

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA EM SANTANA DO LIVRAMENTO
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

ROGER MATHEUS DUBAL VARGAS

**INFLUÊNCIA DO GRANODIORITO GNAISSICO COMO FONTE DE POTÁSSIO
NO SOLO ARGISSOLO VERMELHO**

SANTANA DO LIVRAMENTO

2022

ROGER MATHEUS DUBAL VARGAS

**INFLUÊNCIA DO GRANODIORITO GNAISSICO COMO FONTE DE POTÁSSIO
NO SOLO ARGISSOLO VERMELHO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado como requisito parcial
para obtenção do título de Bacharel
em Agronomia na Universidade
Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientador: Dr. Gustavo Kruger
Gonçalves

SANTANA DO LIVRAMENTO

2022

Catálogo de Publicação na Fonte

V297i Vargas, Roger Matheus Dubal.
Influência do granodiorito gnaissico como fonte de potássio no solo argissolo vermelho / Roger Matheus Dubal Vargas. – Santana do Livramento, 2022.
33 f.

Orientador: Gustavo Kruger Gonçalves.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Unidade em Santana do Livramento, 2022.

1. Fontes alternativas. 2. Remineralizadores. 3. Composto orgânico. I. Gonçalves, Gustavo Kruger. II. Título.

ROGER MATHEUS DUBAL VARGAS

**INFLUÊNCIA DO GRANODIORITO GNAISSICO COMO FONTE DE POTÁSSIO
NO SOLO ARGISSOLO VERMELHO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Agronomia na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientador: Dr. Gustavo Kruger
Gonçalves

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus, por ter me dado forças nos momentos difíceis e não desistir desta longa jornada.

À minha família, por acreditar em mim e me incentivar sempre, sem eles eu não teria chegado até aqui, pois não mediram esforços para que esse sonho se tornasse realidade. Principalmente meu pai, minha mãe e minha irmã, Paulo Vargas, Tatiana Dubal e Julia Dubal cujo empenho e o apoio sempre vieram em primeiro lugar, pois sempre sonharam em me ver formado. Aqui está o resultado dos seus esforços.

Dedico este trabalho também as minhas avós, Miriam Vargas e Maria Dubal cuja presença são essenciais na minha vida, para seguir como exemplo de garra, coragem e determinação,

Agradeço também a minha namorada Ariane Rodrigues, que de forma especial me deu força e coragem, me apoiando nos momentos de dificuldades e contribuindo na realização desse trabalho.

A todos os professores do curso de Agronomia da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, que foram tão importantes na minha vida acadêmica, por todos os ensinamentos e dedicação durante esses anos na universidade.

Ao meu orientador professor Dr. Gustavo Kruger Gonçalves, profissional exemplar, agradeço por todas as oportunidades que me proporcionou de desempenhar ao longo do curso, confiança, dedicação e paciência na orientação para a realização desse trabalho e por todos os ensinamentos transmitidos ao decorrer dessa graduação.

A todos meus amigos e colegas do dia a dia que, de alguma forma contribuíram para esse momento se tornar realidade.

Minha eterna gratidão a todos meu muito obrigado, vocês estão no meu coração.

“O sucesso é a soma de pequenos esforços repetidos dia após dia”.

Robert Collier.

RESUMO

O potássio (K) total do solo é constituído por diferentes formas, destacando-se o potássio estrutural, não trocável e trocável que constituem o potássio na fase sólida do solo, enquanto que o K da solução do solo constitui o K presente na fase líquida do solo. O potássio é um macronutriente sendo a quantidade e a velocidade de reposição da solução do solo dependente da espécie vegetal, das formas de potássio e das adições de adubos. A adubação potássica é realizada preferencialmente com a utilização de adubos químicos que possuem uma considerável concentração de K_2O . Entretanto, o alto preço dos adubos potássicos e a guerra da Ucrânia com a Rússia tem promovido a busca por fontes alternativas, destacando-se a utilização de adubos orgânicos e os remineralizadores. Em função do exposto, foi realizado um trabalho com o objetivo de avaliar o efeito do remineralizador e do composto orgânicos nos teores de potássio no solo. Os tratamentos consistiram na combinação dos fatores remineralizadores e adubo orgânico com seus níveis: ausente e presente. Os teores de potássio no solo foram avaliados aos 3, 6, 9, 12 e 15 meses de incubação. Aos 3 e 6 meses de incubação, observou-se que houve somente o efeito isolado do composto orgânico, indicando que nesse período não ocorreu contribuição do potássio no solo através dos remineralizadores. Aos 9, 12, 15 meses de incubação, observou-se a interação entre os fatores estudados. O tratamento que proporcionou os maiores valores de K no solo foi aquele onde houve a combinação da presença do granodiorito gnaissico com a presença do composto orgânico atingindo o maior valor de 95 mg Kg^{-1} aos 15 meses de incubação. Conclui-se que a utilização conjunta de remineralizador com adubo orgânico eleva gradualmente os teores de potássio no solo.

Palavras-chaves: Fontes alternativas, Remineralizadores, Composto orgânico.

ABSTRACT

Total potassium in the soil is constituted by different forms, with emphasis on structural, non-exchangeable and exchangeable potassium, which constitute the potassium in the solid phase of the soil, while the K in the soil solution constitutes the K present in the liquid phase of the soil. Potassium is a macronutrient and the amount and speed of replacement of the soil solution depends on the plant species, potassium forms and fertilizer additions. Potassium fertilization is preferably carried out using chemical fertilizers that have a considerable concentration of K_2O . The high price of potassium fertilizers and the war between Ukraine and Russia has promoted the search for alternative sources, highlighting the use of organic fertilizers and remineralizers. A study was carried out with the aim of evaluating the effect of remineralizer and organic compost on potassium levels in the soil. The treatments consisted of the combination of remineralizing factors and organic fertilizer with their levels: absent and present. Potassium contents in the soil were evaluated at 3, 6, 9, 12 and 15 months of incubation. At 3 and 6 months of incubation, it was observed that there was only the isolated effect of the organic compound, indicating that in this period there was no contribution of potassium to the soil through the remineralizers. At 9, 12, 15 months of incubation, the interaction between the studied factors was observed. The treatment that provided the highest values of K in the soil was the one where there was a combination of the presence of gneiss granodiorite with the presence of the organic compound reaching the highest value of 95 mg Kg^{-1} at 15 months of incubation. It is concluded that the joint use of remineralizer with organic fertilizer gradually increases potassium levels in the soil.

Keywords: Alternative sources, Remineralizers, Organic compound.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação esquemática da dinâmica do potássio no solo (adaptada de Nachtigall, 1996). Pag. 13

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Teores de potássio no solo em cinco épocas de incubação em função dos tratamentos utilizados. Pag - 23

Tabela 2. Interpretação do teor de potássio no solo extraído pelo método Mehlich1, conforme a CTC do solo para culturas do Grupo 2 (culturas de grãos; pastagens, exceto pastagem natural; frutíferas; e hortaliças, exceto as do Grupo 1). Pag - 25

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1 DINÂMICA DO POTÁSSIO NO SISTEMA SOLO-PLANTA	12
3 DISPONIBILIDADE DE POTASSIO PARA AS PLANTAS	14
4 ADUBAÇÃO ORGÂNICA	15
5 REMINERALIZADORES.....	16
6 OBJETIVOS.....	21
6.1 OBJETIVOS GERAIS.....	21
6.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	21
9 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
10 CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

1 INTRODUÇÃO

Existem diferentes formas de potássio no solo, cujo somatório constituem o K total do solo. As quantidades presentes das diferentes formas são influenciadas pelo material de origem e os minerais constituintes, do grau de intemperismo e da textura do solo.

As formas de potássio estrutural, trocável e não trocável constituem o K presente na fase sólida, enquanto o K da solução do solo constitui o K presente na fase líquida do solo, cujo local aonde as plantas absorvem esse elemento químico.

A reposição de K na solução do solo é feita por diversas formas, mas, principalmente pelo K trocável. Além da quantidade, a velocidade de reposição é também importante para a nutrição das plantas.

Em solos arenosos oriundos de material de origem e minerais sem a presença do potássio e ambientes com intensa lixiviação de cátions, inclusive o potássio é comumente encontrado teores de potássio inferiores ao nível crítico. Logo, a necessidade de repor esse potássio através da adubação.

Geralmente, a adubação potássica é realizada com a utilização de adubos químicos que possuem uma considerável concentração de K_2O , o qual varia entre as fontes potássicas.

Entretanto, o alto preço dos adubos potássicos e a guerra da Ucrânia com a Rússia tem promovido a busca por fontes alternativas, destacando-se a utilização de adubos orgânicos e os remineralizadores.

Os esterco de animais, dejetos de suínos e a cama de aviário são excelentes alternativas de adubos orgânicos. Além de incrementar o teor de carbono no solo, esses materiais orgânicos promovem a melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo.

Além dos compostos orgânicos, outra fonte alternativa de potássio são os remineralizadores, os quais são caracterizados por material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, promovendo a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo (BRASIL, 2013).

Dentre os remineralizadores, cujas reservas existem na região Sul do Rio Grande do Sul, destaca-se o granodiorito gnaissico e o granito. Essas rochas possuem mica e feldspatos potássicos na sua composição mineralógica, as quais possuem potássio na sua estrutura. Entretanto, esses remineralizadores apresentam baixa dissolução do solo, necessitando de hidrogênios no solo para promover a dissolução da estrutura das micas e dos feldspatos para ocorrer a liberação de potássio no solo. Logo, a adição ou aumento do material orgânico do solo pode fornecer hidrogênio para a dissolução dos remineralizadores através das desprotonações dos grupos carboxílicos e fenólicos presentes na constituição orgânica.

Em função do exposto, foi realizado um trabalho para avaliar o efeito do remineralizador e do composto orgânico nos teores de potássio no solo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DINÂMICA DO POTÁSSIO NO SISTEMA SOLO-PLANTA

A dinâmica do potássio no sistema solo-planta pode ser observada na Figura 1. As diversas formas de potássio e sua relativa proporção nos solos dependem da mineralogia do material de origem, do grau de intemperismo e da composição granulométrica do solo, fatores que influenciam diretamente na quantidade de K no solo (Nachtigall, 1991).

A maior parte do K do solo (98%) encontra-se na estrutura dos minerais primários e secundários (K estrutural), e só uma pequena fração se encontra em formas mais prontamente disponíveis às plantas, seja ligado às cargas elétricas negativas (K trocável) seja na solução do solo (K solução) (Sparks, 2000). A maneira com que o K se liga aos componentes sólidos do solo, assim como a energia dessas ligações, dá origem às várias formas de K no solo, as quais serão descritas a seguir. O K total representa o somatório de todas as formas de K em determinado solo. Ele varia muito entre os solos de acordo com o material de origem do solo, da composição mineralógica e do grau de intemperismo.

As formas de potássio estrutural, trocável e não trocável constituem o K presente na fase sólida, enquanto que o K da solução do solo constitui o K presente na fase líquida do solo.

O K estrutural encontra-se intimamente ligado à estrutura cristalina dos minerais, sendo difícil sua liberação à solução do solo. Está localizado principalmente nas estruturas dos minerais primários, predominantes nas frações grossas do solo. Entretanto, pode fazer parte também dos minerais secundários (CASTILHO et al. 2002).

É a forma onde se encontra a maior quantidade de K no solo. Entretanto, a sua intemperização é lenta e as quantidades de K liberadas por esse mecanismo são, na maioria dos solos, pequenas e insuficientes para suprir a demanda da planta, especialmente aquelas de ciclo curto. Essa forma não é disponível às plantas em curto prazo, sendo liberada para a solução apenas quando o mineral sofre intemperismo químico (Nachtigall e Vahl, 1991; ERNANI et al. 2007).

O K trocável são os íons K que estão adsorvidos aos grupos funcionais de superfície de partículas orgânicas e inorgânicas são chamados de K trocável (MELO et al., 2009). O teor trocável é a principal fonte de reposição do K para a solução, podendo ser absorvido pelas plantas, adsorvido às cargas negativas do solo ou também perdido pela lixiviação ou escoamento superficial (KAMINSKY et al., 2007).

As ligações do K trocável com os componentes da fase sólida do solo são de caráter eletrostático. Nesse tipo de ligação (adsorção eletrostática), os elementos somente se ligam às superfícies sólidas com carga elétrica oposta (ERNANI et al. 2007).

O K não trocável é o K que se encontra com forte energia de ligação, aderido às cavidades siloxanas da lâmina tetraedral dos filossilicatos 2:1 é chamado de K não trocável (MELO et al., 2009). Todos os solos, em maior ou menor grau, apresentam K em formas não trocáveis, ou não extraíveis convencionalmente na avaliação da disponibilidade de K. Este K é encontrado na entrecamada de minerais do grupo da mica, em vermiculita e filossilicatos interestratificados na forma de cátion não hidratado (SPARKS, 2000). Porém, também existe a possibilidade de ser encontrado em bordas parcialmente intemperizadas de minerais do grupo mica. Desta forma, o K não trocável compreende parte do K estrutural que se dissolve mais facilmente em meio ácido, assim como o K fixado nas entrecamadas de filossilicatos do tipo 2:1 (MELO et al. 2009).

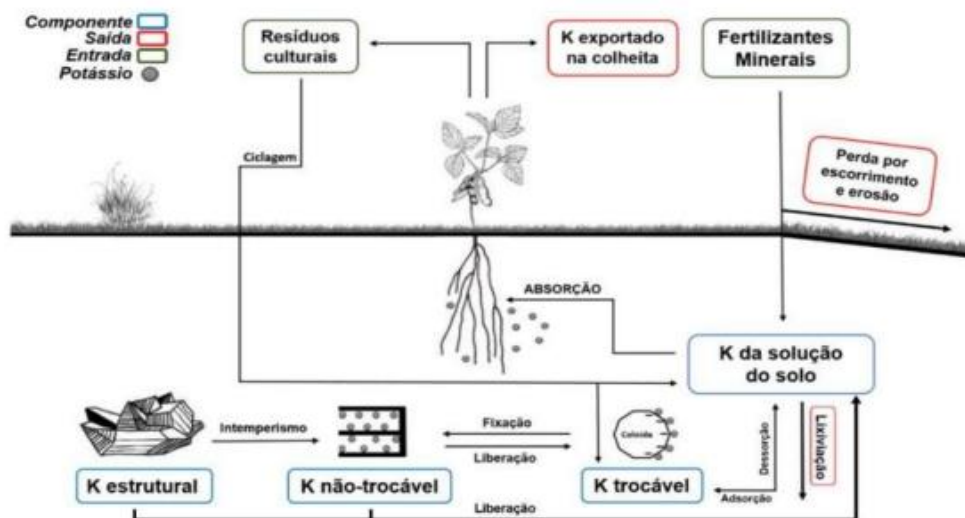


Figura 1. Representação esquemática da dinâmica do potássio no solo (adaptada de Nachtigall, 1996).

O potássio presente na matéria orgânica do solo é extremamente pequeno, pois se restringe ao K da fração orgânica viva. O K não faz parte de nenhuma fração orgânica abiótica do solo, pois não integra nenhum composto orgânico estável. Sendo assim, é lavado do material orgânico logo após a morte das células (SILVA; RITCHEY, 1982).

Potássio na solução do solo: A solução do solo é constituída pela água mais os elementos minerais e compostos orgânicos nela dissolvidos. Apesar de ser o meio de onde as plantas absorvem os nutrientes, a solução da maioria dos solos agrícolas é diluída. A concentração de K é normalmente inferior a 20 mg L^{-1} , mesmo em solos bem fertilizados (ERNANI et al. 2007).

A reposição de K na solução do solo é feita por diversas formas de K no solo, mas, principalmente pelo K trocável. Além da quantidade, a velocidade de reposição é também importante para a nutrição das plantas (CIOTTA et al. 2002).

3 DISPONIBILIDADE DE POTÁSSIO PARA AS PLANTAS

O potássio é absorvido pelas plantas na forma de íon K^+ . As plantas absorvem o potássio da solução do solo, cuja concentração é mantida pelo equilíbrio com o potássio adsorvido nos sítios de troca e pelo intemperismo mineral (MELO et al., 2009). Entretanto, nos solos da região tropical, os teores de K normalmente são baixos (inferiores a $1,5 \text{ mmolc dm}^{-3}$), tornando necessária a complementação desse nutriente com fertilizantes (OTTO et al., 2010). Quando a concentração de K na solução atinge valores muito baixos, pode haver difusão de parte do potássio contido nas estruturas dos argilominerais e dissolução dos minerais primários que contêm K, indicando que as formas de K não trocáveis são disponibilizadas para as plantas (FRAGA et al. 2009; CASTILHO et al. 2002).

A maioria dos solos contém milhares de quilogramas de K, entretanto, normalmente menos que 2 % desta quantidade estão disponíveis para as plantas em todo o período de desenvolvimento (MALAVOLTA, 2006). Em função disso, existe a necessidade de incrementar o teor de potássio no solo através das adubações. Geralmente, a maior frequência de utilização é através da adubação com fertilizantes químicos que contêm o potássio. Entretanto, o alto preço dos adubos potássicos e a guerra da Ucrânia com a Rússia tem promovido a busca por

fontes alternativas, destacando-se a utilização de adubos orgânicos e os remineralizadores.

4 ADUBAÇÃO ORGÂNICA

A adubação orgânica é a aplicação ao solo de materiais orgânicos, constituídos por resíduos (vegetais, animais, urbanos e industriais) e por adubos verdes (CQFS RS/SC, 2016).

Nos últimos anos, a preferência do consumidor mundial por alimentos e produtos mais saudáveis obtidos sem o fornecimento de fertilizantes minerais sintéticos às plantas e ao solo, têm despertado no homem uma produção agrícola com substituição parcial ou total desses fertilizantes pelos insumos orgânicos (PENTEADO, 2007).

Como na agricultura orgânica não é permitido o uso de determinados fertilizantes químicos, de alta concentração e solubilidade, a escolha de adubos orgânicos é de extrema importância para o desenvolvimento das plantas (KIEHL, 1985). A adição de compostos ricos em matéria orgânica ao solo, na maioria dos casos, melhora as características químicas, físicas e biológicas do mesmo, nutre as plantas, podendo reverter esses benefícios em aumento de produtividade (BAYER, 1996).

A adubação orgânica afeta as características químicas do solo, destacando-se o aumento na capacidade de troca de cátions, a complexação do alumínio tóxico e o aumento na disponibilidade de fósforo, nitrogênio e enxofre (BAYER; MIELNICZIK, 1997; CARNEIRO et al. 2009).

Em solos tropicais, a matéria orgânica é o principal componente da fase sólida do solo responsável para retenção de nutrientes catiônicos do solo. Desta forma, é essencial a utilização de sistemas de cultivo que possibilitem o seu acúmulo ao longo do tempo (BAYER, C.; MIELNICZUK, J., 1999).

Os grupos funcionais da matéria orgânica do solo possuem capacidade de complexar o alumínio livre na solução do solo, reduzindo ou impedindo a toxidez de alumínio. Os ânions oriundos de ácidos orgânicos de baixo peso molecular constituintes da matéria orgânica do solo, possuem a capacidade de realizar uma

troca aniônica com o fósforo adsorvido pelos óxidos de ferro (Fe) e Al, ocorrendo a liberação do fósforo (P) (MEURER, 2017).

O incremento de matéria orgânica no solo melhora as características físicas do solo devido a formação de agregados de maior tamanho e com maior estabilidade, o que promove a redução da densidade do solo e maior aeração do solo, facilitando a infiltração de água. Além disso, esse aumento promove maior retenção de água no solo, já que possuem cargas negativas capaz de reter as moléculas de água (BRAIDA et al. 2011).

A fauna edáfica do solo será favorecida pelo acúmulo de matéria orgânica, pois grande parte dos organismos são heterotróficos, necessitando de carbono e de outros nutrientes presentes nas fontes orgânicas (MORSELLI, 2007).

Os esterco de animais, dejetos de suínos e a cama de aviário são as principais fontes de adubos orgânicos utilizadas no sul do país. Os adubos orgânicos devem, sempre que possível, ser analisados previamente; tanto a concentração de macro e micronutrientes como o teor de água podem variar muito, conforme a origem do material, a espécie animal, a alimentação utilizada, a proporção entre os dejetos (fezes + urina), o material utilizado para cama e o manejo desses materiais orgânicos (CQFS RS/SC, 2016).

Os adubos orgânicos, sejam na forma sólida ou líquida, apresentam quantidades de nutrientes, e teores de liberação diferentes de um material para outro. Os esterco sólidos e os resíduos orgânicos apresentam maior relação C/N e menor quantidade de nutrientes. Sua decomposição é lenta no solo e os nutrientes são liberados em menor quantidade para as plantas. Por outro lado, contribuem para o acúmulo de matéria orgânica no solo. Já os esterco líquidos liberam maior quantidade de nutrientes para as plantas (PENTEADO, 2007).

5 REMINERALIZADORES

O Brasil é um dos maiores produtores de alimentos, biocombustíveis e fibras do mundo. Porém, ao mesmo tempo, é altamente dependente da importação de matérias-primas para a formulação de fertilizantes químicos. Atualmente, o atendimento da demanda ocorre por meio da importação de 75% desses insumos. O preço elevado dos insumos tem aumentado o custo de produção e diminuindo a lucratividade dos agricultores (PILON, 2016).

A necessidade de preservar o meio ambiente tem estimulado o aproveitamento, como fertilizantes e/ou condicionadores de solo, dos mais variados tipos de resíduos gerados em atividades agroindustriais ou urbanas, proporcionando também retornos econômicos e melhoria na qualidade física, química e microbiológica do solo (TEDESCO et al., 1999).

Desde o início da década de 1970, Leonardos et al. (1976) já sugeriam o uso de rochas para remineralizar os solos agrícolas e conseqüentemente reduzir o consumo de fertilizantes industriais. O uso de rochas moídas como fonte mineral com fins de fertilização do solo recebeu várias denominações como pó de rocha, rochagem, agrominerais e “*agrogeology*” (VAN STRAATEN, 2010). Entretanto, o termo atual é o de Remineralizadores.

O uso de rochas moídas como fertilizantes é amplamente difundido na agroecologia pelo fato de ser um produto natural, que apresenta minerais de dissolução lenta, os quais podem contribuir com quantidades expressivas de nutrientes para as plantas e servir como condicionadores de solo, promovendo melhorias nas suas propriedades físicas ou físico-químicas, facilitando o desenvolvimento e a nutrição das plantas (ERHART, 2009; VAN STRAATEN, 2007).

Os pós de rochas foram incluídos apenas recentemente na legislação brasileira dos fertilizantes, pela lei nº 12.890, 10 de dezembro de 2013. A terminologia remineralizador foi conceituada como um material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, promovendo a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo (BRASIL, 2013).

Os remineralizadores podem ser oriundos de rochas de diversas origens e composições. Para que seja assegurada a funcionalidade e tenha-se parâmetro de garantia, tais materiais deverão apresentar as seguintes características mínimas e máximas: mínimo de 9% de soma de bases e 1% de óxido de potássio; máximo de 25% de SiO₂ livre presente no produto, 15 mg kg⁻¹ de As, 10 mg kg⁻¹ de Cd, 0,1 mg kg⁻¹ de Hg e 200 mg kg⁻¹ de Pb. Outro fator importante é a comprovação da eficiência agrônômica através de testes e pesquisa (BRASIL, 2016).

A dissolução dos pós de rocha é um processo muito lento e complexo. Depende de fatores como a composição química e mineralógica da rocha, da granulometria do material, do tempo de reação, e de fatores do solo como o pH e a

atividade biológica (VAN STRAATEN, 2010). A taxa de dissolução dos remineralizadores é dependente da intemperização dos minerais, os quais estão associados a temperatura e umidade do solo (VAN STRAATEN, 2007).

A eficácia do pó de rocha como fonte de nutrientes para o solo é questionada devido à baixa solubilidade e pela necessidade de aplicar grandes quantidades de pó de rocha ao solo para se obter respostas positivas (BOLLAND; BAKER, 2000). Para que ocorra a liberação dos elementos que compõem as rochas, elas devem ser submetidas às alterações físicas e químicas. O intemperismo físico corresponde a uma desagregação da estrutura da rocha sem haver mudança na composição química, já a alteração química ocorre quando a estrutura dos minerais pertencentes às rochas é quebrada devido às substâncias ácidas do solo ou produzidas por microrganismos acelerando sua decomposição e liberando seus nutrientes minerais (LUCHESE et al., 2002).

As pesquisas sobre a utilização de remineralizadores demonstram seus efeitos na correção da acidez do solo, na redução da adsorção de fósforo, no aumento da disponibilidade de fósforo, no aumento da capacidade de troca de cátions e no aumento da resistência a doenças.

A utilização do calcário como dolomita ou calcita tem como objetivo a correção do solo, objetivando a eliminação do alumínio tóxico em solos ácidos bem como o fornecimento de cálcio e magnésio no solo (MEURER, 2006). A utilização de outros tipos de rochas também pode atuar na correção da acidez do solo (PRIYONO et al., 2008; THEODORO et al., 2010).

Rochas consideradas básicas, como os basaltos, têm maior efeito alcalinizante, comparadas a rochas ácidas, como os granitos (CAMPBELL, 2009). No trabalho realizado por Batista (2013), foi observado uma regressão linear negativa, ou seja, de acordo que ocorreu o aumento da dose de pó de basalto o Alumínio trocável diminuiu (BATISTA, 2013). O fonólito, rocha silicática de origem vulcânica, apresenta também poder alcalinizante conforme observado (WILPERT et al., 2003).

Em várias partes do mundo, é comum a aplicação de silicato na forma de escórias antes da fosfatagem, visando entre outros benefícios corrigir a acidez do solo e promover a competição entre fósforo e silício com o intuito de melhorar a disponibilidade de fósforo para as plantas (ROY et al., 1971; CARVALHO et al. 2001; MELO, 2005; MUAD et al., 2003; POZZA et al., 2007).

Além do aumento na disponibilidade de sílico, a adição de minerais silicatados contribui com aumento da resistência a pragas e doenças. Isso se deve ao aumento nos teores de silício nas folhas, o qual forma uma camada de silício abaixo da epiderme da folha, aumentando a resistência a introdução do aparelho bucal das pragas e a infecção de fungos (CAI et al. 2008; NERI, 2006; NOLLA, et al. 2006).

A utilização de pó da rocha fosfatada “apatita” rica em fosfato de cálcio tem sido pesquisada em vários estudos no Brasil e no mundo (CHIEN; MENON, 1995; RAJAN et al., 2004; HOROWITZ; MEURER, 2003; CORREA et al. 2005; GOMES et al. 2005; GONCALVES et al. 2008).

Os resultados demonstram que a disponibilidade de fósforo às plantas é dependente da taxa de dissolução da rocha fosfatada. A dissolução é dependente da reação das partículas de fosfatos naturais com as substâncias ácidas do solo, da baixa disponibilidade de fósforo e cálcio no solo e da alta capacidade de absorção de cálcio e fósforo pela planta (KAMINSKI; PERUZZO, 1997; NOVAIS, SMYTH, 1999). Além da apatita, outras rochas podem ser fonte de fósforo, como a de basalto (ESCOSTEGUY; KLAMT (1998), MOTTA; FEIDEN, 1992).

No estudo feito por Gillman (1980) incubou por 12 meses pó de basalto no solo e observou aumento significativo no pH e na capacidade de troca de cátions, constatando que o efeito foi mais pronunciado com a diminuição da granulometria e o aumento do tempo de contato entre o material e o solo. Gillman et al. (2002) avaliaram o comportamento de sete solos de Queensland, na Austrália, incubados com doses crescentes de pó de basalto (0, 1, 5, 25 e 50 T ha⁻¹), tendo observado aumento no pH, na CTC e nos teores de cátions básicos.

O efeito do pó moído de basalto foi estudado por Escosteguy et. al (1998) nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho escuro e Argissolo Vermelho Amarelo no RS. As doses utilizadas (0, 5, 10, 25, 50, 100 T ha⁻¹) foram incubadas e analisadas aos 30, 150 e 300 dias de incubação. As doses de 50 e de 100 T ha⁻¹ de basalto moído proporcionaram maiores aumentos nas concentrações de K, de Ca e de Mg dos solos estudados, mas os acréscimos observados não foram suficientes para atingir valores considerados adequados.

Avaliando os atributos químicos de um latossolo vermelho amarelo sob cultivo de soja e sorgo submetido ao uso de diferentes doses de basalto moído (0,0; 0,96, 1,92, 3,84, 5,76, 7,68 T ha⁻¹). Segundo Batista et al (2016), o pó de basalto diminui a

acidez do solo, bem como, proporciona aumento nos teores de cálcio, fósforo e silício.

Estudos conduzidos por Melo et al. (2012) sobre o efeito das doses de basalto moído em propriedades químicas de um Latossolo Amarelo em Roraima. As doses utilizadas (0, 12, 24, 48 e 96 T ha⁻¹) foram incubadas por 180 dias. As doses de basalto apresentaram alta eficiência para a neutralização da acidez potencial. A adição do basalto moído proporcionou incremento nos teores de Zn, Fe e Cu no solo com o tempo de incubação.

Os principais minerais fornecedores de potássio são: silvita e carnalita, feldspato, feldspatóides e micas. As pesquisas realizadas em rochagem são incipientes. Alguns pós de rocha já foram testados pela pesquisa em algumas culturas sendo utilizados por produtores. Dentre esses pós de rocha encontram-se: Migmatito, uma rocha metamórfica que em sua constituição possuem os minerais contendo potássio, biotita e anfibólios; Granodiorito Gnássico, uma rocha metamórfica de origem ígnea que contém feldspato de potássio (k-feldspato) muscovita e biotita; Riodacito, rocha ígnea vulcânica com minerais k-feldspato e biotita; Basalto hidrotermalizado, rocha ígnea vulcânica que sofreu hidrotermalismo, com minerais K; como K-feldspatos e raras biotitas (BAMBERG et al. 2010).

No Rio Grande do Sul, destaca-se os resíduos de basalto obtido no processo de extração da ametista nos municípios de Aceguá e Ametista. Além destes, temos os resíduos da extração de brita oriundos dos minerais granito e granodioritognássico presentes nos municípios de Pelotas e Pinheiro Machado. Dentre estes minerais, destaca-se como fonte de potássio, o pó de rocha oriundo do granito ou granodiorito gnássico, as quais possuem na sua constituição quartzo, mica e feldspato potássico, com uma concentração em torno de 4,33% de K₂O (GONÇALVES et al., 2017).

A utilização de granodiorito gnaissico como fonte de potássio para as plantas já foram estudadas por vários pesquisadores. GUEDES (2018) avaliou o efeito da aplicação de cinco doses de granodiorito gnaissico (0, 2, 4, 8, 12 t ha⁻¹) nos teores de potássio no solo, nos teores de potássio no tecido vegetal e na produtividade do morango. A dose máxima de eficiência técnica foi obtida com a utilização de 7,7 T ha⁻¹.

A dissolução de granodiorito gnaissico pode ser acelerada pelo incremento da matéria orgânica do solo e/ou também pela adição de fontes orgânicas, já que

forneem ions hidrogênios que ajudam no intemperismo químico nos minerais de micas e feldspato potássico provocando a dissolução desses minerais e liberando o potássio no solo.

6 OBJETIVOS

6.1 OBJETIVOS GERAIS

Avaliar os teores de potássio no solo em função da combinação do granodiorito gnáissico com o composto a base da cama de aviário

6.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Quantificar os teores de potássio no solo em diferentes períodos de incubação do granodiorito gnáissico com o composto a base de cama de aviário

8 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Campus Rural da UERGS em Santana do Livramento no período de setembro de 2019 a dezembro de 2020.

As unidades experimentais consistiram em vidros com capacidade de 200 mL.

Os tratamentos consistiram na combinação dos seguintes Fatores: a) Pó de Rocha: 0 e 2000 Kg; b) Composto orgânico: 0 e 2000 kg. Foram quatro repetições para cada tratamento (Testemunha; Composto Orgânico, Granodiorito Gnaissico; Composto Orgânico e Granodiorito Gnaissico).

Os tratamentos foram avaliados aos 3, 6, 9, 12 e 15 meses de duração do experimento.

O pó de rocha utilizado no experimento como remineralizador é proveniente da rocha matriz denominada granodiorito gnáissico, cuja obtenção ocorreu na pedreira J A Silveira Construções & Comércio Ltda. que está situada no município de Pelotas - RS. A composição litoquímica do granodiorito gnáissico foi disponibilizada pela empresa na qual já continham laudos de análises laboratoriais, sendo assim, o material apresenta um teor de K_2O de 4,33%, sendo o mais importante para a realização desse trabalho.

O composto orgânico utilizado no experimento foi da marca comercial @folhito, apresentado um teor de 2,57% de K_2O .

Antes do início do experimento foi avaliado o teor de potássio e a CTC pH 7 do solo Argissolo Vermelho coletado no Campus Rural da UERGS em Santana do Livramento.

Em cada época de avaliação foi retirada 20 gramas de solo para a realização da extração do potássio disponível pelo Método de Mehlich-1.

Os dados foram submetidos a análise de variância e ao teste de comparação de médias.

9 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 encontra-se os teores de potássio no solo em diferentes épocas de incubação em função dos tratamentos avaliados.

Aos 3 e 6 meses de incubação, foi observada que o composto orgânico foi estatisticamente superior a não utilização do composto orgânico tanto na ausência como na presença do remineralizador. Isso demonstra que somente houve efeito isolado do fator composto orgânico. O K se encontra na forma livre nos compostos orgânicos, não necessitando de mineralização e é rapidamente disponibilizado para o solo. O remineralizador não contribui com a dissolução e a liberação de potássio no solo. Segundo Silva; Ritchey (1982) o K não faz parte de nenhuma fração orgânica abiótica do solo, pois não integra nenhum composto orgânico estável. Sendo assim, é lavado do material orgânico logo após a morte das células.

Aos 9, 12, 15 meses de incubação, observou-se a interação entre os fatores estudados. O tratamento que proporcionou os maiores valores de K no solo foi aquele onde houve a combinação da presença do granodiorito gnaissico com a presença do composto orgânico atingindo o maior valor de 95 mg Kg^{-1} aos 15 meses de incubação. Isso demonstra o efeito aditivo da utilização do remineralizador (granodioritoganissico) com composto orgânico, Os grupos funcionais COOH e OH presentes nos compostos orgânicos dissociam seus hidrogênios no solo, ocasionando a dissolução dos minerais presentes na rocha granodiorito gnaissico (Feldspato potássico e Mica) e liberando o potássio que inicialmente ficará retido pelas cargas negativas dos argilominerais e da matéria orgânica do solo.

Tabela 1. Teores de potássio no solo (mg L^{-1}) em cinco épocas de incubação em função dos tratamentos utilizados [testemunha (Test.); composto orgânico (C.O); Granodiorito Gnaissico (G.G.) e Composto orgânico e Granodiorito Gnaissico (C.O.+ G.G.)]

Épocas de Incubação	Test.	C.O.	G.G	C.O. + G.G
	----- mg L ⁻¹ -----			
3 meses	60Ba	81Aa	60Bb	81Ab
6 meses	60Ba	82Aa	62Bb	82Ab
9 meses	60Ca	82Ba	78Bab	88Aab
12 meses	60Ca	82Ba	82Ba	91Aa
15 meses	60Ca	82Ba	85Ba	95Aa

Médias seguidas pela mesma letra MAIUSCULA NA LINHA e minúscula na coluna não diferem entre si a 5%.

Segundo Melo et al. (2009) a hidrólise é a reação de intemperismo químico, na qual os íons H^+ atacam as ligações que unem o K na estrutura dos minerais, conforme a equação 1, exemplificada para o feldspato ortoclásico:



A reação completa de decomposição do feldspato geralmente origina um mineral de argila (caulinita) ou um óxido de Al. Durante esse processo, ocorre a liberação de K que pode ser lixiviado ou retido as cargas negativas da fase sólida do solo.



A utilização de granodiorito gnaissico como fonte de potássio para as plantas já foram estudadas por vários pesquisadores. GUEDES (2018) avaliou o efeito da aplicação de cinco doses de granodiorito gnaissico (0, 2, 4, 8, 12 t ha^{-1}) nos teores de potássio no solo, nos teores de potássio no tecido vegetal e na produtividade do

morango. A dose máxima de eficiência técnica foi obtida com a utilização de 7,7 T ha⁻¹. Resultados semelhantes foram obtidos por Silveira em (2012) ao avaliar a resposta da amoreira a utilização desse remineralizador.

Houve um acréscimo de 25 mg Kg⁻¹ de K no solo ao compararmos o tratamento onde houve o maior incremento de potássio no solo (granodiorito na presença do composto orgânico) aos 15 meses de incubação quando comparado ao tratamento com menor valor de potássio no solo que foi o tratamento ausente de granodiorito ganissico e ausente de composto orgânico (60 mg kg⁻¹ de K). Se fossemos considerar que esse solo seria utilizado para a cultura de grãos, pastagens, frutíferas e hortaliças; com uma CTC de 7,8 cmolc Kg; observaríamos que os níveis de potássio no solo modificaram da classe baixa para a classe alta após 15 meses da adição de granodiorito gnaissico e do composto orgânico do solo (Tabela 2).

Tabela 2. Interpretação do teor de potássio no solo extraído pelo método Mehlich1, conforme a CTC do solo para culturas do Grupo 2 (culturas de grãos; pastagens, exceto pastagem natural; frutíferas; e hortaliças, exceto as do Grupo 1).

Classes de disponibilidade	CTC _{pH 7,0} do solo			
	< 7,5	7,6 a 15,0	15,1 a 30,0	30,0
-----mg de K dm ⁻³ -----				
Muito Baixo	< 20	< 30	< 40	< 45
Baixo	21-40	31-60	41-80	46-90
Médio	41-60	61-90	81-120	91-135
Alto	61-120	91-180	121-240	136-270
Muito Alto	> 120	> 180	> 240	> 270

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adubação do remineralizador com o composto orgânico promoveu aumento nos teores de potássio no solo a partir dos 9 meses de incubação. Isso demonstra que esse tipo de adubação pode ser utilizado para incrementar os teores de potássio no solo de forma mais lenta ao longo do tempo, devido a necessidade de dissolução do remineralizador que é acelerado com a presença do adubo orgânico. Logo, esse tipo de adubação é recomendado para culturas perenes com baixa exigência de potássio ou em solos cujo teores de potássio já se encontram em níveis satisfatórios. Nesse último caso, essa adubação serviria para repor os nutrientes exportados pelas culturas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAMBERG Adilson Luís ; SILVEIRA Carlos Augusto Posser; POTES Mariana da Luz; PILLON Clenio Nailto; LOUZADA Raquel Madruga; CAMPOS Alexssandra Dayanne Soares. Dinâmica de Liberação de Nutrientes Disponibilizados por Rochas Moídas em Colunas de Lixiviação. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Uberlândia/Minas Gerais, 31 de julho a 5 de agosto. Solos nos biomas brasileiros; sustentabilidade e mudanças climáticas. 2010

BATISTA, N. F. F.; RAGAGNIN, V. A.; HACK, E.; GORGEN, A. L.; MARTINS, E. de S. Atributos químicos de um latossolo vermelho amarelo sob cultivo de soja e sorgo submetido ao uso de basalto moído. In: Congresso Brasileiro de Rochagem, 3, 2016, Pelotas. Anais. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília, DF: Embrapa Cerrados; Assis, SP: Triunfal, 2017. p. 241-247.

BATISTA, N.T.F; Atributos Químicos Do Solo E Componentes Agronômicos Na Cultura Da Soja Pelo Uso Da Rochagem. 2013.

BAYER, C. Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. 240p. (Tese de Doutorado).

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v. 21, p. 105-112, 1997.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F.A. de O. (Ed). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Genesis, 1999. Cap. 2, p. 9-26.

BOLLAND, M.D.A., & BAKER, M.J. Powdered granite is not an effective fertilizer for clover and wheat in sandy soils from Western Australia. Nutrient Cycling in Agroecosystems, v. 56, p. 59-68, 2000.

BRAIDA, J.A.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J.A.; REICHERT, J.M. Matéria orgânica e seu efeito na física do solo. Tópicos CL Solo, v. 7, p. 221-278, 2011.

BRASIL. Instrução Normativa no 5, de 10 de março de 2016. Remineralizadores e Substratos: MAPA. Secão 1, p. 10-11.

BRASIL. Lei no 12890, de 10 de dezembro de 2013. Altera a Lei no 6.894, de 16 de dezembro de 1980, para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado a agricultura. Lei de Remineralizadores. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12890.htm. Acesso em: 29 ago. 2019.

CAI, K.; GAO, D.; LUO, S.M.; ZENG, R.; YANG, J.Y.; ZHU, X.Y. Physiological and cytological mechanisms of silicon-induced resistance in rice against blast disease. *Physiologia Plantarum*, v.134, p.324-333, 2008.

CAMPBELL, N. S. The use of rockdust and composted materials as soil fertility amendments. 2009. 402 p. Thesis (Ph.D. in Philosophy) - University of Glasgow, Glasgow, 2009.

CARNEIRO, M.A.C., SOUZA, E.D. de S., REIS, E.F. dos, PEREIRA, H.S., AZEVEDO, W.R. ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DE SOLO DE CERRADO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO E MANEJO. *R. Bras. Ci. Solo*, 33: 147-157, 2009.

CARVALHO, R.; FURTINI NETO, A. E.; SANTOS, C. D.; FERNANDES, L. A.; CURI, N.; RODRIGUES, D. C. Interações silício fósforo em solos cultivados com eucalipto em casa de vegetação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v.36, p.557-565, 2001.

CASTILHOS, R.M.V.; MEURER, E.J.; KÄMPF, N. & PINTO, L.F.S. Mineralogia e fontes de potássio em solos no Rio Grande do Sul cultivados com arroz irrigado. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:579-587, 2002.

CHIEN, S.H. & MENON, R.G. Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rock for direct application. *Fert. Res.*, 41:227-234, 1995.

CIOTTA, M.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V.; ALBUQUERQUE, J.A.; WOBETO, C. Acidificação de um Latossolo sob plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:1055-1064, 2002.

CORRÊA, R.M.; NASCIMENTO, C.W.A. do; SOUZA, S.K. de S; FREIRE, F.J.; SILVA, G.B. da. Gafsa rock phosphate and triple superphosphate for dry matter production and P uptake by corn. *Scientia Agricola*, v.62, p.159-164, 2005.

CQFS. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 376 p., 2016.

ERHART, J. 2009. Efeito do pó de basalto nas propriedades químicas do Solo e nutrição da videira Cabernet sauvignon. Lages SC. (Dissertação Mestrado) - Centro de Ciências Agroveterinárias / UDESC 71p.

ESCOSTEGUY, P.A.V. & KLANT, E. Basalto moído como fonte de nutrientes, *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 22:11-20, 1998.

ESCOSTEGUY, P.A.V. & KLANT, E. Basalto moído como fonte de nutrientes, *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 22:11-20, 1998.

FRAGA, T.I., JUNIOR, S. A. G., INDA, A.V., ANGHINONI, I. SUPRIMENTO DE POTÁSSIO E MINERALOGIA DE SOLOS DE VÁRZEA SOB CULTIVOS SUCESSIVOS DE ARROZ IRRIGADO.

GILLMAN G.P. Burkett D.C. Coventry R.J. 2002. Amending highly weathered soils with finely ground basalt rock. *Applied Geochem*, 17:987-1001.

GILLMAN, G.P. The effect of crushed basalt scoria on the cation exchange properties of a highly weathered soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44:465-468, 1980.

GOMES, A. Da S.; FERREIRA, L.H.G.; BENDER, R.R. Uso de fosfato natural no cultivo de arroz, soja e milho em rotação, no sistema plantio direto. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. 35p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 20).

GONÇALVES, G.K.; DAMBROS, E.; POZZEBON, N.J. ; GUEDES, K. Dos S. BARONI, F.M.; CALEFFI, H.V.; AGUER, J.L.T.; MENEZES, L. De M. JACOBSEN, F.L. Melhoria do campo nativo com a utilização da rochagem. In: Congresso Brasileiro de Rochagem, 3, 2016, Pelotas. Anais. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília, DF: Embrapa Cerrados; Assis, SP: Triunfal, 2017. p. 275-280

GONÇALVES, G.K.; DAMBROS, E.; POZZEBON, N.J. ; GUEDES, K. Dos S. BARONI, F.M.; CALEFFI, H.V.; AGUER, J.L.T.; MENEZES, L. De M. JACOBSEN,

F.L. Melhoria do campo nativo com a utilização da rochagem. In: Congresso Brasileiro de Rochagem, 3, 2016, Pelotas. Anais. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília, DF: Embrapa Cerrados; Assis, SP: Triunfal, 2017. p. 275-280

GONCALVES, G.K.; SOUSA, R.O. de.; BORTOLON, L. Solubilização dos fosfatos naturais Patos de Minas e Arad em dois solos alagados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* [online]. 2008, vol.32, n.5, pp.2157-2164.

GUEDES, K. dos S. Utilização do granodioritognáissico como fonte de potássio na produção de morango. TCC- UERGS. P.65, 2019.

HOROWITZ N & MEURER EJ. 2003. Eficiência de dois fosfatos naturais farelados em função do tamanho da partícula. *Ciência Rural* 33: 41-47.

KAMINSKI, J. *et al*. Depleção de formas de potássio do solo afetada por cultivos sucessivos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, n. 5, p. 1003-1010, 2007.

KAMINSKI, J.; PERUZZO, G. Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivo. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. 31p. (Boletim Técnico, 3).

KIEHL, J.E. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492p.

LEONARDOS, O. H.; FYFE, W. S.; KROMBERG, B. Rochagem: método de aumento de fertilidade em solos lixiviados e arenosos. Congr. Bras. Geol. Ouro Preto. Anais. SBG. p. 137-145, 1976.

LUCHESE, E. B.; FAVERO, L. O. B.; LENZI, E. Fundamentos da química do solo, teoria e prática. 2ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2002. 182 p.

MALAVOLTA, E. Manual de Nutrição de Plantas. 6 ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006.

MELO, S. P. Silício e fósforo para estabelecimento do capim-marandunum Latossolo Vermelho-Amarelo. Piracicaba, 2005. 110p. (Tese de Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

MELO, V. F. et al. Reserva mineral do solo. In: MELO, V. F.; ALLEONI, R. F. Química e Mineralogia do Solo. Parte I: conceitos básicos. Viçosa: SBCS, 2009. p. 251-332.

MELO, V.F.; UCHOA, S.C.P.; DIAS, F.de O.; BARBOSA, G.P. Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. Acta Amazônica, v. 41, p. 471-476, 2012.

MEURER, E.J. Fundamentos de Química do Solo. 6ª. Ed.. Editor. Porto Alegre: 2017 266p.

MORSELLI, T.B.G.A. Biologia do solo. Pelotas: UFPEI, 2007. 145p.

MOTTA, A.C.V. & FEIDEN, A. Avaliação do P em LE submetido a diferentes doses de basalto. Agrárias, 12:47-54, 1992.

MUAD, M.; GRASSI FILHO, H.; CRUSSIOL, 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, Viçosa, MG, v. 27, n. 5, p. 867-873. 2003.

NACHTIGALL, G.R. & VAHL, L.C. Capacidade de suprimento de potássio dos solos da região sul do Rio Grande do Sul. R. Bras. Ci. Solo, 15:37-42, 1991.

NACHTIGALL, G.R. & VAHL, L.C. Capacidade de suprimento de potássio dos solos da Região Sul do Rio Grande do Sul. R. Bras. Ci. Solo, 15:37-42, 1991a.

NERI, D. K. P. Efeito do silício na resistência de plantas de milho a *Rhopalosiphum maidis* (Fich.) (Hemiptera: Aphididae) e sua interação com inseticida no controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). 2006. 68 p. (Tese de Doutorado) em Agronomia/Entomologia - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

NOLLA A, KORNDÖRFER GH, COELHO L (2006) Efficiency of calcium silicate and carbonate in soybean disease control. Journal of Plant Nutrition 29:2049- 2061.

NOVAIS, R. F.; SMITH, T. J. Fósforo em condições tropicais. Viçosa, MG: UFV, 1999. 399 p.

- NOVAIS, R. F.; SMITH, T. J. Fósforo em condições tropicais. Viçosa, MG: UFV, 1999. 399 p.
- OTTO, R.; VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C. Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 34, p. 1137-1145, 2010.
- PENTEADO, S.R. Manual Prático de Agricultura Orgânica. 1. Campinas (SP): Ed. Via Orgânica, 2007. 213p.
- PILON, C.N. Dos pós de rocha aos remineralizadores: passado, presente e desafios. In: Congresso Brasileiro de Rochagem, 3, 2016, Pelotas. Anais. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília, DF: Embrapa Cerrados; Assis, SP: Triunfal, 2017. p. 15-22.
- POZZA, A. A. A.; CURTI, N.; COSTA, E. T. de S.; GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, J. J. G. de S. e M.; MOTTA, P. E. F. da. Retenção e dessorção competitiva de ânions inorgânicos em gibbsita natural de solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, vol.42, n. 11, 2007.
- PRIYONO, J.; GILKES, R. J. High-energy milling improves the effectiveness of silicate rock fertilizers: a glasshouse assessment. Communication in Soil Science and Plant Analysis, New York, v. 39, n. 3, p. 358-369, June 2008.
- RAJAN, S.S.S.; CASANOVA, E. & TRUONG, B. Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rocks, with a case-study analysis. In: ZAPATA, F. & ROY, R.N., eds. Use of phosphate rocks for sustainable agriculture. Roma, FAO, 2004. p.41-57.
- ROY, A. C.; ALI, M. V.; FOX, R. L.; SILVA, J. A. Influence of calcium silicate on phosphates solubility and availability in Hawaiian latosols. In: SYMPOSIUM ON SOIL FERTILITY AND EVALUATION, 1971, Honolulu. Proceedings... New Delhi: University of Hawaii, 1971. p. 756-765.
- SILVA, J.E. & RITCHEY, K.D. Acumulação diferencial de potássio em óxisolos devido a lavagem do nutriente das plantas. R.Bras.Ci.Solo, 6:183-188, 1982.
- SILVEIRA, C.A.P. Experiências da Embrapa Clima Temperado com agrominerais em diferentes sistemas de produção. In: Anais do I Workshop Insumos para Agricultura Sustentável, Pelotas, RS, 2012.
- SPARKS, D.L. Bioavailability of soil potassium. In: SUMMER, M.E., ed. Handbook of soil science. Boca Raton, CRC Press, 2000, Section D. p.D48.
- Van STRAATEN, P. (2010). Rochas e Minerais como Fertilizantes Alternativos na Agricultura: Uma Experiência Internacional. In: Agrominerais para o Brasil; Francisco Fernandes, Adão B. Luz e Zuleica C. Castilhos (Editores), CETEM/MCT, 2010.

VAN STRAATEN, P. *Agrogeology – the use of rocks for crops*. Canadá: Cambridge, 2007.

WILPERT, K. V.; LUKES, M. Ecochemical effects of phonolite rock powder, dolomite and potassium sulfate in a spruce stand on an acidified glacial loam. *NutrientCycling in Agroecosystems*, Dordrecht, v. 65, n. 1, p. 115-127, Feb. 2003.