



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

**ROCHAGEM COMO FONTE DE SILÍCIO PARA A
CULTURA DO MILHO**

RENATO ALBUQUERQUE DA LUZ

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL**

2016

ROCHAGEM COMO FONTE DE SILÍCIO PARA A CULTURA DO MILHO

RENATO ALBUQUERQUE DA LUZ

Orientadora PROF^a. DR^a. ALESSANDRA MAYUMI TOKURA ALOVISI

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências da Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL**

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

L979r Luz, Renato Albuquerque Da
Rochagem como fonte de silício para a cultura do milho. / Renato
Albuquerque Da Luz -- Dourados: UFGD, 2016.
22f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Alessandra Mayumi Tokura Alovisi

TCC (graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias,
Universidade Federal da Grande Dourados.

Inclui bibliografia

1. Pó de rocha. 2. Silicato. 3. Zea mays. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

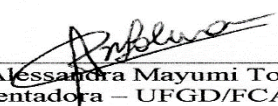
ROCHAGEM COMO FONTE DE SILÍCIO PARA A CULTURA DO MILHO


por


Renato Albuquerque da Luz

Monografia apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
ENGENHEIRO AGRÔNOMO

Aprovada em: 05/05/2016


Prof.^a. Dr.^a. Alessandra Mayumi Tokura Alovise
Orientadora – UFGD/FCA


Prof.^a. Dr.^a. Elaine Reis Pinheiro Lourenço
UFGD/FCA


Eng. Agrônomo Alves Alexandre Alovise
UFGD/ FCA

À todos que por ventura colaboraram com a execução desse trabalho

Dedico

AGRADECIMENTO

Primeiramente à Deus, pelas bênçãos, e força para seguir em frente em busca dos meus sonhos.

À minha família por sempre estar ao meu lado, e me apoiando nas minhas decisões, em especial a minha mãe, Odenir Albuquerque da Luz, pelas suas orações, ao meu pai, Heloaldo Bambil da Luz, pelo suporte, e os meus irmãos Jocimar Albuquerque da Luz e Marilene Albuquerque da Luz por todo apoio e conselhos, sendo meu exemplo para conquistar esse título de engenheiro agrônomo.

À minha orientadora, professora Dr^a. Alessandra M. Tokura Alovise, pela dedicação e atenção para a elaboração deste trabalho, e também a troca de conhecimentos e experiências que serão de grande valia no meu futuro.

À professora, Dr^a. Elaine Reis Pinheiro Lourente, e o engenheiro agrônomo Alves Alexandre Alovise, que participaram da banca de defesa deste trabalho, pelas sugestões e atenção.

Aos meus amigos, Ivana Alves, Bruno Centenaro, Roque Galceron, Cassio Caetano, Emanuel Martins, Eduardo Pimenta, Rodrigo Arakawa, Meriane Taques, Helder Teruel, e todos aqueles que contribuíram para eu concluir mais essa etapa da minha vida.

A todos os professores da Faculdade de Ciências Agrárias pelos valiosos ensinamentos.

A Universidade Federal da Grande Dourados, pela disponibilização de estrutura para a realização do projeto, assim como todos os funcionários da instituição que me auxiliaram.

A Faculdade Anhanguera de Dourados, pela disponibilização do laboratório de solos para a realização de análises. Também, ao professor Dr. Cezes mundo Ferreira Gomes, os técnicos de laboratório, Léo, Rosângela Loris e demais funcionários, e as alunas, Elisabeth e Juliana Moura, pelo auxílio.

SUMÁRIO

PÁGINA

RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1 – INTRODUÇÃO	1
2 - REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. Solos do cerrado brasileiro	2
2.2. Uso de pó de rocha na agricultura	3
2.3. Uso do silício na agricultura	5
2.4. Benefícios do silício.....	6
3 - MATERIAL E MÉTODOS	7
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
5 – CONCLUSÕES	16
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

LUZ, Renato Albuquerque. **Rochagem como fonte de silício para a cultura do milho.** Dourados, 2016. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal da Grande Dourados.

RESUMO

O silício é considerado um elemento benéfico para várias culturas, e o seu uso na agricultura tem se intensificado nos últimos anos. Ao mesmo tempo, a rochagem, uma técnica alternativa de fornecimento lento e gradativo de macro e micronutrientes para as plantas, teve um aumento em sua utilização devido a busca por fontes menos poluidoras de adubação. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de disponibilização de silício para o solo e teor foliar na cultura do milho, assim como os componentes de produção e a produtividade em função de doses de pó de rochas associadas ou não a um bioativo. O experimento foi realizado em um Latossolo Vermelho Distroférico. O experimento foi desenvolvido em blocos ao acaso, distribuídos em esquema fatorial 5x2, ou seja, cinco doses do pó de rocha (0, 2, 4, 8 e 16 mg ha⁻¹), associados ou não a bioativo (0 e 0,54 g/parcela). Foram realizadas coletas para análise das variáveis, Si foliar, comprimento de espiga, número de fileiras de grãos por espiga, diâmetro da espiga e produtividade, e após a colheita, Si no solo. O aumento das doses de pó de basalto contribuiu para a redução dos teores de Si na folha, todavia não afetou a produtividade. A aplicação de doses crescente de serpentinito contribuiu para a elevação dos teores de Si no solo independentemente da aplicação de bioativo. Para as demais variáveis, Si no solo com doses pó de basalto, Si foliar com doses de serpentinito, componentes de produção e produtividade não houve diferença significativa para as doses de pó de rochas e interação com o bioativo.

Palavras chaves: Pó de rocha, silicato, *Zea mays*.

STONEMEAL AS SOURCE OF SILICON TO THE CORN CROP

ABSTRACT

Silicon has considered a beneficial element for various plants, and the use of silicon in agriculture has intensified in recent years. In the meantime, the stonemeal, a slowly alternative source of macro and microelements to supply the plant growth, has also increased because the demand of non-polluting sources of fertilizers. The objective of this work was to evaluate the potential of silicon supply to the soil and plant, the components of the production and the productivity for the corn crop due to different doses of rock powder associate or not with a bioactive. The experiment was conducted on an Oxisol. The experiment was completely randomized as factorial design (5x2), and containing five doses of rock powder (0, 2, 4, 8, 16 t ha⁻¹) associated or nor with bioactive (0 or 0.54 g/plot) with four replicate. In all useful parcel areas, leaves collected to quantify the silicon levels, and date to evaluate the ear length, number of grain row per ear, ear diameter, and the productivity. After the harvest, the soil samples collected at the (0 – 10 cm) and (10 – 20 cm) depth to characterized de Si levels. The doses increase of crushed basalt influenced to reduce the Si plat level; however, it did not reduce the productivity. Application of highest doses of serpentinite (silicate of magnesium) contributed to increase the Si levels in the soil independently of the bioactive application. For the other characteristics, Si in the soil with crushed basalt, Si plant levels with silicate of magnesium, components of the production and the productivity there were not a statistic variance for the rock powder doses and the interaction with the bioactive.

Keywords: rock dust, silicate, *Zea mays*.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta uma área estimada de 59,5 milhões de hectares sob cultivo agrícola (CONAB, 2016), porém, nessas áreas prevalecem solos ácidos e com baixa fertilidade. O Mato Grosso do Sul possui metade de sua área composta por Latossolos e Neossolos, com a presença de solos de baixa fertilidade (MATO GROSSO DO SUL, 1990). Para que esses solos sejam empregados na produção agropecuária, a prática da fertilização é fundamental para obter boas produtividades.

O milho é um dos principais cereais produzidos e exportado na agricultura brasileira, com uma produtividade de 84 milhões de toneladas (CONAB, 2016). Tendo em vista a importância econômica da cultura, há necessidade de buscar tecnologias inovadoras para o setor, aliando produtividade e sustentabilidade. A nutrição adequada para a planta via adubação tem efeito inegável, assim, estudos sobre as influências do uso de pó de rochas na agricultura, possuem grande importância para a ampliação do uso de subprodutos da indústria de mineração, sendo alguns desses subprodutos ótimas fontes de silício.

O termo rochagem resulta da palavra rocha e tem como sinônimo a petrofertilização. Rochagem está relacionada à aplicação direta de rochas moídas na agricultura, como forma de transformar o padrão de fertilidade (THEODORO et al., 2009).

A rochagem pode apresentar uma vantagem econômica, pois proporciona uma redução de custos com insumos. Pois tem um baixo custo de produção e podem ser encontradas em regiões próximas ao mercado consumidor (SÉKULA, 2011). Segundo Van Straten (2006), citado por Sékula (2011) o uso da rochagem na agricultura apresenta vantagens na disponibilização de macro e micronutrientes presentes no material, característica essa que é ausente nos fertilizantes solúveis, além de não contribuírem com acidificação e salinização dos solos.

Um dos mais evidentes benefícios da técnica, está na lenta e gradativa disponibilização dos nutrientes fornecidos pelo pó de rocha em decorrência da lenta solubilização, permanecendo por longo tempo o fornecimento, reequilibrando o solo gradativamente e sua reserva nutricional (MELAMED et al., 2007). Porém, essa solubilização dos nutrientes do pó de rocha está intimamente ligada com a rápida atividade

biológica no solo, sendo assim, necessário a utilização de boas práticas culturais, para a estimulação da microbiota (BRUGNERA, 2012).

Outros materiais classificados como subprodutos oriundos da siderurgia, destaque para o silicato de cálcio e magnésio, possuem em sua composição valores elevados de silício, de tal forma, que podem ser utilizados como fonte de deste elemento para as culturas (PRADO e KORNDORFER 2003). E segundo Carmignano (2014), o uso de silicatos é uma alternativa para a correção de acidez de solos, fonte de Si para as plantas, e através do potencial protetor que o elemento possui, uma possível redução do uso de defensivos agrícolas devido a uma planta bem nutrida possuir resistência a ataque de pragas e doenças.

Portanto, torna-se necessário, estudar a aplicação de pó de rochas para verificar a viabilidade desse material como fonte de silício e seu efeito na produtividade da cultura do milho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Solos do Cerrado Brasileiro

O Centro-Oeste brasileiro ocupa lugar de destaque no cenário agrícola nacional, e a área sob vegetação de cerrado no Brasil Central ocupa, aproximadamente, 2 milhões de quilômetros quadrados ou 23% da área total do país, com a maioria dos solos desta região constitui-se de Latossolos altamente intemperizados (INOCÊNCIO et al., 2009). Apesar de os solos serem naturalmente de baixa disponibilidade de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), zinco (Zn), boro (B) e cobre (Cu), alta saturação por alumínio (m%), bem como alta capacidade de fixação de fósforo, possuindo elevada acidez potencial, o mesmo apresenta condições físicas ideais para a utilização da mecanização. Solos com tal característica, sendo realizado correções químicas, apresentam alto potencial agrícola, assim possibilitando uma agricultura com elevadas produtividades (VIVIANI et al., 2010).

No Mato Grosso do Sul a extensão de solos de baixa fertilidade é expressiva, onde se verificou que aproximadamente a metade de sua área é composta por solos de três

classes, sendo 23,4% de Latossolo Vermelho Distrófico, 16,5% de Neossolo Quartzarênico e 10,8% de Latossolo Vermelho Distroférico (MATO GROSSO DO SUL, 1990). De tal modo, que segundo Inocêncio et al. (2009), para estes solos serem utilizados na produção agropecuária é indispensável que se providencie uma reconstrução de sua fertilidade, constituída por um grupo de metodologias, que vem se tornando cada vez mais onerosas, devido aos custos dos fertilizantes e corretivos.

Até a década de 1950, a agricultura brasileira dependia quase exclusivamente da fertilidade natural dos solos. Com a modernização da agricultura, práticas de correção da acidez e de adubação do solo contribuíram significativamente para a melhoria da fertilidade dos solos (BERNARDI et al., 2002). O cerrado brasileiro, com o avanço tecnológico, vem contribuindo significativamente para a produção agrícola, apresentando destaque nacional da produção média por área.

2.2. Uso do pó de rocha na agricultura.

O serpentinito é originado de rochas metamórficas ultrabásicas, constituídas pelos óxidos de cálcio, magnésio e silício e pertencem ao grupo mineralógico da serpentina, formado pela antigorita $[(Mg,Fe)_3Si_2O_5(OH)_4]$ e a crisotila $[Mg_3Si_2O_5(OH)_4]$ (TEIXEIRA et al, 2011). As reservas destas rochas estão bem distribuídas no Brasil e podem ser encontradas nos estados da Bahia, Ceará, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Pará, Paraíba, Paraná, Rio Grande do Sul, Sergipe e São Paulo (DNPM, 2006; PEREIRA et al., 2007).

O principal uso do serpentinito era na siderurgia, onde era aplicado como fundente devido ao seu alto teor de magnésio, porém a utilização do produto caiu em desuso na indústria, e se encaminha para a substituição, devido ao seu baixo teor de sílica, em frente a matérias com quantidade superior e de baixo custo (CARMIGNANO 2014).

Zaidem (2003) sugeriu o uso do serpentinito na agricultura como fonte de silício na cultura do arroz. Korndörfer (2003) indicam o uso do serpentinito como fonte de silício e magnésio. Segundo Berni e Prabhu (2003) a utilização do serpentinito na cultura do arroz, forneceria silício para a redução do ataque da brusone nas folhas da planta. Doença que causa

um dano significativo na cultura irrigada, a absorção de silício do pó de rocha é concentrada na folha, assim fortalecendo a parede celular da folha, tornando resistente. Essa técnica cria uma possibilidade de um controle sustentável da doença.

Teixeira et al. (2009) comprovam que o serpentinito age como corretivo de solos, entretanto, o uso do material deve ser analisado com maior cuidado do ponto de vista econômico, tendo em vista, que possui teor médio de magnésio superior ao teor de calcários, e além da presença de outros nutrientes. Mas, é um produto que não possui uma escala de produção que possa ser compatível com a demanda que o produto possa ter. O preço comercial tende a ser superior a outras fontes de corretivos do solo.

Para a agricultura brasileira rochas basálticas, de origem vulcânica, são de fácil disponibilidade. Os principais constituintes do basalto são minerais aluminosilicatos do grupo dos piroxênios e plagioclásios, pouco resistentes ao intemperismo químico e importantes fontes de cálcio, magnésio e micronutrientes. Normalmente as rochas compostas por aluminosilicatos possuem quantidades variáveis de diversos nutrientes que podem se apresentar na forma de compostos com maior ou menor facilidade de solubilização, dependendo do teor total e da cinética de dissolução dos minerais (MACHADO et al., 2005).

De acordo com Amparo (2003), o uso do pó de rocha apresenta as seguintes vantagens em relação aos fertilizantes solúveis: economia de mão-de-obra, pois o pó é de baixa solubilidade e assim, não há necessidade de se adubar com frequência devido ao seu efeito residual prolongado; não acidifica o solo e, ao contrário, pode corrigir a sua acidez; não saliniza o solo, evita que a planta absorva mais do que o necessário, como ocorre com o potássio e o nitrogênio quando se usa adubos solúveis, a matéria-prima é inteiramente nacional, fácil de ser explorada e encontram-se distribuídas em todas as regiões do país.

A aplicação de basalto triturado, nas doses de 0; 12,5; 25; 37,5; 50 e 62,50g dm⁻³, alterou o pH, aumentou os teores de potássio, cálcio e magnésio nos solos segundo Inocêncio et al. (2009). A utilização do pó de basalto como fonte de nutrientes para o feijoeiro em Cambissolo Húmico, foi avaliado por Nichele (2006) verificou que em todos os tratamentos que receberam o produto, a produtividade do feijoeiro foi similar aos tratamentos com calcário e calcário com adubo convencional.

Segundo S kula (2011), p  de basalto possui um efeito sobre teores de fósforo (P) no solo, porem vale ressaltar que esse efeito ocorre de forma lenta no solo, onde os resultados se mostraram melhores a partir do segundo ano, principalmente nas camadas de 0,0-10 cm, devido ao P ser praticamente imóvel no solo. Esse aumento ocorre devido a liberação de silicato do basalto, que diminui a adsorção de fosfato, e libera pequenas quantidades de P que estão presente na rocha (Gillman et al., 2002).

As rochas basálticas apresentam vários minerais silicatados na sua composição, sendo uma importante fonte de elementos minerais para o solo, dentre eles, altos teores de Si e Al além dos c t ions básicos como Ca, Mg e Fe, são ricas em minerais facilmente alteráveis como piroxênios e plagioclásios (RESENDE et al., 2002).

2.3. Uso do silício na agricultura.

O silício (Si) não é considerado como elemento essencial para a planta, contanto é um elemento que traz vários benéficos para a produção de várias culturas (KORND RFER et al., 2003). Sua utilização no país vem sendo difundida nos últimos anos, principalmente após sua inclusão como micronutriente na legislação de fertilizantes pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 2004). Apesar do silício ser um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre e presente em várias classes de solos, em solos localizados na região do cerrado, são pobres em Si solúvel nos horizontes superiores (RAIJ e CAMARGO, 1973).

As principais características de uma fonte de Si para fins de uso na agricultura são: alto conteúdo de Si solúvel, propriedades físicas adequadas, pronta disponibilidade para as plantas, com baixo custo, relações e quantidades de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) equilibradas e ausência de metais pesados. Muitas escórias de siderurgia possuem tais características, e algumas delas são fontes promissoras de Si disponível (KORND RFER et al., 2003). Várias formas de fornecimento de Si para as plantas vêm sendo estudada, as fontes mais conhecidas são os subprodutos da indústria do a o e ferro gusa, que são escórias da siderurgia e ricas em silício, como exemplo os silicatos de cálcio, magnésio e de potássio.

As escórias básicas de siderurgia (silicatos de cálcio e magnésio), livres de metais pesados, formam excelentes fontes de silício a baixo custo e, e em alguns casos, localizadas de forma estratégica para microrregiões agrícolas entorno de Minas Gerais, com uma ênfase

para o possível uso como corretivos do solo, devido à sua basicidade (KORNDÖRFER e DATNOFF, 1995; CARMIGINANO 2014; TEIXEIRA, 2009).

2.4. Benefícios do silício.

Os efeitos benéficos do Si têm sido demonstrados em várias espécies vegetais, especialmente quando essas plantas são submetidas a algum tipo de estresse, seja ele de caráter biótico ou abiótico (FARIA, 2000; DATNOFF et al., 2001). Quanto à absorção de silício, Miyake e Takahashi (1985) caracterizaram as plantas em três tipos: acumuladoras, com teor elevado de Si na matéria seca, sendo a absorção ligada à respiração aeróbia, as gramíneas, em geral, são classificadas como acumuladoras de Si e os depósitos desse elemento são encontrados nas paredes celulares; não-acumuladoras, caracterizadas por um baixo teor de Si, mesmo com altos níveis desse elemento no meio, indicando um provável mecanismo de exclusão; intermediárias, as quais apresentam quantidade considerável de Si, quando a concentração do elemento é alta.

O Si pode estimular o crescimento e a produção vegetal por meio da formação de folhas eretas, conseqüentemente ocorre a diminuição do auto sombreamento, através da redução do acamamento, pela maior rigidez estrutural dos tecidos, pela proteção contra estresses abióticos, tais como amenização da toxidez de Fe, Mn, Al e Na, pelo aumento da tolerância ao estresse hídrico e à geada, pela proteção contra estresses bióticos, tais como a redução do ataque de patógeno causadores de doenças e aumento na proteção contra herbívoros, incluindo os insetos fitófagos (POZZA et. al., 2015; MARSCHNER, 1995).

O silício aumenta a rigidez das células, sendo assim, as células epidérmicas ficam mais grossas e com um maior grau de lignificação e/ou silicificação (barreira mecânica). Segundo Marschner (1995), o acúmulo e a deposição de Si nas células da camada epidérmica constituem uma barreira física à penetração de patógenos e ao ataque de pragas. Além de estar envolvida em processos fisiológicos essenciais de diversas espécies vegetais, a adubação silicatada pode contribuir para a resistência a diversas doenças. Resultados promissores foram encontrados no controle de diversas doenças. Cita-se a redução na intensidade da brusone, mancha-parda e queima das bainhas em plantas de arroz; menor incidência de oídio, cercospora, e ferrugem em plantas de soja, gomose em citrus e, antracnose em sorgo quando essas culturas foram adubadas com Si (SAMUELS et al., 1994;

NOLLA et al., 2006; LIMA, 1998; RODRIGUES, 2000; PEREIRA et al., 2009; RESENDE et. al., 2013).

Trabalhos realizados com o uso de escórias de siderúrgica, demonstram que a planta de milho possui uma resposta positiva sobre a produtividade (GUTIERREZ e INOCÊNCIO, 2009; CASTRO e CRUSCIOL, 2013). Entretanto, resultados obtidos por Prado e Korndörfer (2003) que observou o uso de silicato na cultura do milho, e Orioli Júnior et al. (2008) que avaliou diferentes doses de adubação com silício no trigo, demonstram resultados opostos, cuja a produtividade não variou significativamente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), no município de Dourados, MS. O local situa-se em latitude de 22°14'08" S, longitude 54°59'13" W e altitude de 430 m. O clima da região, seguindo classificação Köppen-Geiger, é do tipo Aw (PEEL et al, 2007) com médias anuais para precipitação e temperatura de 1425 mm e 23,6° C, respectivamente. Os dados de precipitação foram obtidos na Estação Meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste, apresentados na Figura 1.

No experimento foram utilizados dois pós de rochas (basalto e serpentinito) em diferentes doses, 0, 2, 4, 8 e 16 mg. ha⁻¹ de cada pó, totalizando 80 parcelas, as quais, 40 delas foram usados o bioativo (0,54 g parcela⁻¹), 20 parcelas no pó de basalto e 20 parcelas no serpentinito. No Quadro 1 encontram-se as composições do pó de basalto e serpentinito. O bioativo utilizado foi o Penergetic k (Bentonita em pó), Constituído de: SiO₂ (56%), Al₂O₃ (16%), Fe₂O₃ (4,0%), CaO (4,0%), MgO (4,0%), K₂O (2,0%), Na₂O (0,4%), micronutrientes (3,5%).

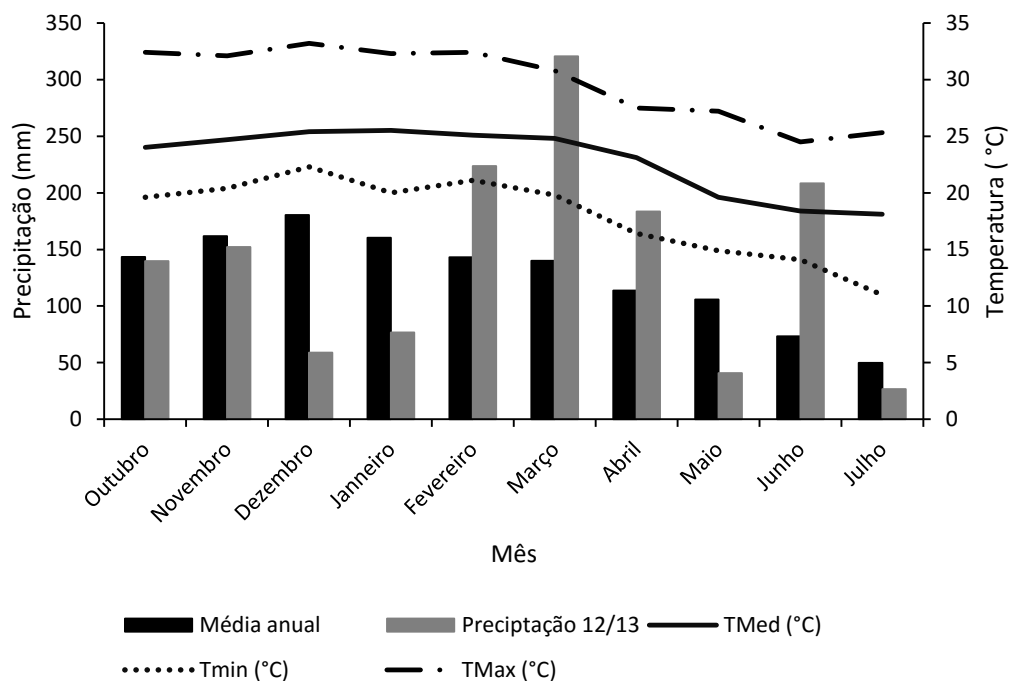


FIGURA 1. Precipitação, temperatura média, máxima e mínima no período de outubro de 2012 a julho de 2013, em Dourados – MS. Fonte: Embrapa Agropecuária Oeste (2013).

QUADRO 1. Caracterização química do pó de basalto e serpentinito.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	N ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅
	%									
Pó de basalto	23,07	12,17	15,45	7,74	3,67	1,60	2,62	3,67	0,23	0,61
Serpentinito	17,95	1,31	12,66	0,66	35,07	0,01	<0,01	0,03	0,09	0,02

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico. A caracterização química do solo, antes da montagem do experimento foi efetuado nas profundidades de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m. Foi coletado uma amostra composta, por cinco subamostras simples. As determinações químicas do solo seguiram a metodologia descrita por Claenssen (1997), com os resultados apresentados no quadro 2.

QUADRO 2. Análise química do solo da área, antes da implantação do experimento. UFGD, Dourados, MS, 2012.

Prof.	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	P (resina)	K	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	V%	MO
			g dm ⁻³				mmolc dm ⁻³				g dm ⁻³
0 – 10 cm	5,7	5,0	49	2,7	36	19	0	61	119	48	27
10– 20cm	5,4	4,6	4	1,1	15	9	6	57	82	31	17

O delineamento experimental foi em blocos casualizados e os tratamentos em arranjo fatorial 5x2, envolvendo cinco doses de pó de rocha (0, 2, 4, 8 e 16 Mg ha⁻¹), associados ou não a bioativo (0 e 300 g ha⁻¹), com quatro repetições.

O preparo de solo foi realizado em novembro de 2012, e utilizado o método convencional, que consistiu em duas arações antes da aplicação dos pós de rochas, aplicação dos pós de rochas e bioativo realizado manualmente, e posteriormente foi realizada uma aração e duas gradagens, com grade niveladora, para uma incorporação homogênea do material na camada de 0-20cm.

Em março de 2013, foi semeado o híbrido de milho AG5055 VTPRO. Para a semeadura foram utilizados o trator e a semeadora a vácuo. As sementes foram tratadas com Imidacloprido na dosagem de 0,1 L ha⁻¹ no dia da semeadura. Foi usada uma adubação na área experimental, correspondente a 300 kg ha⁻¹ de 10 – 15 – 15. A parcela foi composta por quatro linhas de 5 metros de comprimento, espaçadas em 0,90 m, contendo cinco plantas/metro linear, com a finalidade de ajustar a população em 55 mil plantas ha⁻¹.

O controle de pragas na cultura do milho, foi realizado no estágio V3, onde realizou-se a aplicação de inseticida (Lambda-cialotrina 106 g L⁻¹, Thiamethoxam 141 gL⁻¹) na dose de 0,3 l ha⁻¹. E o manejo de plantas daninhas foi realizado mediante a aplicação de herbicida (Atrazina 500 g L⁻¹) na dose de 4 L ha⁻¹, ocorrendo no estágio V4.

Para avaliar o estado nutricional das plantas, e determinação de silício, foram coletadas folhas diagnose, folha oposta e abaixo da espiga no aparecimento da inflorescência feminina, de 10 plantas por parcela, segundo procedimentos descritos por Malavolta et al. (1997). Em seguida, as folhas foram secas em estufa de ar forçado à 65°C até peso constante, e moídas em moinho do tipo Willey. Utilizou-se a metodologia proposta por Korndörfer et al. (2004) para a extração e determinação de silício na planta através do processo de oxidação da matéria orgânica, método amarelo.

As avaliações dos componentes da produção e produtividade do milho, foi considerada as duas linhas centrais, desprezando um metro na extremidade de cada linha de plantas. A colheita foi realizada manualmente, coletando 15 espigas alternadas nas duas linhas centrais. Após a coleta, com o auxílio de uma régua e um paquímetro foi avaliado o tamanho, diâmetro e número de fileiras de cada espiga. Posteriormente, foram debulhadas em um debulhador mecanizado, e a umidade dos grãos foi corrigida para 14%. Posteriormente pesaram-se os grãos e convertidos em kg ha⁻¹.

Após a colheita do milho foi coletada amostras de solo, nas camadas de 0-10 cm e 10-20cm de todas as parcelas, após, as amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas, passadas em peneira com malha de 2 mm de abertura, e realizada a análises química de acordo com metodologia descrita por Korndörfer et al. (2004), método de colorimetria, para a quantificação do silício disponível no solo.

Os dados obtidos de cada variável foram submetidos às análises de variância. Para as doses de pó de basalto e serpentinito, empregaram análise de regressão, quando constatado significância das doses, com auxílio do pacote computacional ASSISTAT (SILVA e AZEVEDO, 2006).

4. RESULTADO E DISCUSSÕES

Houve diferença nos teores de Si nas folhas do milho ($p < 0,01$), em função das doses de basalto (Figura 1). O teor foliar de Si no milho apresentou comportamento linear, com redução no teor foliar na medida em que aumentou as doses de pó basalto, provavelmente, em razão do efeito de diluição. Os teores de silício na planta são classificados em baixo quando for menor que 17 g kg^{-1} , médio de 17 a 34 g kg^{-1} e altos acima de 34 g kg^{-1} (KORNDÖRFER et al., 1999). Assim, os teores de silício encontrados nesse trabalho classificam-se como baixo, entretanto, segundo Korndörfer et al. (2006), plantas de milho acumulam teores de Si de $2,5$ a $11,4 \text{ g kg}^{-1}$, portanto, o teor foliar de Si (Figura 1) está de acordo com o esperado, mesmo na maior dose de basalto, com teor de Si de $2,73 \text{ g kg}^{-1}$, ou seja, independente da dose do basalto adicionado, as plantas de milho apresentaram um teor adequado deste elemento.

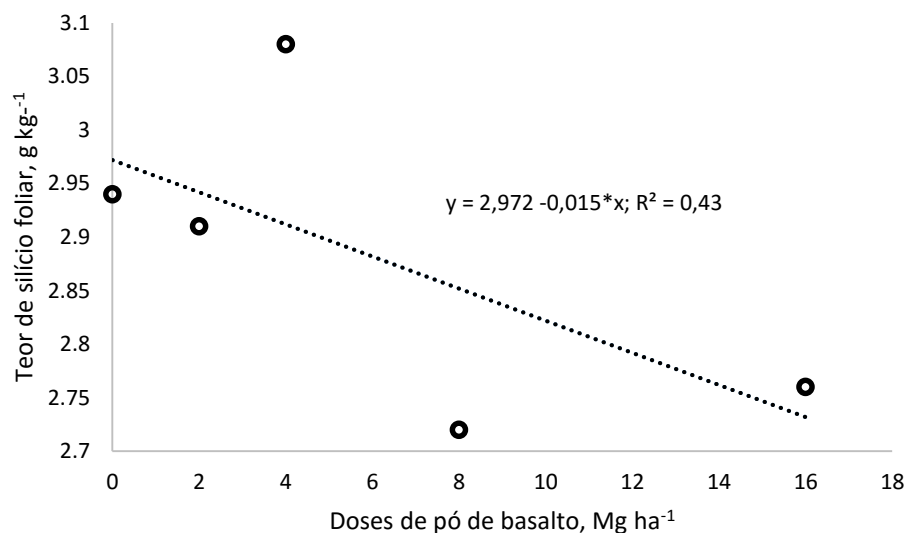


Figura 1. Teor foliar de silício em folhas de milho, em função do basalto aplicado.

* significativa a 5% de probabilidade.

Houve diferença nos teores de Si no solo ($p < 0,01$), em função do bioativo, na camada de $0 - 10 \text{ cm}$, com a utilização do pó de basalto. Os maiores valores de Si no solo ($10,14 \text{ mg dm}^{-3}$) foram encontrados nos tratamentos sem a utilização do bioativo, em relação a $8,99 \text{ mg dm}^{-3}$ nos tratamentos que receberam o bioativo.

A aplicação de doses crescente de pó de basalto não influenciou os teores de Si na camada de 10-20 cm, resultado esperado, uma vez que, solos altamente intemperizados apresentam um intenso processo de dessilificação (BARBOSA FILHO et al.,2004).

Com a utilização do serpentinito, houve interação entre as doses de serpentinito e bioativo, na camada de 0-10 cm (Figura 2). O teor de Si no solo com a utilização do bioativo apresentou comportamento quadrático, com ponto de mínima na dose equivalente de 6,31 Mg ha⁻¹. Já sem o uso do bioativo, o teor de Si no solo apresentou comportamento linear, com teor de Si no solo de 9,88 mg dm⁻³, na dose de 16 Mg ha⁻¹. Esses resultados observados estão de acordo com os resultados obtidos por Pereira et al. (2004); Braga (2004) e Ramos et al (2009), que trabalhando com doses crescentes de silício nas culturas de arroz e sorgo, também observaram incremento nos teores de Si no solo.

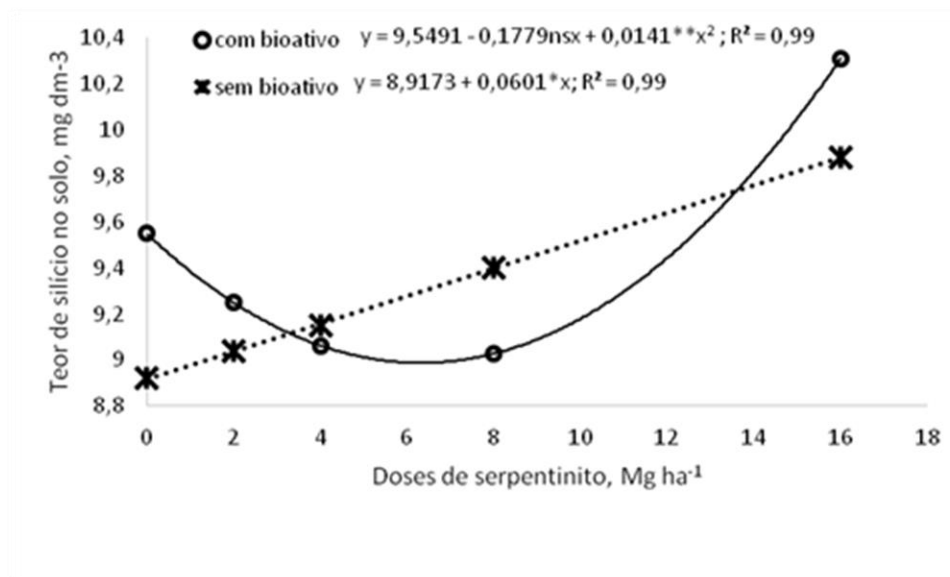


Figura 2. Teor de silício no solo em função da aplicação de pó de serpentinito, na profundidade de 0-10 cm. Dourados-MS.

Na camada de 10-20 cm, os teores de silício aumentaram linearmente com o aumento das doses de serpentinito. A equação de regressão estima que o teor máximo de silício no solo foi de 11,77 mg dm⁻³. Pereira et al. (2007) ressaltam que, sendo o Si de pouca mobilidade no solo, nas doses aplicadas ele resultam maiores teores na camada de aplicação.

Os resultados observados para o Si solúvel no solo, no presente trabalho, estão de acordo com trabalhos realizados por Korndörfer et al. (1999), Ribeiro et al. (2011), que estudando a cultura do arroz e café com adubação de escórias de siderurgia, encontraram uma

elevação nos teores de Si em função de maiores doses do material. Sobral et al. (2011), em um estudo realizado com cana-de-açúcar com doses de escória associadas ou não com adubação nitrogenada, mostrou um aumento quadrático significativo nos teores de Si no solo, semelhante ao encontrado neste trabalho.

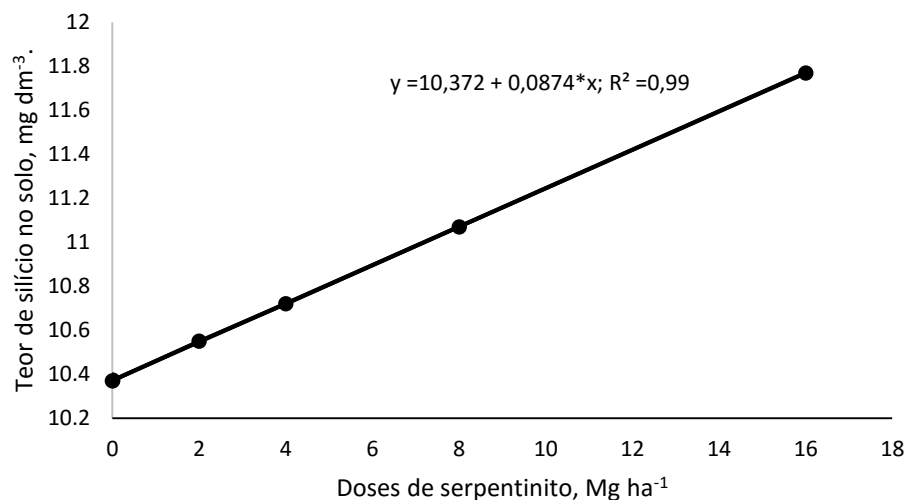


Figura 3. Teor de silício no solo em função da aplicação pó de serpentinito, na profundidade de 10-20 cm.

Não foram detectadas interações significativas entre as doses de pó de basalto e a aplicação de bioativo sobre as variáveis de produtividade, tamanho de espiga, diâmetro de espiga e número de fileiras de grãos de milho, as médias das variáveis são apresentadas no Quadro 3. Essa condição evidencia que todos os tratamentos com pó de basalto apresentaram comportamento semelhante diante da aplicação ou não do bioativo.

Resultado semelhante obtido com a aplicação de doses crescentes de serpentinito, onde também não foram detectadas interações significativas entre os tratamentos com doses de serpentinito e a aplicação de bioativo para as médias dos componentes de produção e produtividade (Quadro 3).

Ao comparar a produtividade média da área experimental de 4,917 kg ha⁻¹ e 5087 kg ha⁻¹, pó de basalto e serpentinito respectivamente, em relação à média nacional de milho

2ª safra no ano agrícola de 2012/2013, que foi aproximadamente de 4,943 kg ha⁻¹, observa-se valores muitos semelhantes, entretanto, acima dos valores observados para a do estado do Mato Grosso do Sul, que foi de 4,514 kg ha⁻¹ para o mesmo ano agrícola (CONAB,2013).

QUADRO 3. Média dos componentes de rendimento e produtividade de grãos da cultura do milho, cultivado em solo tratado com doses de basalto e serpentinito, com e sem aplicação de bioativo.

	Tamanho médio das espigas (cm)	Diâmetro médio das espigas (mm)	Número médio de fileiras de grãos	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Pó Basalto	13,15	45,99	15,92	4917
Serpentinito	13,31	46,21	15,98	5087

Os resultados encontrados no experimento, para doses de pó de basalto, com ou sem adição de bioativo, concordam com aqueles observados por Ferreira et al. (2009), que constataram que o pó de basalto de duas origens não influenciou o teor de nutrientes na fitomassa e a produtividade de grãos de feijão. Resultado semelhante foi verificado por Silva et al. (2011), que não verificaram aumento da produtividade de feijão com o incremento de doses de pó de basalto, assim como Hanisch et al. (2013), não verificaram aumento na produtividade do milho após três anos da aplicação do pó de basalto em solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, típico da região do planalto norte catarinense.

Segundo Harley e Gilkes (2000) a solubilidade lenta seria uma característica importante do uso de pós de rocha, por permitir que ocorra um efeito residual após a aplicação desse produto, o que reduziria a demanda por aplicação de fertilizantes por determinados períodos.

Os resultados, apesar de serem preliminares, de apenas uma safra de cultivo, estão de acordo com os que foram obtidos por outros autores. Almeida et al. (2004) conduzindo estudos com saprólito de basalto em um Nitossolo Háplico no município de Urupema - SC com doses de até 32 Mg ha⁻¹ na cultura do feijão, não observaram diferenças

no número de vagens por plantas e no número de grãos por vagem em função dos tratamentos, sendo que a produtividade média obtida foi de 1403 Kg ha⁻¹, decorrente das boas condições de fertilidade do solo no local avaliado.

Em trabalho conduzido em casa de vegetação, Escosteguy (1985) concluiu não ter havido efeito da aplicação de doses equivalentes a até 200 Mg ha⁻¹ de basalto moído no desenvolvimento das plantas em solo de baixa fertilidade do Rio Grande do Sul, e tampouco promoveram modificações substanciais nas propriedades químicas do solo.

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

5. CONCLUSÕES

Considerando que o solo já vinha sendo manejado em plantio direto há alguns anos, é possível que esta condição química adquirida anteriormente, tenha sido suficiente para a manutenção das produtividades observadas, minimizando o efeito do pó de basalto e do serpentinito, até mesmo da utilização do bioativo.

Apesar da lenta liberação de nutrientes pelos materiais, solo local com características químicas que possivelmente aumentam a adsorção de silício, e o milho sendo uma cultura de rápido desenvolvimento, houve um incremento de silício para algumas variáveis, porém abaixo do esperado. Desta maneira, é necessário um acompanhamento a longo prazo, para a obtenção de respostas mais conclusivas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E.; SILVA, F.J.P.; RALISCH, R. Revitalização dos solos em processos de transição agroecológica no Sul do Brasil. **Agriculturas**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 1, p. 7-10, 2004.

AMPARO, A. Farinha de rocha e biomassa. **Agroecologia Hoje**, Botucatu, n.20, p. 10-12, 2003.

BERNARDI, A.C. de C.; MACHADO, P.L.O. de A.; SILVA, C.A. **Fertilidade do solo e demanda por nutrientes no Brasil**. In: MANZATTO, C.V.; FREITAS JUNIOR, E. de; PERES, J.R.R. (Ed.). Uso agrícola dos solos brasileiros. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p.61-77.

BARBOSA FILHO, M. P.; ZIMMERMANN, F. J. P.; SILVA, O. F. Influência da escória silicatada na acidez do solo e na produtividade de grãos do arroz de terras altas. **Ciência Agrotécnica**, v.28, p.323-331, 2004.

BARBOSA, S.C.S.; ALCOFORADO, P.A.U.G.; COSTA, J.P.V.; ALBUQUERQUE, A.W.; REIS, L.S.; BASTOS, A.L. Adição de carbonato, silício e fósforo nas propriedades químicas de três solos do estado de Alagoas. **FERTBIO - Rio de Janeiro, 2002**.

BRAGA, A. M. C. **Eficiência de fontes e doses de fertilizantes contendo silício na adubação do arroz inundado e do sorgo**. 2004. 123f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2004.

BRASIL. **Decreto n.º 2954**. Aprova o regulamento da lei 6894 de 16 de janeiro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. Normas Jurídicas (Texto Integral) – DEC 004954, 14 jan., 2004, 27 p.

BRUGNERA, R. L. **Avaliação do uso de pó de rocha basáltica como fertilizante alternativo na cultura da rúcula**. Projeto de trabalho final de graduação – Faculdade Dinâmica de Cataratas. Foz do Iguaçu, 2012.

BERNI, R.; PRABHU, A. Eficiência relativa de fontes de silício no controle de brusone nas folhas em arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 195-201, 2003.

CARMIGNANO, O. R. D. **Avaliação do comportamento do serpentinito na cultura da soja**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto, 2014.

CASTRO, G.S.A.; CRUSCIOL, C.A.C. Effects of superficial liming and silicate application on soil fertility and crop yield under rotation. **Geoderma**, v.195-196, p.234-242, 2013. OI: 10.1016/j. geoderma.2012.12.006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Indicadores de Agropecuária**, v. 15, n. 1, Jan. 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Indicadores de Agropecuária**. Décimo levantamento, Jul. 2013.

DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDORFER, G.H. **Silicon in agriculture**. New York: 2001. 403p.

NOLLA, A.; KORNDÖRFER, G. H.; COELHO, L. Efficiency of calcium silicate and carbonate in soybean diseases control. **Journal of plant nutrition**, v. 29, p. 2049-2061, 2005.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral Brasileiro. **Anuário Mineral Brasileiro**: Talco e Outras Cargas Minerais. 35. ed. Brasília: DNPM, 2006.

EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings of the National Academic Science**, Fort Lauderdale, v.91, p.11-17 1994.

ESCOSTEGUY, P.A. V. Uso de basalto moído como fonte de nutrientes às plantas em solos ácidos de baixa fertilidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 5., Lavras, MG, 1985. **Anais...** Lavras: [s.n.], 1985.

FARIA, R. **Efeito da acumulação de silício e a tolerância das plantas de arroz do sequeiro ao déficit hídrico do solo**. 2000. 125p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos, Viçosa, MG.

FELISBERTO, G.; FEHR, R. M. , GODOY, L. J. G , FELISBERTO, P. A. C. Filossilicatos: efeitos no crescimento e na nutrição de plantas de milho e no teor de silício do solo. **Agrarian Academy**, v. 1, n. 2, p. 60-71, 2014.

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

GILLMAN, G.P.; BURKETT, D.C.; COVENTRY, R.J. Amending highly weathered soils with finely ground basalt rock. **Applied Geochemistry**, v.17, p.987–1001, 2002.

GUTIERREZ, R. S.; INOCÊNCIO, M. F. Escoria de siderúrgica e pó de basalto na fertilidade do solo. **Revista Brasileira De Agroecologia**. Vol. 4 No. 2, 2009.

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

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

INOCÊNCIO, M. F.; NOVELINO, J. O.; PAIM, L. R.; GUTIERREZ, R. S. Efeito da aplicação de basalto triturado nas características químicas de amostras de solos do Estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Caatinga**. Mossoró, v. 22, n. 4, p. 145-151, 2009.

KORNDÖRFER, G. H. Elementos benéficos. In: Fernandes MS (Eds.) **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.355-374, 2006.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLA, A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: GPSi-ICIAG-UFU, 2004. 34 p. (Boletim técnico, 2).

KORNDÖRFER, G.H. PEREIRA, H.S.; CAAMRGO, M.S. **Silicatos de Cálcio e Magnésio na Agricultura**. 2. ed. Uberlândia/MG: Grupo de Pesquisa “Silício na Agricultura”, fev. 2003. 15p. (Boletim Técnico, 1).

KORNDÖRFER, G.H.; COELHO, N.M.; SNYDER, G.H.; MIZUTANI, C.T. Avaliação de métodos de extração de silício para solos cultivados com arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.101-106, 1999.

KORNDÖRFER, G.H.; DATNOFF, L.E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v.70, p.1-5, jun. 1995.

LIMA, M.T.G. **Interrelação cancro da haste (*Diaporthe phaseolorum f. Sp. meridionalis*), nodulação (*Bradyrhizobium japonicum*) e silício em soja (*Glycine Max (L) Merrill*)**. 1998. 58p. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

MACHADO, C. T. T.; RESENDE, A. V.; MARTINS, E. S.; SOBRINHO, D. A. S.; NASCIMENTO, M. T. FALEIRO, A. S. G. LINHARES, N.; SOUZA, A. L.; CORAZZA, E. Potencial de rochas silicáticas no fornecimento de K para culturas anuais: II. Fertilidade do solo e suprimento de outros nutrientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. **Resumos...** Recife: SBCS/UFRPE, 2005.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações**. Piracicaba, Potafos, 1997. 308p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. Ed. New York: Academic, 1995. 887 p.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral. **Atlas multirreferencial**. Campo Grande: Convenio Governo do Estado/ Fundação IBGE, 1990. 29p.

MAUAD, M.; GRASSI FILHO, H.; CRUSCIOL, C.A.C.; CORRÊA, J.C. Teores de silício no solo e na planta de arroz de terras altas com diferentes doses de adubação silicatada e nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 27:867-873, 2003.

MELAMED, R.; GASPAR, J. C.; MIEKELEY, N. **Pó-de-rocha como fertilizante alternativo para sistemas de produção sustentáveis em solos tropicais**. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), 2007. Série de Estudos e Documentos 72 (SED-72), 24p.

MELAMED, R.; GASPAR, J. C. **Eficiência de pó de rocha na bio-disponibilidade de potássio em sistemas de produção agrícola sustentáveis**. 2005. In: ENTMME, 21, 2005, Natal, RN.

MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth of soybean in a solution culture. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 31, p. 625-636, 1985.

NICHELE, É. R. **Utilização de minerais no desenvolvimento de plantas e na mitigação de odores em criações animais confinados**. Dissertação de Mestrado. Centro de Ciências Agroveterinárias – UDESC. 86p. 2006.

ORIOLI JÚNIOR, V.; ARF, O.; Savério Souza COSTA, R.; BUZETTI, S. Modos de aplicação e doses de silício em dois cultivares de trigo cultivados em semeadura direta. **Scientia Agraria**, vol. 9, núm. 3, 2008.

PIAU, W.C. **Efeitos de escórias de siderurgia em atributos químicos de solos na cultura do milho (*Zea mays* L)**. 1995. 124p. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; McMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, European Union, v. 11, n. 4, p. 1633-1644, 2007.

PEREIRA, S.C.; RODRIGUES, F.A.; CARRÉ-MISSIO V.; OLIVEIRA, M.G.A.; ZAMBOLIM, L. Aplicação foliar de silício na resistência da soja à ferrugem e na atividade de enzimas de defesa. **Tropical Plant Pathology**, v.34, p.164-170, 2009.

PEREIRA, H.S.; BARBOSA, N. C.; CARNEIRO, M. A.; KORNDÖRFER, G. H. Avaliação de fontes e de extratores de silício no solo. **Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília**, v.42, n.2, p.239-247, fev. 2007.

PEREIRA, H. S.; KONDÖRFER, G. H.; VIDAL, A. A.; CAMARGO, M. S. Fontes de silício para a cultura do arroz. **Scientia Agrícola**, Piracicaba v. 16, n. 5, p. 522-528, 2004.

POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; BOTELHO, D. M. S. Silicon in plant disease control. **Revista Ceres**, v.62 n.3, p. 323-331, 2015.

PRADO, R. M.; KORNDORFER, G. H. Efeitos da escória de siderurgia sobre a cultura do milho (*Zeamays L.*) cultivados em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico. **Científica**, v.31, p.9-17, 2003.

PRADO, R.; FERNANDES, F. M.; NATELE, W. **Uso agrícola da escória de siderurgia no Brasil**: estudo na cultura da cana-de-açúcar. Jaboticabal: Funep, 2001.

RAIJ, B.V.; CAMARGO, O.A. Sílica solúvel em solos. **Bragantia**, v.32, n.11, p.223-236, 1973.

RAMOS, L. A.; KORNDÖRFER, G. H.; QUEIROZ, A. A. Avaliação de fontes de silício em plantas de arroz do ecossistema de várzea. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 2, p. 10 – 16, 2009.

RESENDE, R.S.; RODRIGUES, F.A.; GOMES, R.J.; NASCIMENTO, K.J.T. Microscopic and biochemical aspects of sorghum resistance to anthracnose mediated by silicon. **Annals of Applied Biology**, v.163, p.114-123, 2013.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa: Neput, 2002. 338 p.

RIBEIRO, R. V.; SILVA, L.; RAMOS, R.A; ANDRADE, C.A; ZAMBROSI, F. C. B.; PEREIRA, S. P. O alto teor de silício no solo inibe o crescimento radicular de cafeeiros sem afetar as trocas gasosas foliares. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 35:939-948, 2011.

RODRIGUES, F.A. **Fertilização silicatada na severidade da queima das bainhas (*Rizoctonia solani*) do arroz**. 2000. 100p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitopatologia, Viçosa, MG.

SAMUELS, A.L.; GLASS, A.D.M.; MENZIES, J.G.; EHRET, D.L. Silicon in cell walls and papillae of *Cucumis sativus* during infection by *Sphaerotheca fuliginea*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 44, p. 237-242, 1994.

SÉKULA, C. **Características químicas do solo e produção de grandes culturas com rochagem e biofertilizantes**. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava, Paraná, 2011.

SILVA, A.; ALMEIDA, J.A.; SCHMITT, C.; AMARANTE, C.V.T. Fertilidade do solo e desenvolvimento de feijão comum em resposta adubação com pó de basalto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.7, n.4, p.548-554, 2011.

SILVA, F. de A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. de. A New Version of The Assistat -Statistical Assistance Software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4, Orlando-FL-USA: **Anais...** Orlando: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2006.

SOBRAL, M. F.; NASCIMENTO, C. W. A.; CUNHA, K. P. V.; FERREIRA, H. A.; SILVA, A. J.; SILVA, F. B. V. Escória de siderurgia e seus efeitos nos teores de nutrientes e metais pesados em cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. vol.15 no.8 Campina Grande, 2011.

STRAATEN, P. V. Farming with rocks and minerals: challenges and opportunities. **Anais.. da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 78, n. 4, p. 731-747, 2006.

Teixeira, A. M. S.; Sampaio, J. A.; Garrido, F. M. S.; Medeiros, M. E. **Avaliação da rocha serpentinito do município de Andorinha para aplicação como corretivo de solos ácidos**. 1º Congresso Brasileiro de Rochagem, Brasília, DF, Setembro de 2009.

TEIXEIRA, A. **Caracterização e avaliação da rocha serpentinito do município de Andorinha/Bahia para aplicação como corretivo de acidez do solo**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.

THEODORO, S. H.; OTHON H. L.; ALMEIDA E. Mecanismos para disponibilização de nutrientes minerais a partir de processos biológicos. **Anais do I Congresso Brasileiro de Rochagem**, Capítulo 19, Embrapa, 2009.

VIVIANE, C.A.; MARCHETTI, M.E.; VITORINO, AC.T.; NOVELINO, J.C.; GONÇALVES, M.C. Disponibilidade de fósforo em dois latossolos argilosos e seu acúmulo em plantas de soja, em função do aumento do pH. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, p.61-67, 2010.

ZAIDAN, S. **Aproveitamento do rejeito da rocha serpentinito da mina de Cana- Brava**. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) –Escola de engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.