



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS ERECHIM
CURSO DE AGRONOMIA

KEOMA REIS DE SÁ

INFLUÊNCIA DOS MICRO-ORGANISMOS EFICIENTES E PÓ DE ROCHA NA
CULTURA DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)

ERECHIM

2023

KEOMA REIS DE SÁ

**INFLUÊNCIA DOS MICRO-ORGANISMOS EFICIENTES E PÓ DE ROCHA NA
CULTURA DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Denise Cargnelutti

ERECHIM

2023

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Reis Sá, Keoma
INFLUÊNCIA DOS MICRO-ORGANISMOS EFICIENTES E PÓ DE
ROCHA NA CULTURA DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*) /

Keoma Reis de Sá. -- 2023.28 f.:il.
Orientadora: Professora Dr^a Denise Cargnelutti
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Erechim,RS, 2023.

1. Fisiologia vegetal. 2. Bioquímica. 3. Feijão. 4.
Cultura do Feijão. I. Cargnelutti, Denise, orient. II.
Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

KEOMA REIS DE SÁ

**INFLUÊNCIA DOS MICRO-ORGANISMOS EFICIENTES E PÓ DE ROCHA NA
CULTURA DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 20/12/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Denise Cargnelutti – UFFS

Orientadora

^aProf. Me. Gerônimo Rodrigues Prado– Uergs

Avaliador

Prof.^a Dr.^o Alfredo Castamann – UFFS

Avaliador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar forças, motivação e incentivo em meio aos obstáculos.

Aos meus pais e toda minha família, por todo apoio, por cada ensinamento, pela compreensão, amparo e incentivo para que eu conquistasse meus objetivos sem desistir.

A minha orientadora, Professora Denise Cargnelutti, por todo auxílio, disponibilidade, dedicação, conselhos e paciência.

Ao grupo de pesquisa do Laboratório de Entomologia e Bioquímica da UFFS - Campus Erechim.

Aos técnicos e funcionários da UFFS - Campus Erechim.

A todos os professores do curso de Agronomia por todo conhecimento repassado.

E, por fim, agradeço a todos os amigos que fiz durante toda essa jornada.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

O trabalho tem como objetivo estudar o plantio do feijão e verificar seu cultivo sem a utilização de agrotóxicos e químicos, pois, estes resultam a contaminação do solo, bem como a margem de possibilidade às intoxicações provenientes do consumo do alimento cultivado sob ele. Tendo em mente que o cultivo do feijão foi utilizado junto aos tratamentos de pó-de-rocha, micro-organismos de origem comercial e artesanal, O estudo realizado durou 45 dias e utilizou-se dos espaços: Laboratório de Entomologia e Bioquímica e casa de vegetação da Universidade Federal da Fronteira Sul, campus de Erechim, com fim de realizar coleta de dados acerca das características dos solos submetidos a diferentes compostos orgânicos. Foram identificados resultados quanto a todos os tratamentos à disposição das análises, sendo parâmetros fisiológicos. Estes analisados, foram obtidos resultados satisfatórios quanto ao entendimento da temática, tal como os resultados alcançados diante dos diferentes tratamentos submetidos às plantas.

Palavras-chave: Fisiologia vegetal. Bioquímica. Feijão. Cultura do Feijão.

ABSTRACT

The aim of the work is to study the planting of beans and verify their cultivation without the use of pesticides and chemicals, as these result in soil contamination, as well as the possibility of poisoning resulting from the consumption of food grown under it. Bearing in mind that the cultivation of beans was used alongside rock powder treatments, microorganisms of commercial and artisanal origin. The study lasted 45 days and used the following spaces: Entomology and Biochemistry Laboratory and greenhouse of the Federal University of Fronteira Sul, Erechim campus, in order to collect data on the characteristics of soils subjected to different organic compounds. Results were identified for all treatments available for analysis, being physiological parameters. These analyses, satisfactory results were obtained regarding the understanding of the theme, as well as the results achieved in the face of the different treatments subjected to the plants.

Keywords: Plant physiology. Biochemistry. Bean. Bean Culture.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 - Peroxidação de lipídios de membrana (<i>nmol</i> MDA mg^{-1} de proteína <i>a</i>).....	20
Gráfico 2 - Atividade das enzimas guaiacol peroxidase e catalase.....	21
Figura 1 - Plantio dos feijões a serem analisados.....	15
Figura 2 - Sementes inseridas nos tratamentos.....	16
Figura 3 - Plantio com 33 dias.....	19
Figura 4 - Gráfico Peroxidação de lipídios de membrana	26
Figura 5 –Atividade das enzimas guaiacol peroxidase e catalase.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela	1	Análise	–	Respiração	e	Translocação	de
Solutos.....							
							22

SUMÁRIO

RESUMO	6
1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1 PÓ-DE-ROCHA explorar mais este tópico	13
2.2 MICRORGANISMOS EFICIENTES (EMS) explorar mais este tópico.	13
3 METODOLOGIA	14
3.1 ANÁLISES BIOQUÍMICAS	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	29

1 INTRODUÇÃO

Devido à importância dos grãos na alimentação humana, a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) merece enfoque na cadeia produtiva voltadas para a alimentação nacional e internacional, uma vez que ele é fonte básica de proteínas, aminoácidos essenciais e calorias. O Brasil vem assumindo o posto de referência na produção do grão de feijão no mundo (CONAB, 2023).

No Brasil, produzir feijão é uma questão cultural. O feijoeiro é cultivado em uma variedade de manejos, sistemas de produção e níveis de tecnificação, tanto no âmbito da agricultura familiar, quanto em larga escala. Embora os métodos de cultivo sejam diversos, há predominância do cultivo convencional que faz uso de adubos químicos e agrotóxicos. Porém, essa prática, tem ocasionado resistência de organismos do gênero bacillus levando a contaminação do solo, eliminando com isso os organismos benéficos, e de agricultores e consumidores através do uso excessivo ou mau uso desses químicos (BRAIBANTE; ZAPPE, 2012).

Partindo do pressuposto que a planta tem um potencial genético limitante e que, através do cultivo tende-se a buscar condições ideais de clima, temperatura, luminosidade, fornecimento de nutrientes minerais (macro e micronutrientes), fomentam a ideia de que, dificilmente, o auge de expressão genética seja efetivamente alcançado pela planta (BINOTTI et al., 2007). Associado a isso, os fertilizantes fosfatados, no Brasil são comercializados a preços altos, tendo em vista a sua origem (importada), o que tem provocado uma dificuldade econômica para os pequenos produtores. Nesta conjuntura surge então a necessidade de buscar fontes nacionais alternativas, os chamados remineralizadores, tais como o pó-de-rocha.

Como discutem Cola e Simão (2012), existe uma dificuldade no pó de rocha em fornecer nutrientes para as plantas. Porém, há uma grande possibilidade de se atingir bons resultados através de processos físicos, químicos e biológicos, quando em contato com Microrganismos Eficientes (EM), uma vez que, a ação destes micro-organismos acaba alterando as condições do meio, como o pH (TÔRRES, 2014) e funcionando também como catalisadores da reação, diminuindo quantitativamente o tempo que se leva para o composto inorgânico servir como nutriente para as plantas.

A adição de insumos alternativos como esterco, pó-de-rocha, entre outros, traz resultados expressivos quanto à estrutura química do solo. Segundo Tôrres (2014), é através da solubilização dos minerais pelos EM, utilizando-se juntamente a matéria orgânica como suporte energético, que se forma um processo de ciclagem de nutrientes, alteração de pH e formação de colóides no solo. Conforme indicação de circular técnica feita por Silva et al. (2015), há uma

real necessidade de construção de novos trabalhos que possam verificar o potencial dos microrganismos na disponibilização de nutrientes a partir de rochas no meio de cultivo.

A utilização do pó-de-rocha na agricultura apresenta resultados significativos quanto ao manejo de pragas e doenças, segundo Rodrigues et al. (2018), uma vez que, com menor dano causado por insetos, pode-se abdicar de práticas de controle mais agressivas, como agrotóxicos. Para tanto, no caso destes inseticidas, onde o patamar de sustentabilidade não se aplica, há a integração dos ciclos de produção, desde o material de origem até a estruturação fisiológica da planta, onde cada aspecto biológico é respeitado.

Essa pesquisa se justifica através da aplicação dos EMs durante o cultivo de plantas "agronômicas", tendo uma contribuição para o seu público-alvo, que é a vantagem de um cultivo agroecológico, sem a adição exacerbada de adubos químicos isolados com formulações de "NPK".

Esse trabalho delimita-se em verificar possíveis interações fisiológicas que dizem respeito aos efeitos da aplicação dos EMs para o cultivo de *Phaseolus Vulgaris*, através da solubilização do pó-de-rocha, tendo como referência um ambiente controlado em temperatura, umidade e luminosidade de casa de vegetação e, através destas informações, responder ao problema da pesquisa: "Quais os efeitos da aplicação de EMs na solubilização de fósforo e potássio?"

OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo geral

Avaliar o efeito da aplicação de micro-organismos eficientes e pó de rocha em parâmetros fisiológicos e bioquímicos do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sem a utilização de insumos químicos tais como adubos inorgânicos "NPK" ou tratamentos para doenças e insetos em geral.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar respostas fisiológicas e bioquímicas de plantas de feijão submetidas a micro-organismos eficientes e pó de rocha em plantas de feijão;
- Avaliar o comportamento do sistema antioxidante em plantas de feijão submetidas a diferentes concentrações de pó-de-rocha aplicados juntamente aos micro-organismos eficientes em plantas de feijão;

- Determinar os níveis de estresse oxidativo de plantas de feijão expostas aos tratamentos usando EM e pó de rocha através da análise da peroxidação lipídica;

2 REVISÃO DE LITERATURA

Necessidades nutricionais do feijão

A cultura do feijoeiro é considerada exigência em nutrientes, uma vez que apresenta um sistema radicular não tão profundo e um ciclo mais curto. Para autores como Rosolem e Marubayashi (94), a disposição dos nutrientes para a planta, segundo o tempo e local, é considerada fundamental para o seu cultivo.

Em se tratando das exigências nutricionais, a cultura do feijoeiro tem necessidades específicas quanto aos macronutrientes N, P e K em conformidade com seus estágios. Durante a maior parte do ciclo, há absorção de nitrogênio, tendo sua máxima ocorrendo no intervalo de 35-50 dias após a germinação, o que resulta em um total de 2,0-2,5 kg N/ha. dia (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 94). Para o fósforo, há uma maior velocidade na absorção em um intervalo de 30-55 dias após emergência, sendo que este é dado em estágio reprodutivo, em razão da floração e formação de vagens, ocasionando um resultado em 0,20-0,30 kg P/hac. dia (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 94).

Com relação ao potássio, tem-se uma diferença, pois se observa dois picos de absorção, sendo o primeiro visto entre 25-35 dias e, o segundo, entre 45-55 dias após a emergência, com 1,7kg K/hac.dia e 2,2-3,3 kg K/ha.dia, respectivamente, onde a absorção de K, no final do florescimento, apresenta uma baixa (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 94).

A Companhia Nacional de Abastecimento-CONAB, emitiu uma nota, em 2023, onde constava que o Brasil era o maior produtor de feijão de todo o mundo. Além disso, dependendo de cada região do país, o feijão pode ser cultivado o ano inteiro.

Visando trabalhar com os tipos de desenvolvimento da cultura do feijão, as condições favoráveis para o seu plantio (solo úmido com consistência friável) têm, em sua proposição, a entrada de máquinas e a manutenção dos solos. Tudo isso se faz necessário, tendo em vista que as modificações físicas do solo podem comprometer o desenvolvimento da cultura.

Para isso, há de se fomentar a adoção de um sistema que evidencie melhores condições de uso do solo, junto ao fornecimento de nitrogênio, para que assim, também, se possa proporcionar a eficiência da planta na utilização dos recursos disponíveis (BINOTTI et al., 2007).

Esta proposta do trabalho, em avaliação com os parâmetros fisiológicos, aponta para a necessidade intrínseca de definições quanto ao desenvolvimento da cultura, questão essa já abordada pelos autores Cruz e Peixoto (2011), onde as diferentes etapas pelas quais o vegetal

passa é caracterizado pelo crescimento e por mudanças na “forma da planta”. Para que isso aconteça, se propõe a morfogênese em sensíveis diferenciações.

2.1 PÓ-DE-ROCHA

Partindo do pressuposto em que há a solubilização do pó-de-rocha (neste caso tendo como origem o basalto) pelos EM na solução do solo, é possível que tais micro-organismos possam ser utilizados como catalisadores dos processos de sucessão para dinamização biológica nos solos e, assim, servir também como fonte de nutrientes para as plantas. Tendo isso em vista, há uma proposta inovadora de um sistema de substituição que propicie insumos alternativos (adubo químico por pó de rocha), para uma mudança em forma de ação direta no manejo da fertilidade do “agro ecossistema”.

Algumas estratégias no manejo podem ser utilizadas em associação com o uso de pó-de-rocha em diferentes fontes de biomassa, possibilitando, em conjunto, a sua aplicação na forma de pó, somado à adubação verde (no caso adubo orgânico) Assim, se criaria um possível incremento de micro-organismos que possibilitem uma “revitalização” no solo e, com isso, a interação da atividade biológica tenderá a reciclar os nutrientes, tendendo a uma constante na biomassa do sistema (PLEWKA, et al. 2019).

2.2 MICRORGANISMOS EFICIENTES (EMS)

A microbiota do solo (microrganismo no solo como um todo) é formada por diversos micro-organismos. Há estudos que apontam que em cada unidade de solo, existem em torno de 10 a 50 mil espécies de micro-organismos vivos em apenas um grama de solo (DANCE, 2008).

Levando em consideração que cerca de apenas uma mínima quantidade destes são hoje criados, ou mesmo replicados em ambiente controlado, como estufas, com controle microscópico de entrada ou instalações laboratoriais certificadas, existe a estimativa de que, no ano de 2017, apenas cerca e 1/10 das bactérias e a metade deste de fungos (sendo que neste caso os fungos em catálogo entram na ordem de 75.000), foram separados e devidamente catalogados por espécie e gênero.

Para cada ano que se passa, cerca de 1,700 espécies são estimadas, o que leva a um total de 800 anos, no mínimo, para se ter uma abstração de todo o potencial metabólico contido no solo (BALOTA, 2017).

Os micro-organismos referidos, atuam diretamente na vida da solução do solo, interagindo através de diversas reações bioquímicas, partindo da ciclagem da matéria orgânica, reações de metabólitos primários e secundários nas plantas, bem como a formação de ácidos orgânicos e fito-hormônios, aglutinação ou cimentantes de compostos inorgânicos, advindos da cultura de aplicações e insumos convencionais evidentes em polissacarídeos e glumalina (PAUL e CLARK, 1996; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

No solo há bactérias, fungos, entre outros organismos de matas nativas que podem ser multiplicados em meio líquido e fermentados na presença de açúcares. A partir deste, pode-se evidenciar técnicas de fácil manutenção e entendimento para obtenção simples de micro-organismos do solo, podendo ser produzidos pelos produtores de insumos agrícolas de origem vegetal. Com tudo, há no mercado, produtos advindos de processos industriais, como os “caseiros”. Esses são inoculados na solução do solo (SANTOS, 2016).

Estudos como os de Orges Filho e Tupan (2019) apontam que os EMs manufaturados por processos industriais ou “artesaniais”, aumentam a produção de culturas e minimizam a adição de insumos químicos, o que se dá através da aceleração na decomposição da matéria orgânica e biodisponibilização de nutrientes.

Outro ponto de interesse agrônomo na utilização dos EM está na produção de enzimas e hormônios que são benéficos à planta e, também, somados ao fato destes auxiliarem no controle de patógenos in-loco na área cultivada. Entretanto, partindo do pressuposto de que cada região tem sua própria biodiversidade, há a preocupação quanto a possível competição entre os micro-organismos, o que poderia causar danos ou respostas indesejáveis no meio (ORGES FILHO; TUPAN, 2019).

3 METODOLOGIA

O Experimento foi conduzido na Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Erechim, o mesmo na data 24/01/2020-05/03/2020. O trabalho foi realizado dentro de casa de vegetação com temperatura (28^o C em média) e umidade controlada.

Os experimentos foram conduzidos em vasos, utilizando o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 5 repetições por tratamento, em esquema fatorial 2 x 4. O primeiro fator foi o solo com pó de rocha; no segundo, utilizou-se de dois tipos de EM (EM1, EM2) sendo o EM1 de origem comercial e o EM2 feito in-loco na UFFS. Houve, também, processos sem inoculação (seria o testemunha), com cinco repetições, totalizando 45 unidades experimentais.

[Figura 1 – Plantio dos feijões a serem analisados]



Fonte: Autor, 2023.

A BRS FC104: Cultivar de Feijão-Comum Carioca Superprecoce (*Phaseolus vulgaris*), utilizada em todos os experimentos, foi uma cultivar comercial (recomendada para agricultura orgânica), tendo como precedente o cruzamento entre as linhagens CNFE 8009 e VC5, tendo sido trabalhado, em 2006, na Embrapa, Arroz e Feijão em Santo Antônio de Goiás, GO. As sementes foram colocadas em vasos (com volume de 8 litros), contendo 5 L de substrato mais solo (solo + composto orgânico + areia, na proporção 1:1:1), com cinco sementes por vaso e, após realizado raleio, deixando-se uma plântula por vaso.

O pó-de-rocha de origem do basalto (pó de basalto) obtido na região do alto uruguai foi utilizado na dose recomendada (2 ton/hect, ou seja 0,025kg/vaso utilizado) segundo Danilo (2019), foi incorporado ao substrato mais solo, e inoculado com os micro-organismos eficientes sete (07) dias antes da semeadura. O volume da solução destes micro-organismos foi determinado a partir da definição em laboratório da capacidade de retenção de água do substrato, da densidade deste substrato, do volume dos sólidos e dos poros, do volume do substrato em cada pote e do espaço de aeração. A capacidade do pote (CP) foi determinada admitindo-se o peso do solo saturado com água por capilaridade, mais o peso do vaso. Os tratamentos estão ilustrados em esquema abaixo:

Tratamentos

[Figura 2 - Sementes inoculadas nos tratamentos]



Fonte: (Autor, 2023)

Testemunha (somente com adubação orgânica)
ME 1(125 ml/1L de H ₂ O)
ME 2(125 ml/1L de H ₂ O)
ME1 + ME2 (125ml+125ml/2,5L de H ₂ O)
PO (0,025kg/vaso)
ME1 + PO (125 ml/1L de H ₂ O+0,025kg/vaso)
ME2 + PO (125 ml/1L de H ₂ O+0,025kg/vaso)
PO + ME1 + ME2 (125ml+125 ml/1L de H ₂ O+0,025kg/vaso)

Obtenção dos EMS

Com a obtenção e preparo dos EM2, segundo Bonfim et al. (2011), tem-se os parâmetros de captura/obtenção dos EMs a Campo: Micro-organismos eficientes (ME2) foram coletados em área de mata virgem, na cidade de Cacique Doble, RS, Brasil (-27.815751° S, 51.723833° W) (número de registro SISGEN: AE7F435).

Captura dos EMS

Foram cozidos aproximadamente 700 gramas de arroz sem sal. Adicionado o arroz cozido em bandeja de plástico ou de madeira ou ainda em calhas de bambu. Coberto com tela fina para proteção. Adicionando a bandeja com arroz e a tela em mata virgem (na borda da mata) para capturar os micro-organismos (BONFIM. 2011).No local onde foi deixado a bandeja, afastou-se a matéria orgânica (serrapilheira). Após colocar a bandeja, a matéria orgânica foi coberta com a tela.Após 15 dias, os micro-organismos já estavam encontravam-se ativos no substrato, capturados e criados.

Visando a máxima eficiência da inoculação, utilizou-se de inoculação do substrato com os EMs, com o objetivo de atingir a capacidade de campo em vaso. Para isso, após o preparo, foi aguardado 7 dias, sendo que a testemunha foi proporcionalmente incorporada por água destilada, evitando possíveis diferenciações quanto ao método.

Foram, ainda, semeadas 5 sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris*), onde houve o raleio das mesmas, deixando apenas 3 plantas por vaso.

Durante o experimento, foram determinados os parâmetros de fluorescência da clorofila a eficiência quântica do fotossistema II e transporte de elétrons fotossintético. A determinação da fluorescência da clorofila foi realizada usando um fluorômetro portátil (Multi-Mode Chlorophyll Fluorometer®, Modelo OS5p), em folhas completamente expandidas e ligadas à planta em condições fitossanitárias apropriadas. As folhas selecionadas, foram expostas à um período de 30 minutos de adaptação ao escuro e, depois, expostas à pulsos de luz saturada em comprimento de onda, induzida pela luz vermelha (pico em 650 nm), de aproximadamente $3.000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, fornecida por um conjunto de três diodos emissores de luz e gravados por 1 s com resolução de 12 bit.

Os sinais de fluorescência mínima (F_0) e máximo (F_M), foram medidos após 30 minutos de adaptação ao escuro. Após 1 hora sob condições de luz (densidade de fluxo de fótons máxima de $900 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), os sinais de fluorescência instantâneo (F) e máximo (F_M') foram medidos e, a partir desses sinais de fluorescência, foi calculada a eficiência quântica máxima e efetiva do fotossistema II, bem como a taxa de transporte aparente de elétrons e a dissipação fotoquímica e não fotoquímica.

A taxa fotossintética ($A - \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 ($C_i - \mu\text{mol mol}$), quantidade de CO_2 consumido ($Q_T - \mu\text{mol mol}^{-1}$), taxa de transpiração ($E - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática de vapores de água ($G_s - \text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$), eficiência de carboxilação ($EC - \text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$), uso eficiente da água ($UEA - \text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$) e temperatura da folha ΔT (C), foram mensurados no terço médio da primeira folha, completamente expandida das plantas. A eficiência da carboxilação ($EC - \text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e a eficiência do uso da água ($UEA - \text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$), foram calculadas a partir da razão das variáveis A/C_i e A/E , respectivamente. Para isso, foi utilizado um analisador de gases no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCA PRO (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK). Cada repetição foi avaliada sob iluminação natural durante um dia, entre oito e dez horas da manhã, em condições de céu limpo, na medida em que as condições ambientais se mantiveram homogêneas durante as análises.

[Figura 3 - Plantio com 33 dias]



[Fonte: Própria]

Após 45 dias da semeadura das plantas, foram coletadas algumas folhas para as determinações bioquímicas. Estas, foram gentilmente lavadas em água destilada e o excesso de água foi removido com papel toalha. Após, houve a divisão entre folhas e raízes, as quais foram imediatamente congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas a -80°C .

2.1 ANÁLISES BIOQUÍMICAS

Os ensaios foram desenvolvidos no Laboratório de Microscopia, laboratório de Microbiologia, laboratório de Química, laboratório de Entomologia e Bioquímica e casa de vegetação da Universidade Federal da Fronteira Sul, campus de Erechim.

A peroxidação de lipídios de membrana foi estimada seguindo o método de El-Mohanty et al. (1993), que trata de amostras frescas de raízes e parte aérea (0,1 g). Assim, foram maceradas em nitrogênio líquido e homogeneizadas em 20 ml de 0,2 M de tampão citrato (pH 6,5), contendo 0,5% de Triton X-100. O homogeneizado foi centrifugado por 15 m a 20.000 x g. Um ml do sobrenadante foi adicionado a 1 ml de 95°C por 40 min e, então, resfriada por 15 minutos, sendo centrifugada a 10,000 x g por 15 min. A absorbância do sobrenadante foi lida a 532 e 600 nm (para corrigir a turbidez não específica). A peroxidação lipídica foi expressa como nmol MDA mg^{-1} de proteína.

Já a atividade das enzimas guaiacol, peroxidase e catalase, quanto à amostras frescas de raízes e folhas das plantas, foram usadas para os ensaios enzimáticos. Um grama de tecido fresco foi homogeneizado em 3 ml de tampão fosfato de sódio (pH 7,8) 0,05 M, contendo 1 mM de EDTA e 2% (w/v) de polivinilpirrolidona (PVP). O homogeneizado foi centrifugado a 13.000 x g por 20 minutos a 4°C e o sobrenadante foi usado para a determinação das enzimas antioxidantes.

A entrada é em pedra britada. Deve ser entendido que nem todo pó de pedras é benéfico para as plantas. Alguns materiais podem conter partículas indesejadas ou tóxicas, como metais pesados, que são prejudiciais às plantas. Assim como afirma Machado (2021) em alguns casos, trata-se de resíduos mineiros e é rentável vender produtos provenientes de pedreiras, mesmo que os benefícios de um determinado produto nem sempre sejam comprovados. Portanto, enfatiza-se a importância de utilizar apenas produtos adequados ao uso agrícola e cuja eficácia tenha sido comprovada. Esta substância pode ser qualquer pedra de qualquer composição, portanto existem pós de pedra que são benéficos e outros que podem ser prejudiciais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo apontam os resultados na tabela 1, a Condutância estomática referente nos tratamentos sem a utilização dos EM1 e EM2 se apresentaram maiores em uma taxa percentual de 21-46% em comparação e contraste com as demais, este resultado se deve por conta da resposta de simbiose aos organismos vivos cultivados, que nesse âmbito promovem a necessidade da plântula aumentar sua taxa de respiração como aponta em seus estudos Monteiro (2018).

Tabela 1– Concentração Interna de CO₂ (Ci), Taxa de Transpiração (E), Condutância estomática (Gs), Assimilação líquida de CO₂ (A), Eficiência Carboxilação (EIC), Eficiência no uso da água (EUA), Relação entre concentração interna e externa de CO₂ (Ci/Ca) de plantas de feijão coletadas 45 dias após a semeadura e tratadas com pó-de-rocha e micro-organismos eficientes (EM1 e EM2).

Tratamentos	Ci ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	E ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Gs ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	A ($\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	EIC ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	EUA ($\text{mol mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$)	Ci/Ca ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)
Testemunha	359,1 A	2,638 D	0,956 A	12,308 A	422,8 BC	0,0350 B	4,683 A
Pó-de-Rocha (PO)	346,8 AB	3,288 C	0,798 B	13,682 A	422,6 BC	0,041 AB	4,242 A
EM1	314,8 BC	3,554 CD	0,592 CD	17,724 A	427,2 A	0,057 AB	4,982 A
EM2	312,8 BC	3,476 C	0,422 DE	15,114 A	425,2 AB	0,049 AB	4,330 A
EM1+PO	299,2 C	3,966 BC	0,508 CDE	17,761 A	419,4 CD	0,063 AB	4,480 A
EM2+PO	296,2 C	4,442 AB	0,541 CD	18,351 A	416,4 D	0,059 AB	4,110 A
EM1+EM2	279,6 C	4,328 AB	0,386 E	17,492 A	418,1 D	0,063 AB	4,049 A
EM1+EM2+PO	280,2 C	4,461 A	0,431 DE	18,236 A	415,8 D	0,066 A	4,076 A
CV (%)	6,65	6,19	12,19	22,03	0,48	27,15	24,62

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si por *Tukey* ao nível de 5 % de probabilidade.

Nesta tabela de rendimentos totais da planta, observamos que não houve resultados significativos, devido a condição final da planta e pela análise ter sido feita aos 45 dias no estado de crescimento e desenvolvimento vegetativo.

Da concentração interna de CO₂ - Ci

Concentração interna de CO₂ nas folhas da Testemunha junto aos tratamentos PO, EM1, EM2, apresentaram o maiores valores de Ci com cerca de 20-30 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, diferindo significativamente dos outros tratamentos. Foi observado que as plantas dos tratamentos EM1+PO, EM2+PO, EM1+EM2, EM1+EM2+P tiveram resultados intermediários entre os mesmos.

A concentração interna de CO₂ disponível para a fotossíntese depende de sua absorção da atmosfera no mesófilo foliar e é reduzida pelo fechamento dos estômatos, o que afeta negativamente a taxa de assimilação de CO₂ (JADOSKI ET AL. 2005). Portanto, os maiores valores de Ci observados neste estudo foram devido ao aumento da taxa de assimilação de CO₂.

Nas plantas de maior produção, há maior disponibilidade de energia na forma de ATP e NADPH entrando no extrato de rubisco, principalmente devido à adição de nutrientes como o fósforo, que está envolvido na síntese de RNA, DNA e NADPH, e em estações de tratamento onde esses fertilizantes não estão presentes, quanto menor o Ci, menos energia existe (CUNHA et al., 2009; ANJOS et al., 2014).

Para Taxa de Transpiração -E

Pode-se observar na segunda coluna da tabela 1 para a variável transpiração ocorreu diferença significativa entre os tratamentos. As plantas dos tratamentos EM1+PO, EM2+PO, EM1+EM2, EM1+EM2+PO apresentaram uma taxa de transpiração a cerca de 24% maior. Sendo assim, não apresentam diferenças entre elas. Porém, esses valores são efetivamente maiores que os outros.

A taxa de transpiração foliar é um evento físico na planta, mas também é um indicador da atividade fisiológica contínua, portanto um aumento nesta atividade pode estar associado ao aumento da produtividade da planta em estudo.

A taxa de transpiração nas plantas é regulada pelos estômatos, que são o principal ponto de controle do CO₂ e ao mesmo tempo servem para regular a perda de água na planta. Portanto, deve-se notar que a taxa de transpiração está diretamente relacionada à condutividade do CO₂. Estômatos vegetais.

Em condução estomática – Gs

Foi observado que ocorreu efeito significativo quanto aos tratamentos Testemunha e PO em comparação aos demais verificando valores superiores ($0270 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ em média), estes sendo apontados em plantas sem a interação dos tratamentos biológicos.

A faixa de valores de condução estomática geralmente diminui com a idade das folhas. Isto pode ser causado por alterações no equilíbrio hormonal, alterações na permeabilidade da membrana, expansão da área celular, atividade somática e perda de água através da cutícula (SYVERTSEN: LLOYD, 1994).

Os valores médios de condução estomática observados nas cultivares analisadas podem estar relacionados à sensibilidade estomática à abertura e fechamento, que pode mudar ao longo do dia dependendo do desenvolvimento do vegetal e da atividade de aclimatação. Estudos segundo Cunha (2009) mostram que o feijão crioulo se adapta às áreas de cultivo originais e se torna menos produtivo quando plantado em outros locais. Em evidência, os níveis de Gs detectados provavelmente estão relacionados ao processo de adaptação das variedades estudadas em relação ao campo de cultivo e ao manejo utilizado.

Observando a assimilação líquida de CO_2 - A

Referente aos resultados obtidos, não pode-se observar diferenças significativas para a assimilação líquida de CO_2 . Tendo em vista se uma determinada planta carece de certos nutrientes, como o nitrogênio, que está incluído no cultivo de feijão, a planta desenvolverá folhas pequenas, o que afetará o movimento estomático de outro ponto de vista, enquanto o fornecimento excessivo desse mineral levará ao aumento da respiração. e correspondentemente menor produção fotossintética.

No que refere a eficiência de carboxilação – EiC

Foram apontadas diferenças entre as variáveis sobre a eficiência de carboxilação aos tratamentos.

A EiC nas plantas de feijão com o tratamento EM 1 apresentou maior relevância ($427,2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), as amostras da testemunha e PO seguiram em sequência $422,8 - 422,6 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), logo então pelas demais. Foi observado um aumento nos valores de c, e nas plantas que utilizam fertilizantes, essa resposta pode ser atribuída às pressões abióticas que as plantas estudadas podem sofrer, como mudanças no local de cultivo original ou aumento no número de plantas. Foram analisados diversos fertilizantes e segundo Larcher (2004), é provável que esta pressão contribua para o aumento do C_i . Isto pode estar relacionado ao fato do CO_2 que atinge as células do mesófilo não permanecer na fase carboxila ativa. Devido ao metabolismo. Limitações do ciclo de Calvin Benson que determina a taxa de

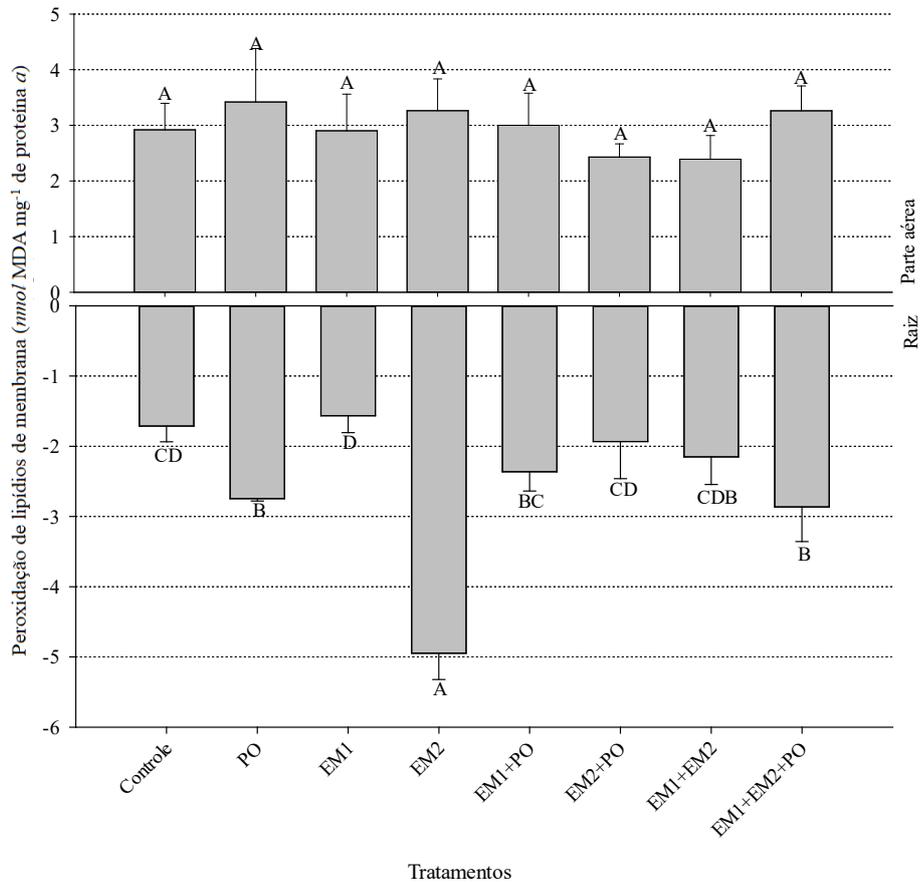
fotossíntese. Tendo em vista os resultados obtidos para os tratamentos nessa análise, pode-se verificar os valores médios de eficiência instantânea de carboxilação da plântula para esse trabalho, em que se encontram em comutativo com os valores abordados na literatura.

No que se refere a eficiência de uso da água – EUA

Não verificou-se diferenças significativas para a eficiência de uso da água. As diferenças nos valores das trajetórias de fluxo entre os tratamentos podem estar relacionadas aos benefícios observados dos fertilizantes orgânicos no solo.

Quanto maior a disponibilidade de nutrientes, mais umidade as plantas reterão e menor será a diferença na temperatura do solo entre o dia e a noite. Todas essas variáveis interferem no processo fotossintético segundo Cunha (2009). Essa possibilidade pode ser percebida, por exemplo, observando a temperatura foliar como um parâmetro importante, temperatura foliar, menos água produzida, desta forma EUA é o mais importante nesta estação de tratamento.

A relação entre fotossíntese e transpiração mostra a eficiência do uso da água pelas plantas. Ou seja, a quantidade de CO₂ absorvida pela planta e a quantidade de H₂O liberada foram determinadas pelo Jaimez (2005) analisando as trocas gasosas da soja e do milho no cultivo direto e nos sistemas de cultivo convencionais. A média para a soja é 5 μmol mol⁻¹ H₂O e para o milho é cerca de 21 μmol mol⁻¹ H₂O. Este estudo descobriu que as plantas C₃ são menos eficientes no uso de água para fixar CO₂ em comparação com as plantas C₄, portanto, sua eficiência média no uso de água é a mesma das plantas de soja. Este estudo é apoiado pela literatura pesquisada

[Figura 4. Peroxidação de lipídios de membrana (nmol MDA mg^{-1} de proteína a)]

[Figura 4. Peroxidação de lipídios de membrana (nmol MDA mg^{-1} de proteína) de plantas de feijão coletadas 45 dias após a semeadura e tratadas com pó-de-rocha e micro-organismos eficientes (EM1 e EM2). * Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si por Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.]

O tratamento EM 2 é um microrganismo eficiente feito in-loc, isto é, feito na região e de maneira artesanal, com elementos coletados na natureza.

As folhas coletadas para análises de peroxidação lipídica foram acondicionadas da mesma maneira que as raízes. Porém, se observa diferenças significativas na parte da raiz, enquanto os tratamentos não diferiram entre si, tanto na parte aérea quanto na raiz.

Quanto a este assunto, importante salientar que a geração de radicais livres (ROS) pode levar a alterações em lipídeos, DNA e proteínas e, esse aumento de ROS, leva a modificações dos lipídeos presentes nas membranas celulares, um fenômeno conhecido como peroxidação lipídica

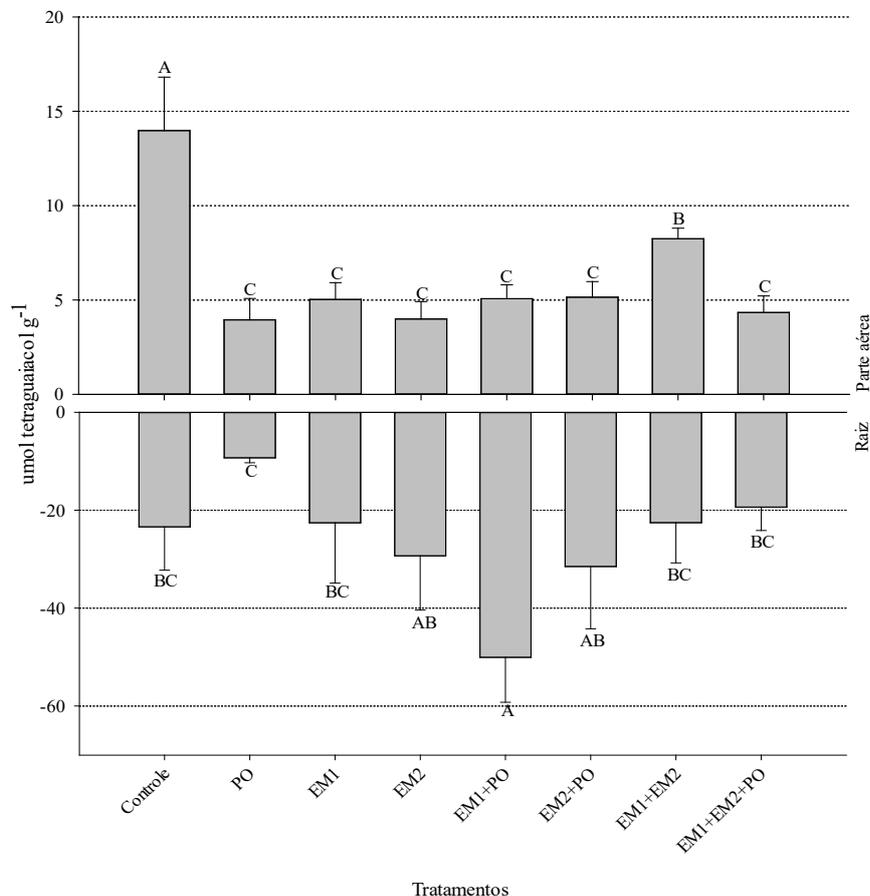
A peroxidação de lipídeos ocorre quando um componente pró-oxidante reage com um ácido graxo insaturado da membrana biológica, sendo que esta modificação causa mudança nas

propriedades físicas e químicas das membranas, podendo alterar a fluidez e a permeabilidade com consequente aumento no risco de ruptura da membrana (VENDEMIALE et al, 1999).

Para que ocorra a translocação de solutos na planta, é essencial um sistema de comunicação, o qual deve interligar a planta do ápice da parte aérea até o ápice das raízes. Estudos realizados por Portes (2008), comprovam que a comunicação entre a parte aérea e a raiz da planta é essencial, pois é através dela que a água e os nutrientes minerais absorvidos pelas raízes ou os orgânicos procedentes da fotossíntese percorrem toda a planta, indo suprir demandas em locais diferentes daqueles de origem. Assim, quanto mais alta for a planta, maior é a distância entre as raízes e a parte aérea.

Sendo assim, pode-se chegar a conclusão de que essas diferenças significativas na parte da raiz, em comparação com a parte aérea da planta, ocorreu por se tratar de uma variedade de planta desenvolvida pela Embrapa, a qual possui maior adaptabilidade de desenvolvimento em condições de clima e ambiente diversos, em conjunto aos micro-organismos coletados também no ambiente.

[Figura 5. Atividade das enzimas guaiacol peroxidase e catalase.]



[Figura 5. Atividade da enzima guaiacol peroxidase (μmol tetraguaiacol $\text{min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ de proteína) de plantas de feijão coletadas 45 dias após a semeadura e tratadas com pó-de-rocha e microorganismos eficientes (EM1 e EM2). * Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si por *Tukey* ao nível de 5 % de probabilidade.]

Na parte aérea (Figura 5) foram observados resultados em divergência para todos os tratamentos, isso se deve por conta de uma interação de forma positiva da planta quanto aos tratamentos, resultando em uma menor produção de proteínas de resistência ou adaptabilidade ao meio externo. Contudo, o tratamento de microorganismos eficientes feitos in-loco EM2, em concomitância com o tratamento de microorganismos eficientes de origem comercial EM 1, apresentou maior produção de proteínas de resistência. Isso devido a uma possível interação negativa, resultando em menor disposição de organismos para simbiose com a planta como aponta em seu trabalho Fernandes (2006)

Vale ressaltar que o uso do pó de rocha na agricultura, surgiu da necessidade de tornar o agronegócio economicamente e ambientalmente mais sustentável (DANILO, 21/03/2019). Tal elemento é um subproduto do setor de mineração, obtido através do processo de britagem, exploração mineral em pedreiras ou ainda do corte de rochas. O potencial do aproveitamento desse subproduto na agricultura é muito grande no Brasil, uma vez que o país é um dos maiores produtores e exportadores de rochas ornamentais do mundo (CAZOTTI, 2013).

O que torna esse subproduto atrativo para a agricultura é a liberação gradual de nutrientes o aumento da Capacidade de Troca Catiônica (CTC) no solo, mitigando as perdas de nutrientes por lixiviação; ele facilita o desempenho e a dinâmica dos micro-organismos e favorece a resistência das plantas a estresses bióticos e abióticos, o que melhora, e muito, o seu estado nutricional (SILVA et al., 2013).

Visto tudo isso, pode-se dizer que o resultado do tratamento de microorganismos eficientes feito de maneira comercial, em concomitância com o tratamento do pó-de-rocha foi, de maneira significativa, mais propício para a produção de proteínas de resistência da plântula de feijão, em comparação a todos os outros tratamentos, que, como vimos acima, não divergiram das testemunhas.

Esse resultado se deve, possivelmente, por conta da eletividade de microorganismos eficientes simbióticos no tratamento em evidência, somado às condições favoráveis para o bom desenvolvimento da planta.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que há desenvolvimento de proteínas de resistência nas raízes tratamento EM 2, onde ocorreu um aumento expressivo da peroxidação de lipídios de membrana, no período vigente de 45 dias após a semeadura.

Evidenciou-se a redução na condutância estomática para os tratamentos com EM1 e EM2, assim como a influência dos tratamentos para a capacidade respiratória e estomática da planta.

O estudo conclui que a adição de PO pode efetuar interações benéficas para a produção de compostos secundários na planta de feijão dentro do período de 45 dias.

Resultante do processo de interação entre os tratamentos EM 1+PO com a planta, foi observado maior produção de antioxidantes no sistema defensivo da plântula, o que resultou em um “stress da planta”.

Para tanto, conforme os resultados obtidos, pode-se concluir que há a necessidade de serem feitos mais estudos, com o intuito de evidenciar o grau de interação entre a planta cultivada e os tratamentos utilizados.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. et al. **Revitalização dos Solos em Processos de Transição Agroecológica no Sul do Brasil**. *Agriculturas*, Rio de Janeiro, v. 4, n. 1, p. 7-10, 2007.
- BALOTA, E.L. **Manejo e qualidade biológica do solo**. Londrina: Editora Mecenaz, 2017.
- BINOTTI, Flávio Ferreira da Silva et al. Manejo do solo e da adubação nitrogenada na cultura de feijão de inverno e irrigado. **Bragantia**, [s.l.], v. 66, n. 1, p.121-129, 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0006-87052007000100015>.
- BONFIM, Filipe Pereira Giardini et al. **Caderno dos Microrganismos Eficientes (Em): Instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM**. Viçosa, Mg: Departamento de Fitotecnia Campus da Universidade Federal de Viçosa, 2011. 32 p.
- BORGES FILHO,; TUPAN, Ivo. **Pó de rocha enriquecido de microorganismos eficazes na produção de matéria seca da aveia seca (Avena strigoza)**. 2019. 35 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Agroecologia, Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2019.
- BOTELHO, Frederico José Evangelista et al. Desempenho fisiológico de sementes de feijão colhidas em diferentes períodos do desenvolvimento. **Ciência e Agrotecnologia**, [s.l.], v. 34, n. 4, p.900-907, ago. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542010000400015>.
- BRAIBANTE, Mara Elisa Fortes; ZAPPE, Janessa Aline. A Química dos Agrotóxicos. **Química Nova na Escola**, Santa Maria - Rs, v. 34, n. 1, p.10-15, fev. 2012.
- CASALI V. W. D. (Org.). **Preparo de Microrganismos Eficientes (E.M): Instruções práticas sobre o uso ecológico e social do EM**. Viçosa, Mg: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. 31 p.
- CASTRO, P. R. C. et al. Ação de Reguladores Vegetais no Desenvolvimento, Aspectos Nutricionais, Anatômicos e na Produtividade do Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* cv. CARIOCA). **An. Esalq**, Piracicaba, v. 47, n. 1, p.11-28, 9 mar. 1990.
- CAZOTTI, Maria Maiara. Liberação de Potássio de Resíduos de Rochas Ornamentais submetidos a diferentes extratores usando Microondas. In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., 2013, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. p. 01-04. Disponível em: <https://www.sbcs.org.br/cbcs2013/anais/arquivos/2049.pdf>. Acesso em: 05 out. 2018.
- COLA, Geovana Potons Arcobeli; SIMÃO, João Batista Pavesi. Rochagem como forma alternativa de suplementação de potássio na agricultura agroecológica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró - Rn, v. 7, n. 4, p.15-27, out. 2012.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/>>. Acesso em: 24 set. 2023.

CUNHA, A. C. M.; PAIVA, H. N.; XAVIER, A.; OTONI, W. C. Papel da Nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 58, 2009.

DANCE, A. Soil ecology: what lies beneath. **Nature**, v. 455, p. 7424-725, 2008.

DANILO (org.). **Uso de pó de rocha na agricultura**. 21/03/2019. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocios/agricultura-irrigada/pro> DANILO (org.). **Uso de pó de rocha na agricultura**. 21/03/2019. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocios/agricultura-irrigada/projetos-de-irrigacao/bip/18a-edicao/uso-de-po-de-rocha-na-agricultura>. Acesso em: 05 out. 2023. [jetos-de-irrigacao/bip/18a-edicao/uso-de-po-de-rocha-na-agricultura](https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocios/agricultura-irrigada/projetos-de-irrigacao/bip/18a-edicao/uso-de-po-de-rocha-na-agricultura). Acesso em: 05 out. 2023.

DUTRA, Jean Carlos Vencioneck. **Caracterização Fisiológica, Fitoquímica e de Atividades Biológicas de Plantas Medicinais com Potencial Econômico para Produção de Fitoterápicos**. 2019. 194 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Biologia Vegetal, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória - Es, 2019.

EL MOSHATY, F.I.B. et al. Lipid peroxidation and superoxide productions in cpwpea (*Vigna unguiculata*) leaves infected with tobacco ring pot virus or southern bean mosaic virus. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 43, p. 109-119, 1993.

FERNANDES, Cléber de F.. Determinação da atividade peroxidásica em cultivares de feijão caupi (*Vigna unguiculata*) tratados com ácido salicílico. **Cip-Brasil. Catalogação-na-Publicação. Embrapa Rondônia**: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Porto Velho, v. 1, n. 1, p. 01-14, fev. 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/710701/1/bpd41feijaocaupi.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2018.

JADOSKI, S.O.; KLAR, A. E.; SALVADOR, E. D. Relações hídricas e fisiológicas em plantas de pimentão ao longo de um dia. **Ambiência**, v. 1, p. 11-199, 2005.

JAIMEZ, R. E.; RADA, F.; GARCIA-NUNEZ, C. AZOCAR, A. Seasonal variations in leaf gas exchange of plantain cv. 'Harton' (Musa AAB) under different soil water conditions in a humid tropical region. **Scientia Horticulturae**, v. 104, n. 79-89, 2005.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: C. H. B.A., 2000. 321P.

MACHADO, Anderson Wolf. **Pó de rocha e Remineralizadores** : o que você precisa saber. o que você precisa saber. 2021. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/outros-insumos/o-que-e-rochagem---propriedades--vantagens--aplicacao-e-legislacao_455174.html. Acesso em: 30 dez. 2021.

MONTEIRO, Marinete Martins de Sousa. **DESEMPENHO PRODUTIVO E FISIOLÓGICO DO FEIJÃO-CAUPI SOB DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAS E REGIMES HÍDRICOS, EM SISTEMAS DE PLANTIO CONVENCIONAL E DIRETO**. 2018. 82 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/184871/1/TESE-MARINETE-25-04-2018-Marinete.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2018.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006. 729p.

MOREIRA, Luciana. **Resposta da levedura *Saccharomyces cerevisiae* ao estresse oxidativo induzido pelo cádmio.** 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/BUOS-BCSPV4>>. Acesso em: 24 set. 2023.

NIEWINSKI, Francielle da Silva. **Do pó de rocha à fertilidade::** uma experiência nos solos de Montenegro/RS. 2017. 75 f. TCC (Graduação) - Curso de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

ODRIGUES, Paula de Fátima Martins et al. Pragas e danos em milho adubado com remineralizador de solo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal - Pb, v. 13, n. 5, p.630-636, out. 2018. Especial.

PAUL, E.A.; CLARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry.** San Diego: Academic Press, 1996. 340p.

PEIXOTO, Clovis Pereira; CRUZ, Thyane Viana da; PEIXOTO, Maria de Fátima da Silva Pinto. Análise Quantitativa do Crescimento de Plantas: Conceitos e Práticas. **Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer**, Goiânia-go, v. 7, n. 13, p.51-77, 14 nov. 2011.

PLEWKA, Roberto Guilherme et al. Avaliação do Uso do Pó de Basalto na Produção de Feijão. **Cadernos de Agroecologia**, [S.l.], v. 4, n. 1, dec. 2009.

ROSOLEM, Ciro A.; MARUBAYASHI, Osvaldo M.. Seja o Doutor do seu Feijoeiro: Encarte do Informações Agronômicas - Nº 68. **Potafos: Arquivo do Agrônomo** - Nº7, Botucatu-sp, v. 68, n. 7, p.1-18, dez. 94.

SANTOS, M.R.G. **Produção de substratos e fertilizantes orgânicos a partir da compostagem de cama de cavalo.** 2016. 48f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2016.

SILVA, Ubiana Cássia et al. **Biossolubilização de potássio in vitro a partir da rocha fonolito por microrganismos do solo.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 28 p.

SYVERTSEN, J P.: LLOYD, J. J. Citrus. In: SCHAFFER, B.: ANDERSEN, P. C. **Handbook of environmental physiology of fruit crops: subtropical crops.** Boca Raton: CRC Press, 1994, v. 2, p. 65-101.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** [s.l.] Artmed Editora, 2017.

TÔRRES, Mariana Neves Nóbrega. **Teores de N, P E K Nas Folhas de Gravioleira ‘Morada’ (*Annona Muricata* L.) e Propriedades Químicas do Solo em Função da Adubação Química e Orgânica.** 2014. 35 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, Areia - Pb, 2014.

VELOSO, Cristiano. **Conheça os usos do pó de rocha na agricultura.** [s.d]. Disponível em: <<https://blog.verde.ag/pt/nutricao-de-plantas/conheca-os-usos-do-po-de-rocha-na-agricultura>>. Acesso em: 24 set. 2023.