

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

URSULÉIA APARECIDA DE OLIVEIRA

**POTENCIAL REMINERALIZADOR DO SOLO DE UM PÓ DE GRANITO/GNAISE
EM LATOSSOLO CULTIVADO COM BRAQUIÁRIA**

**Alfenas/MG
2019**

URSULÉIA APARECIDA DE OLIVEIRA

**POTENCIAL REMINERALIZADOR DO SOLO DE UM PÓ DE GRANITO/GNAISE
EM LATOSSOLO CULTIVADO COM BRAQUIÁRIA**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas/ UNIFAL-MG. Área de concentração: Tecnologias Ambientais Aplicadas.

Orientador: Prof. Dr. Breno Régis Santos

Coorientador: Prof^o Dr^o Felipe Campos Figueiredo

Colaborador: Prof^a. Dr^a. Priscila Pereira Botrel
MSc. Frederico Luiz Pereira

**Alfenas/MG
2019**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas
Biblioteca Central - Sede

O48p Oliveira, Ursuléia Aparecida de
Potencial remineralizador do solo de um pó de granito/gnaise em
latossolo cultivado com braquiária / Ursuléia Aparecida de Oliveira –
Alfenas/MG, 2019.
43 f.: il. --

Orientador: Breno Régis Santos.
Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade
Federal de Alfenas, 2019.
Bibliografia.

1. Resíduo - Mineração. 2. Correção. 3. Fertilidade do solo. 4.
Recuperação do solo. I. Santos, Breno Régis. II. Título.

CDD-631.422



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Alfenas / UNIFAL-MG
Programa de Pós-graduação – Ciências Ambientais
Rua Gabriel Monteiro da Silva, 714. Alfenas - MG CEP 37130-000
Fone: (35) 3701-9685 (Coordenação) / (35) 3701-9262 (Secretaria)
<http://www.unifal-mg.edu.br/ppgca/>



URSULÉIA APARECIDA DE OLIVEIRA

“Potencial Agronômico do pó de granito/gnaise como Remineralizador de solo”

A Banca julgadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas. Área de Concentração: Ciências Ambientais.

Aprovado em: 28 de fevereiro de 2019.

Prof. Dr. Breno Régis Santos

Instituição: UNIFAL-MG

Assinatura: _____

Prof. Dr. Marcelo Bregagnoli

Instituição: IFSUL DE MINAS

Assinatura: _____

Prof. Dr. Plínio Rodrigues dos Santos Filho

Instituição: UNIFAL-MG

Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela força e minha família pela base e pela fé. Este trabalho não seria possível sem a contribuição de várias pessoas, às quais tenho sincera gratidão.

Ao professor Breno Régis Santos, agradeço pela orientação e oportunidade, pelos ensinamentos e conversas sempre tão agradáveis, mas principalmente pela amizade e generosidade que teve comigo, enquanto vemos muitos estudantes sendo “robôs” você sempre entendeu o lado humano dos seus orientados, jamais vou esquecer.

À professora Priscila Pereira Botrel, o que dizer da sua paciência, acolhimento, da sua serenidade, das conversas e conselhos, parece divino, mas sempre soube quando eu precisava de um incentivo. Vou levar um pouquinho de do seu jeitinho doce ao explicar, das técnicas didáticas e do conhecimento que em momento nenhum se negou em compartilhar comigo.

Ao professor Felipe Campos Figueiredo, obrigada por acreditar no meu trabalho, por me proporcionar tantos desafios e me mostra que posso supera-los. Quantas técnicas aprendi, me fez entender que não preciso abraçar o mundo para ter qualidade, “menos é mais” esse foi nosso foco. Obrigada por dedicar seu tempo, seus conhecimentos e dedicação”

Aos meus pais, Ana Maria e Mario pela minha formação pessoal, por serem pessoas tão maravilhosas que sempre me apoiaram, que me ensinaram sempre os valores do amor, compreensão, sinceridade, honestidade e a nunca desistir. À minha avó/madrinha Iría que onde que sempre esteve ao meu lado, em todos os momentos difíceis e de alegria, que me arrumava pra ir pra escola, que me levava na missa, pra passear, a ela que amo incondicionalmente, que sempre será tudo na minha vida, só me resta agradecer por tudo que fez por mim e o sentimento de eterna saudade.

Ao Frederico, meu amor, o que seria de mim sem você? Por todo carinho e paciência, por estar comigo em todos os momentos, por aguentar meus choros, por ficar até altas horas no laboratório, por correr atrás de materiais, por me ajudar em tudo que precisei. Esse trabalho não é só meu, é nosso!! Estendo aqui meus sinceros agradecimentos a sua família, sempre muito prestativos, carinhosos, muito obrigada pelo apoio de sempre!!

Aos amigos do Biogen, Letícia e Dona Ciomara vocês são muito especiais. Agradeço imensamente aos amigos do laboratório Plant *in vitro* através da Técnica Laboratorista Jéssica, que me apoiaram e auxiliaram durante esses quase dois anos, obrigada pelo sorriso amigo, dispostos a ajudar e que fazem deste lugar um ambiente muito agradável de trabalho. Obrigada

ao pessoal do laboratório de solos, principalmente à Elaine pelas análises e realizadas e por ter dedicado seu tempo a nos explicar todo processo.

Não posso deixar de agradecer a minha amiga Sônia e toda sua família, vocês são muito especiais na minha vida, são anjos que Deus colocou no meu destino, nós sabemos tudo o que fizeram por mim, muito obrigada, que Deus continue enchendo de bênçãos sua família!

Enfim, agradeço a todos que de uma forma e outra, contribuíram para realização deste trabalho. O meu muito obrigada a todos!

"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

“O tempo é a imagem móvel da eternidade imóvel” (Platão, 428-348 a.C.)

RESUMO

O pó de rocha, é uma fonte de elementos minerais com potencial de uso na recuperação de solos e aproveitamento na agricultura. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de pó de granito/gnaise nos atributos de fertilidade do solo e no crescimento da braquiária. O solo foi incubado nas doses de 0; 2,5; 5; 7,5 e 10 t ha⁻¹ além de um tratamento corrigido com calcário e mais dois tratamentos compostos por 2,5 t ha⁻¹ apenas de esterco bovino e 5 t ha⁻¹ do material mais 2,5 t ha⁻¹ de esterco bovino, com 4 repetições por tratamento. Ao final de 75 e 150 dias foram analisados o pH, teores de Ca, Mg, K, CTC, V% e taxa de liberação dos nutrientes. Após 75 dias foram semeadas 50 sementes de *Braquiaria decumbens* em cada vaso, e acrescentados os nutrientes necessários à cultura. Foram avaliadas biomassa seca, eficiência agrônômica relativa e eficiência de uso com base no acúmulo de K, Ca e Mg. Após período de incubação, as doses do pó de granito/gnaise não alteraram nenhum atributo de fertilidade do solo, e a eficiência agrônômica do cultivo da braquiária foi menor que o calcário. Entretanto, ao associar 5 t ha⁻¹ do pó de granito/gnaise com 2,5 t ha⁻¹ esterco a eficiência agrônômica da produção de biomassa seca da braquiária foi semelhante ao calcário. A eficiência de uso do K, Ca e Mg foi superior quando a planta foi submetida a um solo enriquecido com matéria orgânica. Desse modo, a dose de pó de granito/gnaise misturada ao esterco, pode ser utilizada como fonte extra de nutrientes, pois potencializa o seu aproveitamento e de forma geral proporciona um reaproveitamento do resíduo.

Palavras chave: Resíduo de mineração. Correção. Fertilidade do solo. Recuperação do solo.

ABSTRACT

The rock powder, is a source of mineral elements with potential use in the recovery of soils and use in agriculture. The objective of this study was to evaluate the effect of application of powder granite/gnaise in soil fertility and growth attributes brachiaria. The soil was incubated at doses of 0; 2.5; 5; 10 and 7.5 t ha⁻¹ plus a fixed scale and treatment with two compounds by treatment 2.5 t ha⁻¹ and only manure material 5 t ha⁻¹ plus 2.5 t ha⁻¹ manure, with 4 replicates per treatment. At the end of 75 and 150 days were analyzed pH, Ca, Mg, K, CTC, V% and the nutrient release rate. After 75 days 50 seeds were sown in each *Brachiaria decumbens* vessel and added nutrients necessary for the culture. dry biomass were evaluated relative agronomic efficiency and utilization efficiency based on the accumulation of K, Ca and Mg. After period incubation, powder doses granite/gnaise did not change any attribute of soil fertility, and the efficiency of the agronomic braquiária cultivation was less than the limestone. However, associating to 5 t ha⁻¹ granite powder / gnaise 2.5 t ha⁻¹ manure agronomic efficiency of dry biomass production was similar to Brachiaria limestone. The use efficiency of K, Ca and Mg was higher when the plant was subjected to a soil enriched with organic matter. Thus, the dose of powder granite/gnaise the mixed manure may be used as extra nutrient source, it enhances its use and generally provides a reuse of waste.

Key words: Mining residue. Correction. Soil fertility. Soil recovery.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	9
2.	DESENVOLVIMENTO	11
2.1.	Interações do ph do solo com a agricultura e o meio ambiente	11
2.2.	Tecnologias na correção da acidez do solo	14
	2.2.1. Pó de granito/gnaise como remineralizador de solo	16
	2.2.2. Braquiária como organismo teste	18
3.	JUSTIFICATIVA.....	19
4.	OBJETIVOS	20
4.1.	Objetivo geral.....	20
4.2.	Objetivos Específicos.....	20
	REFERÊNCIAS.....	21
	SEGUNDA PARTE - ARTIGO	27

1. INTRODUÇÃO

O grau de acidez ou de alcalinidade de um solo, representados pelo pH, é um parâmetro que afeta a dinâmica do solo, em termos de atividades químicas e biológicas e na disponibilidade dos elementos que devem ser absorvidos pelas raízes. A acidez dos solos é determinada pela presença de íons H^+ , Al^{3+} e Mn^{2+} , sendo estes tóxicos para as plantas quando em altas quantidades (BRADY; WEIL, 2013) e constitui problema para o manejo da fertilidade (RAIJ, 2011). Em 58% do território brasileiro predominam os solos classificados como Latossolos e Argissolos, caracterizados por serem altamente intemperizados, ácidos e por possuírem baixa fertilidade natural, principalmente na região do cerrado (EMBRAPA, 2018).

Além dos prejuízos gerados em solos cultivados, destaca-se também os ambientais, à maior lixiviação de nutrientes principalmente o K, das camadas mais superficiais para as mais profundas no perfil do solo, empobrecendo camada superficial, podendo causar contaminações no lençol freático. No processo de acidificação do solo, há a formação de cátions ácidos H^+ , sendo estes retido fortemente nas cargas negativas das superfícies coloidais, causando redução de cátions básicos, como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , presentes na solução do solo, podendo estes, serem carregados pela infiltração da água da chuva para camadas subsuperficiais (RANST et al., 2017). Portanto, a perda de nutrientes, empobrece o solo, e pode resultar, em baixa fertilidade e menor atividade microbiológica, influenciando na estruturação do solo, devido aos teores de óxidos de Al, com efeitos negativos para a produção vegetal.

Uma das causas da acidez, é a ocorrência de solos degradados, sendo este um problema global desencadeado muitas vezes pela má gestão dos solos (CERDA et al., 2016) devido às práticas intensivas, mudança de uso da terra, excesso de pastoreio (YAN; CAI, 2015). Dessa forma, práticas de manejo adequadas, são necessárias para proteger e conservar os solos (XIE et al., 2015).

Conforme Rivera et al., (2016) a calagem e/ou a adição de resíduos orgânicos, são estratégias para melhorar a produção agrícola em solos com problemas de acidez e toxicidade de Al^{3+} . A acidez resulta em perda da eficiência das adubações, gerando prejuízos na nutrição, crescimento e desenvolvimento das plantas.

Nesse sentido, o processo de remineralização, ou seja, elevação dos teores dos nutrientes para melhoria da fertilidade do solo, pelo uso de resíduos provenientes do processo de mineração - pó de rocha, devido à presença de macro e micronutrientes em concentrações variadas, dependendo do material de origem, torna-se uma alternativa no fornecimento de

nutrientes minerais, com potencial de uso como corretivo de acidez, neutralização do Al^{3+} , promovendo portanto, alterações e/ou melhorias na fertilidade do solo. Ramos et al., (2015) avaliou o uso de pó de rocha basáltica como remineralizador de solo na agricultura e concluiu que o resíduo pode ser usado como fonte de macro e micronutrientes para o solo, pois apresenta uma proporção relevante de matriz amorfa vítrea facilmente intemperizada, como muitos minerais de silicato, plagioclásio e piroxênio.

O uso de remineralizadores como insumo agrícola foi regularizado em 2013, mas seus mecanismos de ação precisam ser melhor conhecidos para viabilizar o manejo (SILVA et al., 2017) se tornando, uma alternativa para destinação final deste resíduo. A Instrução Normativa de nº 5 de 10 de março de 2016 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, então vem estabelecer as regras, definições, classificação, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos materiais utilizados como remineralizadores na agricultura (BRASIL, 2016). Portanto, este trabalho objetivou testar o uso de um pó de granito/gnaise, proveniente de uma mineralizadora localizada no Sul de Minas Gerais, na melhoria dos atributos químicos e físico-químicos de um solo de baixa fertilidade natural.

2. DESENVOLVIMENTO

A seguir, é apresentada uma revisão da literatura atualizada sobre os temas desta pesquisa, com o propósito de gerar embasamento e conhecimento teórico para a análise e discussão dos resultados obtidos.

2.1. Interações do pH do solo com a agricultura e o meio ambiente

De acordo com Castro e Crusciol (2013), Abate et al., (2017) e Baquy et al., (2018) aproximadamente 70% das terras agrícolas no Brasil, além 30% de terras livres de gelo em todo o mundo, são ácidas, ou seja, apresentam pequenas quantidades de bases trocáveis como Ca^{2+} e Mg^{2+} associados a elevados teores de Al^{3+} e Mn^{2+} , sendo estes associados a condições de solos ácidos, apresentando ainda problemas de fitotoxicidade às plantas. Consequentemente há a limitação da produtividade entre as culturas devido à toxicidade provocada por esses íons, gerando efeitos negativos à produção agrícola, uma vez que a acidificação do solo leva à diminuição dos teores de nutrientes, devido à lixiviação das bases e aumento da atividade do alumínio (GRUBA; SOCHA, 2016; PÉRTILE et al., 2017). Esse desequilíbrio se deve parcialmente ao intemperismo natural e também às práticas inadequadas de manejo do solo, caracterizado pela necessidade de suprir a demanda alimentar, recursos humanos, bens e serviços que dependem de maior exploração dos solos. Em contrapartida pensar de haver grande quantidade de terras que ainda estão aptas a serem exploradas para fins de produção agrícola, agricultores abandonam as práticas de gestão de fertilizantes, com exemplo dos criadores de gado que durante a estação chuvosa os encerram à noite, como método de obtenção e aplicação de estrume tornando o solo seco, propenso a erosão e alterações climáticas (ABATE et al., 2017; BAQUY et al., 2018).

É impressionante que haja conhecimento específico sobre as propriedades químicas dos solos tropicais e que estes sejam relacionados à acidez e ao crescimento das plantas, pois é critério determinante para o desenvolvimento de práticas adequadas para uma calagem, visando sempre o uso eficiente de fertilizantes e água (FAUZIAH, 2013; CORREIA, 2018).

Alterações nas propriedades do solo afetam diretamente a estrutura dos ecossistemas e, consequentemente, o desenvolvimento de plantas, considerando-se também aquelas destinadas

a alimentação, inclui ainda erosão do solo, qualidade da água e do ar, assim como a ciclagem de nutrientes e biodiversidade (BLACO-CANQUI; RUIS, 2018). Os processos de recuperação de áreas degradadas ainda são muito discutidos, sendo complexas as interações entre todos os processos biogeoquímicos que devem ser considerados (COSTANTINI et al., 2018).

Devido ao intenso processo de intemperismo os Latossolos possuem uma reduzida capacidade de retenção de cátions, pela presença de argilo-minerais 1:1, e em alguns casos extremos, há predomínio de óxidos de Fe e Al na fração argila, que também possui baixo poder de retenção de cátions nas suas superfícies negativas, no caso dos óxidos há predomínio de CTA sobre a CTC e ainda solos com elevada acidez. As cargas negativas responsáveis pela retenção de cátions, estão presentes nas argilas e na Matéria Orgânica, essa última em maior quantidade nos solos Brasileiros, e estão presentes no processo de substituição isomórfica que pode ocorrer entre o Al^{3+} e o Mg^{2+} por exemplo através da substituição do Al^{3+} pelo Mg^{2+} na estrutura do mineral, gerando cargas negativas nos minerais de argila 2:1 (NUNES; KAUTZMANN; OLIVEIRA, 2014).

Nunes; Kautzmann e Oliveira (2014) destacam que a composição química dos minerais, são importantes para determinação da fração mineral constituída pelas partículas de argila no solo, ou seja, partículas iguais ou inferiores 0,002 mm e ainda, resultando na geração de cargas negativas na superfície das argilas. O pH do solo e as quantidades de cargas negativas são proporcionais, recebendo o nome de carga dependente do pH e isso tudo resulta na neutralização dos íons H^+ . Sendo assim quando o pH diminui, os cátions de Al^{3+} , tendem a dissociar-se como forma de compensar a queda do pH, ao mesmo tempo em que aumenta a mobilização do Al^{3+} para inorgânico monomérico. Ao contrário, quando se eleva o pH, sítios de ligação adicionais são disponibilizados devido à hidrólise, com isso há a complexação do Al^{3+} , onde podem então precipitar formando hidróxido de Al^{3+} , que é amorfo (LI; JOHNSON, 2016).

A acidificação do solo também é um processo natural e ocorre com mais intensidade principalmente em regiões tropicais e subtropicais onde há maior taxa de desgaste e de lixiviação devido ao clima quente e húmido (BAQUY et al., 2018). Além disso ainda, há os fatores de manejo do solo, principalmente pela adubação a partir da aplicação de fontes de fertilizantes nitrogenados como uréia e sulfato de amônio, que ao reagirem no solo, geram íons H^+ responsáveis pela geração de acidez. Segundo Bateman e Vitousek (2018) outro fator natural mas que também pode ser provocado pela ação humana é a presença de plantas invasoras, que reduzem o potencial de adequação do solo para as espécies que são nativas.

São diversos os fatores ligados a acidez que estão diretamente envolvidos às questões ambientais, além do pH, têm-se ainda a saturação de bases (V%), disponibilidade de nutrientes e potencial de acidez, influenciadores diretos no rendimento das culturas especialmente nas regiões tropicais, onde qualquer atividade agrícola que aumente o teor de matéria orgânica também tem efeito direto na estabilidade dos agregados do solo (CORREIA, 2018; REPSIENE; KARCAUSKIENE, 2016). Outra consequência é a disponibilidade de nutrientes essenciais ao crescimento e desenvolvimento de uma planta, envolvendo a interação entre os elementos bem como as propriedades físicas do solo. A exemplo tem-se o fósforo que tem sua importância reconhecida para o metabolismo vegetal, até mesmo sendo essencial para o estabelecimento e desenvolvimento, uma vez que melhora o sistema radicular bem como a parte aérea (PRATES et al., 2010).

O cultivo de leguminosas também intensifica o processo de degradação do solo, uma vez que elas possuem uma grande exigência na absorção de, Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , diminuindo assim as quantidades desses nutrientes no solo (TIECHER et al., 2017; YU et al., 2017). Ainda segundo Yu et al., (2017) a acidez gerada no processo de fixação de N^2 é proporcional ao excesso de captação de cátions sobre os ânions. O uso excessivo de fertilizantes nitrogenados, principalmente o nitrato (NO_3^-) é outra questão recorrente que merece destaque no que se diz respeito aos impactos ambientais, pois a água da chuva pode ocasionar no carreamento dos nutrientes encontrados na superfície do solo, lixiviar quando se carrega íons da camada subsuperficial ou até mesmo infiltra-los, causando poluição, além da proliferação de algas, resultando na eutrofização dos ecossistemas aquáticos e indisponibilidade dos nutrientes para as plantas, pois este acaba ficando fora da área de contato com as raízes (NUNES; KAUTZMANN; OLIVEIRA, 2014).

Para suprir toda a demanda de fertilizantes, a produção atinge níveis exorbitantes, para o K, por exemplo, chega a 33,5 milhões de toneladas de K_2O e, normalmente é extraído em depósitos naturais de sais de cloreto e sulfato de potássio, sendo que 99% desse volume extraído, é encontrado em apenas 12 países pelo mundo, com predominância no Canadá (MANNING, 2017). Já uma quantidade de K através do cloreto de potássio KCl comercializado no Brasil é importado do Sudeste Asiático, dos países africanos e ainda dos latino-americanos, a outra parte é extraída de uma jazida localizada no estado do Sergipe-BR. O K é um macronutriente importante no cultivo de frutas e vegetais, visto que controla a turgescência das células, controla a abertura e fechamento dos estômatos e ativa diversas enzimas envolvidas no metabolismo vegetal (SOUZA et al., 2018).

As entradas de K nos solos a partir de fontes contendo o elemento, são menores do que as quantidades exportadas pelas colheitas, isso já incluindo os resíduos deixados (MANNING, 2017). Aproximadamente 95% de K_2O extraído no mundo é utilizado na agricultura como fertilizante e que existe uma estimativa que as reservas de K sejam de 17 bilhões de toneladas, mas apenas 8 bilhões são economicamente exploradas, entretanto nos sistemas de cultivo orgânicos o uso de fertilizantes químicos não é permitido, sendo assim o fornecimento de nutrientes para o crescimento das culturas deve ser feito de fontes alternativas a exemplo do matéria orgânica e pós minerais de granito/gnaise, dado as restrições de preço e disponibilidade dos mesmos (FAO, 2015; MANNING, 2017, BASAK et al., 2018).

Outro nutriente que também possui sua disponibilidade afetada é o P que segundo Chen (2018) e Scanlan et al., (2017), é lixiviado a partir do solo agrícola devido aos complexos processos que dependem das propriedades do solo, que além do pH envolvem os argilominerais, óxidos de Fe e Al, matéria orgânica e os processos de erosão que constituí em grandes perdas desse nutriente nos solos agrícolas. A relação com o pH advém do efeito combinado de dissolução ou precipitação dos minerais de fosfato no qual tem sua solubilidade variada conforme o pH (SCANLAN et al., 2017). Porém, segundo Ulén et al., (2016) a textura da camada superior do solo também pode aumentar o risco de lixiviação do P. Ainda de acordo com Scanlan et al., (2017) é imprescindível ter-se o conhecimento sobre as interações entre o pH do solo, o P e N, pois é pelos resultados apresentados que as recomendações agrônômicas são baseadas.

2.2. Tecnologias na correção da acidez do solo

A calagem é a prática mais recomendada para a correção da acidez do solo pois proporciona efeitos positivos como melhor aproveitamento de nutrientes pela adubação. Os materiais mais utilizados são os óxidos, silicatos, hidróxidos e carbonatos, entretanto comparando-se os resultados apresentado pela aplicação de cal e silicato, este último se mostra mais eficiente devido à maior solubilidade (NUNES; KAUTZMANN; OLIVEIRA, 2014; REPSIENE; KARCAUSKIENE, 2016; SOUZA et al., 2011; CRUSCIOL, 2017).

A acidez do solo no sistema de plantio direto pode ser diminuída pela calagem superficial, com incorporação, sendo esta uma prática bem estabelecida, pois promove a formação de um gradiente alcalinizante que se move para os perfis mais profundos do solo,

porém esse fator depende do tempo, das taxas de aplicação, assim como a forma e método de aplicação, sendo necessário se considerar também as condições climáticas e a adição de fertilizantes (RHEINHEIMER et al., 2018). Caracteristicamente os solos cultivados no sistema de plantio direto apresentam fertilidade química na superfície do solo mais elevada, ao perfil do solo em as plantas absorvem, contudo, as camadas mais abaixo exibem teores altos de Al e baixos de nutrientes (TIECHER et al., 2017).

A Cal virgem constitui uma das fontes mais utilizadas como corretivos no Brasil devido ao baixo custo e capacidade de aumentar a eficiência dos fertilizantes, mas não é um material muito solúvel, visto que seus componentes dissociados apresentam uma mobilidade limitada, provocando geralmente uma restrição dos efeitos da correção nas camadas mais elevadas do solo, principalmente em condições que não há o plantio direto, porém favorece as culturas perenes que tem o sistema radicular profundo e abrangente, e assim explora as camadas por muitos anos (CASTRO; CRUSCIOL, 2013; INAGAKI et al., 2017; CORREIA, 2018).

O gesso também é reconhecido por sua eficiência na redução dos teores de Al^{3+} e fornecimento de Ca^{2+} nas camadas mais profundas do solo, por ser um material com solubilidade alta tem maior capacidade de infiltração no perfil do solo, permitindo a ação nessas camadas (INAGAKI et al., 2017).

Peñuela (2017) destaca que houve um aumento significativo do pH do solo após 5 anos de adições crescentes de gesso, assim como a diminuição dos níveis de acidez potencial, ou seja, $H^+ + Al^{3+}$, em todos os perfis do solo até uma profundidade de 0,60 m, essa condição permite que haja uma penetração das raízes em maiores profundidades aumentando a biodisponibilidade de nutrientes e água existentes no perfil do solo estudado.

Agricultores também têm encontrado problemas nas áreas agrícolas de pastagem, onde a acidez elevada tem atingido a produção, devido a não inversão, incorporação do material no processo de calagem, não atingindo horizontes mais profundos, sendo necessário então haver melhorias na fertilização dessas áreas de modo a proporcionar um recuperação consequentemente, evitando outros graves problemas, assim como proporcionado melhor agregação e estruturação do solo (RHEINHEIMER et al., 2018).

Diante das dificuldades é necessário que outros materiais também possam ser aplicados, desde que os mesmos sejam constituídos por componentes de neutralização, (CASTRO; CRUSCIOL, 2013). Os silicatos por sua vez têm mostrado efeitos positivos em várias espécies vegetais em especial as gramíneas, afirma Sousa et al., (2011), que ainda completa sua eficácia ao favorecer o desenvolvimento de resistência a pragas e doenças pelas plantas.

2.2.1. Pó de granito/gnaise como remineralizador de solo

Também denominados remineralizantes (RMs) o pó de granito/gnaise é um material subproduto/resíduo da mineralização que possui sua aplicação regulamentada pela Lei nº 12.890 de 10 de dezembro de 2013 na qual define:

“Remineralizador, o material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação e tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promovem a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo” (BRASIL, 2013).

Ainda de acordo com a legislação Brasileira, pertence a classe “E”, onde sua matéria prima é exclusiva de origem mineral, e para sua aplicação na agricultura deve se enquadrar aos critérios estabelecidos pela Instrução Normativa nº 05 de 10 de março de 2016 (BRASIL, 2016). A partir de então o material poderá ser utilizado desde que apresente as características exigidas para seu registro no Ministério da Agricultura.

De acordo com Lopes et al., (2014) o uso de pó de granito/gnaise na fertilização de solos foi proposto inicialmente por Julius Hensel no ano de 1984, no qual descreveu os benefícios para a agricultura. Essa prática tem então se intensificado sendo utilizada não só como fertilizante mas também na correção do pH, pois além dos benefícios ao solo é considerada uma alternativa para reduzir os custos na produção agrícola que irá diminuir a dependência e utilização de matérias primas importadas, consequentemente mitigando os impactos ambientais, já que está também reutilizando um resíduo industrial (NUNES; KAUTZMANN; OLIVEIRA, 2014).

A discussão sobre os possíveis usos dos resíduos industriais tem se intensificado com o passar dos anos, direcionando-o principalmente à agricultura devido a expansão da mesma em níveis orgânicos, mas assim como Prates et al., (2012) mencionou é necessário a realização de estudos que comprovem sua viabilidade e eficiência no sistema solo-planta se forma que ele possa fornecer aporte a redução da acidez do solo e/ou como fonte de nutrientes.

De acordo com Silva et al., (2011) trata-se de um processo complexo a alteração do pó de granito/gnaise, pois depende da composição química e mineralógica, tempo de reação, granulometria, dentre outros fatores.

Pértile et al., (2017) expõem que o resíduo alcalino proveniente da indústria de celulose pode também ser utilizado como alternativa na correção da acidez do solo e que é um material agrícola de baixo custo. Esse material é descrito como uma borra ou lama inorgânica que é separada durante o ciclo de recuperação química da celulose e que após esse processo é desidratado, seco e depositados em aterros, possui em sua composição sulfatos, carbonatos e até mesmo gesso e calcita, materiais estes que participam do processo de correção do pH do solo.

A utilização dos resíduos das pedreiras e minas foi também destacado por Lopes et al., (2014) como uma excelente técnica de fertilização do solo através da remineralização. A utilização do pó de granito/gnaise obtido pelo processamento de basalto por exemplo é um potencial material para gerar cargas (ANDA; SHAMSHUDDIN; FAUZIAH, 2013). Manning (2017) menciona que já foram encontrados estudos que apresentam argumentos convincentes ao uso de minerais de silicato como fonte alternativa de K, principalmente para solos tropicais onde o processo de lixiviação é constante, pois os nutrientes são removidos até mesmo antes que eles possam ser utilizados pelas plantas.

Para maximizar a produtividade das plantas e manter a fertilidade do solo em sistemas agrícolas, é possível aplicar nutrientes sejam eles na forma orgânica ou mineral (POEPLAU, et al., 2018)

Prates et al., (2010) aponta que a utilização de pó de granito/gnaise principalmente as de origem máfica, que é mais rica em elementos essenciais, tem apresentados bons resultados em algumas atividades agrícolas. De acordo com Silva et al., (2011) o pó de granito/gnaise pode apresentar ainda taxas graduais de liberação dos elementos para o solo, podendo contribuir significativamente para os cultivos perenes.

Silva et al., (2011) também destacam que as rochas moídas ao serem aplicadas no solo na forma de pó, podem ser uma alternativa para complementação e até mesmo substituição dos fertilizantes solúveis, no qual também poderá fornecer macronutrientes e micronutrientes, conforme sua composição.

Segundo Dehghanian (2018) há muitos estudos que mostram que as interações bióticas e matéria orgânica que ocorrem nos diferentes perfis do solo interferem diretamente da disponibilidade de nutrientes. Associado então ao pó de granito/gnaise o esterco bovino também pode ser uma alternativa para a melhorar a qualidade físico-química do solo, aumentando a capacidade de troca de cátions, teor de matéria orgânica e fornecimento de nutrientes, já que, contém microrganismos que produzem substâncias que são capazes de acelerar a decomposição

de uma granito/gnaise, liberando assim os elementos para o solo (SILVA et al., 2011; DOUNGOUS et al., 2018).

Para assegurar a estabilidade e manutenção dos indicadores químicos do solo associados ao melhor desempenho da cultura é possível combinar a calagem e a fertilização com estrume de gado a longo prazo, afirma Repsiene e Karcauskiene (2016) em seus estudos. Destaca ainda que o equilíbrio das dosagens é essencial, dado que, ao serem aplicados corretamente, ele ajuda a manter ou aumentar a fertilidade do solo e conseqüentemente a produtividade, já se aplicado imprópriamente, resulta em alterações desfavoráveis as propriedades do solo, afetando diretamente a produtividade e ao meio ambiente.

2.2.2. Braquiária como organismo teste

De acordo com Botrel; Alvim e Xavier (2002), o gênero *Brachiaria* é muito amplo, com cerca de 80 espécies na grande maioria africana.

Para Paciullo et al., (2016) a *Brachiaria decumbens* foi oficialmente introduzida no Brasil, no início da década de 1960, onde disseminou-se rapidamente nas regiões de produção animal do país, em função de suas características favoráveis de cultivo, considerando solos de baixa fertilidade, normalmente encontrado nas regiões pecuárias, produzindo considerável quantidade e qualidade de forragem. Ainda considerando as condições de solo, de acordo com Valle et al., (2010) *B. decumbens*, assim como *B. brizantha*, se adaptam a uma vasta gama de solos e são mais resistentes a secas sazonais do que outras gramíneas perenes tropicais, também possui potencial para acúmulo de forragem durante o final do verão e início da estação seca e uma diminuição lenta do valor nutricional em todo o período de diferimento (EUCLIDES et al., 2007).

Para Moraes et al., (2005) e Pereira et al., (2018) *B. decumbens* tornou-se a principal fonte de nutrientes para animais em pastejo no Brasil, fornecendo cobertura vegetal adequada rendimento de biomassa seca contendo aproximadamente 10% de proteína. Pedreira, Braga e Portela (2017) mencionam que a espécie possui plasticidade para ajustar-se a densidades de perfilhamento, no entanto, características morfológicas em resposta a calagem ainda permanecem desconhecidas.

3. JUSTIFICATIVA

Diante do exposto, é necessário se encontrar alternativas que possam ser utilizadas como remineralizadoras, e para tal a utilização de pó de granito/gnaise pode promover a correção do solo e aumento as cargas negativas e outros atributos de fertilidade do solo; também poderá ser capaz de nutrir culturas até mesmo melhorando sua produtividade. A tecnologia ainda poderá favorecer e mitigar os impactos ambientais causados pela acidificação do solo, extração de nutrientes e descarte inadequado do resíduo do processamento industrial de minerais, de forma que após a comprovação da eficiência do pó de granito/gnaise, o mesmo poderá ser utilizado como fonte alternativa, econômica e de disponibilidade local.

4. OBJETIVOS

Nos itens a seguir constam o objetivo geral e específico pretendidos neste trabalho

4.1. Objetivo geral

Testar o uso de pó de granito/gnaise, como material de correção do solo, em um Latossolo de baixa fertilidade natural.

4.2. Objetivos Específicos

Avaliar o potencial remineralizador e neutralizador de pH do solo de um pó de granito/gnaise;

Avaliar produção de biomassa da *Braquiaria decumbens*, em solo com aplicação de pó de granito/gnaise;

Avaliar Eficiência Agronômica do pó de granito/gnaise.

REFERÊNCIAS

- ABATE, E. et al. Soil acidity under multiple land-uses: assessment of perceived causes and indicators, and nutrient dynamics in small-holders' mixed-farming system of northwest Ethiopia. **Acta Agriculturae Scandinavica, Seção B - Soil & Plant Science**, v. 67, n.2, p. 134-147, 2017. DOI: 10.1080 / 09064710.2016.1230227
- ANDA, M.; SHAMSHUDDIN, J.; FAUZIAH, C. I. Increasing negative charge and nutrient contents of a highly weathered soil using basalt and rice husk to promote cocoa growth under field conditions. **Soil & Tillage Research**, v. 132, p. 1-11, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2013.04.005>
- BAQUY, M. A. et al. Critical pH and exchangeable Al of four acidic soils derived from different parent materials for maize crops. **Journal of Soils and Sediments**, v. 18, p. 1490 – 1499, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11368-017-1887-x>
- BASAK, B. B. et al. Waste mineral powder supplies plant available potassium Evaluation of chemical and biological interventions. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 186, p. 114-120, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2017.11.023>
- BATEMAN, J. B.; VITOUSEK, P. M. Soil fertility response to *Ulex europaeus* invasion and restoration efforts. **Biologi Invasões**, n. 20, p. 2777-2791, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10530-018-1729-9>
- BOTREL, M. A.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F. Avaliação de gramíneas forrageiras no Sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 683 – 689, abr. 2002.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**; tradução técnica: Igo Fernando Lepsch. 3ª ed. p. 398. Porto Alegre : Bookman, 2013
- BRASIL. **Lei 12.890** de 10 de dezembro de 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa, N° 05**, de 10 de março de 2016.
- CASTRO, G. S. A.; CRUSCIOL, C. A. C. Effects of superficial liming and silicate application on soil fertility and crop yield under rotation. **Geoderma**, v. 195 – 196, p. 234 – 242, 2013

CERDA, A. et al. Use of straw barley residues to avoid high erosion and runoff rates in persimmon plantations in eastern Spain under high frequency magnitude simulated low rainfall events. **Soil Research** vol. 54, n.2, p. 154 – 165, 2016.

CHEN, M. et al. Contrasting effects of biochar nanoparticles on the retention and transport of phosphorus in acidic and alkaline soils. **Environmental Pollution**, v. 239, p. 562-570, 2018.

CORREIA, M. A. R. et al. Using Limestone to Improve Soil Fertility and Growth of Mango (*Mangifera Indica* L.). **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103624.2018.1448407>

COSTANTINI, E. A. C. et al. Effects of soil erosion on agro-ecosystem services and soil functions A multidisciplinary study in nineteen organically farmed European and Turkish vineyards. **Journal of Environmental Management**, n. 223, p. 614-624, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.06.065>

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Soil Fertility, Sugarcane Yield Affected by Limestone, Silicate, and Gypsum Application. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 48, n. 19, 2017. DOI: 2314-2323, DOI: <https://doi.org/10.1080/00103624.2017.1411507>

DEGHANIAN, H. et al. The effect of earthworm and arbuscular mycorrhizal fungi on availability and chemical distribution of Zn, Fe and Mn in a calcareous soil. **Applied Soil Ecology**, n. 130, p. 98-103, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.06.002>

DOUNGOUS, O. et al. Potentials of cocoa pod husk-based compost on Phytophthora pod rot disease suppression, soil fertility, and *Theobroma cacao* L. growth. **Environmental Science and Pollution Research**, n. 2, p.25327–25335, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2591-0>

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - 5. ed. rev. e ampl., - Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018.

EUCLIDES, V. P. B. Diferimento de pastos de braquiária cultivares Basilisk e Marandu na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 273–280, fev. 2007.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION – FAO. World fertilizer trends and outlook to 2018. Rome; FAO; 2015.

GRUBA, P.; SOCHA, J. Effect of parent material on soil acidity and carbon content in soils under silver fir (*Abies alba* Mill.) stands in Poland. **Catena**, v. 140, p. 90 – 95, 2016.

INAGAKI, T. M. et al. Why does carbon increase in highly weathered soil under no-till upon lime and gypsum use? **Science of the Total Environment**, v. 599 – 600, p. 523 – 532, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.234>

LI, W.; JOHNSON, C. R. Relationships among pH, aluminum solubility and aluminum complexation with organic matter in acid forest soils of the Northeastern United State. **Geoderma**, v. 271, p. 234 – 242, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.02.030>

LOPES, O. M. M. et al. Effect of rock powder and vinasse on two types of soils. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 38, p.1547-1557, 2014.

MANNING, D. A. C. et al. Testing the ability of plants to access potassium from framework silicate minerals. **Science of the Total Environment**, v. 574, p. 476 – 481, 2017.

MORAES, E. H. B. K. et al. Avaliação qualitativa da pastagem diferida de *Brachiaria decumbens* Stapf., sob pastejo, no período da seca, por intermédio de três métodos de amostragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 1, p. 30-35, 2005.

NUNES, J. M. G.; KAUTZMANN, R. M.; OLIVEIRA, C. Evaluation of the natural fertilizing potential of basalt dust wastes from the mining district of Nova Prata (Brazil). **Journal of Cleaner Production**. v. 84, p. 649 - 656, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.04.032>

PACIULLO, D. S. C. et al. Sward characteristics and performance of dairy cows in organic grass-legume pastures shaded by tropical trees. **Animal**, v. 8, p. 1264-1271, 2016.

PEDREIRA, C. G. S.; BRAGA, G. J.; PORTELA, J. N. Herbage accumulation, plant-part composition and nutritive value on grazed signal grass (*Brachiaria decumbens*) pastures in response to stubble height and rest period based on canopy light interception. **Crop and Pasture Science**, v. 68, p. 62-73, 2017.

PEÑUELA, J. E. B. 2017. Effect of gypsum on the chemical characteristics of an Oxisol from the Colombian Orinoquia cultivated with Tahiti acid lime. **Temas Agrários**. v. 23, n. 2, p. 154-163, 2018.

PEREIRA, L. E. T. Morphological adaptations of signal grass in response to liming and cutting severities, **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, n. 4, p. 673 – 682, out-dez, 2018.

PÉRTILE, P. et al. Corrective Potential of Alkaline Residue (Dregs) from Cellulose Industry in an Acid Soil Cultivated Under No-tillage. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v. 48, n. 16, p. 1868-1880, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103624.2017.1407427>

POEPLAU, C. et al. Why does mineral fertilization increase soil carbon stocks in temperate grasslands? **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v. 265, p. 144-155, 2018.

PRATES, F. B. S. et al. Crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo em resposta à adubação com superfosfato simples em pó de rocha. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.2, p. 239-246, mar/abr, 2010

PRATES, F. B. S. et al. Crescimento de mudas de pinhão-manso em resposta a adubação com superfosfato simples e pó-de-rocha. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 207-213, abr-jun, 2012.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. International Plant Nutrition Institute - IPNI, 420 p. 2011.

RAMOS, C. G. et al. A preliminary evaluation of volcanic rock powder for application in agriculture as soil a remineralizer. **Science of the Total Environment**, vol. 512 – 513, p. 371 – 380, 2015

RANST, E.V. et al. Soils with variable loads: mineralogy and chemistry. In: Lal R (ed) *Encyclopedia of soil science*, 3^a ed, 2017.

REPSIENE, R.; KARCAUSKIENE, D. Changes in the chemical properties of acid soil and aggregate stability in the whole profile under long-term management history. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science**, v. 66, n. 8, p.671-676, 2016. DOI: 10.1080/09064710.2016.1200130

RHEINHEIMER, D. S. et al. 2018. - TRAD - Residual effect of surface-applied lime on soil acidity properties in a longterm experiment under no-till in a Southern Brazilian sandy Ultisol. **Geoderma**, v. 313, p. 7-16, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.10.024>

RIVERA, Y. et al. The toxicity of aluminum (Al^{3+}) as limiting agricultural growth and productivity: case of palm oil. *Palmas*, vol. 37, n.1, p. 11-23, 2016.

SCANLAN, C. A. et al. 2017. The interaction between soil pH and phosphorus for wheat yield and the impact of lime-induced changes to soil aluminium and potassium. **Soil Research**. DOI: <http://dx.doi.org/10.1071/SR16274>

SHI, R. et al. 2017. Effects of biomass ash, bone meal, and alkaline slag applied alone and combined on soil acidity and wheat growth. **Journal Soils Sediments**, v. 17, p. 2116-2126, 2017. DOI: 10.1007/s11368-017-1673-9

SILVA, A. et al. Teor de fitato e proteína em grãos de feijão em função da aplicação de pó de basalto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 147-152, 2011. DOI: 10.4025/actasciagron.v33i1.5878

SILVA, R. C. Chemical attributes of a remineralized Oxisol. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.47, p. 11, 2017. DOI 10.1007/s11368-017-1673-9

SOUZA, A. H. C. et al. Agronomic efficiency and growth of eggplant crop under different potassium and nitrogen doses. **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 31. n. 3, p. 737-747, jul. – set., 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252018v31n324rc>

SOUZA, R. F. et al. 2011. Carbonate-silicate ratio for soil correction and influence on nutrition, biomass production and quality of palisade grass. **Scientia Agricola, Piracicaba**, v. 68, n.5, p. 526-534, September-October, 2011.

TIECHER, T. et al. Soil fertility and nutrient budget after 23-years of different soil tillage systems and winter cover crops in a subtropical Oxisol. **Geoderma**, v. 308, p. 78-85, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.08.028>

ULÉN, B. et al. 2016. - TRAD - Agricultural soil acidity and phosphorus leaching risk at farm level in two focus areas. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science**, DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/09064710.2015.1126631>

VALLE, C. B. et al. Gênero *Brachiaria*. In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J.A. (Ed.). **Plantas forrageiras**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2010, p.30-77.

YAN, X.; CAI, ILO. Multi-scale anthropogenic driving forces of karst desertification rocky in southwest China. **Land Degradation and Development**, vol. 26, n. 2 p. 193 – 200, 2015.

YU, L. et al. Combined biochar and nitrogen fertilizer reduces soil acidity and promotes nutrient use efficiency by soybean crop. **Jornal Soils Sediments**, v. 17. p. 599-610, 2017.
DOI: 10.1007/s11368-016-1447-9

SEGUNDA PARTE

ARTIGO: POTENCIAL REMINERALIZADOR DO SOLO DE UM PÓ DE GRANITO/GNAISE EM LATOSSOLO CULTIVADO COM BRAQUIÁRIA

AUTORES: Ursuléia Aparecida de Oliveira, Frederico Luiz Pereira, Priscila Pereira Botrel, Felipe Campos Figueiredo, Breno Régis Santos.

Remineralizing potential of a ground powder granite/gnaise oxisol cultivated with Brachiaria

Ursuléia Aparecida de Oliveira¹, Frederico Luiz Pereira², Priscila Pereira Botrel², Felipe Campos Figueiredo²,
Breno Régis Santos¹

¹Federal University of Alfenas; Department of Natural Sciences, Alfenas MG

²Federal Institute of Education Science and Technology of South Gerais - Campus Muzambinho; Agricultural Sciences Laboratory I Muzambinho - MG

Correspondence: Ursuléia Aparecida de Oliveira, ¹Federal University of Alfenas; Department of Natural Sciences, Alfenas MG, E-mail: ursuleia.oliveira@hotmail.com

ABSTRACT

The rock powder, is a source of mineral elements with potential use in the recovery of soils and use in agriculture. The objective of this study was to evaluate the effect of application of powder granite/gnaise in soil fertility and growth attributes brachiaria. The soil was incubated at doses of 0; 2.5; 5; 10 and 7.5 t ha⁻¹ plus a fixed scale and treatment with two compounds by treatment 2.5 t ha⁻¹ and only manure material 5 t ha⁻¹ plus 2.5 t ha⁻¹ manure, with 4 replicates per treatment. At the end of 75 and 150 days were analyzed pH, Ca, Mg, K, CTC, V% and the nutrient release rate. After 75 days 50 seeds were sown in each *Brachiaria decumbens* vessel and added nutrients necessary for the culture. dry biomass were evaluated relative agronomic efficiency and utilization efficiency based on the accumulation of K, Ca and Mg. After period incubation, powder doses granite/gnaise did not change any attribute of soil fertility, and the efficiency of the agronomic braquiária cultivation was less than the limestone. However, associating to 5 t ha⁻¹ granite powder / gnaise 2.5 t ha⁻¹ manure agronomic efficiency of dry biomass production was similar to Brachiaria limestone. The use efficiency of K, Ca and Mg was higher when the plant was subjected to a soil enriched with organic matter. Thus, the dose of powder granite/gnaise the mixed manure may be used as extra nutrient source, it enhances its use and generally provides a reuse of waste.

KEY WORDS: Mining waste. Correction. Soil fertility. Land reclamation.

INTRODUCTION

The practice of correcting the pH of the soil, can be made using limestone, which also raises Ca, and Mg, base saturation, the soil microbial activity and the availability of nutrients (Berihun, Tadele, & Hebede, 2017). Already stated by Shi et al. (2017), some industrial byproducts consist of nutrients like Ca, Mg, K and P, they are also alkali, so why not reuse these materials to supplement or supply the total addition of these nutrients could neutralize the soil acidity.

The stonemeal is a residue generated by the mining industry, which several companies

are deposited heaped in places in the open. Approximately 75% of the total production of ornamental rock becomes waste rock powder form creating a significant environmental liabilities. The use of agricultural waste may be an alternative to the allocation and proper use of this waste, contributing to the correction of acidic soil, nutrient supply in a sustainable technology philosophy (Nunes Kautzmann, & Oliveira, 2014, Rodrigues et al., 2017). Being a waste discarded by the mining industry becomes a low economic cost to the consumer possible material, further favoring its use. However, should take care to know the composition and chemical and physical reactions that can happen, analyzing the integration of all variables and so the dissolution and release of the solo material (Silva, Cury, Ieda, Sermarini & Azevedo, 2017). The Instruction n° 05 of March 10 of 2016 Brasil (2016) establishes the criteria for use and application in agriculture, should the material to fit the requirements and criteria and thereafter the material can be used provided it has the characteristics required for registration in the Ministry of Agriculture.

The *Brachiaria decumbens* has great potential in biomass production and easy adaptation to different soil types, growth throughout the year, with an excellent forage plant for animal tract, and also promotes improvements in soil physical properties and handling cost (Chung et al, 2018; Diamentino et al, 2018;. Utiumi et al, 2018). According to Pereira, steps, Herling, Luz and Avanzi (2018) the plant is considered tolerant to acid soil, and in addition to having excellent dry biomass production and is therefore able to provide plant mass for soil coverage even the soil triggers restrictions such as low fertility, justifying the use of this plant in the second phase of experimentation.

The aim is then to evaluate the agronomic potential of powder granite/gnaise for improving soil fertility attributes, solubility of nutrients and biomass brachiaria.

METHOD

The treated soil was the horizon bw Haplustox Haplorthox (LVAd) where the preliminary chemical analysis was found: 3; 0.9; 5.6; 6; 0.03; 0.2; 1.8; 1.4 mg dm⁻³ and 0.19; 0.05; 0.17; 0.4; cmol_c 3.4 dm⁻³, 40.5; 7.4; 0.75; 63% K, P, P-rem, SO₄⁻², B, Zn, Mn, Cu, Ca, Mg, Al, T, T, M, V MO, clay, and pH 5 respectively.

Granite/gnaise powder used is a waste mixture classified petrographically as quartz monzonites milonitizado and milonitizado monzogranite and is a derivative byproduct of obtaining industrial sand process, having 55% of feldspar (anorthite), 1% apatite, 10 , 4% augite, 10.1% mica (biotite), 1.9% of cordeirita, ilmenite 1.3%, 3.9% feldspar (microclimate), 1.3% pyrite and 15.1 % quartz, and 4.07; 2.09 and 2.74% Ca, Mg and K respectively, for a total amount of 8.9% base.

The experiments were conducted in a greenhouse, located in IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho at coordinates 21 ° 21'03.02 "S and 46 ° 31'27.78" O, with an altitude of 1018 meters.

Initially, the soil was incubated with the powder granite/gnaise the following doses 0 t ha⁻¹; 2.5 t ha⁻¹; 5 t ha⁻¹; 7.5 t ha⁻¹ and 10 t ha⁻¹; treatment with soil amended with 1.8 t ha⁻¹ of limestone (13.2% of MgO and 117.5 PRNT), and compound 1 treatment for 5 t ha⁻¹ powder granite/gnaise and 2.5 t ha⁻¹ of organic compound with only 1 control with an organic compound at a dose of 2.5 t ha⁻¹. All the treatments with 4 replications. The components of each treatment were placed in plastic bags and homogenized with soil and placed in vases with 6 L volume with the plastic bag to prevent loss of nutrients by leaching the drain holes of vases.

Experiment 1 - Incubation

The treatments were incubated for a period of 75 days with the soil humidity maintained at 70% of field capacity. For determination of all attributes fertility at the end of that period was held pH measurement and analysis of soil. The results made it possible to obtain the incubation curve powder granite/gnaise in order to determine their lifting capacity of soil CEC and modification of soil fertility attributes.

Experiment 2 - Agronomic efficiency powder granite/gnaise culture of braquiária

After incubation necessary nutrients were added to culture and the Brachiaria performed sowing 50 seeds. Nitrogen fertilizer was applied to cover the total dosage of 0.32 g vase⁻¹ in the form of urea solution divided into two applications and ammonium sulfate at a dosage of 0.03642 g vase⁻¹. Only vase with limestone received supplementary potassium fertilizer dosage in 96 mg vaso⁻¹.

Throughout the cycle, three cuts were made at 95, 123 and 150 days of cultivation at 5cm of the soil, totaling 96 samples and study the biomass dried in 65 ° C until constant mass. The material was separately weighed to obtain the dry biomass after heavy and were unified according to each treatment and repeat a total of 32 samples for chemical analysis.

Upon analysis the values listed in plant tissue were calculated:

- a. The relative agronomic efficiency (EAR) by the equation:

$$EAR = \frac{\text{treatment production} - \text{witness production}}{\text{limestone production} - \text{treatment production}} \times 100$$

- b. The use efficiency based on the accumulation of Ca, Mg and K, given in% by the formula:

$$EUAc = \frac{\text{treatment production (K; Ca; Mg)} - \text{witness accumulation (K; Ca; Mg)}}{\text{Dose de (K; Ca; Mg) applied}} \times 100$$

Statistical analysis

Data were subjected to analysis of variance and regression, and the means were compared by the Scott-Knott test ($P < 0.05$) and regression using the software SISVAR (Ferreira, 2016).

RESULTS

Effects on fertility attributes

The results indicate that the residue of powder granite/gnaise not promoted an increase in pH, after 3 months of incubation where the average was 5.92. Likewise, the base saturation was not affected by doses applied, identifying average basis saturation $V = 26,12\%$ (Table 1).

Table 1. Doses of powder granite/gnaise on pH, base saturation, Ca, Mg, K, and effective Total CTC CTC soil the end of the 1st and 2nd experiments.

Parameter	Dose (t ha ⁻¹)	Experiment 1 (after incubation for 3 months)	Experiment 2 ° (Brachiaria after cultivation)
pH	0	5,965	5,497
	2.5	5,925	6,230
	5.0	5,955	6,306
	7.5	5,893	6,540
	10.0	5,863	6,680
% V	0	25.175	18,300
	2.5	26.075	16,500
	5.0	25.975	23.425
	7.5	26,500	26.575
	10.0	26.875	27.525
Ca (cmol _c dm ⁻³)	0	0.585	0.768
	2.5	0.575	0.645
	5.0	0.595	0.955
	7.5	0,600	1,095
	10.0	0.645	1,138
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0	0.205	0.035
	2.5	0.190	0.033
	5.0	0.200	0.043
	7.5	0.195	0.063
	10.0	0.195	0,065
K (cmol _c dm ⁻³)	0	7,000	0.025
	2.5	7,650	0.018
	5.0	7,500	0.023
	7.5	7,500	0.028
	10.0	7,500	0.028
Total CTC (cmol _c dm ⁻³)	0	3,230	4,553
	2.5	3,020	4,235
	5.0	3,128	4,318
	7.5	3,070	4,483
	10.0	3,196	4,528
CTC effective (cmol _c dm ⁻³)	0	0.823	0.975
	2.5	0.798	0.790
	5.0	0.820	1,088
	7.5	0.846	1,250
	10.0	0.873	1,290

Note: there were no significant differences by Scott-Knott test at 5% significance

The powder granite/gnaise did not increase the Ca, Mg and K in the soil, being observed mean values of 0.6 and 0.19 dm⁻³ cmol_c Ca and Mg respectively, and 7.45 mg dm⁻³ K (Table 1).

The total CTC was not affected by doses of powder granite/gnaise applied to the soil, with an average value of $3,128 \text{ dm}^{-3} \text{ cmol}_c$. Although a slight increase of the CTC, there was no difference between the powder doses granite /gnaise being identified an average value of $0.831 \text{ dm}^{-3} \text{ cmol}_c$ (Tabela.1).

Even the combination of powder granite/gnaise not provided with manure increased availability of Ca and Mg (Fig. 1 A and B) and complete and effective CTC (Fig. 2C and D). For K manure gave higher levels of this element in the soil once the K is rapidly released in the manure, do not belong to any organic compound plants (reference year).

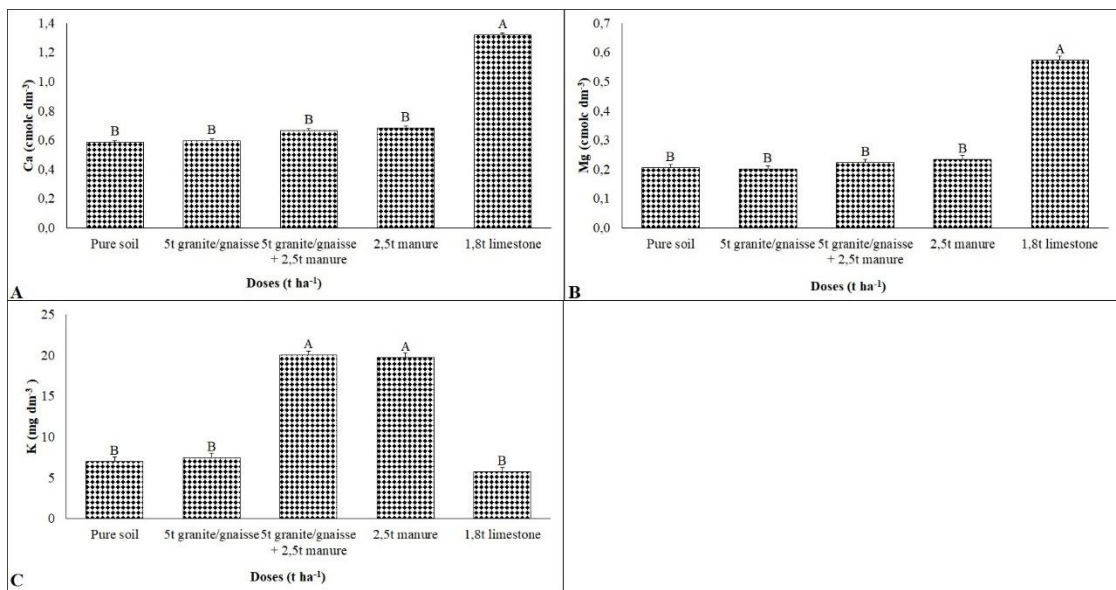


Figure 1. Associations powder granite/gnaise with manure on the Ca content (A); Mg content (B) and K contents (C). The same letters do not differ by the Scott-Knott test at 5% significance.

Doses of powder granite/gnaise pure and associated with manure, no increase of pH and base saturation (V%) and were similar to control (Fig. 2A and B). The dose of 1.8 t ha^{-1} promoted the limestone better raising the pH to values greater than 6.0 units and also resulted in lifting the V% to 50%. However, the dose was also not sufficient to raise the base saturation values close to or equal to 70% whereas the evaluation period the soil sample.

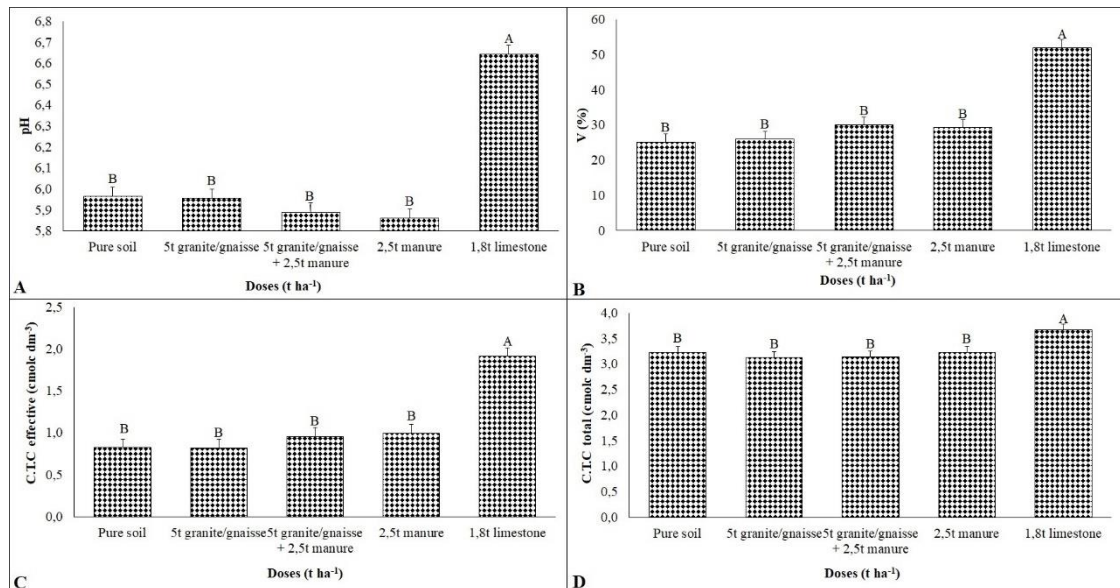


Figure 2. Associations powder granite/gnaise with manure in the pH (A), base saturation (B), effective CTC (C) and the total CTC (D). The same letters do not differ by the Scott-Knott test at 5% significance.

Regarding the release rate for the K ranged from 0.36% to 2.67%, but the difference was statistically significant only when doses compared involving mixtures (Tabela.2). As for the rates Ca was identified from 6.97 to 11.75% latter being liming, but were statistically non-significant results (Table 2). No different from that for K and Ca, Mg did not show satisfactory results regarding the release rate (Tabela.2).

Table 2. Doses of powder granite/gnaise on the rate of release of Ca, Mg and K in the soil. Associations powder granite/gnaise with manure on the rate of release of Ca, Mg and K in the soil.

Nutrient	Dose (t ha ⁻¹)	Experiment 1 (%)
Ca	0	-
	2.5	18,65
	5.0	9.56
	7.5	4.08
	10.0	6.97
	5 (powder granite / gnaise) + 2.5 (manure)	10.44
	2.5 (manure)	11.29
	1.8 limestone	11.75
	Mg	0
2.5		1.15
5.0		0.86
7.5		0.19
10.0		0.14
5 (powder granite / gnaise) + 2.5 (manure)		0
2.5 (manure)		0
1.8 limestone		0.14
K		0
	2.5	2.67
	5.0	0.73
	7.5	0.48
	10.0	0.36
	5 (powder granite / gnaise) + 2.5 (manure)	1.37
	2.5 (manure)	1.45
	1.8 limestone	-

Note: there were no significant differences by Scott-Knott test at 5% significance

Experiment 2 - Agronomic efficiency powder granite/gnaise culture of braquiária

There was an increase in the Ca in the soil, especially in applications 5 to 10 t ha⁻¹, conducted after cultivation brachiaria compared to levels observed before sowing. However, it was not observed for Mg and K, which have had their contents relatively decreased after cultivation indicating a reduced availability of these elements by the powder granite/gnaise even in large doses (Table 1).

Treatment with 7.5 t ha⁻¹ produced 22% more than the highest dose of granite powder / gnaise (10 t ha⁻¹) and 34% more than the best treatment with lower dosage and less dry biomass produced run with the ground limestone (Fig. 3A). However, the mixture of 5 t ha⁻¹ powder granite/gnaise and 2.5 t ha⁻¹ manure produced brachiaria biomass similar to the positive control with limestone (Fig 3B). The interaction of granite/gnaise and manure powder was significant and thus better than the sum of the individual effects of the same dose of powder granite/gnaise suggesting that efficient use of the powder granite/gnaise should be combined with the manure.

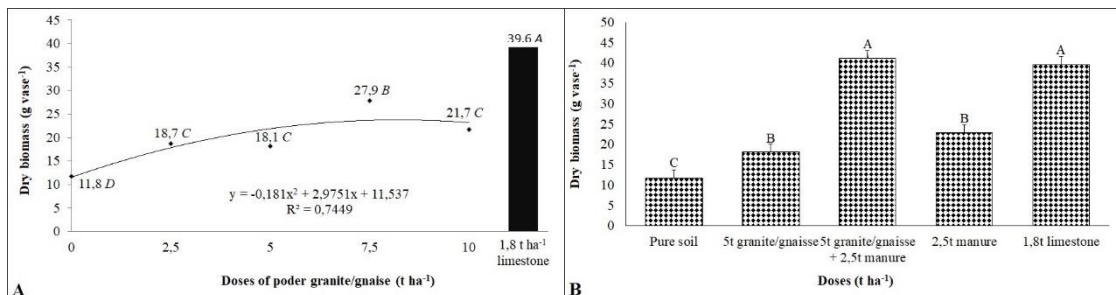


Figure 3. Dry biomass from Brachiaria under different doses of powder granite/gnaise (A). Dry biomass under different combination of doses of powder granite/gnaise and pure lime manure and (B). The same letters do not differ by the Scott-Knott test at 5% significance.

There was an increase in Agronomic Relative Efficiency (EAR) in doses of granite powder / gnaise particularly a dose of 7.5 t ha⁻¹, but less than the standard with limestone use (Fig. 4A). Again, we observed a significant association interaction of 5 t ha⁻¹ and 2.5 t ha⁻¹ powder granite/gnaise manure to the EAR that the pattern matched with limestone (Fig. 4B).

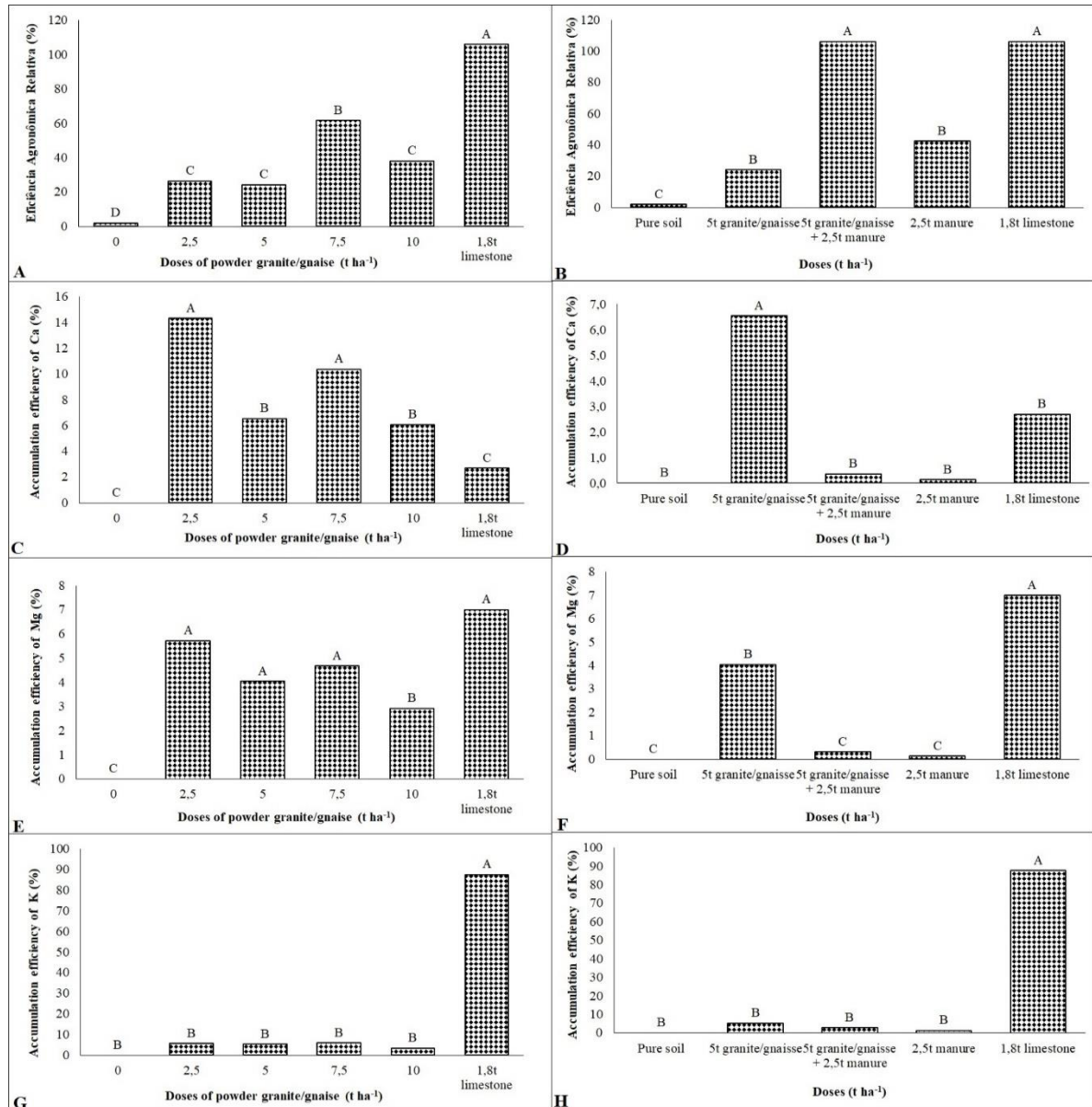


Figure 4. Agronomic efficiency on the powder dose granite / gnaise on dry biomass production (A), concerning the agronomic efficiency Association powder granite / gnaise with manure on dry biomass (B). Ca use efficiency (C), Mg (E) and K (L) of powder dose granite / gnaise on dry biomass production, use efficiency Ca (D) Mg (F) and K (H) from pool dose of powder granite/gnaise with manure on dry biomass. The same letters do not differ by the Scott-Knott test at 5% significance.

Exploring the use efficiency results based on the accumulation of nutrients, it is inferred that although little statistical difference in the Ca and Mg single doses of 2.5 t ha⁻¹ and 7.5 t ha⁻¹, they were most efficient, corroborating the results of relative efficiency. Nevertheless, it does not happen when the powder granite/gnaise was mixed with manure, where plants undergo dose of powder granite/gnaise accumulated more Ca, Mg than the other when mixed with manure. Relates then this results in the greater efficiency of use when subjected to a soil enriched with organic matter, thus highlighting the importance of dose powder granite/gnaise mixed with manure, which shows that also maximizes the utilization of nutrients (Fig. 4C to 4H).

After cultivation brachiaria, it was found that Ca levels were higher in soil treated with

only lime (Fig. 5A). Mg levels were higher in soil treated with lime, followed by mixing 5 t ha⁻¹ to 2.5 t ha⁻¹ manure or manure alone (Fig. 5B). As for potassium, no differences were observed in any treatment (Fig. 5C) in the same soil treated with lime was added to the K fertilization and which was probably brachiaria fully extracted by plants.

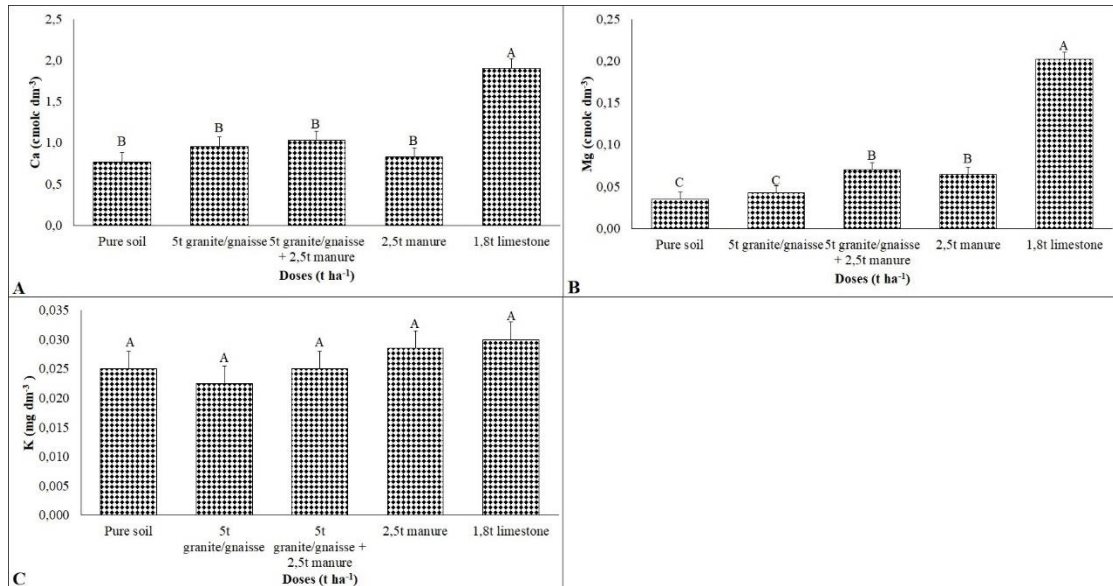


Figure 5. associations with powder granite/gnaise with manure on the Ca content (A); Mg content (B) and K contents (C) after the cultivation. The same letters do not differ by the Scott-Knott test at 5% significance.

However, the application only dung, there is the provision of K, which showed similar levels compared to treatment with the use of powder granite/gnaise before and after cultivation, although it was observed a decrease in the contents of the element the soil after cultivation (Fig. 5C).

Regarding pH ranges, there is a better balance between doses of the powder granite/gnaise after cultivation, even in lower doses, with values of 6.0 units compared to before cultivation found, indicating that the residue promoted a balanced pH range throughout the growing season, which is more favorable nutrient availability in the soil (Tabela.1).

For saturation of soil bases, large increases were observed compared to the initial saturation, even in higher doses above 5 tons (Tabela.1).

When comparing the effect of mixing powder granite/gnaise and manure, as well as application of these isolated after cultivation of pH, we observed an increase in the pH to values above 6.0 units for both, no difference between these but with differences compared to pure ground (Fig. 6A). As for the base saturation, as observed for pH, no differences between them, nor on the pure soil, despite the mixture and isolated application, presenting a greater base saturation (Fig. 6B).

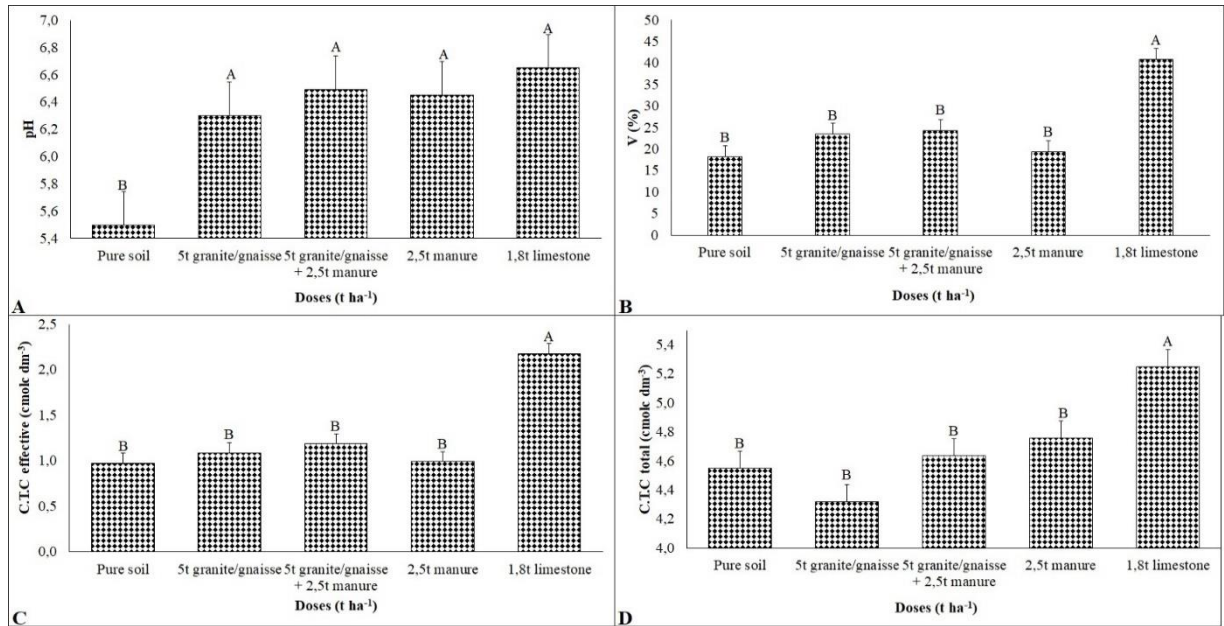


Figure 6. Associations powder granite/gnaise with manure in the pH (A), base saturation (B), effective CTC (C) and the total CTC (D) after the cultivation. The same letters do not differ by the Scott-Knott test at 5% significance.

In relation to the effective and complete CTC, there was an increase in both values, especially for larger doses of powder granite/gnaise, above 7.5 t, compared to the levels observed in the soil before the crop (Table 1) highlighting the effective CTC that showed significant results. As for mixing with manure and isolated application, increase was observed only in the CTC at pH 7.0, however, no significant differences between the two treatments (Fig. 6D).

DISCUSSION

Considering the results obtained in the first experiment, it is understood that in ambient conditions of high acidity and low fertility, the recovery process of soil fertility, is gradual over time. However Silva et al. (2017) in their study found that the average was 5.5 pH values below those found in this study for both treatments only powder granite/gnaise as for composition with granite/gnaise powder and manure.

The research Feizi, Jalali and Renella (2017), demonstrated that the material of the incubation time reflects directly on the soil remediation process, where the analyzes carried out for a long time provided different results. Anda, Shamshuddin, & Fauzianh (2015) also state that in a period of 24 months incubation the pH increased in the topsoil and subsoil in research with basaltic powder, results such that consistent with those found in the dose with limestone and comprise granite/gnaise powder and manure. Inagaki, Sa, Caires and Gonçalves (2017) analyzing the efficiency of lime and plaster found that after application and incubation both in the laboratory there was a significant increase in Ca^{2+} . This is expected because of the properties already defined materials and are mirror for studies with alternative materials.

Studies Basak, Sarkar, Sanderson, and Naidu (2018) states that the rock powder provided a good supply of K due to improvement in the production of biomass displayed. It is understood that both situations were also found in this study, considering the fluctuations of results over time.

Since Lin et al. (2018) using biochar, a soil conditioner, after applying said improved nutritional status of the soil and reduce aluminum availability due to pH increase, however this effect is reversed as the coal is aged. A similar result was found by El-Naggar et al. (2018) working with the same material, the author reports that "uma slight change in pH was observed in sandy soil after application of biochar, which can be attributed to the relatively high buffering capacity of soil. "

Similar results were presented by Rheinheimer, Tiecher, Gonzatto, Zafar, and Brunetto (2018), where there limestone reaction in 6 cm deep layers of the soil profile, decreasing the Al saturation by increasing the pH. Silva (2017) also observed a reduction in levels of Al^{3+} , possibly due to sink effect caused by rock powder.

At the end of 75 days incubation at base saturation showed a rising more than 250% compared to pure found in the soil before the addition of corrective materials, this superior result to that observed by Tiecher et al. (2017) where the increase in yield is 51%, then reinforcing the need to know the characteristics of each material, since they have different origins and hence differences in the composition.

According Pértile, Albuquerque, Gatiboni, Costa and Luciano (2017) the Ca^{2+} content increased proportionally to the addition of lime rates applied at a depth of 20 cm, results similar to this work among the different treatments, comparing themselves to analysis Use of pure soil.

By using *Brachiaria* proved that it is important crop plants rough enough to withstand the most adverse soil conditions. Further still functions as a supplier sources of C and solubilizing microorganisms that could jointly assist the release of nutrients, and other attributes CTC soil fertility, meeting with (Korchagin, Caner, & Bortoluzzi, 2019). The authors suggested the need to evaluate the absorption of nutrients by plants of different cultures, enabling the safe use of equipment.

The agronomic efficiency calculations and use efficiency showed significant results research, which showed that the mixture powder granite/gnaise the manure provides improved nutritional support plant, though similar results using these calculations are found by considering only the analysis application phosphorus or nitrogen in the last five years.

CONCLUSION

It was concluded that the powder granite/gnaise does not alter the soil fertility attributes,

but the dose of 7.5 t ha⁻¹ promotes increased biomass and agronomic efficiency compared to untreated soil, however, lower than those obtained by soil treated with lime. The association of 5 t ha⁻¹ powder granite/gnaise to 2.5 t ha⁻¹ of manure enhanced the production of dry biomass *brachiaria decumbens* improving the agronomic efficiency.

ACKNOWLEDGMENTS

"This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001"

REFERENCES

Anda, M., Shamshuddin, J. & Fauziah, IC (2013). Increasing negative charge and nutrient contents of the highly weathered soil using basalt and rice husk to promote cocoa growth under field conditions. *Soil tillage & Research*, 132, 1-11. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2013.04.005>

Anda, M., Shamshuddin, J. & Fauziah, IC (2015). Improving chemical properties of the highly weathered soil using finely ground basalt rocks. *Catena*, 124, 147-161. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2014.09.012>

Baquy, MA, Li, J., Jiang, J., Mehmood, K. Shi, R. & Xu, R. (2018). Critical pH and exchangeable Al of four acidic soils derived from different parent materials for maize crops. *Journal of Soils and Sediments*, 18, 1490 - 1499. DOI:<https://doi.org/10.1007/s11368-017-1887-x>

Basak, BB, Sarkar B, Sanderson, P. & Naidu, R. (2018). Waste mineral powder supplies plant available potassium Evaluation of biological an chemical interventions. *Journal of Geochemical Exploration*, 186, 14-20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2017.11.023>

Berihun, T .; Tadele, M. & Kebede, F. (2017). The application of biochar on soil acidity and other physico-chemical properties of soils in southern Ethiopia. *JOURNAL OF Plant Nutrition and Soil Science*. 180, 381-388. DOI: 10.1002 / jpln.201600343

BRASIL. Ministry of Agriculture, Livestock and Supply. Instruction, N ° 05, of March 10, 2016

Chung, ELT Predith, M. Nobilly, F., Samsudin, A.AJesse, FFA & Loh, CT (2018). Can treatment of *Brachiaria decumbens* (signal grass) Improve its utilization in the diet in small ruminants? - a review. *Tropical Animal Health and Production*, 50, 1727-1732. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1641-4>

Diamentino, GML, Biscoto GL, Pedroza, HP, Amorim, NNI, Keller, KM, Melo, MM & Soto-Blanco, B. (2018). Liquid chromatography coupled to quadrupole time-of-flight mass spectrometry (QTOF / MS) assay for quantification of protodioscin in *Brachiaria* grasses. *Toxicon*, 155, 61-65. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2018.10.008>

El-Naggar, A., Lee, SS, Awad, YM, Yang, X., Ryu, C., Rizwan, M., ... Ok, YS (2018). Influence of soil properties and potential feedstocks on biochar for carbon mineralization and improvement of infertile soils. *Geoderma*, 332, 100-108. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.06.017>

Feizi, M. Jalali, M. & Renella, G. (2017). Available alkalinity and C are key factors regulating mineralization soil pH value of an organically amended Iranian agricultural soil. *Arid Land Research and Management*, 1532-4990. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/15324982.2016.1278055>

Ferreira, D. (2014). *Sisvar: a guide for its bootstrapping procedures in multiple comparisons*. *Science and Agrotecnologia*, Lavras, 38 (2), 109-112.

Freitas, L., Martin Son, MV, Casagrande, JC, Oliveira and Silva IA, LG (2018). Soil quality indicator of oxisols grown with sugarcane and native forest in northeastern São Paulo state, Brazil. *Environmental Earth Sciences*, 77 (642). DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7830-7>

Inagaki, TM, Sa, JCM, Caires, EF & Goncalves, DRP (2017). Why does carbon Increase in highly weathered soil under no-till lime and gypsum upon use? *Science of the Total Environment*, 599 (600) 523 - 532. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.234>

Korchagin, J. Caner, L. & Bortoluzzi, EC (2019). Variability of waste amethyst miners: A mineralogical and geochemistry approach to evaluate the potential use in agriculture. *Journal*

of Cleaner Production, 210, 749-758. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.039>

Li, W. & Johnson, CR (2016). Relationships among pH, solubility aluminum and aluminum complexation with organic matter in soils of the forest acid Northeastern United State. *Geoderma*, 271, 234 - 242 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.02.030>

Lin, Q., Zhang, L., Riaz, M., Zhang, M., Xia, H., Lev, B. & Jiang, C. (2018). Assessing the potential of biochar biochar and aged to Alleviate aluminum toxicity in an acid soil is Achieving cabbage product ivity. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 161, 290-295. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.06.010>

Nunes, JMG, Kautzmann, RM, & Oliveira, C. (2014). Evaluation of the natural fertilizing potential of basalt powder wastes from the mining district of Nova Prata (Brazil). *Journal of Cleaner Production*. 84, 649 - 656. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.04.032>

Pereira, LET, Steps BSA, Herling, VR Light & PHC Avanzi, JC (2018). Morphological adaptations of signal grass in response to liming and cutting severities. *Journal Agricultural Science*, 49 (40), 673-682. DOI: 10.5935 / 1806-6690.20180076

Pertile, P., Albuquerque, JA, Gatiboni, LC, Costa, A. & Luciano, RV (2017). Corrective of Alkaline Potential Residue (dregs) from Cellulose Industry Cultivated in an Acid Soil Under no-tillage. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 48 (16), 1868-1880. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103624.2017.1407427>

Rheinheimer, DS, Tiecher, T. Gonzatto, A. Zafar, & M. Brunetto, G. (2018). Residual Effect of surface-applied lime properties on soil acidity in the experiment under longterm-till in the Southern Brazilian sandy Ultisol. *Geoderma*, 313, 7-16. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.10.024>

Rodrigues, ASL, Mesak, C., Smith, FFM, Silva. GS Leandro, WM & Malafaia, G. (2017). Organic waste through vermicomposting the addition of rock powder inoculated with domestic wastewater sewage. *Journal of Environmental Management*, 196, 651-658. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.072>

Scanlan, CA, Brennan, FR, D'Antuono, MF & Saar, GA (2017). The interaction between soil pH and phosphorus is wheat and the yield impact-induced changes of lime to soil aluminum and potassium. *Soil Research*. IT HURTS:<http://dx.doi.org/10.1071/SR16274>

Shi, R., Li, J., Ni, N, Mehmood, K., Xu, R. & Qian, W. (2017). Effects of biomass ash, bone meal, and alkaline slag applied alone and combined on soil acidity and what growth. *Soils Sediments Journal*, 17, 2116-2126. DOI: 10.1007 / s11368-017-1673-9

Silva, RC, Cury, ME, Ieda, JJC, Sermarini, RA & Azevedo, AC (2017) Chemical attributes of a remineralized Oxisol. *Rural Science, Santa Maria*, 47 (11). DOI 10.1007 / s11368-017-1673-9

Tiecher, T. Calegari, A., Caner, L. & Rheinheimer, DS (2017). Soil fertility and nutrient budget after 23 years of different soil tillage systems and winter cover crops in subtropical Oxisol. *Geoderma*, 308, 78-85. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.08.028>

Utiumi, KU, Albuquerque, AS Burque AS, Souza, FR, Sonne, L., Varaschin, MS, Raymundo, DL & Peconick, PA (2018). Experimental poisoning by *Brachiaria decumbens* in rabbits. *Brazilian Journal of Veterinary Reserarch*, 38 (10), 1885-1889. DOI: 10.1590 / 1678-5150-PVB-5599