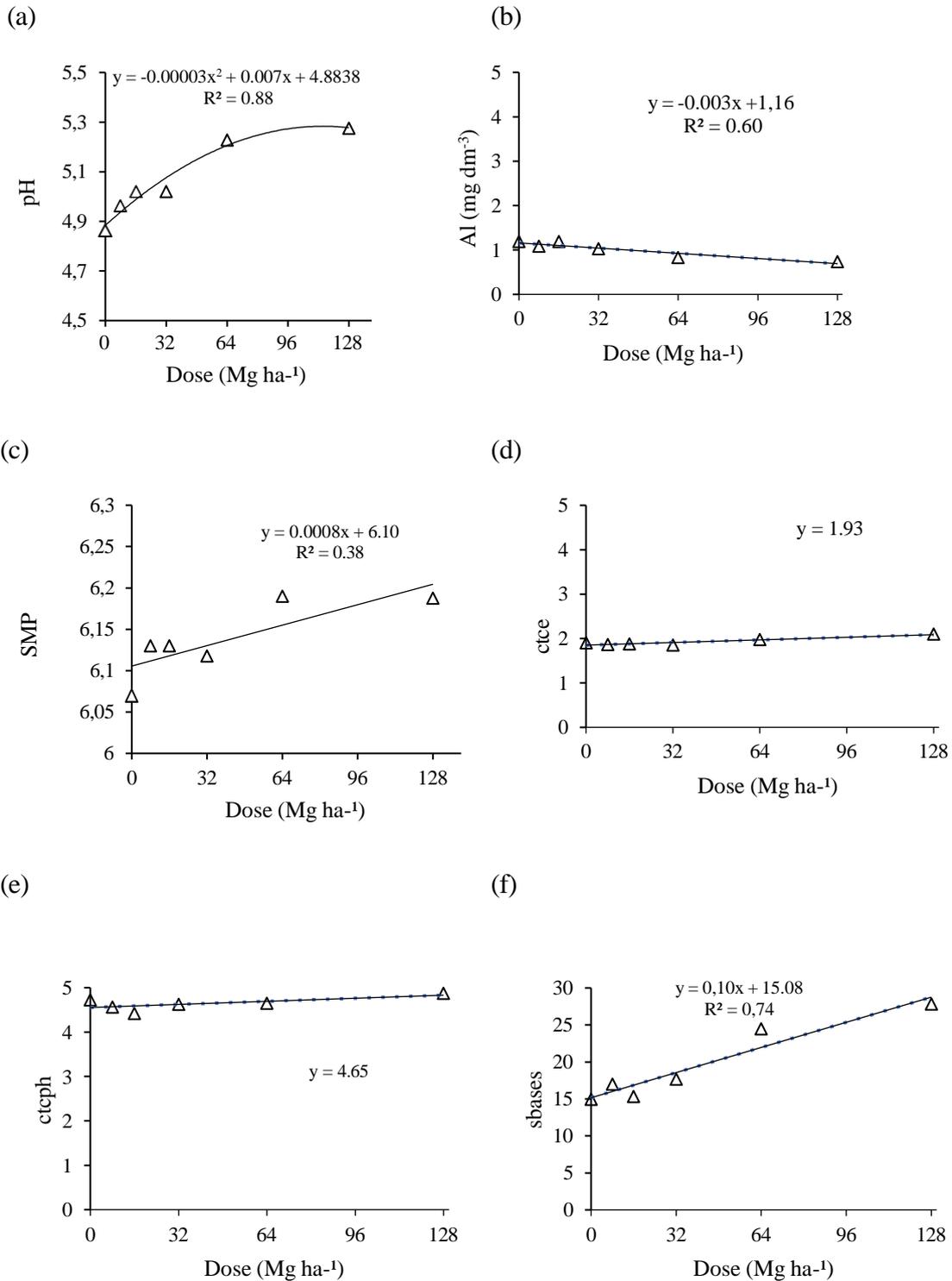
Este resultado pode ser explicado em parte pelo Dumitru et al (1999), no que se refere a aplicação de pó de rocha ocorre aumento de maneira lenta o pH do solo, ou seja, demora um certo tempo para haver a disponibilidade dos elementos químicos e outros autores também constataram a elevação do pH após o período de incubação com remineralizador ao solo.

De modo que na (Fig. 6) houve uma diminuição dos teores de alumínio, conforme as doses foram aumentando, houve o aumento do pH do solo e conseqüentemente há a diminuição do alumínio, bem como visto por (TONELLO; KORCHAGIN; BORTOLUZZI, 2021).

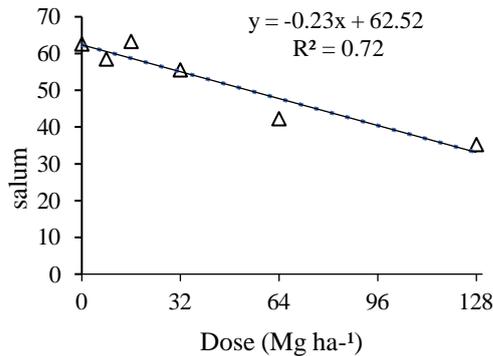
Conforme Aquino et al. (2020) e Balbino et al. (2010) em solos intemperizados o alumínio possui baixa solubilidade resultando em toxidade as plantas e a diminuição da produção das culturas por afeta o sistema radicular.

Os autores MARTINS e THEODORO (2010), afirmam que a liberação do pó de rocha reforça de modo positivo, sendo que as próximas safras se beneficiem nas aplicações anteriores, formando também minerais secundários e pela sua elevação da CTC, reduz as perdas por lixiviação nos nutrientes na solução do solo, porém, não foram encontrados resultados significativos referente a CTC conforme a Figura 7c e 7d. Esta diferença pode ser explicada em parte por BERGMANN, M. et al. (2014), onde dentre os fatores que podem resultar este efeito é o tempo de incubação do resíduo e das espécies cultivadas.

Figura 7 – Atributos químicos do solo utilizado para o experimento, submetido a aplicação de diferentes doses de pó de rocha e avaliados em diferentes dias de aplicação (Frederico Westphalen/RS, 2020).



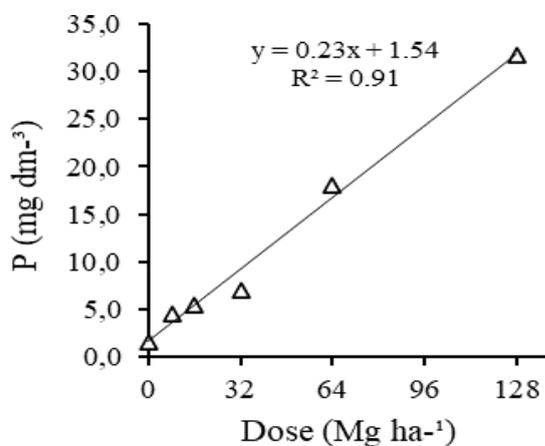
(g)



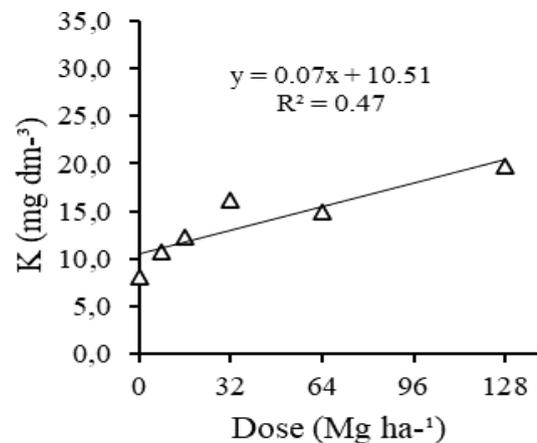
Nesse sentido, os resultados indicaram que diferenças nos pré-tratamentos físico-mecânicos podem produzir remineralizantes com diferentes potenciais de liberação de nutrientes. Como parte dos minerais argilosos são ocluídos dentro de partículas de basalto maiores, os rejeitos de rocha devem ser moídos para garantir uma melhor dissolução do mineral no solo. Como a fração mais fina contém mais argilominerais que as demais, essa fração, conseqüentemente, torna-se mais rica em nutrientes químicos como Mg, P ou K, aumentando a reatividade e eficiência dos pós quando aplicados ao solo (KLEIV e THORNHILL, 2007, PRIYONO e GILKES, 2008).

Figura 8 – Teores de Fósforo e Potássio em função da quantidade de pó de rocha aplicado em superfície (Frederico Westphalen/RS, 2020).

(a)



(b)



Esta pesquisa enfoca a disponibilidade de fósforo (P) e potássio (K) da solução do solo para o crescimento da planta, pois apresentam extrema importância para a produtividade

agrícola. Com o cenário recente, o conflito entre os países Rússia e Ucrânia retratou a situação vulnerável que o Brasil enfrenta no que se diz respeito a fertilizantes (MARANGON et al. 2022).

Conforme Korchagin (2018), o fósforo apresenta baixa capacidade de solubilização do elemento, onde apresenta ser o mais solubilizado dentre os demais elementos de uma análise química de solo.

Os resultados da aplicação de doses do pó de rocha, do potássio não foi significativo sobre a liberação e disponibilidade, dados que conferem também para o autor Resende et al (2006). Embora que com o aumento sucessivos da dose do pó de rocha, não tenha resultado significativo na disponibilidade imediata de K na solução do solo, também estão de acordo com os valores apresentados por Raij et al. (2001), os autores destacam que o pó de rocha apresenta potencial para fornecimento de K em diversas culturas agrícolas. Por ter liberação lenta no sistema, o elemento pode estar disponível depois de mais de um ciclo de cultivo.

6.2 SUBPRODUTO

O processo de moagem do basalto, que altera a área superficial específica do material, é uma operação que demanda alta energia (LIM et al., 2003).

Em consequência da baixa solubilidade dos minerais de pó de rocha, é primordial a aplicação de várias toneladas do subproduto (pó de rocha), P é relevante, a fonte do subproduto estar próximo do local, onde será realizado há aplicação (VAN Straaten P. 2002).

6.3 PRODUÇÃO DE FORRAGEM

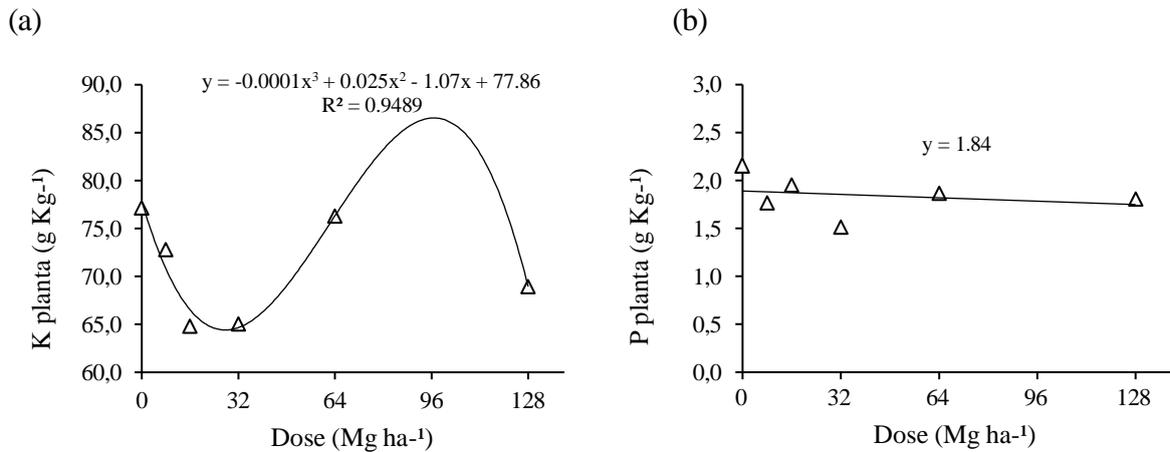
Não foi encontrada significativa relação da absorção de nutrientes entre as plantas e as diferentes doses do pó de rocha. Supõe-se que o fator tempo de aplicação e o ciclo da cultura que não foi capaz de extrair os nutrientes disponibilizados do subproduto em estudo.

Esses resultados vão de encontro com o estudo de PADUA (2014). Os autores destacam que há desafios para aplicação desta técnica, pois o tempo adequado que cada cultura exige para a absorção dos nutrientes desencadeia em altos custos para desenvolvimento de pesquisas na área.

O estudo desenvolvido por Benduzzi (2019) demonstra que há plantas que requerem um período lento (de até cinco anos) para que as plantas absorvam os nutrientes que elas necessitam

para o seu desenvolvimento. Em contrapartida, estas reservas de minerais irão beneficiar as culturas subsequentes e este fato, é de relevância, pois o pó de rocha não causa poluição na água, no ar e nem no solo.

Figura 9 – Concentração dos elementos no tecido vegetal de forragem submetida a aplicação de pó de rocha (Frederico Westphalen/RS, 2020).



O tempo de medição e as condições desenvolvidas para o estudo não possibilitaram observar alterações na concentração dos elementos no tecido vegetal da forragem utilizada no estudo.

7 CONCLUSÃO

O pó de rocha apresenta elementos químicos importantes para a produção agropecuária. Também, é uma forma de mitigar a contaminação ambiental pelo descarte incorreto dos rejeitos da extração de pedras preciosas, gerando ganhos ambientais, sociais e econômicos para a região Norte do Rio Grande do Sul

A aplicação de grandes quantidades de pó de rocha na superfície do solo resultou em aumento na concentração de fósforo na solução do solo.

Pesquisa devem ser feitas com o pó de rocha de Ametista do Sul-RS, investigando um maior tempo de aplicação do subproduto, em outras culturas, tais como frutíferas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil, *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711 – 728, 2013.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. **Principais indicadores do setor de fertilizantes.**

Disponível em: http://anda.org.br/pesquisa_setorial/. Acesso realizado em 15 de junho de 2022.

BALBINO Miguel, PS, GOMES, FT, ROCHA, WSD, Martins, CE, Carvalho, CA, Oliveira, AV, controles AV, plantas AV, controles bioquímicos, alterações genéticas e genéticas. **CES Revista** 24, 13–29.

BALSAN, R. Impactos decorrentes da modernização da agricultura Brasileira. **Campo - Território: Revista De Geografia Agrária**, v. 1, n. 2, p. 123–151, 2006.

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.: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 3., 2016, Pelotas. **Anais... Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília, DF: Embrapa Cerrados; Assis, SP: Triunfal**, 2017. p. 219-237.

BENEDUZZI, E. B. **Rochagem**: agregação das rochas como alternativas sustentável para a fertilização e adubação de solo. 2011, 90 f. Monografia (Bacharel em Geologia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociência.

BERGMA H. L. T., ... Introducing Stone Meal In The Netherlands. **I CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM**. p. 55. 2009.

BERGMANN, M. et al. Considerações sobre o potencial de uso agrônômico das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná.. In: HARTMANN, L.A.; SILVA, J.T. DA; DONATO, M. (ORG). **Anais** Tecnologia e Inovação em Gemas, Jóias e Mineração. Porto Alegre: UFRGS, 2014, p. 119-126.

BRANCO, R. et al. Rochagem Na Agricultura: Importância E Vantagens Para Adubação Suplementar. **South American Journal**, v. 6, n. 1, p. 528–540, 15. 2019.

BRASIL. Lei nº 12.890, de dezembro de 2013. Altera a Lei nº 6.894 de 16 de dezembro de 1980, para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 de dezembro de 2013.

BRITO, R. et al. Rochagem Na Agricultura: Importância E Vantagens Para Adubação Suplementar. **South American Journal**, v. 6, n. 1, p. 528–540, 2019.

BURTON, G. W.; GATES, R. N.; HILL, G. M. Registrations of “Tifton 85” Bermudgrass. **Crop Science**, v. 33, n. 3, p. 644–645, 1993.

BURTON, G.W.; GATES, R.N.; HILL, G.M. Registration of “Tifton 85” bermudagrass. *Crop Science*, v. 33, p. 644-645, 1993.

CARVALHO, M.S.S. Desempenho agrônômico e análise de crescimento de capins do gênero *Cynodon* em resposta à frequência de corte. 2011. 95 p. Dissertação (mestrado). **Universidade do Estado de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba**, 2011.

CATARINA, S.; ANTONIO, J. **Caracterização De Pós De Rochas Silicáticas, Avaliação Da**. p. 1–107, 2018.

COLUSSI, Giseli; SILVA, Leandro Souza da; MINATO, Evandro Antonio. Escarificação e adubação orgânica: efeito na recuperação estrutural de solo produzindo Tifton 85. **Ciência Rural**, v. 44, n. 11, p.1956-1961, nov. 2014.

CONSELHO REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO COREDES. Disponível em: <https://arquivofee.rs.gov.br/perfilsocioeconomico/coredes/detalhe/?corede=M%E9dio+Alto+Uruguai>. Acesso realizado em 01 de julho de 2022.

COSTA, A.C.S. da. Rochagem: mitos e fatos. In: **Anais eletrônicos da VI Reunião Paranaense de Ciência do Solo – RPCS: o desafio da produção agropecuária com baixo impacto ambiental de 28 a 31 de maio de 2019**, Ponta Grossa: UEPG/PROEX, 2019.

DALMORA, A. C. et al. Chemical characterization, nano-particle mineralogy and particle size distribution of basalt dust wastes. **Science of the Total Environment**, v. 539, p. 560–565, 2016.

DE AQUINO, J. M. et al. The potential of alkaline rocks from the Fortaleza volcanic province (Brazil) as natural fertilizers. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 103, n. July, p. 102800, 2020.

DUMITRU, I., ZDRILIC, A., AZZOPARDI, A. **Soil Remineralisation with basaltic rock dust in Australia**, 1999.

ESCOSTEGUY, P. A. V.; KLAMT, E. Basalto moído como fonte de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 1, p. 11–20, 199806831998000100002&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 15 jan. 2021.

FONSECA, Dilermando, M. D.; MARTUNCELO, Janaina. A. **Plantas forrageiras**. Viçosa-MG, 2010. 537p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATIONS OF THE UNITED NATIONS – FAO DATABASE.

Disponível em: <https://www.fao.org/food-agriculture-statistics/en/>. Acesso realizado em 25 de agosto de 2020.

FYFE, W. S.; LEONARDOS, O. H.; THEODORO, S. H. Sustainable farming with native rocks: The transition without revolution. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 78, n. 4, p. 715–720, 2006.

- GEE, G. W.; BAUDER, J. W. Methods of Soil Analysis. In: KLUTE, A. **Particle Size Analysis**, 2. Ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 386-411.
- HARTMANN, L. A. a História Natural Do Grupo Serra Geral Desde O Cretáceo Até O Recente. **Ciência e Natura**, v. 36, n. 3, p. 173–182, 2014.
- HARTMANN, Léo Afraneo; Silva, Anderson Oliveira. **Geologia e Mineração Garimpos de Ametista do Sul Rio Grande do Sul Brasil**. Porto Alegre, UFRGS, 2011.
- HILL, G. M.; GATES, R. N.; BURTON, G. W. Forage quality and grazing steer performance from Tifton 85 and Tifton 78 Bermudagrass pastures. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 12, p. 3219-3225, 1993.
- JUCHEM, P. L. Mineralizações de ametista em riódacitos do Grupo Serra Geral, província vulcânica Paraná. **Metalogenia e exploração mineral no Grupo Serra Geral**, n. January 2014, p. 41–54, 2014.
- KLEIN, VILSON ANTONIO. **Física do Solo**/Wilson Antonio Klein – 2. ed. – Passo Fundo. Ed. Universidade de Passo Fundo, 2012. 240 p.: il.: 23 cm p. 25.
- KORCHAGIN, J. **Crítérios mineralógicos, químicos e físicos para uso agrônômico de pó de basalto hidrotermalizado no sul do Brasil**. 2018.
- LEE, R. D., HARRIS, G.; MURPHY, T. R. Bermudagrasses in Georgia. **The University of Georgia**, 2010. (Bulletin 911).
- Leonardos e theodoro 2000 e KUDLA, A. P.; MOTTA, A. C. V.; KUDLA, M. E. Efeito do uso do pó de basalto aplicado em um Cambissolo álico sobre o solo e crescimento do trigo. **Curitiba: UFPR**, v. 15, n. 2, p. 187-195, 1996.
- LIM HH, GILKES RJ and CORMINCK P. 2003. **Benefit of rock phosphate fertilizers by milling mechanism**. *Nutr Cycl Agroecosyst* 67: 177-186
- MAIA, G. F.; MATTAR, E.; ORTEGA, G.; MOREIRA, J. G.; RIBEIRO, I. L. Resposta do milho a fertilização com fósforo em latossolo amarelo distrófico na amazônia ocidental. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 2339–2347, 1 dez. 2013.
Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3209>. Acesso em: 4 fev. 2022.
- Manning et al., 2017 D.A.C. Manning, J. Baptista, M. Sanchez Limon, K. Brandt **Testing the ability of plants to access potassium from framework silicate minerals** *Sci. Total Environ.*, 574 (2017), pp. 476-481
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.086>
- MARTINS, E.S; THEODORO, S.H. Congresso Brasileiro de Rochagem In: Congresso Brasileiro de Rochagem, 1, 2010: Brasília. **Anais do I Congresso Brasileiro de Rochagem**; editores Eder de Souza Martins, Suzi Huff Theodoro Planaltina, DF: EMBRAPA Cerrados. p. 322, 2010.

MIGUEL, B. H.; SANO, E. E. Revista Brasileira de Geografia Física. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, p. 1275–1291, 2011.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Anuário Estatístico: Setor Transformação Não Metálicos. p. 1–83, 2019.

OGINO, C. M. et al. Purchase power, price and mineral fertilizers consumption: An analysis for central Brazil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 59, n. 1, p. 1–19, 2020.

OLIVEIRA, M. P.; MALAGOLLI, G. A.; CELLA, D. MERCADO DE FERTILIZANTES: dependência de importações do Brasil. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 489-498, 2019.

Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/606>. Acesso em: 29 mar. 2021.

PÁDUA, Eduane José de. **Rochagem como adubação complementar para culturas oleaginosas**. Lavras, 2012. 91 p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal de Lavras. 2014.

PILLON, C. N., Dos Pós de Rocha ao Remineralizador de Solos: passado, presente e futuro. **III CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM**. p. 16. 2016.

RAMOS, C. G. et al. Evaluation of Soil Re-mineralizer from By-Product of Volcanic Rock Mining: Experimental Proof Using Black Oats and Maize Crops. **Natural Resources Research**, v. 29, n. 3, p. 1583–1600, 2020.

RODRIGUES, L.R.A.; REIS, R.A; SOARES FILHO, C.V. Estabelecimento de pastagens de Cynodon. In: PEIXOTO, A.M.; DE MOURA, J.C.; DE FARIA, V.P.(Eds.). Manejo de pastagens de Tifton, Coastcross, e Estrela. **Simpósio sobre Manejo de Pastagem**, 15. Anais...Piracicaba, SP, FEALQ, p.115-128. 1998.

SAS INSTITUTE - Statistical Analysis System. **SAS/STAT User's Guide 8.0**. North Caroline-NC: SAS Institute Inc., 1999. 3365p.

SILVA, L. D. P. et al. **Ações de microorganismos em pó-de-basalto**. Congresso Brasileiro de Rochagem, 2.: 2013 Poços de Caldas, MG, Anais II Congresso Brasileiro de Rochagem; editores Eder de Souza Martins, Marcus Fernandes, André Mundstock Xavier de Carvalho. – Visconde do Rio Branco: Suprema, 2013. 455 p. 43-50 p. 2013.

STRAATEN, P. V., Rocks for crops' in the world. **III CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM**. p. 60. 2016. STRAATEN, P. V., 2019.

STRECK, Edemar Valdir et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER, 2008. 222p. manual livro

TECNOLÓGICA, E. I. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. **Embrapa Informação Tecnológica**, p. 627, 2009.

TEDESCO, M.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. **Análises de solo, plantas e outros materiais UFRGS**, 1995.

Disponível em: <<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=AGB.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=107906>> 171p.

THEODORO, S.H., LEONARDO, O.H., ROCHA, E. L & REGO, K.G. Experiências de uso de rochas silicáticas como fonte de nutrientes. **Revista Espaço & Geografia**, V.9, No 2, 263:292 ISSN: 1516-9375

http://www.unb.br/ih/novo_portal/portal_gea/lsie/revista/arquivos/volume_9_numero_2_2006/E-_2006_v9n2_263-292_Theodoro_et_al.pdf. 2006.

TONELLO, M. S.; KORCHAGIN, J.; BORTOLUZZI, E. C. Environmental agate mining impacts and potential use of agate residue in rangeland. **Journal of Cleaner Production**, v. 280, p. 124263, 2021.

TUZZIN, M. et al. **Pesquisa de solo e lavoura Qualidade física do solo em sistemas de cultivo e cultivo após duas décadas na região subtropical do Brasil**. v. 155, n. 2016, p. 351–362, 2015.

VAN STRAATEN P. Rocks for Crops: **Agrominerals** of sub-Saharan Africa. ICRAF, Nairobi, Kenya, **338pp**. 2002.

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.