



FERTBIO 2012

A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola
17 a 21 de Setembro - Centro de Convenções - Maceió/Alagoas

Teor e acúmulo de micronutrientes na parte aérea do arroz adubado com fontes alternativas de nutrientes

André Leite Silva⁽¹⁾; Eduardo Lopes Cancellier⁽²⁾; Danilo de Araújo Soares⁽³⁾; Douglas Ramos Guelfi Silva⁽⁴⁾; André Baldansi Andrade⁽¹⁾; Paulo Renato de Costa Rezende⁽¹⁾; Andreane Bastos Pereira⁽¹⁾; Giuliano Marchi⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Graduando em Agronomia, Bolsista de Iniciação Científica do CNPq/FAPEMIG; Departamento de Ciência do Solo; UFLA; andre.ba.eng@agronomia.ufla.br ⁽²⁾ Aluno de Mestrado; Departamento de Ciência do Solo; Universidade Federal de Lavras; Lavras, MG, Brasil, CEP: 37200-000, Caixa-Postal: 3037; educancellier@gmail.com; ⁽³⁾ Aluno de Doutorado; Departamento de Ciência do Solo; Universidade Federal de Lavras; Lavras, MG, Brasil, CEP: 37200-000, Caixa-Postal: 3037; daniloagro@ymail.com ⁽⁴⁾ Professor, DCS/Universidade Federal de Lavras; Lavras, MG, Brasil, CEP: 37200-000, Caixa-Postal: 3037, douglasguelfi@dcs.ufla.br; ⁽⁵⁾ Pesquisador; Embrapa Cerrados, DF, Brasil, CEP: 73310-970; giuliano.marchi@cpac.br.

RESUMO – As rochas moídas são fertilizantes que podem ser considerados multinutrientes, pois, além do potássio, têm em suas composições minerais silicatados que possuem na sua matriz outros macro e micronutrientes em concentrações variadas dentre os principais o fósforo, cálcio, magnésio, níquel, cobre e zinco. O estudo foi conduzido com o objetivo avaliar o efeito de fontes alternativas de nutrientes, no teor e acúmulo de micronutrientes (Ni, Cu e Zn) na parte aérea de arroz. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial 4x6: quatro rochas silicáticas moídas e dois subprodutos de mineração, utilizados como fontes alternativas de nutrientes (brecha, ultramáfica, biotita-xisto, subproduto de mineração, flogopitito e subproduto de chapada), e quatro doses de potássio (0-controle; 200; 400; 600 kg K₂O ha⁻¹), com quatro repetições. As quantidades de rochas moídas foram definidas com base na concentração de óxido de potássio (K₂O), entretanto, também levaram ao solo micronutrientes. Para teor e acúmulo de Ni na parte aérea, a ultramáfica, flogopitito e biotita-xisto se diferenciaram entre si e foram superior as demais rochas. O subproduto de mineração se destacou entre as rochas quanto ao acúmulo e de teor de Zn na parte aérea. O teor de Cu na parte aérea do arroz é maior na testemunha e o acúmulo é maior com o subproduto de chapada, de mineração e a ultramáfica indicando pequena liberação desse micronutriente das fontes alternativas de nutrientes. Portanto, rochas moídas podem ser utilizadas como fontes de nutrientes para as plantas.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, minerais silicatados, zinco

INTRODUÇÃO - O aumento no consumo de potássio na agricultura nos últimos anos, aliado a forte dependência de importação de fertilizantes contendo esse nutriente em sua composição e a carência de uma fonte de potássio

para a agricultura orgânica (Baken, 2000) fez com que a utilização de rochas viesse à tona novamente (Van Straaten, 2006).

O presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito de fontes alternativas de nutrientes, no teor e acúmulo de micronutrientes (Ni, Cu e Zn) na parte aérea de arroz.

MATERIAL E MÉTODOS - Amostras de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, com textura média, foram coletadas no município de Itutinga - MG, sob vegetação natural, na profundidade de 0 a 20 cm. Posteriormente, o solo coletado foi seco ao ar, destorroado, homogeneizado e colocado nos vasos de cultivo na quantidade de 3,7 kg por vaso. Os resultados da caracterização química e física do solo foi: pH (água) = 4,9; M.O = 0,8 dag kg⁻¹; K = 22 mg dm⁻³; S = 5,4 mg dm⁻³; P (Mehlich) = 0,9 mg dm⁻³; Ca = 0,1 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,1 cmol_c dm⁻³; Al = 0,1 cmol_c dm⁻³; H+Al = 1,7 cmol_c dm⁻³; SB = 0,3 cmol_c dm⁻³; t = 0,4 cmol_c dm⁻³; T = 2,0 cmol_c dm⁻³; Fe = 27,4 mg dm⁻³; Zn = 0,6 mg dm⁻³; Cu = 0,4 mg dm⁻³; B = 0,0 mg dm⁻³; Mn = 0,4 mg dm⁻³; Areia = 600 g kg⁻¹; Silte = 170 g kg⁻¹; Argila = 230 g kg⁻¹.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e os tratamentos foram distribuídos em arranjo fatorial 4x6: quatro rochas silicáticas moídas e dois subprodutos de mineração, com potencial para serem utilizados como fontes alternativas de nutrientes (brecha, ultramáfica, biotita xisto, subproduto de mineração de Sete Lagoas-MG, flogopitito e subproduto de mineração de Chapada-GO), quatro doses de potássio (0; 200; 400; 600 kg K₂O ha⁻¹), com quatro repetições. As quantidades de rochas moídas foram definidas com base na concentração de óxido de potássio (K₂O); (Tabela 1 As rochas foram adicionadas ao solo dos vasos na sua granulometria original (Tabela 2), ou seja, da maneira como serão aplicadas sem maiores custos energéticos para moagem. Além do potássio, as fontes utilizadas nesse estudo também são fornecedoras de micronutrientes,

como níquel, cobre e zinco, que foram adicionados ao solo de cultivo em quantidades variadas de acordo com a dose de K₂O aplicada nos diferentes tratamentos (Tabela 3).

Tabela 1 - Teores totais de K₂O, Cu, Zn e Ni nas rochas moídas¹.

Rochas	K ₂ O ⁽²⁾	Cu ⁽³⁾	Zn ⁽³⁾	Ni ⁽³⁾
	%	-----mg kg ⁻¹ -----		
Brecha	2,18	59,9	128,7	73,9
Ultramáfica	3,1	87,4	113,1	651,9
SBC ⁽⁴⁾	3,39	437,5	123,0	2,8
SBM ⁽⁵⁾	11,8	816,8	28.184	380,3
Biotita xisto	2,07	9,9	290,5	146,4
Flogopitito	7,71	9,1	902,7	1425,2

⁽¹⁾Rochas moídas a 0,3 mm para esta análise. ⁽²⁾Método 4A&4B do laboratório Acmelabs (Canadá) que tem como princípio a fusão da amostra em metaborato/tetraborato de lítio. ⁽³⁾Método 3052 USEPA (2008). ⁽⁴⁾Subproduto de chapada; ⁽⁵⁾Subproduto de mineração.

Tabela 2 - Caracterização das frações granulométricas das rochas moídas.

Rochas	Granulometria				
	>1	0,4	0,25	0,125	<0,125
	mm	mm	mm	mm	mm
-----%-----					
Biotita	9,9	30,1	25,0	23,4	11,6
Flogopitito	11,6	27,4	35,8	13,6	11,6
SBC ⁽¹⁾	21,1	23,8	13,9	22,6	18,6
Brecha	32,9	31,7	9,3	22,0	4,2
Ultramáfica	22,1	20,8	14,3	22,3	20,4
SBM ⁽²⁾	26,6	28,3	8,6	32,4	4,1

⁽¹⁾Subproduto de chapada. ⁽²⁾Subproduto de mineração.

Após a adição das rochas aos vasos foi realizada a semeadura de 10 sementes de arroz cv. Curinga por vaso no dia 19/11/2010, sendo mantidas duas plantas por vaso. A adubação de manutenção, foi realizada com reagentes (p.a) em todos os tratamentos, com 450 mg kg⁻¹ de P no plantio, 300 mg kg⁻¹ de N em três coberturas e 50 mg kg⁻¹ de S junto com a segunda das coberturas nitrogenadas, sem adição de micronutrientes.

O experimento foi colhido aos 120 dias após a semeadura, quando as plantas foram seccionadas rente ao solo. Do material colhido foram separadas as folhas e o sistema radicular que foi retirado dos vasos com o auxílio de jato d'água dirigido sobre o substrato. Todo o material da planta foi acondicionado em sacos de papel e seco a 75°C em estufa com circulação de ar forçada até peso constante. Após a secagem, determinou-se o peso da massa seca de raiz e parte aérea. Posteriormente, a parte aérea foi moída sendo dela retirada amostras equivalentes a dois gramas, as quais foram submetidas à digestão nitroperclórica para determinação nos extratos os teores de Ni, Cu e Zn. Os acúmulos de Ni, Cu e Zn foram determinados pelo produto entre o peso seco e o teor desses nutrientes na parte aérea do arroz.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, sendo detectadas diferenças, aplicou-se o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, por meio do software SISVAR 4.3[®] (Ferreira, 2003) para as

comparações entre médias e, para os efeitos de doses e rochas e sua interação, aplicou-se análises de regressão, sendo os modelos matemáticos escolhidos segundo as equações com melhores ajustes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO - Foi observada significância ($p < 0,05$) entre doses, fontes, bem como para a interação entre esses fatores para teor e acúmulo de Ni e Zn na parte aérea. O teor de níquel teve efeito diferenciado com a aplicação das rochas moídas (Figura 1a). Os teores de Ni na parte aérea do arroz foram mais elevados nas rochas que adicionaram mais níquel ao solo (Tabela 3), ou seja, ultramáfica, flogopitito e biotita xisto. As rochas ultramáficas em geral são as que apresentam maiores teores totais de Ni em sua composição (Brady, 2002). Entretanto a dissolução dos minerais é variada, o que pode influenciar a disponibilidade do Ni e de todos outros nutrientes presentes na composição das rochas moídas. Para o Ni presente em tecidos de folhas maduras de várias espécies a suficiência ocorre no intervalo entre 0,1-5 mg kg⁻¹, e o excesso (toxidez) com teores entre 10-100 mg kg⁻¹ (Kabata-Pendias, 2001). Portanto, pode-se dizer que nesse estudo os teores de níquel na parte aérea do arroz se encontram na faixa de suficiência.

Outro micronutriente liberado pelos fertilizantes alternativos é o Zn que foi encontrado na parte aérea do arroz em teores na faixa de 79,5 e 10,8 mg kg⁻¹, na dose de 200 kg de K₂O ha⁻¹ aplicado pelo subproduto de mineração, e 400 kg de K₂O ha⁻¹ aplicado pela ultramáfica, respectivamente. O subproduto de mineração se destacou entre as rochas no aumento do teor de Zn na parte aérea das plantas (Fig. 1b)

De acordo com estudos realizados por Fageria (2000) teores de Zn na massa seca do arroz considerados adequados e tóxicos são 67 e 673 mg kg⁻¹, respectivamente. Dessa forma, dentre os materiais selecionados o subproduto de mineração surge como uma fonte alternativa desse micronutriente para o arroz, aliado ao fato de ainda liberar K, Ni e Cu.

Da maneira semelhante ao que ocorreu para o teor de Ni, as rochas ultramáfica, flogopitito e a biotita xisto se diferenciaram entre si e das demais no que se refere a acúmulo de Ni na parte aérea do arroz (Figura 2a). Já para o Zn, foi o subproduto de mineração que promoveu maiores valores de acúmulo na parte aérea das plantas de arroz se diferenciando dos demais materiais (Figura 2b).

Essa diferença entre as rochas moídas pode ser explicada devido ao subproduto de mineração ter maiores teores totais de Zn em sua composição (Tabela 3) e adicionar maiores quantidades de Zn disponível em comparação às demais rochas moídas.

As doses de potássio aplicadas pelas rochas moídas influenciaram significativamente ($p < 0,05$) o teor e o acúmulo de Cu na parte aérea do arroz (Figura 3a e 3b). O teor de Cu na parte aérea do arroz foi maior onde não houve a aplicação das rochas moídas. Isso aconteceu devido ao efeito diluição do nutriente, que no tratamento testemunha (sem aplicação de rochas moídas) estava em maior concentração na parte aérea porque a produção de biomassa foi menor. Segundo Fageria et al. (1995) os a faixa adequada de cobre na cultura do arroz está entre 5 e 20 mg kg⁻¹, indicando que não houve deficiência deste

nutriente no experimento. Quando se observa os resultados do acúmulo de Cu na parte aérea (Figura 3b) pode-se ver que o acúmulo de Cu (produto entre o teor e produção de massa seca) aumentou com a quantidade de K₂O aplicada na forma de rocha moída. Para cada 100 kg de K₂O ha⁻¹ aplicados na forma de rocha moída houve uma resposta em acúmulo de Cu na parte aérea do arroz de 3,66 mg vaso⁻¹.

Em relação ao efeito das rochas, isoladamente das doses de K₂O no acúmulo de Cu pelo arroz, nota-se que as rochas moídas foram separadas em dois grupos (Figura 3c). No primeiro grupo, que promoveu os maiores valores de acúmulo de Cu na parte aérea ficaram: o subproduto de chapada, ultramáfica e subproduto de mineração e, no segundo grupo, ficaram a biotita xisto, flogopitito e brecha com os menores valores de acúmulo de Cu. Essa resposta das plantas está de acordo com a quantidade aplicada de Cu nos tratamentos que foram definidos com base no teor de K₂O (Tabela 3).

Na grande parte das situações o teor e o acúmulo de determinado elemento químico, nutriente de plantas ou não, nas diferentes partes das plantas ocorre em função da sua disponibilidade no solo e os teores na planta aumentam com a elevação da sua concentração na solução do solo (Gussarsson et al., 1995).

CONCLUSÕES - O teor de Cu na parte aérea do arroz é maior na testemunha e o acúmulo é maior com o subproduto de chapada, de mineração e a ultramáfica indicando pequena liberação desse micronutriente das fontes alternativas de nutrientes.

O subproduto de mineração promove maiores valores de teor e acúmulo de Zn na parte aérea das plantas.

AGRADECIMENTOS – Os autores agradecem ao CNPq pelo suporte financeiro dado a essa pesquisa.

REFERÊNCIAS

BAKEN, A. K.; GAUTNEB, H.; SVEISTRUP, T.; MYHR, K. Crushed rocks and mine tailings applied as K fertilizers on grassland. *Nutr Cycl Agroecosys*, 56:53-57, 2000

BRADY, N. C. and R. R. WEIL. 2002. **The nature and properties of soils**. 13th ed. Pearson Education Inc., Upper Saddle River, NJ, U.S.A. 960 p, 2002.

FAGERIA, N.K.; FERREIRA E.; PRABHU, A.S.; BARBOSA FILHO, M.P.; FILIPPI, M.C. **Seja o doutor do seu arroz**. Arquivo do agrônomo nº 10 – set. 1995.

FAGERIA, N. K. Níveis adequados e tóxicos de zinco na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient*, 4:390 -395, 2000.

FERREIRA DF. 2003. **Sisvar** versão 4.2. DEX/UFLA.

GUSSARSSON, M.; ADALSTEINSSON, P.J.; JENSÉN, P.; ASP, H. Cadmium and copper interactions on the accumulation and distribution of Cd and Cu in birch (*Betula pendula* Roth) seedlings. *Plant Soil*, 171:185-187, 1995.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2001. 413 p.

VAN STRAATEN, P.V. Farming with rocks and minerals: Challenges and opportunities. *An. Acad. Bras. Cienc.*, 78: 731-747, 2006.

WILPERT, K.; LUKES, M. Ecochemical effects of phonolite rock powder, dolomite and potassium sulfate in a spruce stand on a acidified glacial loam. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 65:115-127, 2003.

Tabela 3. Quantidade total de rochas adicionadas aos tratamentos das rochas e de micronutrientes (mg vaso⁻¹) aplicados nos tratamentos.

Rochas	200 kg de K ₂ O ha ⁻¹				400 kg de K ₂ O ha ⁻¹				600 kg de K ₂ O ha ⁻¹			
	Total de rocha aplicado	Ni	Cu	Zn	Total de rocha aplicado	Ni	Cu	Zn	Total de rocha aplicado	Ni	Cu	Zn
	g vaso ⁻¹	mg vaso ⁻¹			g vaso ⁻¹	mg vaso ⁻¹			g vaso ⁻¹	mg vaso ⁻¹		
Brecha	20,5	1,51	1,22	2,63	40,9	1,51	1,22	2,63	61,4	4,53	3,66	7,89
Ultramáfica	14,4	9,37	1,26	1,63	28,8	9,37	1,26	1,63	43,2	28,11	3,78	4,89
SBC ⁽¹⁾	13,2	0,04	5,75	1,61	26,3	0,04	5,75	1,61	39,5	0,12	17,25	4,83
SBM ⁽²⁾	3,8	1,44	3,09	106,53	7,6	1,44	3,09	106,53	11,3	4,32	9,27	319,59
Biotita Xisto	24,5	3,59	0,24	7,13	43,1	3,59	0,24	7,13	64,6	10,77	0,72	21,39
Flogopitito	5,8	8,24	0,005	5,22	11,6	8,24	0,005	5,22	17,3	24,72	0,015	15,66

⁽¹⁾Subproduto de chapada. ⁽²⁾Subproduto de mineração

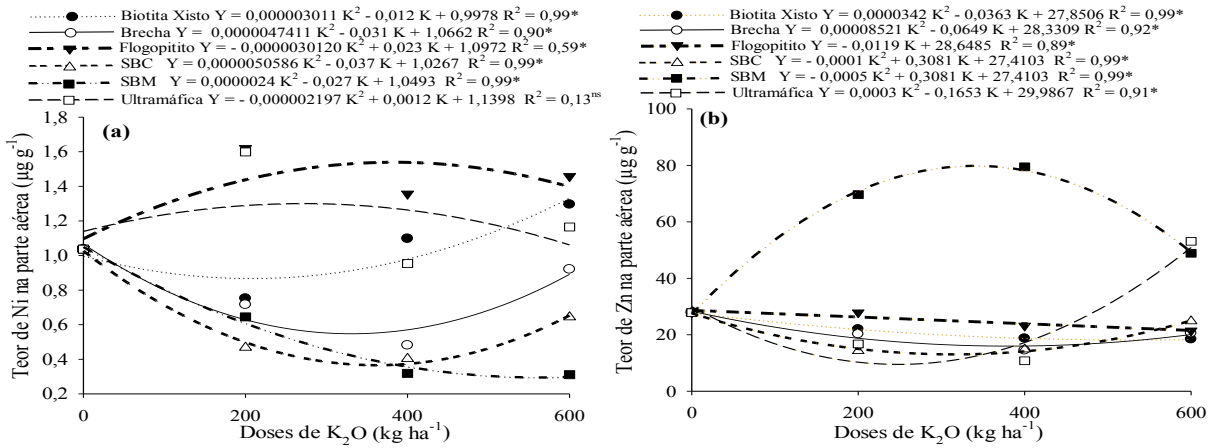


Figura 1. Efeito da aplicação de fontes alternativas de nutrientes em diferentes doses de K_2O no teor de níquel (a) e zinco (b) na parte aérea do arroz.

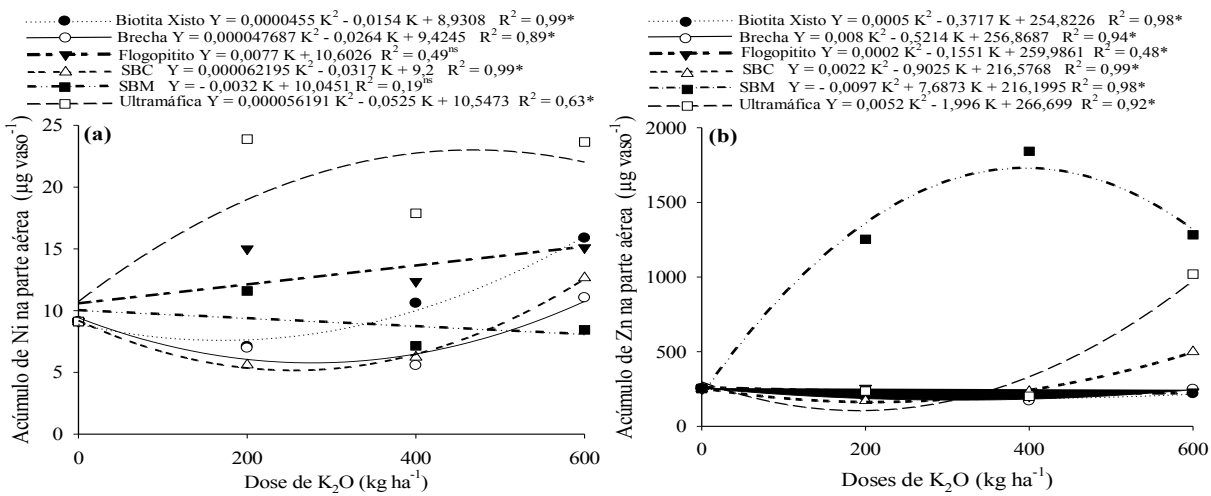


Figura 2. Efeito da aplicação de fontes alternativas de nutrientes em diferentes doses de K_2O no acúmulo de níquel (a) e zinco (b) na parte aérea do arroz.

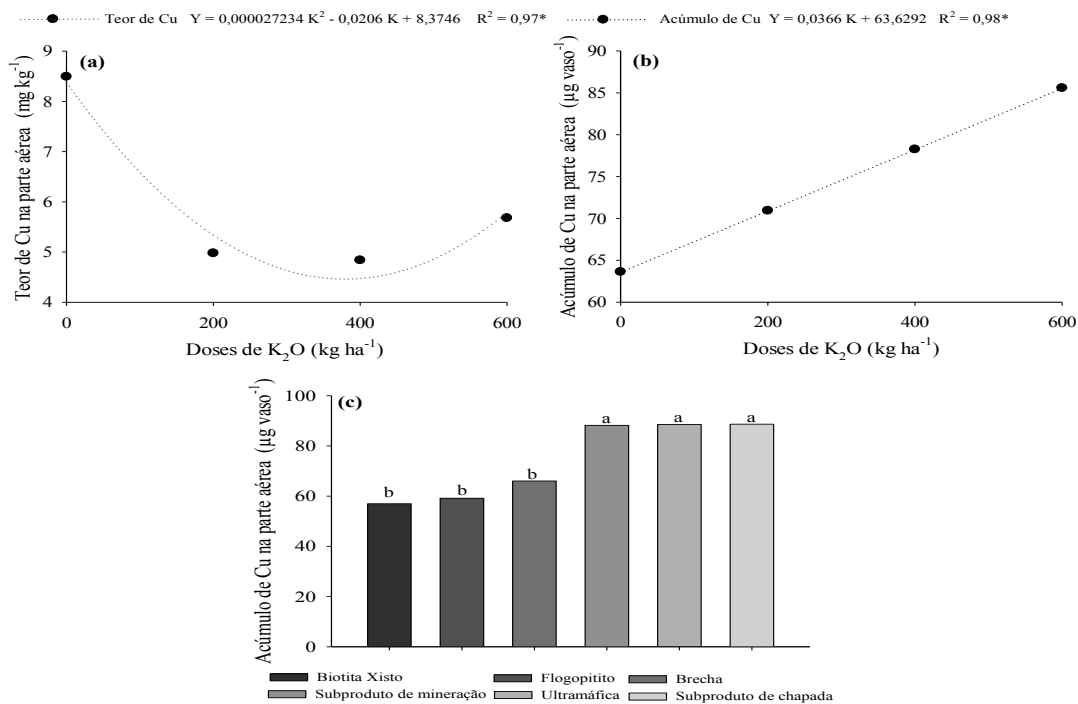


Figura 3. Efeito de doses potássio (K_2O) aplicadas por fontes alternativas de nutrientes no teor (a) e acúmulo de cobre (b), (c) na parte aérea do arroz.