



UNIVERSIDADE COMUNITÁRIA DA REGIÃO DE CHAPECÓ
ESCOLA
MESTRADO PROFISSIONAL EM TECNOLOGIA E GESTÃO DA INOVAÇÃO

ANTONIO JUNIOR DAL PIVA

**VIABILIDADE DE PRODUÇÃO DE ADITIVO LÍQUIDO DERIVADO DO PÓ DE
BASALTO PARA USO NA INDÚSTRIA DE BIOFERTILIZANTES FOLIARES**

CHAPECÓ,
2022.

ANTONIO JUNIOR DAL PIVA

**VIABILIDADE DE PRODUÇÃO DE ADITIVO LÍQUIDO DERIVADO DO PÓ DE
BASALTO PARA USO NA INDÚSTRIA DE BIOFERTILIZANTES FOLIARES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Tecnologia e Gestão da Inovação da Universidade Comunitária da Região de Chapecó como requisito à obtenção do título de Mestre em Tecnologia e Gestão da Inovação.

Orientador: Dr. Prof. Cristiano Reschke Lajús.

Coorientador: Dr. Prof. Gustavo Lopes Colpani.

Chapecó

2022

VIABILIDADE DE PRODUÇÃO DE ADITIVO LÍQUIDO DERIVADO DO PÓ DE BASALTO PARA USO NA INDÚSTRIA DE BIOFERTILIZANTES FOLIARES

ANTONIO JUNIOR DAL PIVA

Esta Dissertação foi avaliada pela banca examinadora e julgada adequada para obtenção do grau de Mestre em Tecnologia e Gestão da Inovação, tendo sido APROVADA em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Tecnologia e Gestão da Inovação da Universidade Comunitária da Região de Chapecó.

Aprovado em: 16/12/2022

Banca examinadora:

Orientador: Prof. Cristiano Reschke Lajús
Dr. em Agronomia (UNOCHAPECÓ)

Coorientador: Prof. Gustavo Lopes Colpani
Dr. em Engenharia Química (UNOCHAPECÓ)

Membro: Prof. Fábio José Busnello
Dr. em Produção Vegetal (UNOCHAPECÓ)

Membro: Prof. André Gollo
Dr. em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia (UFPR)



Prof. Dr. Cristiano Reschke Lajús
Orientador



Prof. Dr. Luciano Luiz Silva
Coordenador do Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Tecnologia e Gestão da Inovação

Chapecó - SC, 16 de dezembro de 2022

FICHA CATALOGRÁFICA

D149v	<p>Dal Piva, Antonio Junior Viabilidade de produção de aditivo líquido derivado do pó de basalto para uso na indústria de biofertilizantes foliares / Antonio Junior Dal Piva. -- 2022. 53 f.: il.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Cristiano Reschke Lajús Coorientador: Prof. Dr. Gustavo Lopes Colpani Dissertação (Mestrado) - Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Programa de Pós-graduação <i>Stricto Sensu</i> em Tecnologia e Gestão da Inovação, 2022 Inclui bibliografia</p> <p>1. Biofertilizantes. 2. Adubos e fertilizantes líquidos. 3. Sustentabilidade. I. Lajús, Cristiano Reschke. II. Colpani, Gustavo Lopes. III. Título.</p> <p>CDD 23 -- 631.8</p>
-------	---

Catálogo na fonte Bibliotecária Daniele Lopes CRB 14/989

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que me auxiliaram de alguma forma durante essa caminhada, principalmente ao Professor Cristiano Reschke Lajús, pelo apoio direto e incontestável em todos os momentos em que precisei, a minha esposa pela parceria e paciência, e aos meu pais que sempre oraram por mim.

“A dúvida é o princípio da sabedoria”...

(Aristóteles)

RESUMO

A rochagem consiste na utilização do composto baseado em rocha moída, como fertilizante natural na agricultura, disponibilizando de forma direta os nutrientes presentes nos minerais para as plantas. O presente trabalho tem por objetivo avaliar a viabilidade técnica do uso de pó de basalto na forma de suspensão líquida para agricultura. O estudo foi conduzido em ambientes diferentes de pesquisa de acordo com suas etapas e objetivos específicos, os quais seguem: Laboratório de solos da Unochapecó, para determinação de granulometria e padronização de amostras do pó de rocha basáltica; Laboratório IBRA-SP para determinação de teores químicos e físicos das amostras; Laboratório de Solos da Unochapecó para experimentação e produção do aditivo e Laboratório UPF em Passo Fundo RS, para análises de solução resultante. As concentrações de pó de rocha basalto, em diluição térmica líquida de solução orgânica foram delineadas em esquema fatorial (2x3), sendo o Fator A, corresponde a diluição Térmica (°C) e o Fator B a fração do pó de basalto (g), com 4 repetições, totalizando 24 parcelas. As variáveis respostas analisadas foram: N; P₂O₅; K₂O; Ca; Mg; S; Zn; Cu; Mn; B; Co; Mo e Fe. Os dados coletados foram submetidos à análise descritiva e inferencial através da variância pelo teste F ($P \leq 0,05$) e as diferenças entre as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Ao analisar estatisticamente de forma inferencial e descritiva a metodologia proposta é considerada tecnicamente eficiente para extração de macro e micronutrientes presentes no pó de basalto com destaque para a diluição quente com 100 ml de soluto e 50g de pó de basalto.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Viabilidade Técnica; Biofertilizante Líquido.

ABSTRACT

Rocking consists of using compost based on ground rock as a natural fertilizer in agriculture, directly making the nutrients present in minerals available to plants. The present work aims to evaluate the technical feasibility of using basalt powder in the form of a liquid suspension for agriculture. The study was carried out in different research environments according to their specific stages and objectives, which are as follows: Unochapecó's Soil Laboratory, to determine granulometry and standardization of samples of basaltic rock dust; Laboratory IBRA-SP for determination of chemical and physical contents of samples; Unochapecó Soil Laboratory for experimentation and production of the additive and UPF Laboratory in Passo Fundo RS, for analysis of the resulting solution. The concentrations of basalt rock dust in liquid thermal dilution of organic solution were outlined in a factorial scheme (2x3), with Factor A corresponding to Thermal dilution (°C) and Factor B being the fraction of basalt dust (g), with 4 replications, totaling 24 plots. The response variables analyzed were: N; P₂O₅; K₂O; Here; mg; S; Zn; Ass; Mn; B; Co; Mo and Fe. The collected data were submitted to descriptive and inferential analysis through the variance by the F test (P≤0.05) and the differences between the means were compared by the Tukey test (P≤0.05). When analyzing statistically in an inferential and descriptive way, the proposed methodology is considered technically efficient for the extraction of macro and micronutrients present in the basalt powder, with emphasis on the hot dilution with 100 ml of solute and 50g of basalt powder.

Keywords: Sustainability; Technical viability; Liquid Biofertilizer.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Resultados x Mínimo exigido pelo MAPA líquido do tratamento suspensão líquida do pó de basalto (Chapecó, SC – 2022).....	41
Figura 2 – Resultados x Mínimo exigido pelo MAPA líquido do tratamento pó de basalto (Chapecó, SC – 2022).....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Porcentagem de óxidos encontrados no pó de rocha	Erro! Indicador não definido.
Tabela 2 – Teores de macronutrientes disponíveis nas amostras de pó de rocha	Erro! Indicador não definido.
Tabela 3 – Classificação da qualidade agronômica para os teores de macronutrientes	Erro! Indicador não definido.
Tabela 4 – Descrição dos tratamentos do experimento	29
Tabela 5 – Metodologias utilizadas no experimento	31
Tabela 6 – Nitrogênio do experimento em relação ao fator diluição térmica (Chapecó, SC – 2022)	33
Tabela 7 – Nitrogênio do experimento em relação ao fator fração (Chapecó, SC – 2022)	34
Tabela 8 – P ₂ O ₅ do experimento em relação ao fator diluição térmica (Chapecó, SC – 2022)	34
Tabela 9 – P ₂ O ₅ do experimento em relação ao fator fração (Chapecó, SC – 2022)	34
Tabela 10 – K ₂ O do experimento em relação a interação Diluição Térmica x Fração (Chapecó, SC – 2022)	35
Tabela 11 – Cálcio do experimento em relação ao fator diluição térmica (Chapecó, SC – 2022)	35
Tabela 12 – Cálcio do experimento em relação ao fator fração (Chapecó, SC – 2022)	35
Tabela 13 – Magnésio do experimento em relação ao fator diluição térmica (Chapecó, SC – 2022)	36
Tabela 14 – Magnésio do experimento em relação ao fator fração (Chapecó, SC – 2022)	36
Tabela 15 – Enxofre do experimento em relação ao fator diluição térmica (Chapecó, SC – 2022)	36
Tabela 16 – Enxofre do experimento em relação ao fator fração (Chapecó, SC – 2022)	37

Tabela 17 – Zinco do experimento em relação a interação Diluição Térmica x Fração (Chapecó, SC – 2022).....	37
Tabela 18 – Cobre do experimento em relação a interação Diluição Térmica x Fração (Chapecó, SC – 2022).....	37
Tabela 19 – Manganês do experimento em relação a interação Diluição Térmica x Fração (Chapecó, SC – 2022).....	38
Tabela 20 – Boro do experimento em relação ao fator diluição térmica (Chapecó, SC – 2022).....	38
Tabela 21 – Boro do experimento em relação ao fator fração (Chapecó, SC – 2022).....	38
Tabela 22 – Cobalto do experimento em relação ao fator diluição térmica (Chapecó, SC – 2022).....	39
Tabela 23 – Cobalto do experimento em relação ao fator fração (Chapecó, SC – 2022).....	39
Tabela 24 – Molibdênio do experimento em relação a interação Diluição Térmica x Fração (Chapecó, SC – 2022).....	39
Tabela 25 – Ferro do experimento em relação ao fator diluição térmica (Chapecó, SC – 2022).....	40
Tabela 26 – Ferro do experimento em relação ao fator fração (Chapecó, SC – 2022).....	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	28
4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS DADOS	33
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
REFERÊNCIAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores agrícolas do mundo em quase todos os setores e em diferentes cultivos. No sul do país, a região oeste de Santa Catarina se destaca nesse âmbito em cultivos diversos como: cereais de inverno e verão, hortifrutigranjeiros, reflorestamentos e mais recentemente investimentos recuperação e melhoramento de pastagens para atender a demanda alimentar da grande bacia leiteira existente e nossa região. Para obtenção de produtividade e rentabilidade nas atividades agrícolas são necessárias ações técnicas quanto a melhorias em nutrição de plantas.

Em uma lavoura, diversos fatores possuem influência direta na produtividade de uma cultura, possuindo a chamada variabilidade de campo, a qual possui influência nos fatores de produção ligados à disponibilidade de nutrientes, suprimento de água e, conseqüentemente, ao ambiente onde estão localizadas as raízes” (MIRANDA *et al.*, 2005).

Quando existe boa qualidade nutricional no solo, cujos nutrientes possuem mobilidade e são assimilados pelas plantas, associadas à adubação externa preferencialmente de origem orgânica, ocasionando maior resistência à ataque de pragas e doenças e conseqüentemente maior e melhor produtividade dessa área. Segundo Reetz (2007), o uso correto dos fertilizantes minerais é um dos principais fatores para promover a segurança alimentar global nos tempos atuais. Mais de 48% dos 7 bilhões de pessoas hoje, estão vivendo por causa do aumento da produção das culturas obtido pela aplicação de fertilizantes nitrogenados.

O Brasil, bem como outros países, é consumidor de fertilizantes quimicamente sintetizados, com a finalidade de ser utilizado em culturas agrícolas, porém estes podem causar impactos ambientais, surgindo-se a necessidade de buscar novas alternativas como fontes nutritivas como fertilizantes orgânicos e biofertilizantes. Segundo Silveira (2016 *apud* VAN STRAATEN, 2006) outros métodos de adubação merecem ser testados e utilizados. A agrogeologia em que está inserida a técnica da rochagem é um dos instrumentos biofísicos que são utilizados para combater problemas dos solos ao longo prazo.

O uso de pós de rocha como fertilizante natural para a agricultura já é uma prática com comprovações técnicas positivas, podendo-se citar Brito *et al.* (2019), o qual descreve que o pó de rocha se apresenta como um resíduo oriundos do processo de britagem, este proveniente da exploração mineral em pedreiras e corte de rochas, uma vez encontrado utilidade neste subproduto, pode gerar ao setor de mineração lucros e vantagens, principalmente pelo fato que este, é escoado sem aproveitamento.

A utilização dos agrominerais torna-se mais vantajosa mediante a inúmeros fatores, dentre eles, a rotineira oscilação de preço dos fertilizantes, o alto gasto com transporte e, devido ao meio rural ainda ser composto em sua maioria por pequenos produtores (agricultura familiar), isso acaba sendo a motivação para novas pesquisas, no sentido de fertilizantes que atendam a todos os requisitos, que fazem a utilização de produtos químicos serem tão onerosas para as pequenas propriedades.

A rochagem consiste na utilização do composto baseado em rocha moída, como fertilizante natural na agricultura, disponibilizando de forma direta os nutrientes presentes nos minerais para as plantas (SILVEIRA, 2016).

Segundo Araujo (2014) composto conhecido como o biofertilizante é um adubo de grande importância para a agricultura, geralmente líquido, formado pela decomposição de esterco e restos de cultura por micróbios sem a presença do ar. Possuindo uma composição complexa, possuindo nutrientes essenciais às plantas, atuando como fertilizante e como defensivo agrícola, erradicando pragas, doenças e insetos. Buscando então, o uso do aditivo líquido obtido do pó da rocha basáltica, nessa pesquisa serão avaliados os teores dos elementos encontrados especificamente na empresa que beneficia a rocha de basáltica, tendo em vista que o processo de intemperismo é diretamente ligado na qualidade do pó, visto que este atua diretamente no mesmo.

O único segmento que se que possui pequena diferenciação é a do fosfato, visto que nas últimas décadas descobriu-se importantes reservas minerais, mesmo assim, Rodrigues (2009) nos aponta em um cálculo simplificado, que a vida útil das jazidas brasileiras de P_2O_5 seja pouco superior a três décadas.

O presente trabalho tem por objetivos: avaliar a viabilidade técnica do uso de pó de basalto na forma de suspensão líquida para agricultura; determinar a concentração viável do pó de basalto para a viável manipulação no uso como aditivo líquido para um biofertilizante foliar, além de identificar a possibilidade de um novo nicho de mercado para o pó de basalto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 MINERAIS PARA AGRICULTURA

As plantas obtêm nutrientes tanto do ar como do solo. O dióxido de carbono (gás carbônico – CO₂) da atmosfera supre o carbono que, em geral, representa mais de 50% da estrutura do vegetal. Esse composto pode também ser encontrado dissolvido na água do solo. A água é outro componente essencial para a vida vegetal. As plantas usam mais água que qualquer outro ser vivo. Ela é a fonte de hidrogênio e oxigênio, bem como comporta, dissolvidos, os nutrientes minerais extraídos do solo, além de algum CO₂, que serão absorvidos através da raiz. Além de carbono, hidrogênio e oxigênio, os demais nutrientes essenciais às plantas são classificados como: • Nutrientes Primários: nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) • Nutrientes Secundários: cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) • Micronutrientes: boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), zinco (Zn) e cobalto (Co). Essa classificação está baseada na quantidade de nutrientes utilizada pelas plantas e independe de sua função ou grau de necessidade (HARRE; MORTVEDT, 1994).

2.2 AGROMINERAIS E REMINERALIZADORES

As rochas originam-se da camada sólida externa da Terra, conhecida como Litosfera ou crosta que envolve o planeta. A litosfera é composta de três tipos de rochas: magmáticas ou ígneas, sedimentares e metamórficas. Na litosfera está presente a maioria dos elementos essenciais às plantas, exceto nitrogênio. Para que os minerais se tornem disponíveis às plantas, as rochas passam por processos naturais lentos através do intemperismo. Este por sua vez, tem atuação de fenômenos físicos sobre o material de origem, que promove a pulverização da rocha-mãe, as partículas diminuem seu diâmetro, aumentam e a superfície de contato, agilizando a ação do intemperismo químico e biológico (LUCHESE; FAVERO; LENZI, 2002). Para a formação do solo, a natureza leva cerca de 200 a 300 anos para formar 1 cm de solo a partir da decomposição da rocha (CRISTAN, 2002).

Entre a era Mesozoica e a Terciária, ocorreram no sul do Brasil intensas atividades vulcânicas e derramamento de lavas basálticas, atingindo cerca de 1 milhão de quilômetros quadrados (LEINS; AMARAL, 1995). O Basalto é uma rocha ígnea ou magmática vulcânica extrusiva, constituída por piroxênios e plagioclásio, que ocorreu da solidificação da lava na superfície do solo. Dentre os óxidos que ocorrem na rocha, temos o óxido de silício (SiO_2) cerca de 35 a 75%; o óxido de alumínio (Al_2O_3) entre 12 a 18%, e em menor concentração o óxido de ferro, magnésio, manganês, sódio, cálcio e potássio (TURNER; VERHOOGEN, 1960).

Para Silva *et al.* (2011), a técnica da rochagem é uma prática antiga na agricultura que foi esquecida com o uso de fertilizantes solúveis. Seu uso está sendo retomado por três motivos: 1) fontes de nutrientes importados, em especial o potássio (K); 2) aproveitamento de rejeitos de pedreiras e mineradoras; 3) expansão da agricultura agroecológicas que tem restrição ao uso de fertilizantes solúveis.

As farinhas de rocha eram comercializadas na Alemanha, Império Austro-Húngaro, Suíça e Suécia desde 1870 até a vinda de fertilizantes altamente solúveis. A aceitação da teoria de adubar tendo em conta os elementos encontrados nas cinzas das sementes com seu alto conteúdo em fósforo, sem considerar que a planta durante a maturação e antes do processo de diferenciação de suas partes, requer quantidades muito diferentes dos nutrientes de base (HENSEL, 2003).

Os silicatos são pouco solúveis em água e ácido clorídrico, entretanto não resistem a ação da água e as forças do sol. Pode ser encontrado dissolvido em águas termais junto com outras substâncias provenientes de rochas primitivas. A afirmação de que os silicatos das bases são insolúveis são postas em contradição pelas árvores, palhada e nas folhas onde o ácido silícico é acumulado pelo transporte da evaporação da água, presente nas cinzas das plantas (HENSEL, 2003).

Pode-se citar a solubilidade do ácido silícico nos ramos e folhas de plantas que crescem na água ou nos terrenos úmidos. Há exemplo, temos os juncos em combustão deixam de 1 a 3 % de cinzas onde mais de dois terços são de ácido silícico; 6% de cinzas da taboa, um terço é ácido silícico; a cavalinha deixa 20% de cinzas, sendo metade ácido silícico (HENSEL, 2003).

O ácido silícico e os silicatos não são insolúveis, eles entram assim como todas as demais combinações salinas na mais íntima combinação com ácido glicólico, COOCHH - que intra molecularmente se encontra presente na celulose das plantas e, igualmente com o amoníaco da clorofila. Os silicatos se juntam às plantas que

crecem a partir deles, melhorando sua nutrição, onde as folhas recebem uma menor quantidade de água e os frutos, caules obtêm uma maior quantidade de cálcio, e são mais completos e nutritivos. Durante o amadurecimento dos frutos, o fósforo deposita-se principalmente na semente, e o silício nas folhas e caules (HENSEL, 2003).

A rochagem tem potencial para aplicação direta ao solo, quer seja, pó de rocha ou materiais finos, resultantes da moagem das rochas, utilizadas como fonte de nutrientes. O pó de rocha proveniente de rochas silicatadas moídas pode ser conceituado como agrominerais ou remineralizadores (SILVA *et al.*, 2011).

A rochagem representa uma alternativa também sob o aspecto social e ambiental, uma vez que promove o aproveitamento de grandes quantidades de rejeitos de pedreiras e mineradoras (BERGMANN; THEODORO, 2009).

Lichs *et al.* (2019) verificaram que o resíduo de rejeitos da marmoraria utilizados como remineralizadores do solo estimulou o desenvolvimento da microbiota do solo em culturas de feijão. Os teores CaO (óxido de cálcio), entre 14,29% e 19,09% presentes nos rejeitos dos mármore beneficiados, reconheceram o pó de rocha como calcíticos, e quando adicionado ao solo regulou o pH de 5,4 para 6,7, aumentando a microbiota do solo (microorganismos benéficos como fungos, bactérias e vírus), minhocas e micorrizas nas proporções de 1,5 a 3 T/ha.

A aplicação do pó de rocha pode alcançar os padrões de fertilidade de diferentes regiões do Brasil atendendo as necessidades regionais, na conservação dos recursos naturais e na produtividade com técnicas sustentáveis (THEODORO, 2000). Entre estas técnicas, as rochas ricas em silicatos também podem através da corrosão química impedir que os gases do efeito estufa, sejam liberados pela presença do dióxido de silício (HENSEL, 2003).

Pesquisas realizadas desde 2009 com o pó de rocha, onde testes agronômicos em casa de vegetação, mostram a importância da ação de microrganismos presentes no solo para a liberação dos minerais pelo agromineral (EMBRAPA, 2014).

O MAPA por meio da Lei 12.890/2013, regulamentados nas instruções normativas 5 e 6 conceitua como remineralizador (agrominerais silicáticos) todo 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 (MARTINS, 2016).

Atualmente, no MAPA há 14 agrominerais registrados, com grande potencial para outros. O pesquisador geólogo Dr. Éder de Souza Martins da Embrapa Cerrados comenta que a viabilização do uso do pó de rocha como fonte de potássio na agricultura iria fortalecer pequenas mineradoras nacionais, com agregação de valor ao rejeito e novos empregos, beneficiando a propriedade familiar com o uso tecnologia de baixo custo (EMBRAPA, 2014).

Estes remineralizadores de solos podem fornecer macro (Ca, Mg, K), micronutrientes e elementos benéficos para as plantas (Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Ni, Se, Si, cobre, ferro, manganês, molibdênio, zinco, níquel, selênio e silício, respectivamente). As rochas silicáticas são ricas em cálcio e magnésio, e determinadas rochas ricas em potássio. Como exemplo temos basaltos, anfíbolitos, ultramáfica (p.ex., serpentinitos, dunitos, piroxenitos são fontes de cálcio, magnésio e silício), alcalina (p.ex., kamafugitos (fontes de cálcio, magnésio, potássio e silício), além de rochas metamórficas (biotita, xistos, fontes naturais de potássio). Há necessidade de novos estudos em relação a forma de aplicação nos diferentes sistemas de cultivos (MARTINS, 2016).

Estudos mostram que a eficiência agronômica dos agrominerais silicáticos incorporados ao solo tem efeito de curto prazo e residual em cultivos anuais, contudo há necessidade de novas pesquisas em relação à forma de aplicação nos diferentes sistemas de cultivos. Sua eficiência depende da atividade biológica da rizosfera das plantas que promove o biointemperismo dos aluminossilicatos presentes nos agrominerais silicatos (MARTINS, 2016).

Silva *et al.* (2011) complementam que o pó de rocha pode representar uma opção aos fertilizantes químicos como fonte de nutrientes e a sua junção com materiais que proporcionam grande atividade biológica, como os excrementos animais, os quais influenciam na liberação de nutrientes para o solo e no processo de alteração dos minerais.

De acordo com Mello (2014) pó basáltico pode ser oferecido como uma alternativa de fertilizante, também para a correção do solo, o que vai depender da composição rochosa, e suas condições do solo. Para Kiehl (1985) os microrganismos produzem substâncias capazes de acelerar a decomposição da rocha liberando os minerais, sendo que os esterco de animais possuem grande quantidade de microrganismos.

O uso do pó de rocha no solo diminui a acidez com o tempo, reestrutura o solo melhorando a quantidade de oxigênio, reduzindo custos com fertilizantes químicos. Para as plantas há aumento do poder de germinação das sementes, melhora o desenvolvimento das raízes e parte aérea, o caule e a casca ficam mais grossos, e folhas criam uma película protetora contra doenças, ventos e geadas. Os alimentos têm maior peso, durabilidade após a colheita, maior teor de nutrientes, coloração e sabor acentuados e melhor sanidade (MARTINS; GUTTERRES; VIANA, 2011).

Theodoro e Leonardos (2006) verificaram aumento do pH e nos teores de Ca, Mg, P e K no solo após o primeiro ano com uso do pó de rocha. Estudos realizados por estes pesquisadores, em parceria com agricultores familiares de um assentamento rural, demonstraram vantagens econômicas e ambientais significativas com rochagem no milho, arroz, mandioca, cana de açúcar e hortifrutigranjeiros.

Em experimento com feijoeiro, verificou-se após o primeiro ano que todos os tratamentos com pó de basalto proporcionaram produtividades similares quando comparados aos tratamentos com calcário e do calcário com adubo convencional, e aumento nos teores de Ca e Mg do solo (NICHELE, 2006).

Embora no Brasil a técnica de rochagem seja recente, em outros países seu uso é considerado convencional para muitos agricultores. Gillman (1980) comenta sobre o uso do pó de basalto nos Estados Unidos e Europa para amenizar o odor da pecuária, higienização das instalações e prevenção de problemas nos cascos dos animais. Também é usado na horticultura como enriquecimento de composto, em solos degradados, como remineralizador e substrato para controle de pragas e doenças. Na agricultura em geral melhora a estrutura do solo, e atua no suprimento de micronutrientes quando aplicado na quantidade de 0,5 a 2 t/ha (KNAPIK, 2007).

Para Knapik (2007) ao misturar o pó de basalto com o esterco de animais no solo a proliferação de associações de fungos e bactérias são estimuladas transformando os nutrientes assimiláveis para outros seres.

A consolidação de uma nova agricultura relaciona o uso de agrominerais (remineralizadores de solo), resíduos culturais, dejetos animais, adição aos produtos e coprodutos de processos biológicos (fungos, bactérias, actinomicetos e micorrizas) para o crescimento de plantas e controle de pragas (MARTINS, 2016).

Marques (2010) verificou maior crescimento dos cladódios laterais da Pitaya quando adubada com cama de frango e bioclásticos marinhos. O pó de rocha, fosfato natural, (remineralizador) está sendo muito utilizado pelos produtores e pode ser aplicado diretamente no solo ou junto com fertilizantes solúveis convencionais (OLIVEIRA, 2019).

2.3 INDÚSTRIA DE FERTILIZANTES

Pode ser definida como fertilizante toda substância mineral ou orgânica, obtida de forma natural ou industrial, que forneça às plantas os nutrientes básicos necessários a seu desenvolvimento (COSTA; SILVA, 2012). Os fertilizantes podem ser minerais, orgânicos ou organominerais, sendo estes últimos uma mistura entre os anteriores. Com a finalidade de potencializar a produção agrícola, o uso de nutrientes em quantidades adequadas, que atendam às necessidades das plantas, resultando em produtividade é fundamental.

O Brasil dispõe de um enorme potencial agrícola. O setor responsável pelo segmento de fertilizantes, é de grande importância para o País, pois potencializa a produtividade, reduzindo o custo de produção por ser produzido majoritariamente no país. Segundo dados da Associação Nacional para Difusão de Adubos em 2016 foram entregues ao mercado 35.506.299 toneladas de fertilizantes, já no ano de 2019, a produção seguiu no mesmo patamar, só janeiro de 2019 o Brasil totalizou 2.700.736 toneladas, considerando um aumento de 10,5% em relação a 2018 (ANDA, 2019).

Visto que a demanda atual em produção de alimentos é grande surge-se o desafio de aumentar produtividade, qualidade, associada à proteção ambiental. É perceptível que o da indústria química de fertilizantes, não se tem uma tradição inovadora, contudo existem pesquisas iniciais no desenvolvimento de fertilizante organomineral e para a utilização de polímeros (COSTA; SILVA, 2012). Este gigante setor põe no mercado a busca crescente por novas inovações tecnológicas que colocam a frente do mercado competidor.

2.3.1 Adubação Orgânica

As vantagens da adubação orgânica são indiscutíveis, pois trazem benefícios de ordem física, química e biológica para o solo (VALADÃO *et al.*, 2011). Na adubação mineral, são utilizados compostos de alta solubilidade e concentração, as formulações e quantidades de adubos a serem empregadas são desenvolvidas buscando fornecer somente o que a determinada cultura necessita para produzir. Já adubação orgânica, a dinâmica é diferente, se na utilização dos adubos industriais, o objetivo é suprir as plantas, a adubação orgânica busca o equilíbrio entre os diferentes constituintes do solo (OLIVEIRA, 2011).

Em 2004, o Decreto nº 4954 de 14/01 aprovou o regulamento da Lei nº 6894 de 16/12/80 (BRASIL, 2004). Neste decreto, os fertilizantes orgânicos são considerados como produtos de natureza fundamentalmente orgânica, obtidos por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal, enriquecido ou não de nutrientes minerais.

Os estercos de animais, os resíduos de culturas e os adubos verdes constituem as principais fontes de adubos orgânicos disponíveis, mas a utilização desses resíduos depende do conhecimento de sua qualidade análise físico-química e microbiológica é importante, porque pelos resultados é possível determinar se o resíduo pode ou não ser utilizado como fonte de nutrientes para as culturas (LACERDA; SILVA, 2014).

Para os resíduos agroindustriais e industriais, a composição varia em função da qualidade e do grau de processamento. Visto que os resíduos disponíveis que são mais utilizados são os bagaços de cana, bagaços de cana hidrolisados, resíduos de algodão, casca de café, bagaços de uva, subprodutos da indústria cervejeira, borra de café, resíduos de matadouros e indústria de carnes e subprodutos da indústria de frutas e legumes (LACERDA; SILVA, 2014).

Embora a adição de adubação orgânica contendo substâncias húmicas apresente inúmeros benefícios comprovados, os humatos comerciais normalmente produtivos em taxas recomendadas, não parecem conter quantidades suficientes das substâncias necessárias para produzir os efeitos benéficos anunciados. A promessa aumento na produção, com aplicação de tais produtos, não parecem ser suficientes para compensar os maiores custos de produção das lavouras (OLIVEIRA, 2011).

Levando em consideração essa afirmação, existem alguns desafios a serem superados, como o desequilíbrio de nutrientes em resíduos orgânicos, concentrações de nutrientes relativamente baixas, a natureza muitas vezes volumosa de fertilizantes orgânicos tornando-se mais difícil o transporte e a distribuição de forma eficiente, falta de conhecimento técnico quanto à quantidade, época e modo de aplicação (CARVALHO, 2010).

Liu *et al.* (2009), aconselham a combinação de condicionadores orgânicos com fertilizantes minerais para estratégias de adubações mais sustentáveis. A dificuldade na recomendação de uma adubação orgânica de forma correta, devido à complexidade de suas moléculas e diferentes fontes de matéria-prima fazem necessários estudos aprofundados que facilitem a separação de substâncias húmicas a fim da utilização precisa na recomendação para melhorar fertilidade do solo e consequentemente aumentar produtividade para diversas culturas.

2.3.2 Aproveitamento de Resíduos

O descarte de resíduos era visto como adequado, incondicionalmente, uma vez que adicionava matéria orgânica e nutrientes ao solo, resolvendo momentaneamente o problema do acúmulo e da deposição em locais inapropriados. Posteriormente, a incorporação de resíduos ao solo passou a ser indagada pelo seu potencial contaminador, principalmente de recursos hídricos (TEDESCO *et al.*, 2008). Os resíduos de origem orgânica, quando adicionados no solo em grandes quantidades, necessitam de cautela e manejo adequado. No entanto, esta adição geralmente é inadequada, pois desconsidera as características do solo e as exigências nutricionais das culturas, o que pode resultar em problemas ambientais, como o escoamento superficial de nitratos e fosfatos, lixiviação de nitratos e a salinização dos solos (CASTILLO *et al.*, 2010).

Contudo, a reciclagem dos resíduos não é inviabilizada. A adição destes ao solo, como fonte de adubação, é uma prática plausível, desde que estes sejam tratados e/ou transformados por meio da compostagem, adicionados em quantidades que estejam de acordo com receituários agrônômicos e legislações vigentes.

Existe uma grande diversidade de matérias primas oriundas de resíduos orgânicos que podem ser utilizados na composição de fertilizantes orgânicos (EDWARDZ, 2004). No entanto, um dos maiores empecilhos para a aceitação e

disseminação da utilização destes fertilizantes está relacionado ao reduzido número de informações tecno-científicas sobre a caracterização química e a resposta agrônômica em diferentes culturas (ANTONIOLLI *et al.*, 2009).

2.4. LEGISLAÇÃO PARA USO DE FERTILIZANTES

A legislação brasileira (BRASIL, 1982) determina os fertilizantes como substâncias minerais ou orgânicas, naturais ou sintéticas, fornecedoras de um ou mais nutrientes das plantas. Sendo classificado em cinco categorias:

- Fertilizante Simples - fertilizante formado de um composto químico, contendo um ou mais nutrientes das plantas;
- Fertilizante Misto - fertilizante resultante da mistura de dois ou mais fertilizantes simples; Fertilizante Orgânico - fertilizante de origem vegetal ou animal contendo um ou mais nutrientes das plantas;
- Fertilizante Organomineral - fertilizante procedente da mistura ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos;
- Fertilizante Composto - fertilizante obtido por processo bioquímico, natural ou controlado com mistura de resíduos de origem vegetal ou animal;
- Fertilizante Complexo - fertilizante contendo dois ou mais nutrientes, resultante de processo tecnológico em que se formem dois ou mais compostos químicos;

A era dos fertilizantes químicos surgiu com o cientista alemão Justus Von Liebig (1803-1873) com a comprovação de que o crescimento das plantas é definido pelos elementos que estão presentes no solo em quantidades adequadas. Segundo Liebig em um solo carente de nutrientes, bastaria adicionar a famosa fórmula química de NPK para que as plantas crescessem mais (ECOAGRI, 2005).

Dos nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas podemos destacar dezesseis elementos que podem ser encontrados no ar, na água e no solo, eles apresentam um papel específico, portando não podem ser substituídos. São eles: carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, manganês, zinco, cobre, boro, cloro e molibdênio. Além disso os nutrientes podem ainda ser divididos em duas classes: macronutrientes e micronutrientes (COSTA; SILVA, 2012).

Os macronutrientes são aqueles utilizados em larga escala como: carbono, hidrogênio, oxigênio, cálcio, magnésio e enxofre, sendo os principais nitrogênio, fósforo e potássio. Já os micronutrientes são adicionados em quantidades muito pequenas, quando não forem oferecidos pelo solo sendo: o boro, cloro, cobre, ferro, manganês, molibdênio, zinco, sódio, silício e cobalto (FERRI, 2010).

Para Dias e Fernandes (2006) a aplicação de fertilizantes aumenta o rendimento das culturas, quando aplicado corretamente e na quantidade exigida para cada cultura, além disso é necessário acompanhar a aplicação para que seja eficaz. Porém como por natureza os solos brasileiros são ácidos, impossibilita a absorção dos nutrientes, elevando ainda mais os custos, portanto se faz necessário a aplicação de neutralizadores de solo, para garantir maior eficiência da adubação.

O Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes do mundo e os principais fatores que valorizaram esse grande consumo foram o crescimento econômico e o conseqüente aumento no consumo de alimentos em países em desenvolvimento (CELLA; ROSSI, 2010). Para Ferri (2010) no Brasil a aplicação de fertilizantes está direcionada para algumas culturas, principalmente soja e milho que correspondem, mais da metade da produção agrícola nacional.

A Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA) divulgou números relativos ao ano de 2019, onde informa que a importação de fertilizantes intermediários alcançou 29,5 milhões de toneladas, com um aumento de 7,3% sobre o ano anterior. Além da importação, o Brasil produziu 6.830 milhões de toneladas, mostrando uma diminuição de 16,4 % comparando a produção do ano de 2018. O total de fertilizantes consumidos no País, segundo a ANDA, passou mais de 35 milhões de toneladas, o que remete a um aumento de 2,1% aos patamares de 2018.

Segundo Taveres e Haberli Jr. (2011), futuramente a agricultura enfrentará vários desafios que estão relacionados com o fato de que a população que vive e trabalha no meio rural tende a diminuir na maioria das regiões, além disso, haverá a necessidade de criação de novas tecnologias com o intuito de extrair mais de uma porção menor de área, tendo diminuição da mão de obra, em conseqüência disso as propriedades estão cada vez mais tecnológicas, produtivas e sustentáveis, sempre buscando alternativas de custo/benefício, e uma opção é a utilização de remineralizadores de solo.

2.5 COMPOSIÇÃO CONHECIDA DO PÓ DE BASALTO

Os basaltos são rochas vulcânicas abundantes no planeta e constituem extensos derrames de lava em diversas regiões. Integram à classe das rochas ígneas, que são formadas pelo resfriamento e solidificação do magma, sendo constituído basicamente por óxidos de silício, alumínio, ferro, cálcio, magnésio, sódio e potássio. O basalto é composto principalmente por minerais de silício, alumínio e ferro, na forma de piroxênios (augita), plagioclásios (labradorita) e magnetita.

Alguns teores de composição química encontrada do basalto é de 43 a 47% de SiO₂, 11 a 13% de Al₂O₃, 10 a 12% de CaO e 8 a 10% de MgO, além de outros óxidos que estão presentes em percentagens inferiores a 5% (SCHIAVON, REDONDO, YOSHIDA, 2007).

Pesquisa realizada por Theodoro, Leonardos e Almeida (2010), obteve dados similares da composição química média dos basaltos e riolitos da Bacia do Paraná demonstrados por Roisemberg e Vieiro (2002), os valores totais de óxidos de nutrientes na rocha foram de 0,33 a 0,58% de P₂O₅, 3,79 a 0,68% de K₂O, 3,11 a 9,89% de CaO e de 1,26 a 5,44% de MgO.

Em estudo realizado por Kautzmann *et al.* (2013), no município de Nova Prata/RS, foi analisado o pó de rocha com partículas menores 0,6 mm, retirado de uma determinada pedreira localizada no município e obteve os seguintes resultados: em relação a porcentagem de óxidos encontrados na amostra, percebe-se uma significativa quantidade de dióxido de silício (SiO₂), conforme observado na Tabela 1. Além do SiO₂, pode-se verificar com expressividade a presença de óxido de alumínio (AlO₃), devido a predominância dos silicatos e alumino silicatos nas rochas.

Tabela 1 – Porcentagem de óxidos encontrados no pó de rocha

Óxidos	%
SiO ₂	65,1
AlO ₃	13,21
Fe ₂ O ₃	6,99
CaO	3,94
K ₂ O	3,58
Na ₂ O	3,34
MgO	1,42
P ₂ O ₅	0,27
MnO	0,12

Fonte: Kautzmann *et al.* (2013).

Esses autores também avaliaram os teores de macronutrientes disponíveis na amostra do pó de rocha. Observou-se quantidade significativas de cálcio, potássio e fósforo conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Teores de macronutrientes disponíveis nas amostras de pó de rocha

Elementos	%	Ppm
Alumínio	0	
Cálcio	0,1	
Magnésio		1
Manganês		3
Fósforo		> 100
Potássio		152
Boro		0,2
Cobre		8,4
Enxofre		1,4
Zinco		1,6

Fonte: Kautzmann *et al.* (2013).

Para a classificação de qualidade agrônômica dos resultados Kautzmann *et al.*, (2013) utilizaram a interpretação de Malavolta (1992), aplicada para solos do Rio Grande do Sul, classificando os teores dos macronutrientes em: limitante, muito baixo, baixo, médio, suficiente e alto, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 – Classificação da qualidade agrônômica para os teores de macronutrientes

Fósforo	alto
Potássio	alto
Cálcio	alto
Magnésio	médio
Enxofre	médio
Boro	médio
Zinco	alto

Fonte: Kautzmann *et al.* (2013).

Esta avaliação mostra valores interessantes de disponibilidade de nutrientes pelos pós de rocha analisados, apresentado altos teores de fósforo, potássio, cálcio e zinco.

2.6 MINERAIS USADOS COMO REMINERALIZADORES E SUA EFICIÊNCIA AGRONÔMICA

Soares (2018), em seu estudo comparou de que maneira as práticas de manejo e o uso dos remineralizadores durante a instalação dos Sistemas Agroflorestais (SAFs) contribuiriam para a melhoria química e física da qualidade do solo e o incremento na retenção de CO₂ realizado por indivíduos arbóreos previamente selecionados. Após as análises verificou-se que o desenvolvimento dos SAFs foi mais expressivo naqueles que utilizaram o pó de rocha, possibilitando, assim, o desenvolvimento de plantas mais vigorosas que se tornam capazes de ampliar o seu potencial de captura e de retenção de CO₂.

Theodoro *et al.* (2013) avaliaram cinco tipos de rochas diferentes, kamafugito, micaxisto carbonático, rocha metamórfica hidrotermalizada, basalto fresco e basalto intemperizado nas culturas de alho, feijão, cenoura, milho e quiabo durante duas safras ao longo de dois anos, na forma de rotação de culturas. Os autores obterão diferentes resultados nas culturas, por conta da diferente disponibilidade de nutrientes nos materiais analisados, mas demonstrou-se sempre positivo em relação a testemunha negativa. A rocha que apresentou o melhor desempenho foi o micaxisto carbonático. Os parâmetros de fertilidade (pH, CTC e C orgânico total) também foram positivamente alterados com o uso de rochas. A disponibilidade dos principais macronutrientes potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) aumentaram em todas as parcelas.

Brugnera (2012) avaliou o uso de pó de rocha basáltica como fertilizante alternativo na cultura da rúcula (*Eruca sativa* L.), em um dos tratamentos utilizou cama de aviário compostada incorporada com o pó. O tratamento composto por mix de cama de aves e pó de rocha mostrou-se quanto ao desenvolvimento muito superior em todos os quesitos analisados, sendo eles: 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 submetidas aos diferentes tratamentos.

Grecco *et al.*, (2013) utilizaram pós de rocha de dacito, basalto hidrotermalizado, magnatito e gradiorito na cultura do milho, em casa de vegetação, recomendando que a granulometria dos materiais usados deve ser determinada para obter um fornecimento de nutrientes mais rápido ou lento às plantas, demonstrando que os pós tiveram efeito positivo na absorção de nutrientes pelas plantas e que a

lenta disponibilização de nutrientes é benéfica. As fontes migmatito e granodiorito tiveram o melhor desempenho para fornecimento mais rápido de potássio (K) às plantas, a granulometria ajustada reduz a rápida liberação de K, pois inibe parcialmente a absorção de Ca e Mg.

Ehlers (2014) avaliou os efeitos do pó de basalto, adicionado em diferentes dosagens a misturas com vermiculita e composto comercial de turfa, no desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis*, aos 180 dias após a semeadura. Após a análises concluiu-se que o pó de basalto, em dosagens de 10 a 20%, adicionado a substratos com misturas de vermiculita e composto à base de turfa, é um elemento de potencial ao desenvolvimento da altura da parte aérea e do diâmetro, nas mudas de *Eucalyptus grandis*. Observou-se também a emergência da parte aérea e a sobrevivência das mudas, cujo percentual, para ambas, foi 100%.

Ramos *et al.* (2016) utilizaram-se de um remineralizador de basalto amigdalóide e zeólitas para testar sua eficiência na cultura de eucalipto, comparando com adubação mineral e orgânica, bem como estudaram a composição mineral e química do remineralizador. Pós as análises verificaram que, embora o remineralizador possua minerais que lhe dão potencial como condicionador de solo, a adição só do remineralizador não proporcionou aumento da produtividade, provavelmente pelo curto período de observação.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE DE PESQUISA

O estudo foi conduzido em ambientes diferentes de pesquisa de acordo com suas etapas e objetivos específicos, os quais seguem:

- Laboratório de solos da Unochapecó, para determinação de granulometria e padronização de amostras do pó de rocha basáltica;
- Laboratório IBRA-SP para determinação de teores químicos e físicos das amostras;
- Laboratório de Solos da Unochapecó para experimentação e produção do aditivo;
- Laboratório UPF em Passo Fundo RS, para análises de solução resultante.

3.2 DELINEAMENTO E ESTRATÉGIA DA PESQUISA

A pesquisa se classifica como pesquisa de campo com abordagem quantitativa e análise descritiva dos dados coletados. Para Marconi e Lakatos (2007) a pesquisa de campo tem objetivo de conseguir informações, comprovar novos fenômenos, ou ainda as relações entre eles.

Vergara (2013) define que a pesquisa de campo é a investigação empírica realizada no local onde ocorre ou ocorreu um fenômeno ou que dispõe de elementos para explicá-lo. A pesquisa de campo foi aplicada com o objetivo de conseguir informações ou conhecimentos oriundos de um problema para o qual se procura uma resposta, ou de uma hipótese que se queira comprovar, ou, ainda, descobrir novos fenômenos ou as relações entre eles (MARCONI; LAKATOS, 1999).

Em um primeiro momento da pesquisa, foi analisada em laboratório especializado a constituinte mineral do pó de basalto de uma jazida da região oeste de Santa Catarina, sendo enviadas amostras padronizadas em quantidade e granulometria conhecidas. Conseqüentemente, foram avaliados os resultados destas amostras para identificação dos minerais presentes e determinação através de parâmetros técnicos destes minerais. A análise dos dados ocorreu pelo método quantitativo e de modo descritivo. O método quantitativo caracteriza-se pelo emprego da quantificação na coleta de informações e no seu tratamento por meio de técnicas estatísticas. Esse método tem a intenção de garantir a precisão dos resultados,

evitando distorções de análise e interpretação (RICHARDSON, 1999). Serão usadas tabelas e gráficos para tabular as informações coletadas.

Já a análise descritiva, segundo Gil (1999) tem por objetivo a descrição das características de determinada população, fenômeno ou variável, enfim, de um grupo. Michel (2009) ressalta que a pesquisa descritiva verifica e explica problemas observando e fazendo relações com influência que o ambiente exerce sobre eles.

3.3 TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS

3.3.1 *Tratamentos e delineamento experimental*

As concentrações de pó de rocha basalto, em diluição térmica líquida de solução orgânica foram delineadas em esquema fatorial (2x3), sendo o Fator A, corresponde a diluição Térmica (°C) e o Fator B a fração do pó de basalto (g), com 4 repetições, totalizando 24 parcelas (Tabela 4).

Tabela 4 – Descrição dos tratamentos do experimento

Diluição Térmica / °C	Fração do Pó de Basalto/g	Fração Solvente Ácido Orgânico /ml	Repetições
50	25	100	1
50	25	100	2
50	25	100	3
50	25	100	4
50	50	100	1
50	50	100	2
50	50	100	3
50	50	100	4
50	100	100	1
50	100	100	2
50	100	100	3
50	100	100	4
18	25	100	1
18	25	100	2
18	25	100	3
18	25	100	4
18	50	100	1
18	50	100	2
18	50	100	3
18	50	100	4
18	100	100	1
18	100	100	2
18	100	100	3
18	100	100	4

Fonte: elaborado pelo autor.

Na etapa seguinte da pesquisa de campo, foi realizada a experimentação e produção do aditivo com metodologia adaptada aos parâmetros técnicos/agronômicos, de viabilidade operacional e econômicos, em laboratório com uso de meio solvente líquido e natural (LIXIVIAÇÃO ÁCIDA, EXTRAÇÃO DE SÓLIDOS ATRAVÉS DE MEIO AQUOSO NESTE CASO COM EXTRATOR ÁCIDO ORGÂNICO), a qual segue:

- 1) Peneirar uma quantidade suficiente de matéria prima, o pó de rocha basalto;
- 2) Fracionar o pó de rocha basalto através de medida de peso em balança de precisão;
- 3) Com a água destilada, formar uma solução com o ácido cítrico;
- 4) Adicionar uma dose da solução de água destilada com ácido orgânico nos backers;
- 5) Adicionar nos backers com a solução formatada, dose do pó de rocha basalto;
- 6) Agitar a mistura para emulsificação e levar ao fogareiro, a determinada temperatura por determinado tempo.
- 7) Após o processo, deixar descansar por determinado tempo e extrair com pipeta a solução aquosa resultante;
- 8) Acondicionar a solução resultante dos tubos Falcon, e identificá-los, para posterior envio ao laboratório para análise de teores.

Por fim, em laboratório, com uso de peneiras com medidas certificadas em micrometros foi realizada a produção do “*filler*” do pó de basalto, sendo fracionado em doses diferentes conforme orientação técnica agrônômica relacionado ao laudo do laboratório quanto a teores e compostos minerais do pó de basalto, realizando a emulsificação do pó de basalto fracionado em solvente estável e purificado (água destilada), usando um agitador mecânico para melhorar a emulsificação das porções; essas foram deixadas em descanso, observando-se a decantação e suspensão após agitação. Do mesmo modo, foram levadas as amostras ao laboratório de Análises líquidas os resultantes para avaliação de teores obtidos em determinadas repetições.

3.3.2 Variáveis Respostas

As variáveis respostas analisadas foram:

- N;
- P₂O₅;
- K₂O;
- Ca;

- Mg;
- S;
- Zn;
- Cu;
- Mn;
- B;
- Co;
- Mo;
- Fe, as quais seguiram as respectivas metodologias (Tabela 5).

Tabela 5 – Metodologias utilizadas no experimento

Ensaio de Insumo		
Parâmetro	LQ	Técnica
Ensaio acreditado pela ISO/IEC 17025. O(s) Relatório(s) de Ensaio(s) serão emitido(s) com o selo de acreditação.		
Nitrogênio Total	0,25 %	⁹ Titulometria
Ensaio não acreditado		
Fósforo Total	0,2 %	⁷ Gravimetria
Potássio (HNO ₃ + HClO ₄)	0,11 %	⁵ Espectrometria de Emissão Atômica
Cálcio (HNO ₃ + HClO ₄)	0,12 %	⁴ Espectrometria de Absorção Atômica
Magnésio (HNO ₃ + HClO ₄)	0,13 %	⁴ Espectrometria de Absorção Atômica
Enxofre (sol. em Água)	0,13 %	⁶ Gravimetria
Boro	0,01 %	² Espectrofotometria
Cobre (HNO ₃ + HClO ₄)	0,05 ppm	³ Espectrometria de Absorção Atômica
Manganês (HNO ₃ + HClO ₄)	0,08 ppm	³ Espectrometria de Absorção Atômica
Ferro (HNO ₃ + HClO ₄)	0,04 ppm	³ Espectrometria de Absorção Atômica
Zinco (HNO ₃ + HClO ₄)	0,09 ppm	³ Espectrometria de Absorção Atômica
Alumínio (HNO ₃ + HClO ₄)	0,09 ppm	¹ Espectrometria de Absorção Atômica
Sódio (HNO ₃ + HClO ₄)	0,2 ppm	¹ Espectrometria de Emissão Atômica
Matéria Orgânica	0,3 %	¹ Gravimetria
Umidade (65 °C)	0,24 %	⁸ Perda por Secagem
Cinzas	N/A	¹ Cálculo
		Qtde de itens: 16

Legenda:

- (c) Ensaio realizado em campo
- (s) Ensaio subcontratado

Referência(s):

- (1) MP FERT 01 - Manual de Procedimentos do Laboratório de Fertilizantes
- (2) Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Correlivos. Brasil, 2017 Cap. III Item E9
- (3) Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Correlivos. Brasil, 2017 Cap. III Item E10
- (4) Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Correlivos. Brasil, 2017 Cap. III Item E7
- (5) Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Correlivos. Brasil, 2017 Cap. III Item E6
- (6) Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Correlivos. Brasil, 2017 Cap. III Item E8
- (7) Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Correlivos. Brasil, 2017 Cap. III Item E2
- (8) Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Correlivos. Brasil, 2017 Cap. III Item D1
- (9) Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Correlivos. Brasil, 2017 Cap. III Item E 1.1

Fonte: IBRA (2022).

3.4 TÉCNICAS DE ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P \leq 0,05$) e as diferenças entre as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey ($P \leq 0,05$). O aplicativo computacional utilizado foi o SISVAR – Sistema de análise de variância para dados balanceados (FERREIRA, 2010) e para análise descritiva os dados coletados foram analisados conforme Piana, Machado e Selau (2009); tais dados foram interpretados por intermédio da elaboração de tabelas com base nas Normas de Apresentação Tabular do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1993).

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS DADOS

Para os nutrientes N (Tabela 6), Ca (Tabela 11), S (Tabela 15), B (Tabela 20) e Fe (Tabela 25) é possível perceber que em relação ao fator Diluição Térmica não houve diferença significativa entre os tratamentos diluição fria e quente.

Resultados contrários foram obtidos em relação ao fator Diluição Térmica com os nutrientes P_2O_5 (Tabela 8), Mg (Tabela 13) e Co (Tabela 22), os quais apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos diluição quente e fria, com destaque para o tratamento diluição quente.

O nutriente B (Tabela 21) é possível perceber que em relação ao fator Fração não houve diferença significativa entre os tratamentos 25g, 50g e 100g.

Ainda em relação ao fator Fração, se percebe que os nutrientes N (Tabela 7), P_2O_5 (Tabela 9), Ca (Tabela 12), Mg (Tabela 14) e Co (Tabela 23) apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos 25g, 50g e 100g com destaque para o tratamento fração 100g, com exceções nos nutrientes S (Tabela 16) e Fe (Tabela 26), os quais a fração de 50g se igualou significativamente a fração 100g.

Em relação a interação Diluição Térmica x Fração houve diferenças significativas para os nutrientes K_2O (Tabela 10), Zn (Tabela 17), Cu (Tabela 18), Mn (Tabela 19) e Mo (Tabela 24). Ao desdobrar a respectiva interação é possível analisar que a Diluição Térmica quente se destaca em todas as Frações (25g, 50g e 100g) para o nutriente K_2O (Tabela 10). Para o nutriente Zn (Tabela 17), a interação Diluição fria na fração 100g apresentou os melhores resultados. Já o nutriente Cu (Tabela 18), a interação que se destacou significativamente foi a Diluição quente na Fração de 50g. Em relação aos nutrientes Mn (Tabela 19) e Mo (Tabela 24) a interação que revelou diferenças significativas foi a Diluição Quente na Fração 100g.

A análise de variância não revelou efeito significativo ($P>0,05$) do fator Diluição Térmica em relação à variável resposta Nitrogênio (Tabela 6).

Tabela 6 – Nitrogênio do experimento em relação ao fator diluição térmica (Chapecó, SC – 2022)

Diluição	N
	------(%)-----
Fria	0,136 a
Quente	0,137 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P\leq 0,05$).

Fonte: elaborado pelo autor.

A análise de variância revelou efeito significativo ($P \leq 0,05$) do fator Fração em relação à variável resposta Nitrogênio (Tabela 7).

Tabela 7 – Nitrogênio do experimento em relação ao fator fração (Chapecó, SC – 2022)

Fração (g)	N
	-----(%)-----
25	0,117 c
50	0,135 b
100	0,158 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Fonte: elaborado pelo autor.

A análise de variância revelou efeito significativo ($P \leq 0,05$) do fator Diluição Térmica em relação à variável resposta P_2O_5 (Tabela 8).

Tabela 8 – Fósforo do experimento em relação ao fator diluição térmica (Chapecó, SC – 2022)

Diluição Térmica	P_2O_5
	-----(%)-----
Fria	0,105 b
Quente	0,118 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Fonte: elaborado pelo autor.

A análise de variância revelou efeito significativo ($P \leq 0,05$) do fator Fração em relação à variável resposta P_2O_5 (Tabela 9).

Tabela 9 – P_2O_5 do experimento em relação ao fator fração (Chapecó, SC – 2022)

Frações (g)	P_2O_5
	-----(%)-----
25	0,101 b
50	0,108 b
100	0,125 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Fonte: elaborado pelo autor.

A análise de variância revelou efeito significativo ($P \leq 0,05$) da interação Diluição Térmica x Fração em relação à variável resposta K_2O (Tabela 10).

Tabela 10 – K_2O do experimento em relação a interação Diluição Térmica x Fração (Chapecó, SC – 2022)

Diluição Térmica	Fração (g)		
	25	50	100
	------(%)-----		
Fria	0,160 bB	0,165 bB	0,192 bA
Quente	0,180 aB	0,185 aB	0,252 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Fonte: elaborado pelo autor.

A análise de variância não revelou efeito significativo ($P > 0,05$) do fator Diluição Térmica em relação à variável resposta Cálcio (Tabela 11).

Tabela 11 – Cálcio do experimento em relação ao fator diluição térmica (Chapecó, SC – 2022)

Diluição	Ca
	------(%)-----
Fria	0,843 a
Quente	0,852 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Fonte: elaborado pelo autor.

A análise de variância revelou efeito significativo ($P \leq 0,05$) do fator Fração em relação à variável resposta Cálcio (Tabela 12).

Tabela 12 – Cálcio do experimento em relação ao fator fração (Chapecó, SC – 2022)

Fração (g)	Ca
	------(%)-----
25	0,800 c
50	0,839 b
100	0,905 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Fonte: elaborado pelo autor.

A análise de variância revelou efeito significativo ($P \leq 0,05$) do fator Diluição Térmica em relação à variável resposta Magnésio (Tabela 13).

Tabela 13 – Magnésio do experimento em relação ao fator diluição térmica (Chapecó, SC – 2022)

Diluição	Mg
	-----(%)-----
Fria	0,052 b
Quente	0,067 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Fonte: elaborado pelo autor.

A análise de variância revelou efeito significativo ($P \leq 0,05$) do fator Fração em relação à variável resposta Magnésio (Tabela 14).

Tabela 14 – Magnésio do experimento em relação ao fator fração (Chapecó, SC – 2022)

Fração (g)	Mg
	-----(%)-----
25	0,046 c
50	0,059 b
100	0,074 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Fonte: elaborado pelo autor.

A análise de variância não revelou efeito significativo ($P > 0,05$) do fator Diluição Térmica em relação à variável resposta Enxofre (Tabela 15).

Tabela 15 – Enxofre do experimento em relação ao fator diluição térmica (Chapecó, SC – 2022)

Diluição	S
	-----(%)-----
Fria	0,602 a
Quente	0,643 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Fonte: elaborado pelo autor.

A análise de variância revelou efeito significativo ($P \leq 0,05$) do fator Fração em relação à variável resposta Magnésio (Tabela 16).

Tabela 16 – Enxofre do experimento em relação ao fator fração (Chapecó, SC – 2022)

Fração (g)	S
	-----(%)-----
25	0,550 b
50	0,650 ab
100	0,666 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Fonte: elaborado pelo autor.

A análise de variância revelou efeito significativo ($P \leq 0,05$) da interação Diluição Térmica x Fração em relação à variável resposta Zinco (Tabela 17).

Tabela 17 – Zinco do experimento em relação a interação Diluição Térmica x Fração (Chapecó, SC – 2022)

Diluição Térmica	Fração (g)		
	25	50	100
	-----(Mg.dm^{-3})-----		
Fria	0,003 aB	0,003 aB	0,010 aA
Quente	0,002 aA	0,006 aA	0,003 bA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Fonte: elaborado pelo autor.

A análise de variância revelou efeito significativo ($P \leq 0,05$) da interação Diluição Térmica x Fração em relação à variável resposta Cobre (Tabela 18).

Tabela 18 – Cobre do experimento em relação a interação Diluição Térmica x Fração (Chapecó, SC – 2022)

Diluição Térmica	Fração (g)		
	25	50	100
	-----(Mg.dm^{-3})-----		
Fria	0,006 aA	0,006 bA	0,009 aA
Quente	0,023 aB	0,080 aA	0,010 aB

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Fonte: elaborado pelo autor.

A análise de variância revelou efeito significativo ($P \leq 0,05$) da interação Diluição Térmica x Fração em relação à variável resposta Manganês (Tabela 19).

Tabela 19 – Manganês do experimento em relação a interação Diluição Térmica x Fração (Chapecó, SC – 2022)

Diluição Térmica	Fração (g)		
	25	50	100
	-----(Mg.dm^{-3})-----		
Fria	0,007 aAB	0,006 bB	0,008 bA
Quente	0,008 aB	0,008 aB	0,011 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Fonte: elaborado pelo autor.

A análise de variância não revelou efeito significativo ($P > 0,05$) do fator Diluição Térmica em relação à variável resposta Boro (Tabela 20).

Tabela 20 – Boro do experimento em relação ao fator diluição térmica (Chapecó, SC – 2022)

Diluição	Boro
	-----(Mg.dm^{-3})-----
Fria	0,022 a
Quente	0,029 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Fonte: elaborado pelo autor.

A análise de variância não revelou efeito significativo ($P > 0,05$) do fator Fração em relação à variável resposta Boro (Tabela 21).

Tabela 21 – Boro do experimento em relação ao fator fração (Chapecó, SC – 2022)

Fração (g)	Mg
	-----(Mg.dm^{-3})-----
25	0,018 a
50	0,032 a
100	0,026 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Fonte: elaborado pelo autor.

A análise de variância não revelou efeito significativo ($P \leq 0,05$) do fator Diluição Térmica em relação à variável resposta Cobalto (Tabela 22).

Tabela 22 – Cobalto do experimento em relação ao fator diluição térmica (Chapecó, SC – 2022)

Diluição	Cobalto	
	-----(Mg.dm^{-3})-----	
Fria	0,006 b	
Quente	0,007 a	

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Fonte: elaborado pelo autor.

A análise de variância revelou efeito significativo ($P \leq 0,05$) do fator Fração em relação à variável resposta Cobalto (Tabela 23).

Tabela 23 – Cobalto do experimento em relação ao fator fração (Chapecó, SC – 2022)

Fração (g)	Co	
	-----(Mg.dm^{-3})-----	
25	0,005 c	
50	0,006 b	
100	0,008 a	

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Fonte: elaborado pelo autor.

A análise de variância não revelou efeito significativo ($P > 0,05$) da interação Diluição Térmica x Fração em relação à variável resposta Molibdênio (Tabela 24).

Tabela 24 – Molibdênio do experimento em relação a interação Diluição Térmica x Fração (Chapecó, SC – 2022)

Diluição Térmica	Fração (g)		
	25	50	100
	-----(Mg.dm^{-3})-----		
Fria	0,013 aB	0,015 aAB	0,016 bA
Quente	0,013 aB	0,015 aB	0,019 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Fonte: elaborado pelo autor.

A análise de variância não revelou efeito significativo ($P \leq 0,05$) do fator Diluição Térmica em relação à variável resposta Ferro (Tabela 25).

Tabela 25 – Ferro do experimento em relação ao fator diluição térmica (Chapecó, SC – 2022)

Diluição	Fe
	-----(Mg.dm^{-3})-----
Fria	0,013 a
Quente	0,013 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Fonte: elaborado pelo autor.

A análise de variância revelou efeito significativo ($P \leq 0,05$) do fator Fração em relação à variável resposta Ferro (Tabela 26).

Tabela 26 – Ferro do experimento em relação ao fator fração (Chapecó, SC – 2022)

Fração (g)	Fe
	-----(Mg.dm^{-3})-----
25	0,012 b
50	0,013 ab
100	0,015 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Fonte: elaborado pelo autor.

Para as variáveis respostas que foram interpretadas descritivamente (Figuras 1 e 2), utilizou-se a cor vermelha para os nutrientes que ficaram com a média abaixo do mínimo exigido pelo MAPA. A cor amarela foi utilizada para os nutrientes que ficaram abaixo da média porém apresentaram viabilidade técnica e a cor verde foi relacionada para os nutrientes que ficaram com a média ponderada acima do mínimo exigido pelo MAPA e conseqüentemente possuem viabilidade técnica.

Figura 1 – Resultados x Mínimo exigido pelo MAPA líquido do tratamento suspensão líquida do pó de basalto (Chapecó, SC – 2022)

Resultados x Mínimo exigido (MAPA) - Líquido

Média ponderada tecnicamente quanto a caracterização do Suspensão Líquida do pó de basalto:

Nomenclatura de cores:

Vermelho: abaixo

Amarelo: abaixo mas tecnicamente viável

Verde: acima totalmente viável

COMPONENTE	TEOR MÍNIMO (%)		Amostras em Suspensão Líquida
	Produto Sólido ou Fluido	Produto Fluido	
Nitrogênio (N)	1		0,16
Fósforo (P2O5)	1		0,16
Potássio (K2O)	1		0,25
Cálcio (Ca)	1		0,91
Magnésio (Mg)	1		0,08
Enxofre (S)	1		0,68
Boro (B)	0,01		0,03
Cloro (Cl)	0,1		
Cobalto (Co)	0,005		0,008
Cobre (Cu)	0,02		0,01
Ferro (Fe)	0,02		0,16
Manganês (Mn)	0,02		0,01
Molibdênio (Mo)	0,005		0,017
Níquel (Ni)	0,005		
Selênio (Se)	0,003		
Silício (Si)	0,05		
Zinco (Zn)	0,1		0,003

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 2 – Resultados x Mínimo exigido pelo MAPA líquido do tratamento pó de basalto (Chapecó, SC – 2022)



Fonte: elaborado pelo autor.

Trabalhos científicos realizados por diferentes autores também evidenciam a viabilidade técnica do pó de basalto, são eles:

Conforme Silva *et al.* (2011), a técnica da rochagem é uma prática antiga na agricultura que foi esquecida com o uso de fertilizantes solúveis. Seu uso está sendo retomado por três motivos:

- 1) fontes de nutrientes importados, em especial o potássio (K);
- 2) aproveitamento de rejeitos de pedreiras e mineradoras;
- 3) expansão da agricultura agroecológicas que tem restrição ao uso de fertilizantes solúveis.

Segundo Hensel (2003), as farinhas de rocha eram comercializadas na Alemanha, Império Austro- Húngaro, Suíça e Suécia desde 1870 até a vinda de fertilizantes altamente solúveis. A aceitação da teoria de adubar tendo em conta os elementos encontrados nas cinzas das sementes com seu alto conteúdo em fósforo, sem considerar que a planta durante a maturação e antes do processo de diferenciação de suas partes, requer quantidades muito diferentes dos nutrientes de base.

Os silicatos são pouco solúveis em água e ácido clorídrico, entretanto não resistem a ação da água e as forças do sol. Pode ser encontrado dissolvido em águas termais junto com outras substâncias provenientes de rochas primitivas. A afirmação de que os silicatos das bases são insolúveis são postas em contradição pelas árvores, palhada e nas folhas onde o ácido silícico é acumulado pelo transporte da evaporação da água, presente nas cinzas das plantas (HENSEL, 2003).

Ainda conforme Hensel (2003) pode-se citar a solubilidade do ácido silícico nos ramos e folhas de plantas que crescem na água ou nos terrenos úmidos. Há exemplo, temos os juncos em combustão deixam de 1 a 3 % de cinzas onde mais de dois terços são de ácido silícico; 6% de cinzas da taboa, um terço é ácido silícico; a cavalinha deixa 20% de cinzas, sendo metade ácido silícico.

O ácido silícico e os silicatos não são insolúveis, eles entram assim como todas as demais combinações salinas na mais íntima combinação com ácido glicólico, COOCHH - que intra molecularmente se encontra presente na celulose das plantas e, igualmente com o amoníaco da clorofila. Os silicatos se juntam às plantas que crescem a partir deles, melhorando sua nutrição, onde as folhas recebem uma menor quantidade de água e os frutos, caules obtêm uma maior quantidade de cálcio, e são mais completos e nutritivos. Durante o amadurecimento dos frutos, o fósforo deposita-se principalmente na semente, e o silício nas folhas e caules (HENSEL, 2003).

De acordo com Silva *et al.* (2011), a rochagem tem potencial para aplicação direta ao solo, quer seja, pó de rocha ou materiais finos, resultantes da moagem das rochas, utilizadas como fonte de nutrientes. O pó de rocha proveniente de rochas silicatadas moídas pode ser conceituado como agrominerais ou remineralizadores.

A rochagem representa uma alternativa também sob o aspecto social e ambiental, uma vez que promove o aproveitamento de grandes quantidades de rejeitos de pedreiras e mineradoras (BERGMANN; THEODORO, 2009).

Lichs *et al.*, (2019) verificaram que o resíduo de rejeitos da marmoraria utilizados como remineralizadores do solo estimulou o desenvolvimento da microbiota do solo em culturas de feijão. Os teores CaO (óxido de cálcio), entre 14,29% e 19,09% presentes nos rejeitos dos mármore beneficiados, reconheceram o pó de rocha como calcínicos, e quando adicionado ao solo regulou o pH de 5,4 para 6,7, aumentando a microbiota do solo (microorganismos benéficos como fungos, bactérias e vírus), minhocas e micorrizas nas proporções de 1,5 a 3 T/ha.

Conforme Melamed e Neto (2009), o pó de rocha ou basalto apresenta bom equilíbrio de nutrientes, controla a erosão do solo evitando perdas por lixiviação e melhor desenvolvimento das plantas cultivadas, resistência a pragas e doenças e condições climáticas.

Segundo Amparo (2003) o pó de rocha possui vantagem com relação aos fertilizantes solúveis, como redução de mão-de-obra dispensando adubações frequentes devido ao seu efeito prolongado, beneficiando a absorção de cálcio e magnésio e a fixação do fósforo solúvel na presença da sílica, além de ser matéria prima brasileira podendo ser facilmente explorada e encontrada em quase todo o Brasil.

A aplicação do pó de rocha pode alcançar os padrões de fertilidade de diferentes regiões do Brasil atendendo as necessidades regionais, na conservação dos recursos naturais e na produtividade com técnicas sustentáveis (THEODORO, 2000). Entre estas técnicas, as rochas ricas em silicatos também podem através da corrosão química impedir que os gases do efeito estufa, sejam liberados pela presença do dióxido de silício (HENSEL, 2003).

Pesquisas realizadas desde 2009 com o pó de rocha, onde testes agronômicos em casa de vegetação, mostram a importância da ação de microrganismos presentes no solo para a liberação dos minerais pelo agromineral (EMBRAPA, 2014).

O MAPA por meio da Lei 12.890/2013, regulamentados nas instruções normativas 5 e 6 conceitua como remineralizador (agrominerais silicáticos) todo 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 (MARTINS, 2016).

Atualmente, no MAPA há 14 agrominerais registrados, com grande potencial para outros. O pesquisador geólogo Dr. Éder de Souza Martins da Embrapa Cerrados comenta que a viabilização do uso do pó de rocha como fonte de potássio na agricultura iria fortalecer pequenas mineradoras nacionais, com agregação de valor ao rejeito e novos empregos, beneficiando a propriedade familiar com o uso tecnologia de baixo custo (EMBRAPA, 2014).

Estes remineralizadores de solos podem fornecer macro (Ca, Mg, K), micronutrientes e elementos benéficos para as plantas (Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Ni, Se, Si, cobre, ferro, manganês, molibdênio, zinco, níquel, selênio e silício, respectivamente). As rochas silicáticas são ricas em cálcio e magnésio, e determinadas rochas ricas em potássio. Como exemplo temos basaltos, anfíbolitos, ultramáfica (p.ex., serpentinitos, dunitos, piroxenitos são fontes de cálcio, magnésio e silício), alcalina (p.ex., kamafugitos (fontes de cálcio, magnésio, potássio e silício), além de rochas metamórficas (biotita, xistos, fontes naturais de potássio). Há necessidade de novos estudos em relação a forma de aplicação nos diferentes sistemas de cultivos (MARTINS, 2016).

Estudos mostram que a eficiência agronômica dos agrominerais silicáticos incorporados ao solo tem efeito de curto prazo e residual em cultivos anuais, contudo há necessidade de novas pesquisas em relação à forma de aplicação nos diferentes sistemas de cultivos. Sua eficiência depende da atividade biológica da rizosfera das plantas que promove o biointemperismo dos aluminossilicatos presentes nos agrominerais silicatos (MARTINS, 2016).

Silva *et al.*, (2011) complementam que o pó de rocha pode representar uma opção aos fertilizantes químicos como fonte de nutrientes e a sua junção com materiais que proporcionam grande atividade biológica, como os excrementos animais, os quais influenciam na liberação de nutrientes para o solo e no processo de alteração dos minerais.

Para Melo (2014) pó basáltico pode ser oferecido como uma alternativa de fertilizante, também para a correção do solo, o que vai depender da composição rochosa, e suas condições do solo. Para Kiehl (1985) os microrganismos produzem substâncias capazes de acelerar a decomposição da rocha liberando os minerais, sendo que os esterco de animais possuem grande quantidade de microrganismos.

Pesquisas desenvolvidas no Brasil e no exterior comprovam a vantagem no uso da remineralização na produção com adição de nutrientes e elementos benéficos nas rochas moídas, quando comparados com o uso de fertilizantes prontamente solúveis (RIBEIRO, 2018), obtendo redução de custos devido ao baixo custo de beneficiamento e por estar distribuídas em várias regiões do País.

O uso do pó de rocha no solo diminui a acidez com o tempo, reestrutura o solo melhorando a quantidade de oxigênio, reduzindo custos com fertilizantes químicos. Para as plantas há aumento do poder de germinação das sementes, melhora o desenvolvimento das raízes e parte aérea, o caule e a casca ficam mais grossos, e folhas criam uma película protetora contra doenças, ventos e geadas. Os alimentos têm maior peso, durabilidade após a colheita, maior teor de nutrientes, coloração e sabor acentuados e melhor sanidade (MARTINS; GUTTERRES; VIANA, 2011).

Theodoro e Leonardos (2006) verificaram aumento do pH e nos teores de Ca, Mg, P e K no solo após o primeiro ano com uso do pó de rocha. Estudos realizados por estes pesquisadores, em parceria com agricultores familiares de um assentamento rural, demonstraram vantagens econômicas e ambientais significativas com rochagem no milho, arroz, mandioca, cana de açúcar e hortifrutigranjeiros.

Em experimento com feijoeiro, verificou-se após o primeiro ano que todos os tratamentos com pó de basalto proporcionaram produtividades similares quando comparados aos tratamentos com calcário e do calcário com adubo convencional, e aumento nos teores de Ca e Mg do solo (NICHELE, 2006).

Almeida, Almeida e Mafra (2004) testaram o pó de basalto isolado e associado ao esterco bovino, em cultivo de feijão, observaram que os maiores rendimentos foram com 2 t/ha de pó de basalto, seguido do tratamento com 4 t/ha de basalto associado ao esterco bovino.

Embora no Brasil a técnica de rochagem seja recente, em outros países seu uso é considerado convencional para muitos agricultores. Gillman (1980) comenta sobre o uso do pó de basalto nos Estados Unidos e Europa para amenizar o odor da pecuária, higienização das instalações e prevenção de problemas nos cascos dos animais. Também é usado na horticultura como enriquecimento de composto, em solos degradados, como remineralizador e substrato para controle de pragas e doenças. Na agricultura em geral melhora a estrutura do solo, e atua no suprimento de micronutrientes quando aplicado na quantidade de 0,5 a 2 t/ha (KNAPIK, 2007).

Os remineralizadores provenientes de basaltos amigdalóides a zeolitas foram testados para retenção de compostos nitrogenados nos dejetos da suinocultura, e estão sendo utilizados como fração mineral de composto do tipo adubo orgânico, estando em processo de certificação agrônômica (BERGAMANN, 2019). A consolidação de uma nova agricultura relaciona o uso de agrominerais (remineralizadores de solo), resíduos culturais, dejetos animais, adição aos produtos e coprodutos de processos biológicos (fungos, bactérias, actinomicetos e micorrizas) para o crescimento de plantas e controle de pragas (MARTINS, 2016).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições em que a presente pesquisa foi conduzida, os resultados obtidos permitem concluir que:

Ao analisar estatisticamente de forma inferencial e descritiva a metodologia proposta é considerada tecnicamente eficiente para extração de macro e micronutrientes presentes no pó de basalto com destaque para a diluição quente com 100 ml de soluto e 50g de pó de basalto.

REFERÊNCIAS

ABISOLO. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE TECNOLOGIA EM NUTRIÇÃO VEGETAL. **MAPA divulga novas Instruções Normativas sobre fertilizantes**. [S.l.], 2016. Disponível em: <<https://abisolo.com.br/2016/03/23/mapa-divulga-novas-instrucoes-normativas-sobre-fertilizantes/>>. Acesso em: 02 nov. 2022.

ALMEIDA, A. N. de. **Atributos químicos e físicos de latossolo decorrentes da aplicação de pó de metabasalto**. 2018. 50 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2018.

ALMEIDA, J. A.; ALMEIDA, K. A. de; MAFRA, A. L. Saprólito de basalto com zeólitas como fonte de nutrientes as plantas. In: **XXVI Reunião de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas**, Lages, 2004. Resumos. Lages: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2004. 1 CD (Resumos/FSNP).

AMPARO, A. Farinha de rocha e biomassa. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 20, n. 1, p. 10-12, Botucatu, ago/set., 2003.

ANDA. ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA A DIFUSÃO DE ADUBOS. **Estatísticas 2019**. 2019. Disponível em: <http://anda.org.br/wpcontent/uploads/2020/05/Principais_Indicadores_2019.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2022.

ANTONIOLLY, Z. I.; STEFFEN, G. P. K.; STEFFENS, R. B. Utilização de casca de arroz e esterco bovino como substrato para multiplicação de *Eisenia fetida Savigny* (1826). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, v.3, p. 824-830, 2009.

BERGAMANN, M. **Grupo serra geral no estado do rio grande do sul: agrominerais para uso em remineralização e correção de solos**. XI Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia. Bento Gonçalves, 2019.

BERGMANN, M. F. THEODORO, S. M. de C. H. Rochagem Viabilizando o uso sustentável dos descartes de mineração no Distrito mineiro de Ametista do Sul (DMAS), RS, BRASIL. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM: Rochagem e fertilidade do solo, 2009, Brasília. **Anais...** Brasília – DF: Embrapa Cerrados, p. 137-145, 2010.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução Normativa nº 05 de 10 de março de 2016**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 mar.2016. Disponível em: <<http://www.in.gov.br/autenticidade.html>>. Acesso em: 02 nov. 2022.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução Normativa nº 06 de 10 de março de 2016**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 mar.2016. Disponível em: <http://www.in.gov.br/materia/-31/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/21393222/do1-2016-03-14-instrucao-normativa-n-6-de-10-de-marco-de-2016-21393092>. Acesso em: 02 nov. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº. 86.955, de 18 de fevereiro de 1982.** Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes. Diário Oficial da União, Brasília, 24 fev 1982. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1980-1987/decreto-86955-18-fevereiro-1982-436919-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: 02 nov. 2022.

BRITO, R. S. de *et al.* **Rochagem na agricultura:** importância e vantagens para adubação suplementar. SAJEBTT, Rio Branco, UFAC. v.6, n.1, p. 528-540, 2019. ISSN: 2446-4821.

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 (Curso de Engenharia Agrônômica) - Faculdade Dinâmica das Cataratas, Foz do Iguaçu, 2012.

CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M.; SILVA, A. F. Cultivares de alface em diferentes ambientes de cultivo e adubos orgânicos no Norte Mato-grossense. **Multitemas**, Campo Grande, MS, n. 45, p. 47-59, 2014.

CASTILLO, H. *et al.* Effect of Californian red worm (*Eisenia foetida*) on the nutriente dynamics of mixture of semicomposted materials. **Bioresource Technology**, v.102, p. 4171-4178, 2010.

CELLA, D.; ROSSI, M. C. de L. Análise do mercado de fertilizantes no Brasil. **Revista Interface Tecnológica**, Taquaritinga, v. 7, n. 1, p. 41-50, 2010.

COSTA, L. M. da; SILVA, M. F. de O. **A indústria química e o setor de fertilizantes** In: BNDES 60 anos: perspectivas setoriais. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, p. 12-60, 2012.

CRISTAN, C. A. **Basalto agrícola**, 2002. Disponível em: <<http://www.socitrus.com.br/basalto.htm>>. Acesso em: 02 nov. 2022.

DIAS, V. P; FERNANDES, E. **Fertilizantes:** uma visão global sintética. BNDES Setorial. Rio de Janeiro: BNDES, n. 24, p. 97-138, 2006.

ECOAGRI. COMUNIDADE AGROECOLÓGICA. **A agricultura no século 20.** [S.l.], 2005. Disponível em: <<http://www.ecoagri.com.br/a-agricultura-no-seculo-20/>>. Acesso em: 02 nov. 2022.

EDWARDS, C. A. The use of earthworms in the breakdow and management of organic wastes. In: EDWARDS, C.A (Org). **Eartworm Ecology**. Boca Raton: St. Lucie Press, p. 327-354, 2004.

EHLERS, T.; ARRUDA, G. O. S. F. de. Utilização do pó de basalto em substratos para mudas de *Eucalyptus grandis*. **Floresta e Ambiente**, Xanxerê, p. 1-8, 21 jan. 2014.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Pó de Rocha**. 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/17973045/po-de-rocha-sera-nova-fonte-de-potassio-para-agricultura>>. Acesso em: 02 nov. 2022.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GOTZ, L. F. **Uso de remineralizador e esterco bovino em solo cultivado com trigo**. 2017. 31 f. Trabalho de conclusão de curso. (Bacharel em Agronomia) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, 2017.

GRECCO, M. F. *et al.* Efeito de rochas moídas e torta de tungue sobre a concentração e acumulação de nutrientes na parte aérea de plantas de milho (*Zea mays*). In: **Anais II Congresso Brasileiro de Rochagem**, Minas Gerais, 2013.

HENSEL, J. **Pães de pedra**. Pesquisa e tradução: LANDGRAF, H.; RIVERA, J. R.; PINHEIRO, S. São Paulo, 2003.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Normas de apresentação tabular**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Centro de documentação e disseminação de informações. 3ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993, 62p. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv23907.pdf> > Acesso em: 02 nov. 2022.

KAUTZMANN, R. M. *et al.* **Caracterização de pó de rocha vulcânica para uso em rochagem no nordeste do Rio Grande Do Sul**. XXV Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa & VIII Meeting of the Southern Hemisphere on Mineral Technology, Goiânia, 20-24, out. 2013.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995.

LEINS, V.; AMARAL, S. E. **Geologia Geral**. São Paulo: Ed. Nacional, 1995.

LICHS, K. *et al.* **Utilização de resíduos do beneficiamento de rochas ornamentais com a finalidade de remineralização de solos**. XI Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia. Bento Gonçalves, 2019.

LIU, M. *et al.* Organic amendments with reduced chemical fertilizer promote soil microbial development and nutrient availability in a subtropical paddy field: the influence of quantity, type and application time of organic amendments. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 42, n. 2, p. 166-175, Jun. 2009.

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.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2007. 135p.

MARQUES, V. B. **Germinação, fenologia e estimativa do custo de produção da pitaya [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose]**. Lavras, 2010; 141f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

MARTINS, E. S. Remineralizadores como fontes de nutrientes. **FORTBIO 2016**. “Rumo aos desafios”. Palestra evento. Sociedade Brasileira do Solo, SBCS: Goiânia, 2016.

MARTINS, G.; GUTTERRES, L. M.; VIANA, P. R. **Práticas Agroecológicas na agricultura familiar**. Maquiné, RS, 2011.

MEDEIROS, F. de P. **Uso dos remineralizadores associado a policultivos para produção da palma forrageira no semiárido baiano**. 2017. 132 f. Dissertação. (Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural) - Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

MELAMED, R.; NETO, J. F. **Fertilizantes: agroindústria e sustentabilidade**. CETEM/MCT: Rio de Janeiro, 2009.

MELLO, F. R. **Avaliação das características físico-químicas e atividade antioxidante da Pitaya e determinação do potencial do mesocarpo como corante natural para alimentos**. Curitiba, 2014. 101f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

MICHEL, M. H. **Metodologia e pesquisa científica em ciências sociais**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 204 p.

MIRANDA, N. O. *et al.* **Variabilidade espacial da produtividade do meloeiro em áreas de cultivo fertirrigado**. Horticultura Brasileira, Brasília, v.23, n.2, p.260-265, abr-jun 2005.

NICHELE, É. R. **Utilização de minerais no desenvolvimento de plantas e na mitigação de odores em criações animais confinadas**. Lages, 2006. 86f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Centro de Ciências Agroveterinárias/UDESC, Lages, 2006.

NOVOTNY, E. H. estudos espectroscópicos e cromatográficos de substâncias húmicas de solos sob diferentes sistemas de preparo. **Instituto de Química de São Carlos**, da Universidade de São Paulo, 2004.231p. Tese (Doutorado em Ciências - Físico Química).

OLIVEIRA, E. M.; QUEIROZ, S. B. de; SILVA, V. F. da. Influência da matéria orgânica sobre a cultura da alface. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**. 2009.

OLIVEIRA, M. M. T. **Sombreamento na fisiologia, produção e qualidade e efeito da temperatura nos aspectos moleculares da pitaia**. Fortaleza, 2019. 121f. (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

PIANA, C. F. B.; MACHADO, A. A.; SELAU, L. P. R. **Estatística Básica**. Pelotas: UFPel, Instituto de Física e Matemática, 2009. 1v.

PRIMO, D. C; MENEZES, R. S. C, DA SILVA, T. O. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Revista Scientia Plena**; Sergipe; v. 7; n. 5, 2011.

PUSHPAKUMARA, D. K. N. G.; GUNASENA, H. P. M.; RIBEIRO, G. M. **Caracterização de pós de rochas silicáticas, avaliação da solubilidade em ácidos orgânicos e potencial de liberação de nutrientes como remineralizadores de solos agrícolas**. Lages, 2018. 107f. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2018.
RAMOS, C. G. *et al.* Avaliação de horizontes amigdaloides com zeólitas de pedreira de basalto como remineralizador de solos. **X Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental**, Porto Alegre, 2016.

REETZ, H. F. **Fertilizantes e o seu uso eficiente**. Tradução Alfredo Scheid Lopes. São Paulo. ANDA. 2017. 178 p. Il. PDF.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 1999.

RODRIGUES A. F. S. **Agronegócio e Mineralnegócio: Relações de dependência e sustentabilidade**. In: Informe Mineral: Desenvolvimento e Economia Mineral. Brasília: DNPM, 7:28-47, 2009.

SCHIAVON, M. A.; REDONDO, S. U. A.; YOSHIDA, I. V. P. Caracterização térmica e morfológica de fibras contínuas de basalto. **Cerâmica**, v. 53, n. 1, p. 212-217, 2007.

SILVA, F. C. *et al.* Efeito de lodo de esgoto na fertilidade de um argissolo vermelho-amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 831-840, 2011.

SILVEIRA, R. T. G. Da. **Uso de rochagem pela mistura de pó de basalto e rocha fosfatada como fertilizante natural de solos tropicais lixiviados**. 2016.

Disponível em:

https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/21151/1/2016_RafaelToscaniGomesdaSilveira.pdf. Acesso em: 02 nov. 2022.

SOARES, G. J. **Influência da rochagem no desenvolvimento de sistemas agrofloretais e na captura de dióxido de carbono atmosférico**. 2018. 117 f. Dissertação. (Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural) - Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

TAVARES, M. F. de F.; HABERLI JR, C. **O Mercado de Fertilizantes no Brasil e as Influências Mundiais**, 2011. Disponível em:
<https://www.researchgate.net/publication/291971265_O_MERCADO_DE_FERTILIZANTES_NO_BRASIL_E_AS_INFLUENCIAS_MUNDIAIS>. Acesso em: 02 nov. 2022.

TEDESCO, M. J *et al.* Resíduos orgânicos no solo e os impactos no ambiente. **Fundamentos da matéria orgânica no solo e ecossistemas tropicais e subtropicais**. Editora metrópole, p.113-135, 2008.

THEODORO, S. C. H. **A fertilização da terra pela terra**: uma alternativa para a sustentabilidade do pequeno produtor rural. Brasília: UNB, 2000.

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. The use of rocks to improve family agriculture in Brazil. **Anais...**, v. 78, n. 4, p. 721-730. Rio de Janeiro, 2006.

THEODORO, S. M. de C. H. **A Fertilização da Terra pela Terra: uma alternativa para a sustentabilidade do pequeno produtor rural**. 2000. 241 f. Tese (Doutorado em de Desenvolvimento Sustentável) - Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, Brasília, 2000.

TURNER, F. J.; VERHOOGEN, J. **Igneous and Metamorphic Petrology**. 2. ed. New York: McGraw-Hill. 1960.

VALADÃO JÚNIOR, D. D. *et al.* Adubação fosfatada na cultura da soja em Rondônia. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 369-375, 2008.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2004.

ZANDONADI, D.B; SANTOS, M.P; MEDICI, L.O; SILVA, J. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. **Horticultura Brasileira**. Rio de Janeiro, 32: 14-20; 2014.