

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -
AGRONOMIA**

**AGROMINERAIS SILICÁTICOS COMO FORNECEDORES DE POTÁSSIO
E OUTROS NUTRIENTES PARA SOJA E MILHETO EM LATOSSOLO
VERMELHO-AMARELO**

**Autor: Antonio Alexandre Bizão
Orientador: Dr. Edson Luiz Souchie
Co-orientador: Eder de Souza Martins**

**RIO VERDE – GO
Julho, 2014**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -
AGRONOMIA**

**AGROMINERAIS SILICÁTICOS COMO FORNECEDORES DE POTÁSSIO
E OUTROS NUTRIENTES PARA SOJA E MILHETO EM LATOSSOLO
VERMELHO-AMARELO**

**Autor: Antonio Alexandre Bizão
Orientador: Dr. Edson Luiz Souchie
Co-orientador: Eder de Souza Martins**

Dissertação apresentada como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias - Agronomia no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde.

**RIO VERDE – GO
Julho, 2014**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
elaborada por Izaura Ferreira Neta - Bibliotecária CRB1-2771

B47a Bizão, Antonio Alexandre.

Agrominerais silicatados como fornecedores de potássio e outros nutrientes para soja e milho em latossolo Vermelho-Amarelo / Antonio Alexandre Bizão- 2014.

61f. : figs, tabs.

Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz Soucie; Co-orientador: Dr. Eder de Souza Martins.

Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias - Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, 2014.

Biografia.

Inclui índice de tabelas e figuras.

1. Soja. 2. Potássio (K). 3. Milho. I. Título. II. Autor. III. Orientador. IV. Co-orientador.

CDU: 631.584.4:633.34

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS-AGRONOMIA**

**AGROMINERAIS SILICÁTICOS COMO FORNECEDORES DE
POTÁSSIO E OUTROS NUTRIENTES PARA SOJA E MILHETO EM
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO**

Autor: Antonio Alexandre Bizão
Orientador: Dr. Edson Luiz Souchie

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias-Agronomia - Área de Concentração em
Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

APROVADA em 18 de agosto de 2014.

Dr. Éder de Souza Martins
Avaliador externo
Embrapa Cerrados, Brasília-DF

Prof. Dr. Anisio Correa da Rocha
Avaliador interno
IF Goiano-Câmpus Rio Verde

Prof. Dr. Edson Luiz Souchie
Presidente da banca
IF Goiano-Câmpus Rio Verde

DEDICATÓRIA

Uma visão futurista feita a 116 anos da realidade que hoje nos afligem:

O resultado é que o uso de superfosfato, sulfato de amônio e Salitre do Chile cresceu enormemente, entretanto, a agricultura entrou no quadro do câncer, que experimenta um retrocesso, pois se o custo dos fertilizantes cresce muito além dos ganhos alcançados pelas colheitas, os camponeses devem deixar as suas terras.

O que se conseguirá ao fertilizar com Pó de Rochas?

- 1. Converter pedras em alimento e transformar regiões áridas em frutíferas.*
- 2. Alimentar o faminto.*
- 3. Conseguir que sejam colhidos cereais e forragens sãs e, desta maneira, prevenir epidemias e enfermidades entre os homens e os animais.*
- 4. Tornar a agricultura um ofício rentável e economizar grandes somas de dinheiro, que hoje em dia são investidos em fertilizantes que em parte são prejudiciais e em parte inúteis.*
- 5. Fazer com que o desempregado regresse à vida no campo ao instruí-lo sobre as inesgotáveis forças nutritivas que, até agora desconhecidas, se encontram conservadas nas rochas, no ar e na água. Isto é o que se conseguirá (Julius Hensel, 1898).*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida.

Ao meu pai (*in memoriam*) e à minha mãe pela sua missão cumprida. Às minhas irmãs, pela convivência e à minha esposa Alila, pela dedicação e cooperação e submissão à minha causa.

Aos meus filhos Antonio e Álvaro, pela alegria proporcionada.

Ao Sr. Binômio da Costa Lima (Sr. Meco) pela sua astúcia e sabedoria com que me guiou por estes caminhos tortuosos e cheios de pedras, me incumbindo de transformá-las em alimento.

Ao companheiro Claudinei que me apresentou a suíte vulcânica de Santo Antônio da Barra e me orientou em meu primeiro trabalho sobre pó de rocha.

Ao meu co-orientador Eder de Souza Martins pelas longas e detalhadas aulas de geologia, e pela permissão que, como bolsista de seu projeto, eu fizesse o mestrado.

À minha incansável amiga Claudia Gorgen, que muito bem soube me orientar nesta seara, sendo uma das precursoras da ideia deste mestrado.

Ao Eduardo Hack, pelas longas discussões sobre a viabilidade deste empreendimento.

À companheira de trabalho Nayra, que conduz o assunto com todo critério e rigor científico.

À companheira Andreia Gorgen, que sempre está pronta até para carregar sacos de terra embaixo de chuva.

Ao meu orientador Edson Luiz Souchie, pela paciência e respeito às minhas limitações.

Ao professor Fabiano Guimarães, pela colaboração e aos colegas Colemar, Marcelo Pedroso e, em especial, ao Luiz Carlos Ramos dos Santos que, além de companheiro da Fisiologia Vegetal, foi o meu paciente instrutor de informática, que nunca olhou no relógio para me atender as minhas demandas.

Ao Reitor Vicente Almeida, que sempre me incentivou a aceitar esta empreitada.

Aos professores do IF Goiano – Campus Rio Verde Frederico e Marconi, por cederem a estufa para os experimentos.

À minha dedicada estagiária Lorena Cabral e ao graduando Antônio Ricardo Ceribeli, pela sua presteza e colaboração.

A todos os colegas que acreditaram em mim me elegendo para ser o seu representante junto ao Colegiado do PPGCA-AGRO.

À Sra. Vanilda, pela maturidade que conduz esta turma de mestrandos, que ainda possuem muito de graduandos.

MUITO OBRIGADO!

BIOGRAFIA DO AUTOR

Antonio Alexandre Bizão, filho de Alexandre Bizão Sobrinho e Ursolina Zago Bizão, nasceu em Sacramento, MG, onde estudou até o 2º ano do científico. Na sequência, foi aprovado para o COLUNI e conclui o ensino básico sendo aprovado no vestibular para Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, em 1977 concluindo sua graduação em julho de 1982. Mudou-se então para Bom Jesus de Goiás, trabalhando por 12 meses. Em seguida, mudou para Rio Verde, GO e, em 2003, fez o curso de especialização em Segurança do Trabalho pela Universidade de Rio Verde e trabalha na área de Agronomia, até o presente. Em 2012, ingressou no Mestrado em Ciências Agrárias – Agronomia do IF Goiano – Campus Rio Verde, GO, concluindo-o em 2014.

ÍNDICE

Pagina

ÍNDICE DE TABELAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	Erro! Indicador não definido.
RESUMO.....	xi
GENERAL ABSTRACT.....	xiii
1 INTRODUÇÃO.....	Erro! Indicador não definido.
2. OBJETIVOS	4
2.1 OBJETIVO GERAL	4
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	4
3 MATERIAL E MÉTODO	4
3.1 LOCALIZAÇÃO	4
3.2 SOLO UTILIZADO	4
3.3 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO	4
3.4 CARACTERIZAÇÃO DOS CULTIVOS	4
3.4.1 CARACTERIZAÇÃO DO FMX	4
3.4.2 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO FMX	4
3.4.3 CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA DO FMX	4
3.5 TRATAMENTOS, IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DOS ENSAIOS COM SOJA E MILHETO.....	4
3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	11
4 RESULTADO E DISCUÇÃO.....	11
4.1 AVALIAÇÃO DA COLHEITA DO MILHETO.....	11
4.2 TEORES FOLIAR NA MASSA SECA DE MILHETO EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS	30
5 AVALIAÇÃO DA COLHEITA DO MILHETO.....	30
6 CONCLUSÃO.....	34
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

ÍNDICE DE TABELAS

	Página.
Tabela 1 – Características químicas do Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado por 30 anos com soja e milho em sucessão na Fazenda Estreito Ponte de Pedras, em Montividiu, GO...	06
Tabela 2 – Elementos presentes nas amostras de FMX	08
Tabela 3 – Micronutrientes presentes nas amostras de finos de micaxisto.....	08
Tabela 4 – Estimativa da composição mineralógica das amostras de finos de micaxisto presentes nas amostras de finos de micaxisto	09
Tabela 5 – Caracterização granulométrica do FMX (% em massa)	10
Tabela 6 – Elementos potencialmente tóxicos (EPT) presentes nas amostras de finos de micaxisto. (Conforme metodologia laboratório ACME)	12
Tabela 7 – Elementos potencialmente tóxicos (EPT) presentes nas amostras de finos de micaxisto (Laboratório Campo, conforme procedimento do MAPA)	12
Tabela 8 – pH, Mg, Valor S, Mn, Si, Zn e eficiência da adubação fosfatada em três épocas de avaliação em Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, Rio Verde, GO.	13
Tabela 9 – pH, Mg, Valor S, Mn, Si e eficiência da adubação fosfatada em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado com fertilizantes / condicionadores de solo e cultivado em vasos com sucessão soja/milheto. Rio Verde, GO.....	14
Tabela 10 – CTC em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos em sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde, GO.....	15

Tabela 11 – Soma de bases em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde, GO.....	15
Tabela 12 – V% em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde, GO.....	17
Tabela 13 – Teor de Ca na saturação de bases em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde,GO.....	18
Tabela 14 – Teor de Mg na saturação de bases em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde, GO.....	18
Tabela 15 – Teor de K em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde, GO.....	21
Tabela 16 – Relação Ca e Mg na Soma de Bases em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde, GO.....	22
Tabela 17 – Teor de K na Soma de Bases em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde, GO.....	23
Tabela 18 – Teor de sódio em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde, GO.....	24
Tabela 19 – Teor de P _{resina} em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde, GO.....	27

Tabela 20 – Teor de P_{Mehlich} em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde, GO.....	27
Tabela 21 – Teor de Cu em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde, GO.....	28
Tabela 22 – Teor de Fe em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde, GO.....	29
Tabela 23 – Teor de B em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde, GO.....	29
Tabela 24 - Biomassa seca de parte aérea de milho cultivado em vasos contendo Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo. Rio Verde, GO...	30
Tabela 25 - Biomassa seca de raízes de milho cultivado em vasos contendo Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo. Rio Verde, GO...	30

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 – Soma de bases em Latossolo Vermelho-Amarelo, sem adição de fertilizantes / condicionadores de solo, na terceira época de cultivo em vasos com sucessão soja/milheto. Rio Verde, GO.....	25
Figura 2 – Soma de bases em Latossolo Vermelho-Amarelo, adicionado de micaxisto (3 Mg ha ⁻¹), na terceira época de cultivo em vasos com sucessão soja/milheto. Rio Verde, GO.	25
Figura 3 – Soma de bases em Latossolo Vermelho-Amarelo, adicionado de micaxisto (5 Mg ha ⁻¹), na terceira época de cultivo em vasos com sucessão soja/milheto. Rio Verde, GO.	25
Figura 4 – Soma de bases em Latossolo Vermelho-Amarelo, adicionado de micaxisto (10 Mg ha ⁻¹), na terceira época de cultivo em vasos com sucessão soja/milheto. Rio Verde, GO.	25
Figura 5 – Soma de bases em Latossolo Vermelho-Amarelo, adicionado de micaxisto (20 Mg ha ⁻¹), na terceira época de cultivo em vasos com sucessão soja/milheto. Rio Verde, GO.	25
Figura 6 – Soma de bases em Latossolo Vermelho-Amarelo, adicionado de calcário dolomítico (4 Mg ha ⁻¹), na terceira época de cultivo em vasos com sucessão soja/milheto. Rio Verde, GO.....	25

Figura 7 – Soma de bases em Latossolo Vermelho-Amarelo, adicionado de fonolito (1,2 Mg ha ⁻¹), na terceira época de cultivo em vasos com sucessão soja/milheto. Rio Verde, GO	25
Figura 8 – Soma de bases em Latossolo Vermelho-Amarelo, adicionado de silicato de Ca e Mg (0,8 Mg ha ⁻¹), na terceira época de cultivo em vasos com sucessão soja/milheto. Rio Verde, GO.....	25
Figura 9 – Soma de bases em Latossolo Vermelho-Amarelo, adicionado de KCl (0,15 Mg ha ⁻¹), na terceira época de cultivo em vasos com sucessão soja/milheto. Rio Verde, GO.....	25
Figura 10 – Teor de K na biomassa seca de milho, cultivado em vasos contendo Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo. Rio Verde, GO.....	31
Figura 11 – Teor de Mg na biomassa seca de milho, cultivado em vasos contendo Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo. Rio Verde, GO.....	32
Figura 12 – Teor de S na biomassa seca de milho, cultivado em vasos contendo Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo. Rio Verde, GO	32
Figura 13 – Teor de Si na biomassa seca de milho, cultivado em vasos contendo Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo. Rio Verde, GO.....	32

RESUMO

O Brasil se tornou o segundo maior produtor mundial de soja e o agronegócio representando 30% do PIB brasileiro. Uma das demandas dos sistemas de produção agrícola é o suprimento de potássio (K), que o país produz somente 8% do que consome, sendo estratégica a busca de fontes alternativas. Rochas silicáticas potássicas podem ser fontes seguras e regionais de K e, conseqüentemente diminuir a dependência de fontes externas deste nutriente. Com este trabalho, objetivou-se avaliar o efeito de doses de finos de micaxisto (FMX) como fornecedor de K, Ca, Mg e Si para as culturas soja e milho, cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo. Um experimento em vasos foi instalado com nove tratamentos, quatro repetições, três épocas de avaliação dos parâmetros de fertilidade e dois cultivos, sendo o primeiro de soja e o segundo com milho. Os tratamentos com FMX foram: 3; 5; 10 e 20 Mg ha⁻¹ comparadas com os produtos comerciais fonolito (1,2 Mg ha⁻¹), silicato de Ca e Mg (0,8 Mg ha⁻¹), calcário (4 Mg ha⁻¹), KCl (0,15 Mg ha⁻¹) e uma testemunha absoluta sem nenhuma aplicação de insumos. A aplicação de FMX nas doses de 3 a 20 Mg ha⁻¹ atende a demanda de K exigido pelas culturas da soja e do milho, em sucessão. O FMX teve a mesma liberação de K comparada ao KCl em Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com soja e milho. Para um solo que possui o teor de K da ordem de 0,22 cmol_cdm⁻¹, a dosagem de FMX equivalente a 5 Mg ha⁻¹ pode ser recomendada para atender a manutenção da cultura da soja e do milho.

Palavras-chaves: rochagem, condicionador de solo, potássio, biotita.

GENERAL ABSTRACT

Brazil became the world's second soybean producer and the agribusiness accounts for 30% of Brazilian GNP. Potassium (K) sources are an expressive demand of the agricultural production systems where Brazil produces only 8% of its demand. Consequently, search for alternative K sources is strategic. Potassium silicate rocks can be safe and regional K sources resulting in less dependence of foreign sources. This work aimed to evaluate the effect of mica-schist powder as source of K, Ca, Mg and Si for soybean and millet crops, cultivated in Yellow-Red Latosol. One pot experiment was carried out with nine treatments, four replicates, three evaluation periods of soil fertility parameters and two crops (soybean and millet). The treatments with mica-schist powder were: 3, 5, 10 and 20 Mg ha⁻¹ compared with commercial products phonolite (1.2 Mg ha⁻¹), calcium magnesium silicate (0.8 Mg ha⁻¹), limestone (4 Mg ha⁻¹), KCl (0.15 Mg ha⁻¹) and a control treatment. The application of mica-schist powder at doses from 3 to 20 Mg ha⁻¹ supplies the K required by soybean and millet crops. The mica-schist powder had the same K releasing compared to KCl in Yellow-Red Latosol cultivated with soybean and millet. In soils with K content around 0.22 cmol_cdm⁻¹, the dose of 5 Mg ha⁻¹ of mica-schist powder can be recommended to supply the nutrient requirement for soybean and millet.

Keywords: rock fertilizers, soil conditioner, potassium, biotite

1 - INTRODUÇÃO

Cerca de 95% da produção mundial de potássio (K) é utilizada na fabricação de fertilizantes, sendo que desses, 90% são para a fabricação de KCl e 5% para a fabricação de K₂SO₄. O Brasil importa K principalmente do Canadá (29%), o maior produtor mundial, da Rússia (19%), da Bielorrússia e Alemanha (18% de cada país) e de Israel (12%) (Oliveira, 2008). No primeiro semestre de 2008, o Brasil importou 2,2 milhões de toneladas a um preço médio de US\$ 640/ t de K₂O. Mesmo admitindo-se um recuo dos preços para US\$500/t, pode-se prever que, por volta de 2015, a balança comercial será onerada em mais de US\$ 3 bilhões por ano. Tal situação pode ser agravada com a previsível exaustão das reservas de Taquari-Vassouras, em Sergipe e fechamento da única unidade produtiva de K, operada pela Vale, em 2025.

Doses elevadas de K com fertilizantes que apresentam alto índice salino como é o caso do KCl, promove o aumento da salinidade no sulco de plantio ou na região da rizosfera, dificultando a absorção de água e nutrientes pelas plantas (ECHER et al., 2009). Lavouras adubadas com altas doses de KCl resultam em forte acúmulo de cloro nas folhas e afetam, negativamente, importantes processos fisiológicos (ECHER et al., 2009)

A busca de incremento na produtividade agrícola leva a forte demanda por fertilizantes e a dependência externa do país, demonstrando a fragilidade do sistema de produção agrícola brasileiro, inclusive para o K, um dos macronutrientes para as plantas (HURTADO et al., 2012).

A rochagem, uso de rochas *in natura* na agricultura, pode ser uma das alternativas sustentáveis para manejo da fertilidade do solo e também pode ser considerada como um tipo de remineralização, para regenerar solos pobres ou lixiviados. Fundamenta-se, basicamente, na busca do equilíbrio da fertilidade, na conservação dos recursos naturais e na produtividade agrícola naturalmente sustentável (MARTINS, 2003). Os elementos químicos existentes nessas rochas que podem ser dissolvidos são Ca, Mg e K, além dos que podem ser encontrados residualmente, como Fe, P e elementos traços. Assim, solos originados de rochas basálticas tendem a ser mais ricos em Fe, P, Ca, Cu e Zn e, por outro lado, tendem a ser mais pobres em B e Mo (RESENDE, 2002).

A rochagem pode tornar-se um mecanismo eficiente e economicamente viável na reposição de nutrientes removidos pelas culturas. Os produtos são obtidos a partir do simples beneficiamento de matérias minerais, aplicados "*in natura*" e possuem solubilidade lenta, disponibilizando os nutrientes às plantas, por um período maior do que o de fertilizantes convencionais (MARTINS e THEODORO, 2009). Este processo apresenta uma conotação regional e necessita que as áreas de cultivo agrícola estejam próximas às mineradoras.

A rochagem cria uma segunda rota alternativa ao suprimento de nutrientes para as plantas, sinalizando opções de suprimento, como a incorporação de rochas ou minerais ao solo podendo ser considerada como um tipo de remineralização, onde o pó de rochas é utilizado para melhorar as características de solos pobres e lixiviados, fundamentando-se basicamente na busca do equilíbrio da fertilidade, na conservação dos recursos naturais e na produtividade sustentável (COLA e SIMÃO, 2012).

Cristan (2002) relata que os solos mais ricos e férteis do mundo tiveram sua origem na rocha basáltica. Esse autor explica que, segundo geólogos e pedólogos, são necessários cerca de 200 a 300 anos para se formar, na natureza, 1 cm de solo oriundo de basalto a partir da decomposição da rocha. Na busca de se imitar o processo natural de gênese do solo, utilizam-se os pós de rocha que, segundo Khatounain (2001), estão entre os mais antigos materiais utilizados para fertilizar terrenos. Leonardos et al. (1976) afirmam que a adição de rocha triturada ao solo com finalidade agrícola já era conhecida na mais remota antiguidade, onde “Plínio” relata em detalhe o processo de calagem usado na Gália. No século XVIII, James Hutton, fundador das ciências geológicas, não só recomendava, como ele próprio rochava com marga e rochas similares sua fazenda na Escócia para incrementar a fertilidade.

A redescoberta e readaptação da antiga prática de rochagem podem-se configurar com uma tecnologia alternativa capaz de auxiliar na recuperação e conservação dos solos, além de reduzir o uso de adubos químicos, especialmente àqueles incorporados em formas altamente solúveis, como é o caso das formulações NPK de adubos agrícolas (THEODORO, 2000).

De acordo com Resende et al. (2002) e Machado et al. (2005), a liberação de K contido em rochas pode atender à demanda das culturas, além de proporcionar considerável efeito residual do nutriente para cultivos subsequentes.

Dentre os benefícios da rochagem, tem-se: 1) possibilidade de gerar novos minerais no solo com elevada CTC e carga superficial negativa não dependente do pH, a partir do intemperismo das rochas silicáticas moídas, o que pode ser uma forma eficiente de manejo sustentável da fertilidade de solos agrícolas (ANDRADE et al., 2002); 2) uso de recursos localizados em uma determinada região, o que gera um incremento na segurança alimentar, pois os insumos produtivos são originários da própria região (CARVALHO, 2009); 3) diminuição da demanda por defensivos agrícolas, pois com a rochagem, há um restabelecimento do equilíbrio do solo, o que reduz a incidência de pragas e doenças nos cultivos (MELAMED, 2005); 4) redução da pressão sobre o ambiente em termos de contaminação do lençol freático pelo uso dos fertilizantes solúveis (HAMAKER, 1980); 5) diminuição dos custos de produção (MOREIRA, 2006).

A experiência de fazendeiros australianos (Fazenda The Harding Brothers, Queensland, Austrália) que utilizam pó de rocha desde 1985 no cultivo de banana, ilustra os vários relatos de agricultores que podem ser encontrados na revista *Remineralize the Earth*. Segundo eles, houve redução de 80% no consumo de fertilizantes a base de NPK e um aumento de 80% na produção. Em valores monetários, o consumo de fertilizantes proporcionou uma economia anual de US\$ 3.647,00 por hectare plantado, enquanto que o valor da produção anual aumentou US\$ 53.125,00 por hectare. Isto representou um benefício líquido de US\$ 56.722,00 por hectare ano.

De acordo com Malavolta (2008), a adubação tem por finalidade fornecer os nutrientes à cultura. Para isso, é necessário entender sobre os elementos e quantidade que serão aplicados, a época de aplicação, a localização, observando o efeito na qualidade da lavoura e no ambiente, além de observar se terá retorno econômico, sendo esse último critério decisivo. Segundo Malavolta et al. (2000), é errado supor que o lavrador aduba para aumentar a produtividade de suas terras ou ainda para melhorar o abastecimento do país de alimentos e matérias-primas vegetais. O agricultor aduba o solo agrícola para aumentar a sua receita líquida e melhorar o seu padrão de vida e ganhar mais dinheiro.

Estudos em casa-de-vegetação utilizando brecha vulcânica alcalina, biotita xisto, flogopita xisto e ultramáfica alcalina como fontes de K para o milho, Resende et al. (2006) evidenciaram que a aplicação de tais rochas, simplesmente moídas, teve efeito condicionador do solo e liberaram prontamente parte do K suficiente para atender a demanda das plantas de milho.

Segundo Oliveira et al. (2006), as rochas ultramáfica alcalina e biotita xisto tiveram os maiores índices de eficiência agrônômica residual para a produção de massa seca da parte aérea de soja. De acordo com esses autores, as rochas diferem na capacidade de disponibilização de nutrientes para as culturas e apresentam características de fertilizantes multinutrientes que devem ser consideradas no cálculo de balanço da adubação.

2 - OBJETIVOS

Geral:

Avaliar o efeito da adição de condicionadores de solo, corretivos e fertilizantes nas culturas de soja e milho em Latossolo Vermelho-Amarelo, cultivado em sucessão soja e milho safrinha por 20 anos.

Específicos:

Avaliar doses de finos de micaxisto (FMX) como fornecedores de Ca, Mg e Si nas culturas da soja e milho, cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo sob sucessão soja e milho por 20 anos.

Avaliar doses de FMX como fornecedor de K e P comparados ao fonolito e KCl nas culturas da soja e milho, cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo sob sucessão soja e milho por 20 anos.

3- MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização

O presente trabalho foi realizado em casa de vegetação, no IF Goiano – Câmpus Rio Verde, GO entre dezembro de 2012 e agosto de 2013.

3.2 Caracterização dos cultivos

A variedade de soja cultivada foi NA 7337, que apresenta hábito de crescimento semi-determinado, cor da pubescência cinza, cor da flor branca, de porte médio e semi-ereta. Na região Sudoeste Goiana, seu cultivo é praticado por sua alta produtividade e adaptação, alta resistência ao acamamento, excelente estabilidade e tolerância ao nematóide de galha.

O milho ADR 300 apresenta benefícios na redução de nematóides, especialmente *Pratylenchus brachyurus*. Este cultivar foi utilizado pela de alta produtividade de massa seca, elevada taxa de crescimento e reciclagem de nutrientes. Por estas razões é cultivado, principalmente, na região Centro-Oeste.

3.3 Caracterização do solo

Vasos de polietileno, com capacidade para 9 L de solo, foram preenchidos com Latossolo Vermelho-Amarelo (Tabela 1), coletado entre 0-20 cm em área de cultivo superior a 30 anos com plantio de soja, no período de outubro a fevereiro, e milho na sequência. Esta área situa-se na

Fazenda Estreito Ponte de Pedras, município de Montividiu-GO, nas coordenadas geográficas long. 50° 05'06''W e lat. 17°01'14,5'' S com altitude de 800 m.

O Latossolo Vermelho-Amarelo possui a mais ampla distribuição geográfica no Brasil, dentre os Latossolos, o que reflete o amplo predomínio da goethita em relação à hematita e possui teores de Fe_2O_3 entre 7 e 11%, quando de textura argilosa ou muito argilosa ou com relação $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3 > 3,14$ quando de textura argilosa (KER, 1997).

Tabela 1 – Características químicas do Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado por 30 anos com soja e milho em sucessão, na Fazenda Estreito Ponte de Pedras, em Montividiu-GO.

pH CaCl ₂	pH H ₂ O	pH SMP	H+Al	Al³⁺ cmol _c dm ⁻³	SB	CTC	V%	CTC ef	H⁺	Ca²⁺	Mg²⁺	K⁺	P_{Mehlich}	P_{rem}	P_{res}
										-----cmol _c dm ⁻³ -----			-----mg dm ⁻³ -----		
6,9	7,4	6,8	1,1	0,0	7,7	8,8	87,4	7,7	1,1	4,3	3,2	0,2	59,9	19,3	117,4
S	Cu	Zn	Fe	Mn	B	Na	Si	Argila	Silte	Areia					
-----mg dm ⁻³ -----								-----%-----							
10,1	0,4	4,7	30,5	27,2	0,3	3,6	6,7	65,0	6,3	28,7					

3.4 Caracterização do FMX

Micaxistos são rochas metamórficas fortemente laminadas e cujos grãos são suficientemente grandes para permitir a identificação macroscópica dos componentes minerais. Os minerais micáceos são abundantes e o seu elevado grau de orientação dominante reflete-se na xistosidade. Os componentes minerais mais frequentes neste tipo de rocha são os diversos tipos de micas, quartzo, feldspatos, sendo que sulfetos e óxidos geralmente são acessórios. O metamorfismo sofrido por esta rocha é superior ao do filito.

3.4.1 Caracterização química do FMX

Nas Tabelas 2 e 3, encontra-se a caracterização química das amostras de FMX testadas neste trabalho. A soma de bases na forma de óxidos das amostras ($K_2O + Na_2O + CaO + MgO$) foi superior a 10% para todas as amostras, sendo 12,1% para o FMX. Dentre estas bases, a mais importante é o Mg, com teores superiores em relação às outras bases em todas as amostras. A razão Na_2O/K_2O foi inferior a 1 nas amostras de FMX.

Tabela 2 – Elementos presentes nas amostras de finos de micaxisto (FMX), originados na Pedreira Araguaia, em Aparecida de Goiânia, GO.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	CaO	MnO	P ₂ O ₅	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	PF	Total
FMX	-----%-----												
	57,7	17,1	8,9	3,2	2,3	4,8	1,8	0,1	0,2	0,9	0,02	2,5	99,6

Tabela 3 – Micronutrientes presentes nas amostras de finos de micaxisto (FMX), originados na Pedreira Araguaia, em Aparecida de Goiânia, GO.

	Fe ₂ O ₃	MnO	Co	Ni	Cu	Mo	Se	Zn	B
FMX	-----%-----		-----ppm-----						
	8,9	0,1	28,5	87	66,6	1,5	0,6	142	37

3.4.2 Caracterização mineralógica do FMX

A descrição petrográfica mostra que a rocha se trata de micaxisto composto por filossilicatos (biotita, muscovita e clorita) de granulação fina a média e ocorre associada aos filossilicatos quartzo, plagioclásio e granada. Alguns minerais ocorrem em pequenas quantidades: sulfetos (pirita, calcopirita e pirrotita), óxidos (ilmenita e magnetita) e outros silicatos (epidoto e turmalina).

A mineralogia também foi determinada por difratometria de raios-X, onde também foram confirmados os mesmos minerais encontrados na descrição petrográfica. A partir destes dados e com a análise química total, foi possível estimar a mineralogia presente nas amostras a partir do Programa MoDan (PAKTUNC, 1998, 2001) (Tabela 6).

Tabela 6 – Estimativa da composição mineralógica dos finos de micaxisto (FMX), originado na Pedreira Araguaia, em Aparecida de Goiânia, GO.

	Albita	Biotita	Muscovita	Clorita	Quartzo	Granada	Ilmenita	Total
FMX	-----%-----							
	26,2	21,4	9,7	15,8	19,7	5,7	1,1	99,6

Pode-se observar que todo o Na está na albita. O K está distribuído na biotita e muscovita. O Mg está na biotita e clorita. O Ca está na granada. O ferro na biotita, clorita, granada e ilmenita. A cinética de dissolução é relativamente elevada na albita, biotita e granada. Já esta cinética é mediana na clorita, baixa na muscovita e ilmenita e muito baixa no quartzo.

Em torno de 2% de K_2O está na forma de biotita e o restante deste óxido está na forma de muscovita. Espera-se que todo o K da biotita fique disponível e apenas uma parte, em torno 0,2% do K contido na muscovita torne-se disponível. Isto se deve às reações de intemperismo típicas destes minerais, em que a biotita se transforma totalmente em vermiculita e libera todo o K, enquanto a muscovita se transforma em illita e libera apenas 20% do total de K_2O contido. Isto significa que o K disponibilizado para as plantas no curto prazo, perfaz um total de 2,2% no FMX antigo, 2,3% no FMX novo e de 2 % na areia de micaxisto (AMX). Mesmo a liberação deste K apresenta efeito residual de até três anos, conforme outros estudos (RESENDE et al., 2006b). A illita pode permanecer estável no solo por um longo prazo (CURI et al., 2005).

3.4.3 Caracterização granulométrica do FMX

O FMX foi submetido à secagem ao ar e destorroado. Em seguida, uma porção de 2 kg foi separada nas seguintes faixas granulométricas: < 2mm; 2 < e >1mm; <1 e >0,84mm; <0,84 e >0,3mm; <0,3mm. Foram realizadas 4 repetições com amostras independentes para verificar a variabilidade. Não foi utilizada a Norma do MAPA em relação às peneiras, pois o material é muito fino e não seria bem caracterizado.

A Tabela 7 mostra a distribuição granulométrica do FMX. A granulometria do FMX pode ser classificada como pó, de acordo com a classificação do MAPA.

Tabela 7 – Caracterização granulométrica do fino de micaxisto (FMX), originado na Pedreira Araguaia, em Aparecida de Goiânia, GO.

Amostra	>2mm	2 > x >1mm	1 >x>0,84mm	0,84 >x>0,30mm	<0,30mm
	-----%-----				
1	3,3	8,6	4,4	3,8	79,9
2	5,7	7,9	3,1	3,5	79,8
3	5,8	8,9	4,0	4,0	77,2
4	3,8	4,8	5,7	5,6	80,1
Média	4,7	7,6	4,3	4,2	79,2
Desvio Padrão	1,29	1,89	1,08	0,94	1,37

3.5 Tratamentos, implantação e condução dos ensaios com soja e milho

Um experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, constituído de nove tratamentos (controle, FMX nas doses de 3, 5, 10 e 20 Mg ha⁻¹, calcário – 4 Mg ha⁻¹, fonolito – 1,2 Mg ha⁻¹, silicato de Ca e Mg – 0,8 Mg e KCl – 0,15 Mg ha⁻¹), com 4 repetições.

As doses de calcário, fonolito e silicato de Ca e Mg foram as recomendadas pelos seus fabricantes. Já a dose de KCl foi em função da recomendação do produto para a região, que devido ao nível tecnológico é de 0,090 Mg ha⁻¹ de K₂O sendo aplicado 0,15 Mg ha⁻¹ de KCl. As doses de FMX correspondentes a 3, 5, 10 e 20 Mg ha⁻¹ equivalem, respectivamente, às doses comerciais de 0,090; 1,66; 3,33 e 6,66 Mg ha⁻¹ de K₂O.

As avaliações do solo foram definidas em três épocas, sendo a primeira época após 30 dias de incubação, a segunda após a colheita da soja e a terceira, após a colheita

do milho. Na colheita do milho, também foi feita análise da massa foliar e do sistema radicular das plantas.

O solo coletado foi peneirado e os tratamentos misturados em todo o volume de solo de cada vaso. Os vasos permaneceram sob incubação, por um período de 30 dias, sendo irrigados a cada dois dias. Após o período de incubação, foi realizada a primeira coleta de solo para análise (primeira época). Em seguida, foi semeada a soja (8 sementes por vaso). As sementes foram tratadas com o produto Standak[®] na dosagem de 100 mL por 100 kg de sementes e Nitragin Cell Tec[®] na dosagem de 100 mL por 50 kg de sementes. Após a germinação, foi feito o desbaste deixando-se duas plantas de soja por vaso. Em função da época de plantio, o cultivo da soja foi muito prejudicado pela mosca branca *Bemisia tabaci*, não sendo possível avaliar a produção de grãos devido à morte prematura das plantas. Foi possível avaliar somente a produção de massa seca de parte aérea de cada tratamento. Após a colheita da soja, o solo foi coletado para análise (segunda época) e feito o plantio do milho (20 sementes por vaso). Após a germinação, foi realizado o desbaste deixando-se duas plantas por vaso. No início do florescimento do milho, a parte aérea foi coletada, acondicionada em sacos de papel e secada em estufa por um período de 72h, a uma temperatura de 65 °C. Foi coletada uma amostra de solo de cada vaso (terceira época) para análise das características químicas. Em seguida, os vasos foram esvaziados, o sistema radicular coletado, lavado em água corrente, acondicionado em sacos de papel e secado em estufa a 65 °C, por 72 h.

3.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey (5%), utilizando o software Sisvar (FERREIRA, 2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparando-se as três épocas de avaliação, foi detectado maior valor de pH e teor de S na terceira época, enquanto que os teores de Mg, Zn e Valor S foram superiores na primeira época (Tabela 8).

As Tabelas 4 e 5 mostram os teores dos elementos potencialmente tóxicos (EPT) a partir de dois métodos de extração. As diferenças obtidas estão relacionadas com o método de abertura da amostra. Em relação à Instrução Normativa 27/2006, observa-se que os valores encontrados dos EPT no FMX foram muito baixos em comparação aos limites estabelecidos para todos os elementos. As diferenças encontradas entre os laboratórios ocorrem devido ao método do Laboratório ACME ser de abertura total, enquanto o método preconizado pelo MAPA (Brasil, 2007) é uma extração com ácido clorídrico, que geralmente extrai menos que o primeiro.

Tabela 4 – Elementos potencialmente tóxicos (EPT) presentes nas amostras de finos de micaxisto (FMX), conforme metodologia do Laboratório ACME.

	Th	U	As	Bi	Cd	Hg	Pb	Sb	Tl	Cr	Ni
FMX	-----ppm-----										
	9,9	3,7	3,6	<0,1	0,1	<0,01	5,2	<0,1	0,6	164	87

Tabela 5 – Elementos potencialmente tóxicos (EPT) presentes nas amostras de finos de micaxisto (FMX), conforme o Laboratório Campo (procedimento adotado pelo MAPA).

	Th	U	As	Se	Cd	Hg	Pb	Sb	Tl	Cr	Ni
FMX	-----ppm-----										
	-	-	1,4	<0,1	<0,5	<0,1	<0,5	-	-	104,1	81,7

O ensaio NBR 10004:2004 classificou o FMX como Classe II A, considerado como Resíduo Não Inerte, mas que não causa impactos ambientais. Em relação ao monitoramento das características dos produtos, as análises granulométricas e químicas poderão fornecer as informações necessárias com periodicidade trimestral. Estas análises devem seguir os procedimentos preconizados pelo MAPA para a granulometria e para os EPT. Quanto aos elementos maiores, conforme indicado anteriormente, as análises podem ser realizadas pela técnica de fluorescência de raios-X em laboratório certificado por programa de controle de qualidade analítica.

Tabela 8 – pH, Mg, Valor S, Mn, Si, Zn e eficiência da adubação fosfatada em três épocas de avaliação em Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, Rio Verde, GO.

Época	pH água	Mg	Mn	S	Zn	Valor S	Eficiência da adubação fosfatada
		-----cmol _c dm ⁻³ -----		-----mg dm ⁻³ -----		-----%-----	
Primeira	7,26 c	3,20 a	30,0 b	6,3 c	5,6 a	9,3 a	33,4 b
Segunda	7,54 b	3,04 b	35,4 a	7,8 b	4,5 b	6,4 c	36,7 a
Terceira	7,60 a	2,89 c	30,8 b	13,6 a	5,2 ab	7,2 b	35,4 ab

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%)

O incremento do pH em água apresentou o maior valor no tratamento com calcário, confirmando o que já era esperado por ser este material um corretivo com efeito direto no aumento do pH, sendo esta técnica a maneira mais eficiente para elevar o pH do solo com seu uso consagrado na agricultura convencional (Tabela 9). Igualmente, foram observados valores similares de pH no tratamento com silicato de Ca e Mg, produto este que também é recomendado e comercializado como corretivo de solo (Tabela 9).

Silicatos de Ca e ou de Mg, subprodutos da indústria de aço têm valor neutralizante muito semelhantes às do calcário e sua ação neutralizante se deve ao efeito dos silicatos de Ca e Mg (FURTINI NETO et al., 2004). No presente trabalho, o silicato de Ca e Mg não foi superior ao FMX na redução do $H^+ + Al^{+3}$.

O Mg teve o seu maior nível observado nos tratamentos com calcário (4 Mg ha⁻¹) e FMX (5 Mg ha⁻¹), os quais não variaram entre si. Os tratamentos Controle, FMX (3 Mg ha⁻¹), FMX (10 Mg ha⁻¹), FMX (20 Mg ha⁻¹), fonolito (1,2 Mg ha⁻¹) e KCl (0,15 Mg ha⁻¹) não apresentaram diferença entre si. No tratamento com silicato de Ca e Mg (0,8 Mg ha⁻¹), foi detectado o menor teor de Mg, comparado aos demais tratamentos (Tabela 9).

Para o Mn, o maior valor observado está no tratamento calcário (4 Mg ha⁻¹), que foi superior a todos os tratamentos. O restante dos tratamentos não apresentou diferença significativa (Tabela 9). Para o fator época, a segunda época diferiu estatisticamente da primeira e da terceira que foram iguais.

Tabela 9 – pH, Mg, Valor S, Mn, Si e eficiência da adubação fosfatada em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo e cultivado em vasos com sucessão soja/milheto. Rio Verde, GO.

Adição de fertilizante / condicionador de solo	pH _{água}	Mg cmol _c dm ⁻³	Valor S	Mn cmol _c dm ⁻³	Si mg dm ⁻³	Eficiência da adubação fosfatada (%)
Controle	7,4 d	3,0 b	7,2 bc	32,0 bc	8,7 ab	34,2 a
FMX (3 Mg ha ⁻¹)	7,4 bcd	3,1 b	7,2 bc	30,2 c	8,9 ab	33,8 a
FMX (5 Mg ha ⁻¹)	7,4 bcd	3,1 ab	8,1 ab	29,8 c	8,6 ab	36,9 a
FMX (10 Mg ha ⁻¹)	7,5 bc	2,9 b	6,5 c	31,5 c	11,4 a	37,7 a
FMX (20 Mg ha ⁻¹)	7,4 cd	3,0 b	7,3 bc	31,2 c	10,6 a	35,9 a
Calcário (4 Mg ha ⁻¹)	7,6 a	3,3 a	9,0 a	40,6 a	7,3 b	31,9 a
Fonolito (1,2 Mg ha ⁻¹)	7,4 bcd	3,1 b	7,7 b	29,7 c	8,7 ab	33,7 a
Silicato de Ca e Mg (0,8 Mg ha ⁻¹)	7,5 ab	2,8 c	7,9 ab	35,1 b	11,3 a	38,1 a
KCl (0,15 Mg ha ⁻¹)	7,4 cd	3,0 b	7,5 bc	28,9 c	8,6 ab	34,6 a

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%).

Avaliando-se a CTC, foi detectada interação entre épocas e tratamentos de adição de fertilizantes / condicionadores de solo (Tabela 10). Especificamente, na primeira e segunda época, não foi detectada diferença entre os tratamentos de adição de fertilizantes / condicionadores de solo (Tabela 10). Já na terceira época, maiores valores de CTC foram detectados nos tratamentos com adição de FMX (20 Mg ha⁻¹), calcário (4 Mg ha⁻¹), silicato de Ca e Mg (800 kg ha⁻¹) e KCl (150 kg ha⁻¹) (Tabela 10). Os referidos tratamentos superaram ao controle (ausência de adição de fertilizantes / condicionadores do solo). Comparando-se o efeito dos tratamentos entre épocas, foi verificado que nos tratamentos controle, adição de FMX (3 Mg ha⁻¹) e FMX (5 Mg ha⁻¹), a primeira e a segunda época superaram a terceira época para esta característica. Ao contrário, não foi verificada diferença entre épocas, avaliando-se os tratamentos com adição de FMX (10 Mg ha⁻¹), calcário (4 Mg ha⁻¹), fonolito (1,2 Mg ha⁻¹) e silicato de Ca e Mg (0,8 Mg ha⁻¹) (Tabela 10).

Quanto à soma de bases, também foi detectada interação entre épocas e tratamentos de adição de condicionadores de solo / fertilizantes (Tabela 11). Na primeira época, todos os tratamentos de adição de condicionadores de solo / fertilizantes, tiveram maior valor de soma de bases que o tratamento com adição de KCl (Tabela 11). Já na terceira época, os maiores valores foram detectados para os tratamentos com adição de FMX (20 Mg ha⁻¹), calcário (4 Mg ha⁻¹), silicato de cálcio (0,8 Mg ha⁻¹) e KCl (0,15 Mg ha⁻¹) (Tabela 11).

Tabela 10 – CTC em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos em sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde, GO.

Épocas	Controle	FMX* (3 Mg ha ⁻¹)	FMX (5 Mg ha ⁻¹)	FMX (10 Mg ha ⁻¹)	FMX (20 Mg ha ⁻¹)	Calcário (4 Mg ha ⁻¹)	Fonolito (1,2 Mg ha ⁻¹)	Silicato de Ca e Mg (0,8 Mg ha ⁻¹)	KCl (0,15 Mg ha ⁻¹)
Primeira	8,9 aA	9,0 aA	9,1 aA	9,0 aA	9,3 aAB	9,1 aA	8,9 aA	8,9 aA	8,7 aAB
Segunda	8,8 aA	8,8 aA	8,9 aA	9,0 aA	8,9 aB	8,9 aA	8,9 aA	8,7 aA	8,4 aB
Terceira	8,2 cdB	8,3 cdB	8,2 dB	8,7 bcdA	9,4 aA	9,1 abA	8,7 bcdA	8,8 abcA	8,9 abcA

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%). *finos de micaxisto.

Tabela 11 – Soma de bases em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde, GO.

Épocas	Controle	FMX* (3 Mg ha ⁻¹)	FMX (5 Mg ha ⁻¹)	FMX (10 Mg ha ⁻¹)	FMX (20 Mg ha ⁻¹)	Calcário (4 Mg ha ⁻¹)	Fonolito (1,2 Mg ha ⁻¹)	Silicato de Ca e Mg (0,8 Mg ha ⁻¹)	KCl (0,15 Mg ha ⁻¹)
Primeira	7,7 abA	7,9 abA	7,9 abA	7,8 abA	8,1 aAB	8,1 abA	7,8 abA	7,9 abA	7,5 bAB
Segunda	7,5 abA	7,6 abA	7,7 abA	7,8 abA	7,7 abB	7,9 aA	7,7 abA	7,5 abA	7,2 bB
Terceira	7,0 dB	7,0 dB	7,0 dB	7,4 cdA	8,3 aA	8,1 abA	7,5 bcdA	7,7 abcA	7,7 abcA

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%). *finos de micaxisto.

Para o V%, na primeira época, maiores valores foram detectados com os tratamentos FMX (20 Mg ha⁻¹), calcário (4 Mg ha⁻¹) e silicato de cálcio (800 kg ha⁻¹) (Tabela 12). Na segunda e terceira época, a adição de calcário (4 Mg ha⁻¹) possibilitou maior V% (Tabela 12). Comparando-se as três épocas, não foi verificada diferença entre os valores de V% na presença dos tratamentos FMX (10 Mg ha⁻¹) e calcário (4 Mg ha⁻¹) (Tabela 12).

A maioria das culturas apresenta boa produtividade quando no solo é obtido valor V% entre 50 e 80% e valor de pH entre 6,0 e 6,5 (RONQUIN, 2010). No presente trabalho, todos os tratamentos apresentaram um V% superior a 80%, o que indica tratar-se de um solo com alta fertilidade.

Quanto ao teor de Ca na saturação de bases do Latossolo Vermelho-Amarelo, nas três épocas, foi verificado maior teor no tratamento com adição de silicato de Ca (800 kg ha⁻¹), comparado aos demais tratamentos de adição de condicionadores do solo / fertilizantes (Tabela 13). De modo geral, teores mais elevados de Ca na saturação de bases foram detectados na terceira época, na maioria dos tratamentos de condicionadores de solo / fertilizantes (Tabela 13).

Korndorfer et al. (2002) relatam que devido à alta concentração de silicatos de Ca e Mg nas escórias, as mesmas podem ser usadas como corretivo da acidez do solo e como fonte de Ca e Mg às plantas, especialmente para solos arenosos com baixa fertilidade. Segundo esses autores, tipos de escórias de alto forno normalmente apresentam altos teores de Si, mas com baixa solubilidade, enquanto que as de aciarias (produção de aço) apresentam menores teores de Si, mas de maior solubilidade. Mesmo entre as escórias de aciaria, há variações nos teores e solubilidade do Si. As escórias de aço inox são as que apresentam o Si na forma mais solúvel.

Avaliando-se o teor de Mg na saturação de bases, na segunda época de avaliação, foram verificados maiores teores com adição de calcário (4 Mg ha⁻¹) e KCl (0,15 Mg ha⁻¹) (Tabela 14). Na primeira e terceira época, não foi detectada diferença entre os tratamentos de adição de condicionadores de solo / fertilizantes e o tratamento controle (Tabela 14).

Tabela 12 – V% em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde, GO.

Épocas	Controle	FMX* (3 Mg ha⁻¹)	FMX (5 Mg ha⁻¹)	FMX (10 Mg ha⁻¹)	FMX (20 Mg ha⁻¹)	Calcário (4 Mg ha⁻¹)	Fonolito (1,2 Mg ha⁻¹)	Silicato de Ca e Mg (0,8 Mg ha⁻¹)	KCl (0,15 Mg ha⁻¹)
Primeira	86,8 cA	87,6 bcA	87,5 bcA	86,9 bcA	87,8 abcA	88,9 aA	87,6 bcA	88,3 abA	86,8 cA
Segunda	85,5 cB	86,2 bcB	86,3 bcB	86,5 bcA	86,4 bcB	88,4 aA	86,6 bcB	86,9 bB	85,7 bcB
Terceira	84,8 fB	85,2 fC	85,5 efB	86,0 defA	87,4 bcA	89,0 aA	86,4 cdeB	87,7 bAB	86,8 bcdA

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%). *finos de micaxisto.

Tabela 13 – Teor de Ca na saturação de bases em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde, GO.

Épocas	Controle	FMX* (3 Mg ha ⁻¹)	FMX (5 Mg ha ⁻¹)	FMX (10 Mg ha ⁻¹)	FMX (20 Mg ha ⁻¹)	Calcário (4 Mg ha ⁻¹)	Fonolito (1,2 Mg ha ⁻¹)	Silicato de Ca e Mg (0,8 Mg ha ⁻¹)	KCl (0,15 Mg ha ⁻¹)
Primeira	48,5 bA	47,8 bcB	47,5 bcB	47,5 bcB	46,6 cC	48,2 bC	47,5 bcC	52,1 aC	47,6 bcB
Segunda	49,5 bcA	49,3 bcA	48,7 bcA	48,6 bcB	48,0 cB	50,1 bB	49,6 bcB	53,5 aB	47,9 cB
Terceira	49,0 eA	48,8 eAB	49,4 eA	50,2 deA	51,8 cdA	54,2 bA	52,9 bcA	56,9 aA	52,5 bcA

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%). *finos de micaxisto.

Tabela 14 – Teor de Mg na saturação de bases em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde, GO.

Épocas	Controle	FMX* (3 Mg ha ⁻¹)	FMX (5 Mg ha ⁻¹)	FMX (10 Mg ha ⁻¹)	FMX (20 Mg ha ⁻¹)	Calcário (4 Mg ha ⁻¹)	Fonolito (1,2 Mg ha ⁻¹)	Silicato de Ca e Mg (0,8 Mg ha ⁻¹)	KCl (0,15 Mg ha ⁻¹)
Primeira	35,8 abA	35,8 abcA	35,7 abcA	35,4 abcA	34,2 cdA	37,2 aA	36,4 aA	33,5 dA	34,8 bcdA
Segunda	34,1 bcdB	34,4 bcB	34,6 bcA	33,7 cdB	32,8 deB	36,5 aA	34,8 bcB	31,8 eB	35,7 abA
Terceira	33,9 abB	35,2 aAB	34,8 aA	33,7 abB	31,1 cdC	33,9 abB	32,4 bcC	29,9 dC	33,2 bB

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%). *finos de micaxisto.

O silicato usado no experimento comercializado pela Agronelli de Uberaba MG, possui SiO_2 total equivalente a 23,2% com 43,4% do silício solúvel, 41% de CaO e 11% de MgO. Isto explica a diferença de teor de Mg observada no experimento para o tratamento com o referido produto comercial. Outro fato observado é o menor teor de Si ser no produto comercial fornecedor do mesmo. Espera-se que isto seja devido à alta solubilidade do Si contida no produto e o mesmo ter sido complexado ou lixiviado do solo. Outra possibilidade sobre o comportamento do silicato de Ca recai sobre a hipótese do mesmo ter elevado o pH em demasia invertendo o comportamento do produto e reduzindo a absorção do Si.

Avaliando-se os teores de K nos tratamentos de adição de condicionadores do solo / fertilizantes, nas três épocas avaliadas, foram verificados maiores valores com a adição de FMX (20 Mg ha^{-1}) (Tabela 15). O FMX (20 Mg ha^{-1}), portanto, mostrou-se como excelente fonte de K.

Avaliando-se a relação Ca e Mg na soma de bases, foi constatado que nas três épocas avaliadas, o silicato de Ca ($0,8 \text{ Mg ha}^{-1}$) foi a fonte que mais incrementou esta variável (Tabela 16).

Quanto ao teor de K na soma de bases, o FMX (20 Mg ha^{-1}) foi a fonte que proporcionou maiores valores para esta variável, comparado às demais (Tabela 17). Este teor decresceu a partir da primeira para a terceira época de avaliação (Tabela 17). Doses crescentes de K promove inversão da curva de absorção do Mg.

Fonolito ($1,2 \text{ Mg ha}^{-1}$) foi a fonte que possibilitou maior teor de Na, nas três épocas de avaliação, no solo cultivado com soja e sucessão com milho (Tabela 18). O Na é essencial para algumas plantas com mecanismo de fotossíntese em C_4 . As plantas cultivadas são divididas em natrófilas e natróficas, se beneficiadas ou não pela presença do elemento. Nas plantas natrófilas, o Na substitui parcialmente o K, resultando em maior resistência à secura, crescimento mais rápido quando a planta é jovem e maior acumulação de glúcidos de reserva. No tratamento com adição de fonolito, foi detectada expressiva participação de Na na soma de bases, pelo fato deste possuir um teor de Na da ordem de 7%.

Tabela 15 – Teor de K em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde, GO.

Épocas	Controle	FMX* (3 Mg ha ⁻¹)	FMX (5 Mg ha ⁻¹)	FMX (10 Mg ha ⁻¹)	FMX (20 Mg ha ⁻¹)	Calcário (4 Mg ha ⁻¹)	Fonolito (1,2 Mg ha ⁻¹)	Silicato de Ca e Mg (0,8Mg ha ⁻¹)	KCl (0,15Mg ha ⁻¹)
Primeira	0,2 cA	0,3 bA	0,4 bA	0,4 bA	0,6 aA	0,3 bcA	0,3 bcA	0,2 cA	0,4 bA
Segunda	0,1 cdA	0,2 cdB	0,3 bcB	0,4 abA	0,5 aB	0,2 cdB	0,2 cdB	0,1 dB	0,2 cdB
Terceira	0,2 bA	0,1 bC	0,1 bC	0,2 bB	0,4 aB	0,1 bB	0,1 bC	0,1 bB	0,1 bB

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%). *finos de micaxisto.

Tabela 16 – Relação Ca e Mg na Soma de Bases em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde, GO.

Épocas	Controle	FMX* (3 Mg ha ⁻¹)	FMX (5 Mg ha ⁻¹)	FMX (10 Mg ha ⁻¹)	FMX (20 Mg ha ⁻¹)	Calcário (4 Mg ha ⁻¹)	Fonolito (1,2 Mg ha ⁻¹)	Silicato de Ca e Mg (0,8Mg ha ⁻¹)	KCl (0,15Mg ha ⁻¹)
Primeira	1,3 bB	1,3 bB	1,3 bB	1,3 bA	1,3 bC	1,2 bB	1,3 bC	1,5 aC	1,3 bB
Segunda	1,4 bcA	1,4 bcA	1,4 bcA	1,4 bcA	1,4 bB	1,3 bcB	1,4 bcB	1,6 aB	1,3 cB
Terceira	1,4 dA	1,3 dAB	1,4 dA	1,4 cdA	1,5 bcA	1,6 bA	1,6 bA	1,9 aA	1,5 bcA

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%). *finos de micaxisto.

Tabela 17 – Teor de K na Soma de Bases em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde, GO.

Épocas	Controle	FMX* (3 Mg ha ⁻¹)	FMX (5 Mg ha ⁻¹)	FMX (10 Mg ha ⁻¹)	FMX (20 Mg ha ⁻¹)	Calcário (4 Mg ha ⁻¹)	Fonolito (1,2 Mg ha ⁻¹)	Silicato de Ca e Mg (0,8 Mg ha ⁻¹)	KCl (0,15Mg ha ⁻¹)
Primeira	2,4 cA	3,9 bA	4,2 bA	5,6 abA	7,0 aA	3,4 bcA	3,6 bcA	2,5 cA	4,3 bA
Segunda	1,8 cdA	2,3 cdB	2,9 bcB	4,1 bA	5,5 aB	1,8 cdB	2,1 cdB	1,4 dB	1,9 cdB
Terceira	1,8 bA	1,0 bC	1,2 bC	2,0 bB	4,3 aC	0,8 bB	1,0 bC	0,7 bB	1,0 bB

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%). *finos de micaxisto.

Tabela 18 – Teor de sódio em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde, GO.

Épocas	Controle	FMX* (3 Mg ha ⁻¹)	FMX (5 Mg ha ⁻¹)	FMX (10 Mg ha ⁻¹)	FMX (20 Mg ha ⁻¹)	Calcário (4 Mg ha ⁻¹)	Fonolito (1,2Mg ha ⁻¹)	Silicato de Ca e Mg (0,8Mg ha ⁻¹)	KCl (0,15Mg ha ⁻¹)
Primeira	3,8 bA	3,7 bB	4,2 bB	5,2 bAB	6,0 bA	7,3 bB	84,1 aAB	5,1 bA	4,3 bA
Segunda	2,4 cA	2,4 cB	2,5 cB	3,1 cB	3,6 cA	17,1 bA	87,0 aA	2,7 cA	1,9 cA
Terceira	7,8 bA	14,9 bA	11,2 bA	7,2 bA	6,8 bA	8,5 bB	77,2 aB	7,9 bA	6,3 bA

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%). *finos de micaxisto.

As Figuras 1 a 9 representam as alterações ocorridas na percentagem da saturação por bases do solo ao final da terceira coleta de solo, onde é possível avaliar situações de desequilíbrios originados pelo excesso de nutrientes observadas nas doses altas do pó de rocha.

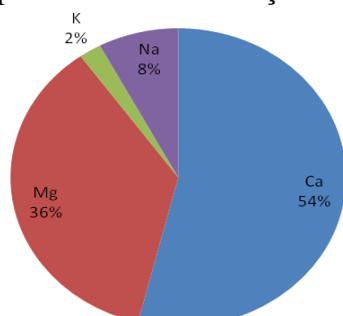


Figura 1 – Soma de bases em Latossolo Vermelho-Amarelo, sem adição de fertilizantes / condicionadores de solo, na terceira época de cultivo em vasos com sucessão soja/milheto. Rio Verde, GO.

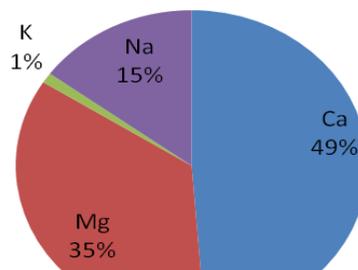


Figura 2 – Soma de bases em Latossolo Vermelho-Amarelo, adicionado de micaxisto (3 Mg ha⁻¹), na terceira época de cultivo em vasos com sucessão soja/milheto. Rio Verde, GO.

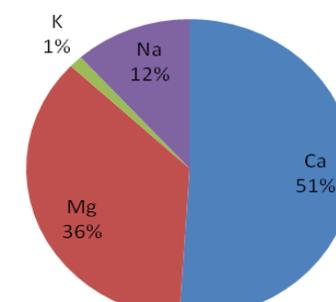


Figura 3 – Soma de bases em Latossolo Vermelho-Amarelo, adicionado de micaxisto (5 Mg ha⁻¹), na terceira época de cultivo em vasos com sucessão soja/milheto. Rio Verde, GO.

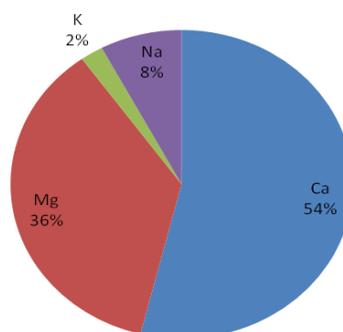


Figura 4 – Soma de bases em Latossolo Vermelho-Amarelo, adicionado de micaxisto (10 Mg ha⁻¹), na terceira época de cultivo em vasos com sucessão soja/milheto. Rio Verde, GO.

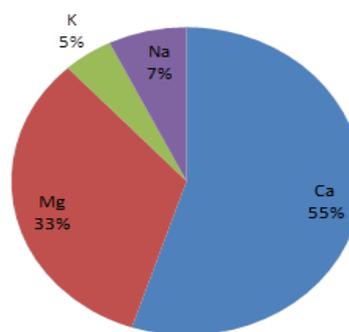


Figura 5 – Soma de bases em Latossolo Vermelho-Amarelo, adicionado de micaxisto (20 Mg ha⁻¹), na terceira época de cultivo em vasos com sucessão soja/milheto. Rio Verde, GO.

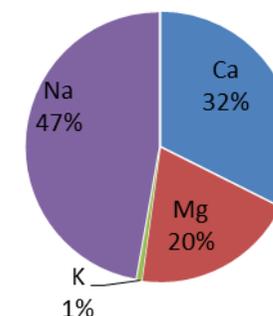


Figura 6 – Soma de bases em Latossolo Vermelho-Amarelo, adicionado de fonolito (1,2 Mg ha⁻¹), na terceira época de cultivo em vasos com sucessão soja/milheto. Rio Verde, GO.

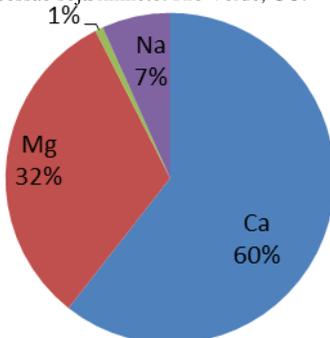


Figura 7 – Soma de bases em Latossolo Vermelho-Amarelo, adicionado de calcário dolomítico (4 Mg ha⁻¹), na terceira época de cultivo em vasos com sucessão soja/milheto. Rio Verde, GO.

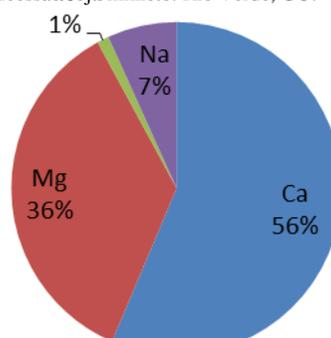


Figura 8 – Soma de bases em Latossolo Vermelho-Amarelo, adicionado de silicato de Ca e Mg (0,8 Mg ha⁻¹), na terceira época de cultivo em vasos com sucessão soja/milheto. Rio Verde, GO.

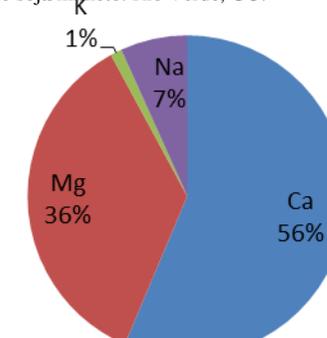


Figura 9 – Soma de bases em Latossolo Vermelho-Amarelo, adicionado de KCl (0,15 Mg ha⁻¹), na terceira época de cultivo em vasos com sucessão soja/milheto. Rio Verde, GO.

De modo geral, nas três épocas avaliadas, não houve variação quanto ao teor de P_{resina} (Tabela 19) e P_{Melich} (Tabela 20). Similarmente, comparando-se as diversas fontes de condicionadores do solo / fertilizante, não foi notada diferença entre estes tratamentos, nas três épocas de avaliação (Tabela 19).

Avaliando-se o teor de Cu no Latossolo Vermelho-Amarelo, foi constatado que FMX (10 e 20 Mg ha⁻¹), na primeira e segunda época, foram os que possibilitaram maiores valores para esta variável (Tabela 21).

Foi verificada interação entre tratamentos de adição de condicionadores de solo / fertilização, avaliando-se o teor de Fe em Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com soja e sucessão com milheto. FMX (20 Mg ha⁻¹) foi o tratamento que possibilitou maiores teores de Fe nas três épocas de avaliação, não sendo verificada diferença entre as referidas épocas (Tabela 22). Quanto ao teor de B, na maioria dos tratamentos, não foi detectada diferença para esta variável e, tampouco, entre as três épocas de avaliação (Tabela 23).

Tabela 19 – Teor de P_{resina} em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde, GO.

Épocas	Controle	FMX* (3 Mg ha ⁻¹)	FMX (5 Mg ha ⁻¹)	FMX (10 Mg ha ⁻¹)	FMX (20 Mg ha ⁻¹)	Calcário (4 Mg ha ⁻¹)	Fonolito (1,2Mg ha ⁻¹)	Silicato de Ca e Mg (0,8Mg ha ⁻¹)	KCl (0,15Mg ha ⁻¹)
Primeira	111,0 abA	105,6 abA	111,1 abA	103,1 aA	95,5 bA	109,1 abA	128,5 aA	111,9 abA	99,0 bA
Segunda	100,7 aA	98,0 aA	104,1 aA	105,1 aA	91,9 aA	96,8 aA	81,4 aB	106,5 aA	96,5 aA
Terceira	101,6 aA	100,3 aA	95,8 aA	102,9 aA	89,2 aA	96,2 aA	85,4 aB	108,4 aA	95,7 aA

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%). *finos de micaxisto.

Tabela 20 – Teor de P_{Mehlich} em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde, GO.

Épocas	Controle	FMX* (3 Mg ha ⁻¹)	FMX (5 Mg ha ⁻¹)	FMX (10 Mg ha ⁻¹)	FMX (20 Mg ha ⁻¹)	Calcário (4 Mg ha ⁻¹)	Fonolito (1,2Mg ha ⁻¹)	Silicato de Ca e Mg (0,8Mg ha ⁻¹)	KCl (0,15Mg ha ⁻¹)
Primeira	53,6 aA	54,5 aA	52,0 abA	51,6 aA	48,5 abA	43,2 bcA	37,8 cA	51,5 abA	47,8 abA
Segunda	55,0 aA	50,9 abcAB	50,2 abcA	52,0 abA	46,7 abcA	41,4 cdA	36,3 dA	49,5 abcA	42,2 bcdA
Terceira	45,8 abB	44,0 abcB	42,8 abcB	51,0aA	47,1 abA	42,3 abcA	35,4 cA	40,9 bcB	46,3 abA

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%). *finos de micaxisto.

Tabela 21 – Teor de Cu em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde, GO.

Épocas	Controle	FMX* (3 Mg ha ⁻¹)	FMX (5 Mg ha ⁻¹)	FMX (10 Mg ha ⁻¹)	FMX (20 Mg ha ⁻¹)	Calcário (4 Mg ha ⁻¹)	Fonolito (1,2 Mg ha ⁻¹)	Silicato de Ca e Mg (0,8g ha ⁻¹)	KCl (0,15Mg ha ⁻¹)
Primeira	0,4 bAB	0,5 bA	0,5 bA	0,6 abA	0,7 aA	0,4 bA	0,4 bA	0,4 bA	0,5 bA
Segunda	0,5 aA	0,3 bcB	0,3 bcB	0,4 abcB	0,5 abB	0,2 cB	0,2 cB	0,3 cA	0,2 cB
Terceira	0,3 bB	0,3 bB	0,3 bB	0,3 bB	0,6 aAB	0,3 bAB	0,3 bAB	0,3 bA	0,3 bB

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%). *finos de micaxisto.

Tabela 22 – Teor de Fe em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde, GO.

Épocas	Controle	FMX* (3 Mg ha ⁻¹)	FMX (5 Mg ha ⁻¹)	FMX (10 Mg ha ⁻¹)	FMX (20 Mg ha ⁻¹)	Calcário (4 Mg ha ⁻¹)	Fonolito (1,2Mg ha ⁻¹)	Silicato de Ca e Mg (0,8Mg ha ⁻¹)	KCl (0,15 Mg ha ⁻¹)
Primeira	34,3 bcB	55,2 bcA	76,8 bA	146,0 aA	216,5 aA	28,7 cA	34,3 bcA	36,4 bcA	26,1 cA
Segunda	35,7 cdB	62,9 cdA	85,7 cA	152,7 bA	250,2 aA	29,5 dA	33,5 dA	39,8 cdA	36,2 cdA
Terceira	90,1 Ba	56,4 bcA	85,8 bA	92,7 bB	227,3 aA	34,1 cA	35,2 cA	47,3 bcA	32,6 cA

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%). *finos de micaxisto.

Tabela 23 – Teor de B em Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo cultivado em vasos com sucessão soja/milheto, em três épocas de avaliação. Rio Verde, GO.

Épocas	Controle	FMX* (3 Mg ha ⁻¹)	FMX (5 Mg ha ⁻¹)	FMX (10 Mg ha ⁻¹)	FMX (20 Mg ha ⁻¹)	Calcário (4 Mg ha ⁻¹)	Fonolito (1,2 Mg ha ⁻¹)	Silicato de Ca e Mg (0,8 Mg ha ⁻¹)	KCl (0,15 Mg ha ⁻¹)
Primeira	0,3 Aa	0,2 abB	0,2 abB	0,2 abA	0,2 abA	0,2 bA	0,2 abA	0,2 abA	0,2 abAB
Segunda	0,3 Aa	0,3 aA	0,3 aA	0,3 abA	0,3 abA	0,2 bA	0,2 bA	0,3 abA	0,3 abA
Terceira	0,3 abA	0,3 aA	0,3 aA	0,3 abA	0,2 bcA	0,2 cA	0,2 cA	0,2 cB	0,0 cB

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%). *finos de micaxisto.

4.1 Avaliação da colheita de milho

Na primeira época de avaliação, não foi possível avaliar a produção de biomassa seca de parte aérea e de raízes de soja devido ao intenso ataque de mosca branca (*Bemisia tabaci*). Já para a biomassa seca de milho, não foi observado efeito dos tratamentos de adição de condicionadores de solo / fertilizantes na biomassa seca de parte aérea e de raízes (Tabelas 24 e 25).

Tabela 24 - Biomassa seca de parte aérea de milho cultivado em vasos contendo Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo. Rio Verde, GO.

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%). *finos de micaxisto.	Fertilizante / Condicionador de solo	Biomassa seca de parte aérea (g vaso ⁻¹)
	Controle	19,81 a
	FMX* (3 Mg ha ⁻¹)	19,18 a
	FMX (5 Mg ha ⁻¹)	21,42 a
	FMX (10 Mg ha ⁻¹)	18,23 a
	FMX (20 Mg ha ⁻¹)	18,30 a
	Calcário (4 Mg ha ⁻¹)	22,42 a
	Fonolito (1,2 Mg ha ⁻¹)	17,30 a
	Silicato de cálcio (0,8 Mg ha ⁻¹)	16,27 a
	KCl (0,15 Mg ha ⁻¹)	19,50 a

si pelo teste Tukey (5%). *finos de micaxisto.

Tabela 25 - Biomassa seca de raízes de milho cultivado em vasos contendo Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo. Rio Verde, GO.

Fertilizante / Condicionador de solo	Biomassa seca de raízes (g vaso ⁻¹)
Controle	8,25 a
FMX* (3 Mg ha ⁻¹)	8,00 a
FMX (5 Mg ha ⁻¹)	7,41 a
FMX (10 Mg ha ⁻¹)	6,18 a
FMX (20 Mg ha ⁻¹)	6,66 a
Calcário (4 Mg ha ⁻¹)	6,66 a
Fonolito (1,2 Mg ha ⁻¹)	6,64 a
Silicato de cálcio (0,8 Mg ha ⁻¹)	6,35 a
KCl (150 kg ha ⁻¹)	6,76 a

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%). *finos de micaxisto.

4.2 Teores foliar na massa seca de milho em função dos tratamentos

FMX (20 Mg ha⁻¹) disponibilizou o maior teor foliar de K na massa seca do milho, comparado ao fonolito (1,2 Mg ha⁻¹) e KCl (0,15 Mg ha⁻¹), os quais são fertilizantes potássicos. A alta concentração de Na pode ter sido a responsável pelo baixo teor de K observado no tratamento com o fonolito (Figura 10).

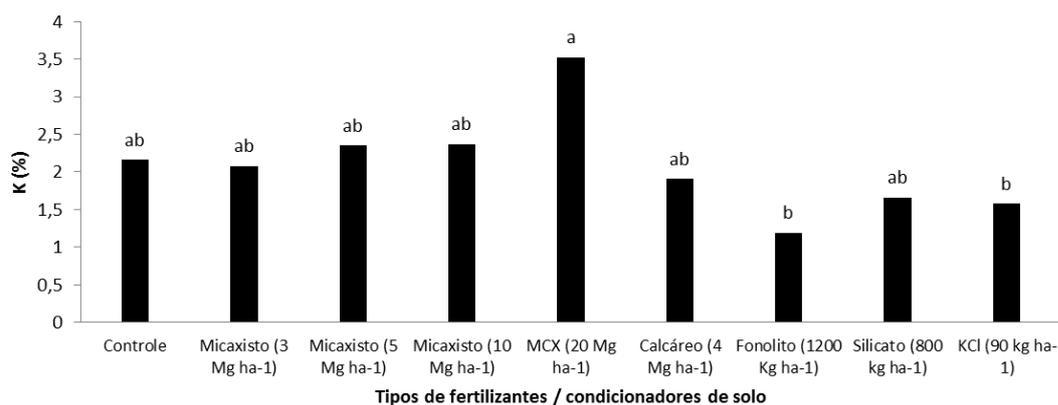


Figura 10 – Teor de K na biomassa seca de milho, cultivado em vasos contendo Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo. Rio Verde, GO. Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%).

Quanto ao teor de Mg na parte aérea, somente o silicato de Ca (0,8 Mg ha⁻¹) superou ao teor proporcionado pelo FMX (20 Mg ha⁻¹) (Figura 11). O baixo teor de Mg observado no tecido foliar serve como um qualificador da qualidade do experimento, pois neste tratamento o teor de K atingiu 5% da saturação, o que qualifica um nível de excesso que compromete a absorção do Mg (Figura 11).

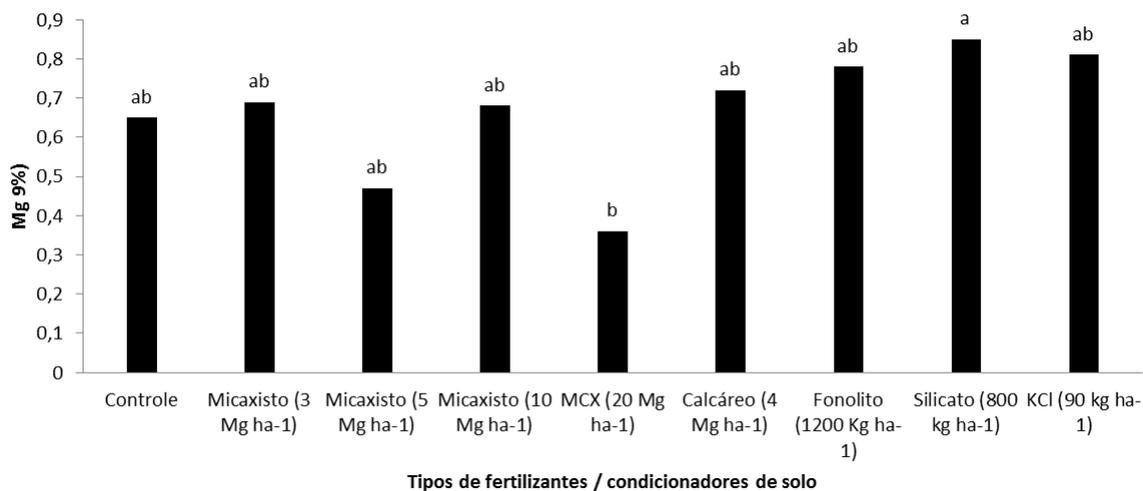


Figura 11 – Teor de Mg na biomassa seca de milho, cultivado em vasos contendo Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo. Rio Verde, GO. Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%).

Avaliando-se o teor de S na parte aérea de milho, maiores valores foram detectados somente nas plantas que receberam calcário (4 Mg ha⁻¹). Este fato reforça a qualidade do experimento, pois sendo o calcário usado da formação Irati ele possui um teor de S, devido a presença de pirita (sulfeto de ferro) no mesmo (Figura 12).

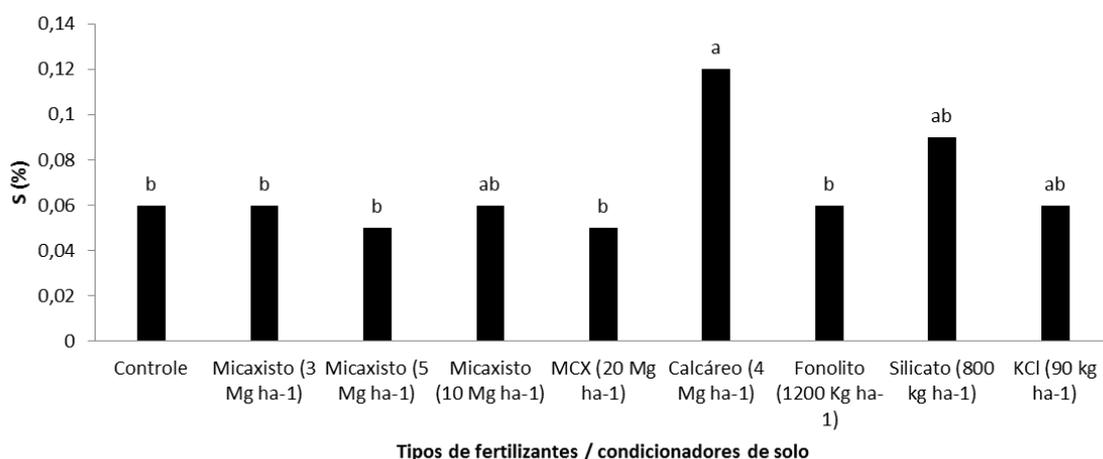


Figura 12 – Teor de S na biomassa seca de milho, cultivado em vasos contendo Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo. Rio Verde, GO. Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%).

Quanto ao teor de Si na parte aérea de milho, foi detectado maior teor no tratamento FMX 3 Mg ha⁻¹ e o menor teor no silicato de Ca e Mg que é um produto comercial com alto teor de Si solúvel, o que devido sua alta solubilidade pode ter originado grande perda do elemento (Figura 13).

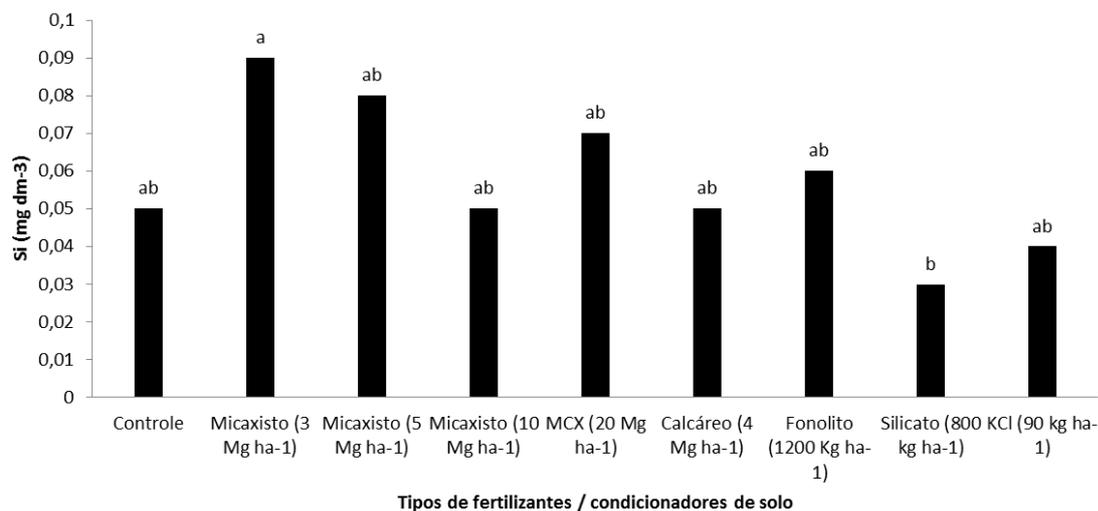


Figura 13 – Teor de Si na biomassa seca de milho, cultivado em vasos contendo Latossolo Vermelho-Amarelo adicionado de fertilizantes / condicionadores de solo. Rio Verde, GO. Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%).

Não foi detectado efeito da adição de condicionadores de solo / fertilizantes quanto os teores foliares de N, P, Ca, Fe, Mn, Cu, Zn e B na parte aérea de milho (resultados não mostrados). O único elemento que poderia apresentar alguma restrição seria o Ni, com limites máximos de 70 ppm, considerando o Anexo V da IN 27/2006 para fertilizantes orgânicos. O teor de Ni total encontrado no FMX foi equivalente a 80 e 87 ppm nas análises do Laboratório ACME, e 75 e 82 ppm nas análises do Laboratório Campo, valores acima do limite estabelecido pelo MAPA. Entretanto, o teor encontrado nas amostras de FMX é a média da crosta terrestre (Taylor, 1964) e, portanto, não apresenta riscos.

Osterrot (2003) preconiza que a falta de resultados consistentes em experimentos de rochagem é devido ao pequeno volume de substrato, curto tempo de duração, falta de matéria orgânica e de condição de clima tropical.

De acordo com Bizão et al. (2013), em experimento de campo com soja em sucessão com braquiária, na safra 2010/2011 e milho, nas safras 2011/2012 e 2012/2013, em Jataí, GO, foi observado que o lucro médio ficou em R\$ 1.077,86 para o tratamento com fertilizante químico e os tratamentos com FMX. Na dose de 5,0 Mg ha⁻¹ foi de R\$ 1.301,62 e para a AMX, na dose de 5,0 Mg ha⁻¹, foi de R\$ 1.375,18.

5. CONCLUSÕES

A aplicação de FMX nas doses de 3 a 20 Mg ha⁻¹ atende à demanda de K exigido pelas culturas da soja e do milho, em sucessão.

O FMX teve a mesma liberação de K comparada ao KCl em Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com soja e milho.

Para um solo que possui um teor de K da ordem de 0,22 cmol_cdm⁻¹, a dosagem de FMX equivalente a 5 Mg ha⁻¹ pode ser recomendada para atender à manutenção da cultura da soja e do milho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, L. R. M.; MARTINS, E. S.; MENDES, I. C. **Carbonatites as natural source of nutrients for Cerrado soils**. In: World Congress of Soil Science, 17, Bangkok. Proceedings. Bangkok: ISSS. (CD-Rom), 2002.

BIZÃO, A. A.; HACK, E.; BATISTA, N. T. F.; GORGEM, C.A.; RAGANIN, V.A.; MARTINS, E.S.; MORAES, L.F.; MARQUES, A.L.G.; CARVALHO, R.S.; ASSIS, L.B.2013. Avaliação Econômica do uso da rochagem em lavoura comercial no Sudoeste Goiano. **II Congresso Brasileiro de Rochagem**, Poços de Caldas MG, 12 a 17 de maio de 2013.

CARVALHO, A. M. X.; DELIBERALI, D. C.; CARDOSO, I. M. Efeito da rochagem no crescimento e nutrição de plantas de soja sob manejo agroecológico. **Anais... I Congresso Brasileiro de Rochagem**. Planaltina, DF, 21 a 25 de setembro de 2009, p. 183–189.

COLA, G. P. A.; SIMÃO, B. P. Rochagem como fonte alternativa de suplementação de potássio na agricultura agroecológica. **Revista Verde**, v. 7, p.15-27, 2012.

CRISTAN, C. A. **Basalto agrícola**, 2002. Disponível em: <<http://www.socitrus.com.br/basalto.htm>> Acesso em 02 jan. 2007.

CURI, N.; KAMPF, N.; MARQUES, J. J. Mineralogia e formas de potássio em solos brasileiros. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: Instituto da Potassa e do Fosfato; **Instituto Internacional da Potassa**, 2005. p. 71 – 86.

ECHER, F. R.; FOLONI, J. S. S.; CRESTE, J. E. Fontes de potássio na adubação do algodoeiro. In: Atributos biométricos e componentes de produção. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO**, 7, 2009, Foz do Iguaçu. Sustentabilidade da cotonicultura brasileira e expansão de Mercados. **Anais...**Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009, p.1938-1943.

Embrapa. **Manejo da Cultura do Milheto**. Circular Técnica 29, Sete Lagoas, MG. 2003.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In...**45ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria**. UFSCar, São Carlos, SP, p. 255-258, 2000.

FURTINI NETO, A. E.; TOKURA, A. M.; RESENDE, V. R. **Interpretação de Análise de Solo e Manejo da Adubação**. Lavras. Ed. UFLA. 2004, 159p.

HAMAKER, J. **The Survival of Civilization**. Hamaker Weaver Publishers, 1980.

HURTADO, S. C. M.; RESENDE, A. V.; MARTINS, E. S.; MURAOKA, T.; OLIVEIRA, C. G. **Avaliação de uma Rocha Silicática como Fonte de Potássio**. In: FERTBIO 2012: Maceió, AL, 17 a 21 de setembro, 2012.

KHATOUNAIN, C. A. **A reconstrução ecológica da agricultura**. 2001. 348 p.

KER, J. C. Latossolos do Brasil: Uma Revisão. **Geonomos**, v.5, p.17-40, 1997.

KORNDORFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S Silicato de cálcio e magnésio na agricultura. 2.ed Uberlândia, GPSi/ICIAG/UFU,2004.24p (Boletim Técnico Nº 1).

LEONARDOS, O. H.; FYLE, W. S.; KROMBERG, B. Rochagem: método de aumento de fertilidade em solos lixiviados e arenosos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1976, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, p. 137-145. 1976.

MALAVOLTA, E. O futuro da nutrição de plantas tendo em vista aspectos agronômicos econômicos e ambientais. International Plant Nutrition Institute. **Infomações Agronômicas**, n.121, 2008.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARVE, J. C. **Adubos e Adubações**. Nobel, 2000. 220 p.

MACHADO, C. T. T.; RESENDE, A. V.; MARTINS, E. S.; SOBRINHO, D. A. S.; NASCIMENTO, M. T.; FALEIRO, A. S. G.; LINHARES, N. W.; SOUZA, A. L.; CORAZZA, E. J. **Potencial de rochas silicáticas no fornecimento de potássio para culturas anuais: II. Fertilidade do solo e suprimento de outros nutrientes**. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 30. Recife, Anais. Recife: UFRPE/SBCS. (CD-Rom), 2005.

MARTINS, E. S.; OLIVEIRA, C. G.; RESENDE, A. V.; MATOS, M. S. F. **Agrominerais – Rochas Silicáticas como Fontes Minerais Alternativas de Potássio para a Agricultura**. CETEM: Centro de Tecnologia Mineral, p. 1-19, 2003.

MARTINS, E. S., THEODORO, S. H. **Anais... I Congresso Brasileiro de Rochagem**. Planaltina, DF, 21 a 25 de setembro de 2009. 322 p.

MELAMED, R.; GASPAR, J. C. **Eficiência de pó de rocha na biodisponibilidade de potássio em sistemas de produção agrícola sustentáveis**. XXI ENTMME – Natal-RN, novembro, 2005.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2ª ed. Lavras: Editora UFLA, 2006, 720p.

OLIVEIRA, F. A.; CASTRO, C.; MOREIRA, A.; SILVA, L. S. Efeito residual da adubação com rochas brasileiras como fontes de potássio para a cultura da soja. **Espaço & Geografia**,

Brasília, v. 9, p. 247-262, 2006.

OLIVEIRA, L. A. M. **Potássio, Sumário Mineral** - DNPM, 2008. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br> (acesso em 12 de julho de 2008).

OSTERROHT, M. Rochagem: Pra quê? In: Rochagem-I: adubação com rochas silicatadas moídas. **Revista Agroecologia Hoje**, v.20, 2003.

PAKTUNC, A. D. MoDan: an interactive computer program for estimating mineral quantities based on bulk composition. **Computers & Geosciences**, v. 24, p. 425-431, 1998.

PAKTUNC, A. D. MoDan – a computer program for estimating mineral quantities based on bulk composition: Windows version. **Computers & Geosciences**, v. 27, p. 883–886. 2001

RESENDE, A. V.; MACHADO, C. T. T.; MARTINS, E. S.; NASCIMENTO, M. T.; SOBRINHO, D. A. S.; FALEIRO, A. S. G.; LINHARES, N. W.; SOUZA, A. L.; CORAZZA, E. J. (2005) Potencial de rochas silicáticas no fornecimento de potássio para culturas anuais: I. Respostas da soja e do milho. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 30. Recife, **Anais...** Recife: UFRPE/SBCS. (CD-Rom).

RESENDE, A. V.; FURINI NETO, A. E.; ALVES, V. M. C.; MUNIZ, J. A.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KIMPARA, D. I.; SANTOS, J. Z. L.; CARNEIRO, L. F. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 453-466, 2006.

RESENDE, M.; CURI, N.; RESENDE, S. B.; CORREA, G. F. **Pedologia base para distinção de ambientes**. 4. Ed Viçosa NEPUT, 338p. 2002.

RONQUIM, C. C. Conceitos de Fertilidade do Solo e Manejo Adequado para as Regiões Tropicais. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** – Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. 2010.

TAYLOR, S. R. Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 28, p. 1273- 1285, 1964.

THEODORO, S. H. **Fertilização da terra pela terra: uma alternativa para a sustentabilidade do pequeno produtor rural.** Tese de Doutorado. Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (CDS/UnB), 2000, 225p.