



**POTENCIALIDADES DO DUNITO COMO
FONTE DE SILÍCIO E MAGNÉSIO PARA A AGRICULTURA**

Elaborado por:

Eng. Agrônomo Carlos Imaizumi

Eng. Agrônomo Ricardo Rossi

Eng. Químico Liander Fortes

Jaboticabal, Agosto de 2018



LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 01. Interpretação do pH e de Ca e Mg (Fonte: CFS – RS/SC, 1994)	1
TABELA 02. Características químicas do dunito. CMAG Fertilizantes, Agosto de 2018.	2



LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 01. Difratograma da rocha Dunito de Pratápolis – MG. Fornecido por CMAG Fertilizantes.	2
FIGURA 02. Efeito de doses de calcário, escória e dunito no pH do solo. Dados não publicados, fornecido por CMAG Fertilizantes.	5
FIGURA 03. Teor de Magnésio foliar (g kg^{-1}) na cultura da soja , cultivado em solo arenoso , em função dos tratamentos utilizados. Botucatu, 2016/17.	9
FIGURA 04. Teor de Silício foliar (g kg^{-1}) na cultura da soja , cultivado em solo arenoso , em função dos tratamentos utilizados. Botucatu, 2016/17.	9
FIGURA 05. Teor de Magnésio foliar (g kg^{-1}) na cultura da soja , cultivado em solo argiloso , em função dos tratamentos utilizados. Botucatu, 2016/17.	10
FIGURA 06. Teor de Silício foliar (g kg^{-1}) na cultura da soja , cultivado em solo argiloso , em função dos tratamentos utilizados. Botucatu, 2016/17.	10
FIGURA 07. Massa de 100 grãos (g^{-1}) da cultura da soja , cultivado em solo arenoso , em função dos tratamentos utilizados. Botucatu, 2016/17.	11
FIGURA 08. Massa de matéria seca de plantas de soja (kg ha^{-1}), cultivado em solo arenoso , em função dos tratamentos utilizados. Botucatu, 2016/17.	11
FIGURA 09. Produtividade de grãos de soja (kg ha^{-1}), cultivado em solo arenoso , em função dos tratamentos utilizados. Botucatu, 2016/17.	12



FIGURA 10. Massa de 100 grãos (g^{-1}) da cultura da **soja**, cultivado em solo **12**
argiloso, em função dos tratamentos utilizados. Botucatu, 2016/17.

FIGURA 11. Massa de matéria seca de plantas de **soja** (kg ha^{-1}), cultivado em **13**
solo **argiloso**, em função dos tratamentos utilizados. Botucatu,
2016/17.

FIGURA 12. Produtividade de grãos de **soja** (kg ha^{-1}), cultivado em solo **13**
argiloso, em função dos tratamentos utilizados. Botucatu, 2016/17.



SUMÁRIO

	Página
1 Importância do magnésio como nutriente	1
2 Dunito como fonte de magnésio e silício para as plantas.....	<u>1</u>
3 Posicionamento do dunito em relação ao teor de MgO	3
4 Efeitos do silício do dunito e seus desdobramentos.....	4
5 Hidrólise, dissolução e solubilidade da rocha dunito	6
6 Bibliografia consultada	13



1 – Importância do magnésio como nutriente

A adubação com magnésio é frequentemente negligenciada e sua falta afeta o crescimento das plantas. Muitas funções essenciais das plantas requerem fontes adequadas de magnésio, sendo o seu papel mais visível na formação de raízes, clorofila e na fotossíntese. Muitas reações menos visíveis também são dependentes do suprimento adequado de magnésio. As deficiências de magnésio estão associadas a solos ácidos (sem calagem) e/ou a situações que provocam desequilíbrio, como excesso de adubação potássica. Conforme a Tabela 1, no solo os teores adequados são aqueles acima de $10 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ou mais propriamente de 15 - 20 % da CTC, devendo-se objetivar, ainda, a manutenção de uma relação adequada entre o cálcio e o magnésio, na base de 3-5:1 e destes com o potássio, a fim de que o excesso de um não afete a disponibilidade do outro, por antagonismo.

Tabela 1. Interpretação do pH e de Ca e Mg (Fonte: CFS – RS/SC, 1994)

Teor	Ca	Mg
	----- $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ -----	
Baixo	< 20	< 5
Médio	21 – 40	6 – 10
Alto	> 40	> 10

O Magnésio (Mg) é o 8º mineral mais abundante na crosta terrestre. O conteúdo de magnésio nos solos varia de 0,1 % em solos de textura grossa, arenosos em regiões úmidas até 4 % em solos de textura fina, em regiões áridas ou semi-áridas formados a partir de rochas com alto teor de Mg. O magnésio do solo origina-se da decomposição de rochas contendo minerais primários, são estes: - dolomita e silicatos com Mg (olivina, serpentina e biotita) ou ainda em minerais de argila secundários como: clorita, ilita, montmorilonita e vermiculita.

2 – Dunito como fonte de magnésio e silício para as plantas

O dunito é uma rocha ígnea, sendo essencialmente um peridotito, magmática ou eruptiva que resultou da formação devido ao resfriamento de magma derretido ou semiderretido. É constituído na maior parte por olivina, $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$, que geralmente apresenta-se na cor verde-oliva acinzentado, apesar de poder apresentar uma cor avermelhada devido à oxidação do ferro. Contém aproximadamente 40 % de óxido de magnésio (MgO) e 34 % de sílica (SiO_2), conforme Tabela 2.



Tabela 2. Características químicas do dunito. CMAG Fertilizantes, Agosto de 2018.

Amostra	MgO	Mg	SiO ₂	Si
(%).....			
Dunito	40	24	34	16

A Figura 1 expõe os minerais que compõem o Dunito de Pratápolis - MG, assim como as fases amorfas ou vítreas do referido produto pela difratometria a raio X.

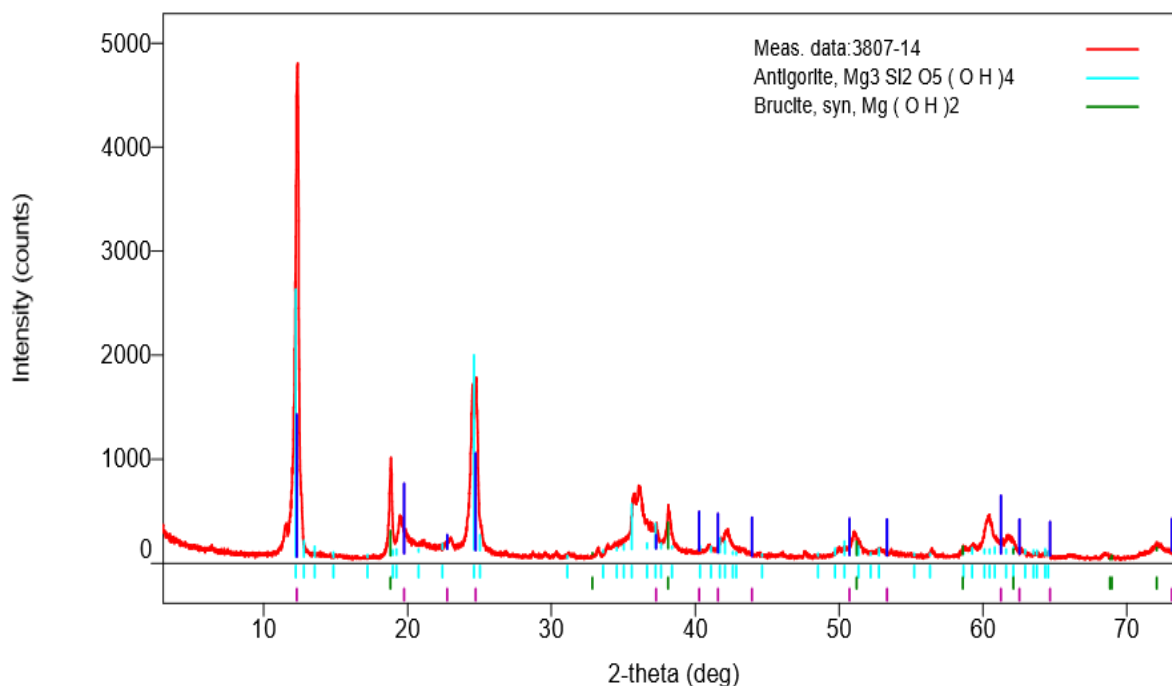


Figura 1. Difratoograma da rocha Dunito de Pratápolis – MG. Fornecido por CMAG Fertilizantes.

Com base na classificação das rochas ígneas que leva em conta o teor de SiO₂ presente tem-se as ácidas, as intermediárias e as básicas que contêm, respectivamente, mais de 65 % de SiO₂, 55 a 65 % de SiO₂ e menos de 55 % de SiO₂. Esta classificação é importante porque é a combinação do caráter ácido ou básico e da granulação fina ou a textura vítrea da rocha que determina a vulnerabilidade dos minerais que a compõem frente à resistência ao intemperismo e consequente disponibilização de Mg às plantas.

O dunito pode transformar-se em serpentinó, que é uma rocha composta de minerais hidratados de magnésio e sílica, formados pelo processo de serpentinização, porém com as mesmas características químicas e algumas diferenças na estrutura. Particularmente, parte do dunito de Pratápolis – MG, material do presente estudo, sofreu este processo de



serpentinização, porque mais de 90 % dos minerais de magnésio e sílica desta rocha sofreram variações de temperatura abaixo de 400°C, causando a hidratação desses minerais. Em toda serpentina, o mineral silicático dominante surge a partir da hidratação da olivina (forsterita) e/ou piroxênio enstatita, em condições metamórficas de baixo grau, podendo permanecer estável durante o metamorfismo regional de fácies anfíbolito, podendo substituir pseudomorficamente cristais de olivina, preservando as feições texturais originais da rocha e do minério.

3 – Posicionamento do dunito em relação ao teor de MgO

Baseado nas garantias químicas do produto, inseridas na Tabela 2 já mencionada, é possível verificar, com base no teor de MgO que a rocha aporta, qual o potencial da mesma em elevar o teor de Mg no complexo de troca catiônica (CTC) quando adicionada a um solo:

Para transformar MgO em Mg, basta multiplicar pelo fator de conversão 0,602, assim:

$40,28 \text{ kg de MgO} \times 0,602 \text{ (fator de conversão)} = 24 \text{ kg de Mg}$.

Então, em 100 kg de produto tem-se 24 kg de Mg. Como a unidade de medida para Mg nos resultados de análises de solo é milimol de carga por decímetro cúbico ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), tem-se:

Se 1 mol de Mg = 24 gramas (g), então 1 mmol de Mg = 24 miligramas (mg)

Para transformar este valor em milimol de carga (mmol_c) deve-se dividir a massa contida em 1 milimol de Mg (24 miligramas) por 2, pois o magnésio trocável possui 2 cargas (+2) e, portanto, cada íon de Mg ocupa dois lugares no complexo de troca ou capacidade de troca catiônica (CTC), assim:

$24 \text{ mmol (milimol) de Mg} / 2 = 12 \text{ mmol}_c \text{ (milimol de carga) de Mg}$.

Dessa forma, quanto equivale 1 $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg em kg ha^{-1} de Mg?

Considerando 1 $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg = 12 mg dm^{-3} de Mg e 1 hectare na profundidade de 0 a 20 cm = 2.000.000 decímetros cúbicos ou $2 \times 10^6 \text{ dm}^3$, tem-se:



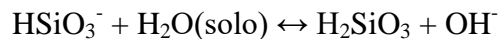
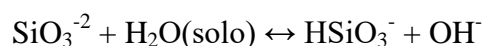
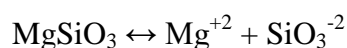
$$1 \text{ dm}^3 = 12 \text{ mg de Mg}$$

$$2 \times 10^6 \text{ dm}^3 (1 \text{ ha}) = 24 \times 10^6 \text{ mg de Mg} = 24 \text{ kg de Mg}$$

Adicionando 100 kg ha^{-1} de dunito significa fornecer 24 kg ha^{-1} de Mg. Se $1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg = 24 kg ha^{-1} de Mg, então cada 100 kg de dunito aplicado em 1 hectare tem potencial para elevar o teor de Mg de um solo em 1 mmol_c na CTC.

4 – Efeitos do silício do dunito e seus desdobramentos

Em relação ao silício (Si), o dunito apresenta $34,17 \%$ de sílica (SiO_2) (Tabela 2), equivalente a 16% de Si. Para efetuar a transformação de SiO_2 em Si basta multiplicar pelo fator de conversão $0,4675$. Os silicatos do dunito contribuem para a correção da acidez, pois promovem no solo a elevação do pH, por meio da ação neutralizante da base SiO_3^{-2} , explicada por Alcarde (1992) através das seguintes reações:



Como material corretivo, assim como o calcário, as escórias siderúrgicas que aportam cálcio (Ca) e/ou magnésio (Mg) e silício em sua composição e o dunito, que é constituído de silicatos de magnésio (MgSiO_3), podem corrigir a acidez do solo. Entretanto, a magnitude da elevação de pH do solo através da adição de dunito é menor e ocorre de uma maneira mais lenta comparada à adição de calcário e escória, como pode ser observado na Figura 2. Utilizando doses elevadas dos produtos calcário, escória e dunito, é possível entender o comportamento desses materiais na correção do solo. O calcário e a escória apresentam comportamentos semelhantes e superam de maneira significativa o poder tampão do solo proporcionando um alto aumento do pH tendendo à estabilização em doses mais altas. Já para o dunito, o efeito é mais tênue devido à menor capacidade do produto em superar o poder tampão de acidez do solo, embora apresente efeito corretivo de acidez. A elevação controlada do pH, proporciona menor impacto sobre a microbiota decompositora da matéria orgânica do solo, extremamente sensível à mudanças de acidez, característica importante para possível veiculação do produto via fontes orgânicas.



na arquitetura foliar e na taxa fotossintética, bem como o aumento da tolerância ao déficit hídrico.

5 – Hidrólise, dissolução e solubilidade da rocha dunito

O dunito consiste em uma fonte de Mg e Si de liberação controlada, onde o mecanismo desta liberação é natural, ou seja, não foram necessários custos industriais para aumentar a reatividade do material no solo, além da simples moagem. O mecanismo de liberação do Mg e Si do produto é comprovadamente regulado pela demanda da planta, uma vez que é dependente da remoção dos produtos dos equilíbrios de dissolução e hidrólise dos minerais que compõem a rocha, sendo este fator mais determinante, inclusive, que a acidez do solo. O principal desdobramento da liberação controlada é a perspectiva no aumento da eficiência da adubação magnésiana via dunito, uma vez que possibilita menores perdas por lixiviação de Mg em decorrência da cinética de dissolução ser mais lenta que fontes solúveis.

Também sob este aspecto, o produto torna-se interessante para culturas semiperenes e perenes como cana, eucalipto, pastagens, café, laranja e fruteiras de uma maneira geral, pois as taxas de liberação de nutrientes são mais ajustadas à demanda das culturas ao longo do tempo. O fato de o produto ser de liberação controlada abre a possibilidade de aplicação antecipada ou em dose única que, sob o ponto de vista financeiro, torna-se extremamente atrativo para algumas culturas por proporcionar reduções nos custos operacionais.

Como dissolução e hidrólise são as duas reações básicas do intemperismo que irão garantir a liberação de Mg do dunito, a granulometria é um fator extremamente importante na velocidade de dissolução dos minerais. Pesquisas apontam que partículas maiores que 0,2 milímetros afetam negativamente a velocidade de solubilização dos agrominerais, permitindo inferir que quanto maior a superfície específica maior a reatividade (CARVALHO, 2012). Contudo, é interessante ressaltar que somente a granulometria fina do produto não permite relações diretas com a eficiência deste em campo. Outros fatores relacionados à gênese do material tornam-se relevantes, como a qualidade e o tamanho dos cristais. Se por um lado, materiais mais finos aumentam a velocidade de dissolução, por outro, existe a preocupação de doses elevadas desses produtos associados à baixa solubilidade afetar negativamente a porosidade do solo, diminuindo a respiração das raízes e prejudicando o crescimento de plantas. Entretanto, trabalhando com dosagens entre 500 a 1500 kg ha⁻¹ em campo durante 4 anos de ensaios com o produto, tanto em nível comercial como científico, o Departamento



Técnico da CMAG não relatou problemas na física do solo que restringisse o crescimento de raízes por entupimento da macroporosidade.

Os materiais mais finos (tamanho de argila e silte, ou seja, respectivamente, menores que 0,002 mm e entre 0,002 e 0,05 mm) disponibilizam mais facilmente seus principais elementos, podendo, em função do intemperismo ou da abrasão, se transformar mais rapidamente em argilominerais (THEODORO et al. 2006). Esse caso é especialmente importante dos rejeitos que contêm feldspatos, piroxênios, olivinas, flogopitas e apatitas. Por outro lado, os materiais com granulometria mais grosseira podem estender, por um período mais longo, o tempo da oferta de nutrientes. Nesse caso, as práticas de manejo e a irrigação, comuns na agricultura, favorecem a quebra da estrutura dos minerais, tornando possível, ao longo do tempo, a disponibilização de diferentes nutrientes (COLA; SIMÃO, 2012).

De acordo com Cola e Simão (2012), o intemperismo químico destaca-se pela ação da água da chuva, que atua nos minerais das rochas e os decompõem, dando origem a novos minerais e a solutos que migram pelas fraturas do solo. Com a adição de pó de rocha ao solo, a água, através do intemperismo químico, irá agir sobre o material pétreo, decompondo-o lentamente, podendo liberar, de forma gradual, os elementos químicos para as plantas (SILVA FILHO; VIDOR, 2001). As principais reações de intemperismo químico são: i) hidratação, que consiste na atração entre os dipolos das moléculas de água e as cargas elétricas não neutralizadas da superfície – absorção de H_2O na estrutura do mineral, formando um novo mineral; ii) dissolução, que consiste na solubilização completa (congruente) ou incompleta (incongruente) do mineral; iii) hidrólise, por exemplo, onde os silicatos de alumínio (Al) ou ferro (Fe), que são convertidos em argilomineral ou hidróxido de Fe ou Al, acompanhado pela perda de cátions e pela incorporação de H^+ das soluções lixiviantes; iv) oxidação, que envolve o processo de transferência de elétrons, onde o íon receptor de elétrons é reduzido e o que doa o elétron é oxidado, e; v) acidólise, que trata-se da influencia dos ácidos orgânicos que promovem a redução do pH da água possibilitando a solubilização dos minerais presentes no solo (KAMPF; CURI; MARQUES, 2009).

A capacidade das plantas em solubilizar minerais está associada à alteração do pH da rizosfera devido à liberação dos íons H^+ , OH^- e HCO_3^- resultantes da respiração e da absorção de íons (NEUMANN; ROMHELD, 2012). Os ácidos orgânicos excretados pelas raízes e por microorganismos podem incrementar a dissolução dos minerais (GRINSTED et al., 1982), sendo esta maior na presença de ácidos orgânicos que na presença de ácidos inorgânicos em concentrações semelhantes (HARLEY, GILKES, 2000). As propriedades complexas dos ácidos orgânicos permitem o enfraquecimento das ligações metal-oxigênio da superfície do



mineral mesmo em reduzidas concentrações em solução (WELCH; ULLMAN, 1993). Como resultado, os ácidos orgânicos podem dissolver silicatos até em condições de neutralidade, onde os mecanismos baseados apenas em extrusão de prótons estariam limitados (WELCH; ULLMAN 1993). Alguns ácidos orgânicos têm mostrado ação efetiva na dissolução de feldspatos, micas e olivinas (HARLEY; GILKES, 2000).

A solubilização dos minerais é um processo diretamente relacionado à atividade biológica e, portanto, a liberação dos nutrientes dos pós de rochas tende ser mais efetiva quando sua utilização for realizada de forma concomitante com práticas culturais que estimulem a microbiota do solo (CARVALHO, 2012), como a compostagem. Além dos mecanismos ativos ligados à aquisição de nutrientes pela microbiota, as altas temperaturas do processo de compostagem tendem a promover dissolução mais rápida dos minerais (HARLEY; GILKES, 2000). Com isso, alguns trabalhos têm demonstrado que a adição de pós de rocha ao processo de compostagem podem promover incrementos expressivos na disponibilização de nutrientes em relação à não adição, como já demonstrado em vários trabalhos reportados na literatura.

A acidez presente nos microsítios e na rizosfera, além da retirada dos produtos solúveis da solução do solo pelas plantas estimula ainda mais a intemperização e a disponibilização do Mg do produto. A reação de hidrólise permite a dissolução dos minerais da rocha originando além de Mg solúvel, frações intermediárias, como minerais de argila (vermiculita, por exemplo), ponto importante para a utilização do termo remineralizador de solo. Segundo Marques et al. (2004) e Martins (2010), as rochas, ao sofrerem o intemperismo, liberam gradualmente os nutrientes e geram argilas que elevam a CTC do solo. Consequentemente, levam a um enriquecimento dos solos tropicais que, geralmente, se apresentam lixiviados, com baixa fertilidade, baixa CTC, além de promover um maior efeito residual comparativamente às fontes solúveis (MARQUES et al., 2004). Entretanto, a demonstração desse fenômeno não é tão simples, pois em solos muito intemperizados, como latossolos, o argilomineral continua se intemperizando promovendo a liberação de Al e Si para a solução do solo. Além disso, não há demonstrações experimentais de aumento no valor da capacidade de troca catiônica total (CTC total) do solo pela adição do produto, sendo prudente a não utilização do termo remineralizador, até que pesquisas elucidem melhor o fenômeno.

Trabalhando com doses de Dunito nas relações Ca:Mg de 4:1, 3:1, 2:1 e 1:1 em solo arenoso e argiloso na cultura da soja, Moretti, Crusciol e Rossi observaram que os teores de magnésio e silício foliar se ajustaram significativamente à regressões lineares crescentes em



função das doses de Dunito, conforme verifica-se nas Figuras 3, 4 (solo arenoso), 5 e 6 (solo argiloso).

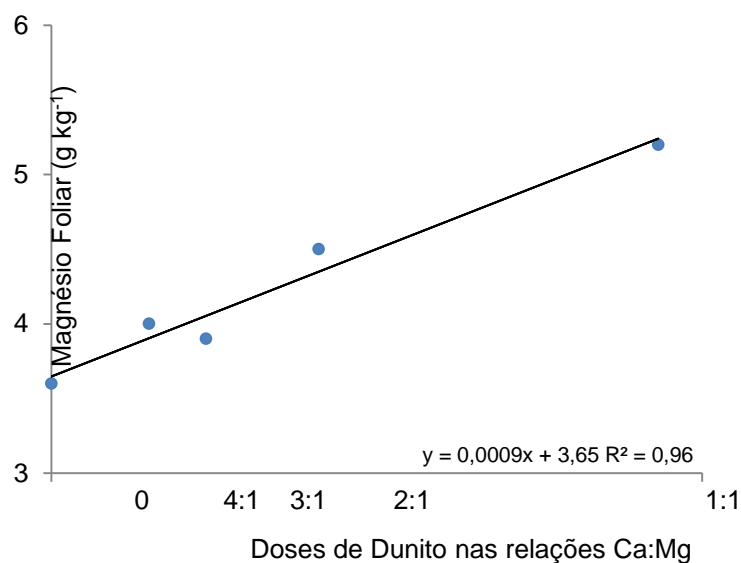


Figura 03. Teor de Magnésio foliar (g kg⁻¹) na cultura da **soja**, cultivado em solo **arenoso**, em função dos tratamentos utilizados. Botucatu, 2016/17.

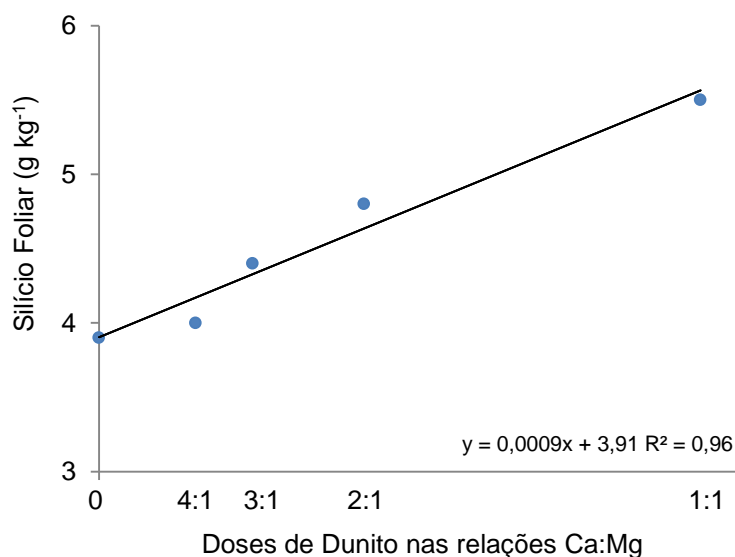


Figura 04. Teor de Silício foliar (g kg⁻¹) na cultura da **soja**, cultivado em solo **arenoso**, em função dos tratamentos utilizados. Botucatu, 2016/17.



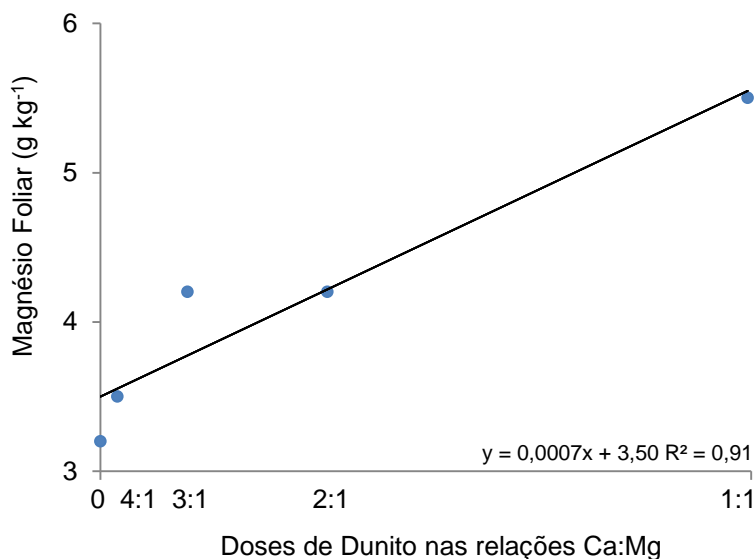


Figura 05. Teor de Magnésio foliar (g kg⁻¹) na cultura da **soja**, cultivado em solo **argiloso**, em função dos tratamentos utilizados. Botucatu, 2016/17.

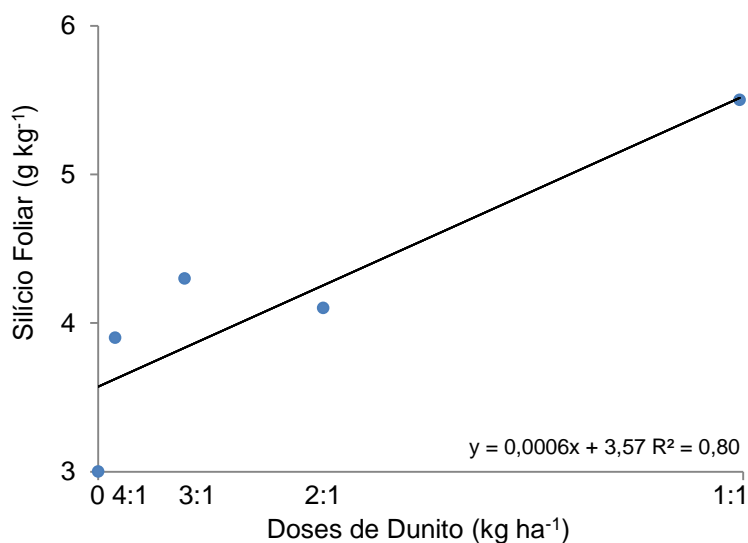


Figura 06. Teor de Silício foliar (g kg⁻¹) na cultura da **soja**, cultivado em solo **argiloso**, em função dos tratamentos utilizados. Botucatu, 2016/17.

No mesmo trabalho, esses autores verificaram nos solos arenoso e argiloso ajuste linear crescente para a massa de 100 grãos e ajustes quadráticos positivos para a massa de matéria seca de plantas e produtividade de grãos (Figuras 07; 08 e 09 em solo arenoso e Figuras 10; 11 e 12 em solo argiloso, respectivamente). E efeito significativo para massa de matéria seca de plantas e produtividade de grãos.



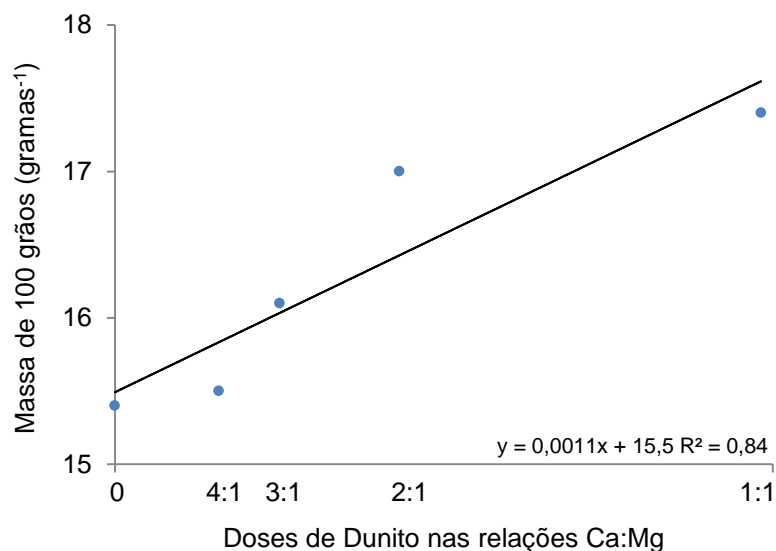


Figura 07. Massa de 100 grãos (g^{-1}) da cultura da **soja**, cultivado em solo **arenoso**, em função dos tratamentos utilizados. Botucatu, 2016/17.

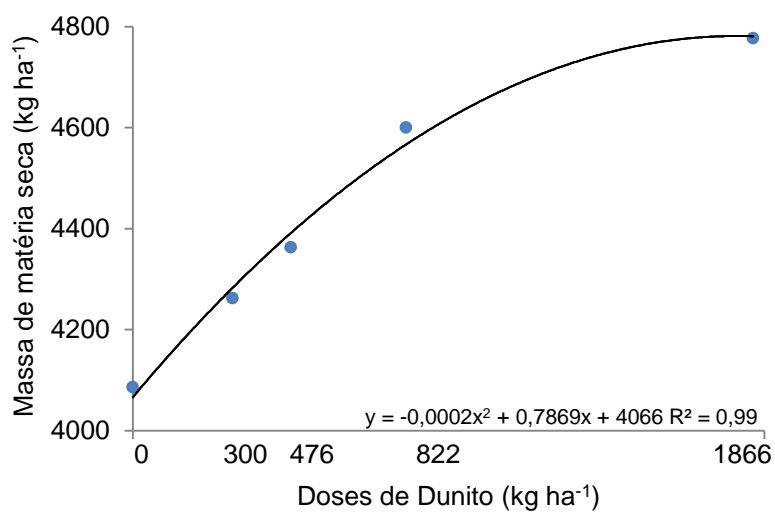


Figura 08. Massa de matéria seca de plantas de **soja** ($kg\ ha^{-1}$), cultivado em solo **arenoso**, em função dos tratamentos utilizados. Botucatu, 2016/17.



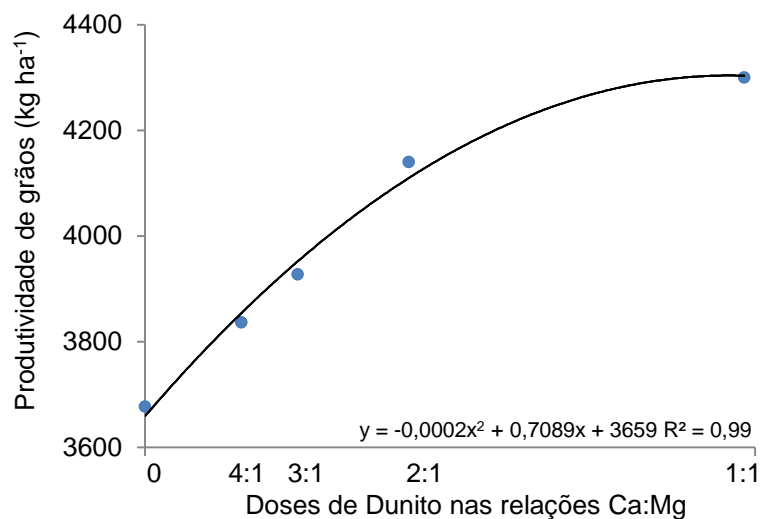


Figura 09. Produtividade de grãos de **soja** (kg ha⁻¹), cultivado em solo **arenoso**, em função dos tratamentos utilizados. Botucatu, 2016/17.

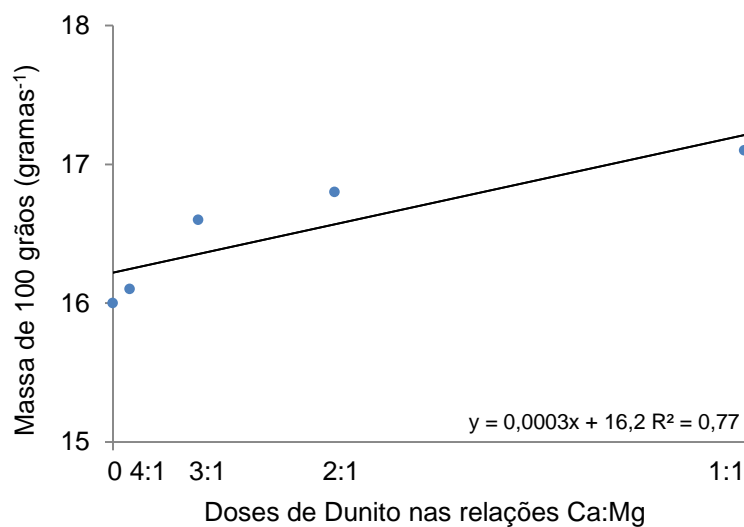


Figura 10. Massa de 100 grãos (g⁻¹) da cultura da **soja**, cultivado em solo **argiloso**, em função dos tratamentos utilizados. Botucatu, 2016/17.



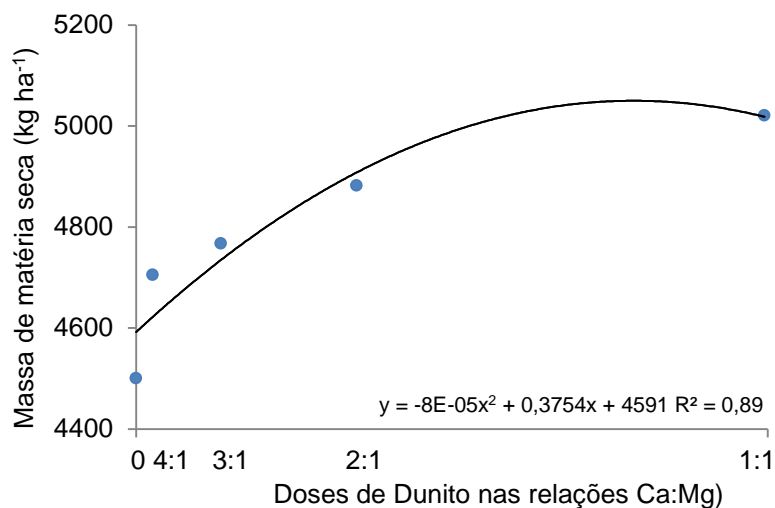


Figura 11. Massa de matéria seca de plantas de **soja** (kg ha⁻¹), cultivado em solo **argiloso**, em função dos tratamentos utilizados. Botucatu, 2016/17.

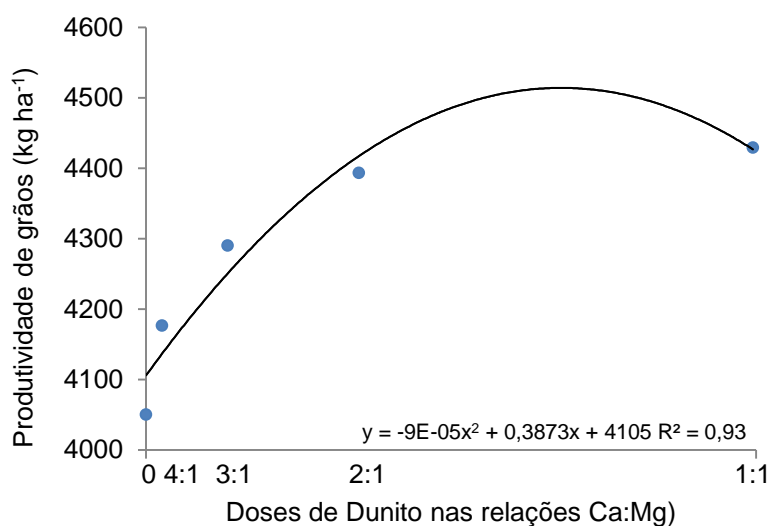


Figura 12. Produtividade de grãos de **soja** (kg ha⁻¹), cultivado em solo **argiloso**, em função dos tratamentos utilizados. Botucatu, 2016/17.

6 – Bibliografia consultada

ALCARDE, J.C. **Corretivos da acidez dos solos**: Características e interpretações técnicas. 2 ed. São Paulo, ANDA, 1992. 26p. (Boletim Técnico, 6).



CARVALHO, A. M. X. **Rochagem e suas interações no ambiente solo**: contribuições para aplicação sobre agroecossistemas sob manejo agroecológico. Viçosa, 2012. 116 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa.

COLA, G. P. A.; SIMÃO, J. B. P. Rochagem como forma alternativa de suplementação de potássio na agricultura agroecológica. **Revista Verde**, Mossoró, v.7, n. 1, p. 1 – 8, 2012.

GRISNTED, M. J.; HEDLEY, M. J.; WHITE, R. E.; NYE, P. H. Plant induced changes in the rhizosphere of rape (*Brassica napus* var. Emerald) seedling: 1. pH change and the increase in P concentrations in the soil solution. **New Phytologist**, v. 91, n.1, p. 19 – 29, 1982.

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

KÄMPF, N.; CURI, N.; MARQUES, J. J. Intemperismo e ocorrência de minerais no ambiente do solo. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (Ed.). **Química e mineralogia do solo**: conceitos básicos. Viçosa: SBCS, 2009. v. 1, p. 333-379.

LUIZ, G. M; CRUSCIOL, C. A. C; ROSSI, R.; MICHERI, P. H.; ALVES, C. J. Soil chemical attributes, nutrition and yield of corn and soybean as a function of the application of magnesium silicate. In: **XXI WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE**. 2018, Rio de Janeiro.

MARQUES, J. J.; SCHULZE, D. G.; CURI, N.; MERTZMAN, S. A. Major element geochemistry and geomorphological relationship in Brazilian Cerrado soils. **Geoderma**, Amsterdam, v. 119, n. 3/4, p. 179 -195, 2004.

MARTINS, E. S. **Uso potencial de rochas regionais como fontes de nutrientes e condicionador do solo**. Jataí: EMBRAPA Cerrados, 2010. Disponível em: <<http://www.redeaplmineral.org.br/biblioteca/eventos/1b0seminario-apl-do-sudoestegoiano/08%20-%20Palestra%20Eder%20Martins.pdf> >. Acesso em: 10 março de 2016.



NEUMANN, G.; ROMHELD, G. Rhizosphere chemistry in relation to plant nutrition. In: MARCHNER, P. (Ed.). **Mineral nutrition of higher plants**, 3 ed. Academic Press, 2012. 650p.

SILVA FILHO, G. N.; VIDOR, C. Atividade de microrganismos solubilizadores de fosfatos na presença de nitrogênio, ferro, cálcio e potássio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 12, 1495 – 1508, p. 2001.

THEODORO, S. C. H.; LEONARDOS, O. H.; ROCHA, E. L.; REGO, K. G. Experiências do uso de rochas silicáticas como fonte de nutrientes. **Espaço & Geografia**, Brasília, v. 9, n., p.263 – 292, 2006.

WELCH, S. A.; ULLMAN, W. J. The effect of organic acids on plagioclase dissolution rates and stoichiometry. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, Londres, v. 57, p. 2725 – 2723, 1993.

