

TEORES DE MICRONUTRIENTES E METAIS PESADOS NA PARTE AÉREA DE PLANTAS DE CAFÉ CONILON APÓS APLICAÇÃO DO RESÍDUO DE BENEFICIAMENTO DO GRANITO COMO FERTILIZANTE NATURAL¹

André Guarçoni M.²; César José Fanton³; Víctor Hugo Alvarez V.⁴; Moema Bachour Zangrande³

¹ Trabalho financiado pelo Banco do Nordeste do Brasil (BNB), com apoio da beneficiadora de granito Kretli, de Nova Venécia-ES.

² Pesquisador do Incaper; CRDR - Centro Serrano, Venda Nova do Imigrante-ES. guarconi@incaper.es.gov.br

³ Pesquisador do Incaper; CRDR – Nordeste, Linhares-ES.

⁴ Professor do Departamento de Solos da UFV, Viçosa-MG.

RESUMO: O resíduo de beneficiamento do granito é considerado um contaminante do ambiente. Sua utilização na agricultura tem sido testada, com alguns resultados satisfatórios. Devido à sua mineralogia, demonstra-se a possibilidade de que o resíduo de beneficiamento do granito possa conter teores adequados de alguns micronutrientes como o Fe. Apesar dessas vantagens, é também possível que o resíduo de beneficiamento do granito apresente quantidades apreciáveis de Cd, Cr, Ni e Pb, que podem ser tóxicos para as plantas e, ou, nocivos à saúde humana, quando em concentrações elevadas. Objetivando determinar os teores de micronutrientes e de metais pesados na parte aérea do café conilon, quando se utilizou o resíduo de beneficiamento do granito, como fertilizante natural, foi montado um experimento, em casa de vegetação, utilizando dois solos (argiloso e arenoso), seis doses de resíduo de beneficiamento do granito e dois níveis de calagem. Após incubação do solo, plantio e colheita de café conilon, foram determinados, na parte aérea das plantas, os teores de Zn, Cu, Fe, Mn, Cd, Cr, Ni e Pb. A partir dos resultados pôde-se concluir que: O resíduo de beneficiamento do granito não deve ser considerado como fonte de micronutrientes para as plantas; O resíduo de beneficiamento do granito só é capaz de incrementar a quantidade de Fe absorvida pelas plantas caso o pH do solo seja extremamente baixo. Com a elevação do pH, essa quantidade é equivalente à quantidade absorvida em cultivos que não receberam aplicação de resíduos; As plantas de café conilon não absorveram quantidades expressivas de metais pesados, mesmo aplicando-se doses equivalentes a 30 t/ha de resíduo de beneficiamento do granito.

Palavras-Chave: *Coffea canephora*; absorção; fertilizante alternativo; toxidez

MICRONUTRIENTS AND HEAVY METAL CONTENTS ON THE SHOOT OF CONILON COFFEE PLANTS AFTER GRANITE PROCESSING WASTE APPLICATION AS NATURAL FERTILIZING

ABSTRACT: The granite processing waste is considered an environmental contaminant. Agricultural use of such material has been tested with some satisfactory results. Due to its mineralogy, it may be demonstrated that granite processing waste may contain adequate levels of some micronutrients as Fe. However, granite processing waste may present appreciable amounts of Cd, Cr, Ni and Pb which can be toxic for the plants or harmful to the health human being, when high concentrations occurs. Aiming to determine micronutrient and heavy metal contents on the shoots of coffee plants, when granite processing waste was used as natural fertilizing, an experiment was conducted under greenhouse. Two soils (clayey and sandy soil), six doses of granite processing waste and two levels of liming were applied. After soils incubation and coffee growth and harvesting, the contents of Zn, Cu, Fe, Mn, Cd, Cr, Ni and Pb were determined on the coffee plants shoot. The residue of granite processing waste must not have to be considered as micronutrients source for coffee plants. Such material is only able to increase Fe uptake by plants if soil pH is extremely low. In the case of pH increasing, that Fe amount is equivalent to the that showed by crops which had not received residue applications. Conilon coffee plants did not uptake an expressive amount of heavy metals, even with applications of 30 ton of granite processing waste per hectare.

Key-Words: *Coffea canephora*; uptake; alternative fertilizer; toxicity

INTRODUÇÃO

O resíduo de beneficiamento do granito é considerado um contaminante do ambiente. Sua utilização na agricultura tem sido testada, com alguns resultados satisfatórios, como no trabalho de Vasconcelos (2001), que, utilizando o pó de granito como fertilizante e o milho como planta teste, observou aumento da CTC, dos teores de fósforo no solo e dos teores de potássio nas plantas. O autor conclui que este resíduo pode ser utilizado para fins agrícolas.

Do ponto de vista mineralógico, o granito é constituído basicamente por quartzo, feldspatos, mica e calcita (Menezes et al., 2002). Assim, devido à sua mineralogia, demonstra-se a possibilidade de que o resíduo de beneficiamento do granito possa conter teores adequados de alguns micronutrientes como o Fe. Apesar dessas vantagens, é também possível que o resíduo de beneficiamento do granito apresente quantidades apreciáveis de Cd, Cr,

Ni e Pb, que podem ser tóxicos para as plantas e, ou, nocivos à saúde humana, quando em concentrações elevadas. Por outro lado, é imperativo destacar que, na grande maioria dos trabalhos que utilizam resíduos de rochas, não há preocupação em se quantificar a liberação de metais pesados por esses materiais e sua possível absorção pelas plantas.

Nesse sentido, deve-se determinar, no entanto, a verdadeira magnitude de absorção desses elementos por plantas de café conilon, uma vez que a concentração de elementos químicos nas plantas depende da interação de certo número de fatores, incluindo solo, espécie vegetal, estágio de maturação, rendimento, manejo da cultura e clima (McDowell et al., 1993). Contudo, o principal fator é o potencial de absorção, específico e geneticamente fixado para os diferentes elementos químicos e diferentes espécies vegetais (Mengel & Kirkby, 1987).

Este estudo teve por objetivo determinar os teores de micronutrientes e de metais pesados na parte aérea do café conilon, quando se utilizou o resíduo de beneficiamento do granito, como fertilizante natural, em casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na cidade de Linhares-ES, no Centro Regional de Desenvolvimento Rural Nordeste (CRDR-Nordeste), pertencente ao Incaper, em casa de vegetação. O resíduo de beneficiamento do granito foi obtido em lagoa de descarte de uma beneficiadora de granito (teares) de Nova Venécia-ES.

Os fatores em estudo foram compostos por doses de resíduo de beneficiamento do granito, doses de calcário dolomítico, uma testemunha com adubação química completa e dois solos (um argiloso e outro arenoso, ambos com teores reduzidos de nutrientes). Os fatores foram combinados segundo o fatorial: $(6 \times 2 + 1) \times 2$, sendo: seis doses de resíduo de beneficiamento do granito (0,0; 1,5; 3,0; 6,0; 9,0 e 15 g/dm³, equivalentes a 0, 3, 6, 12, 18 e 30 t/ha) x duas doses de calcário dolomítico (0,4 e 1,2 vezes a necessidade de calagem) + uma testemunha com adubação completa x dois solos; gerando um total de 26 tratamentos. Os tratamentos foram distribuídos em blocos ao acaso com três repetições, perfazendo um total de 78 unidades experimentais. Foi aplicada, como fator constante, uma dose de 100 mg/dm³ de P, na forma de superfosfato simples. Já a testemunha, recebeu uma dose de 250 mg/dm³ de P, também na forma de superfosfato simples.

As amostras dos dois solos foram passadas por peneira de 6 mm e separadas em subamostras de 9 dm³, com base na densidade de cada solo. Os tratamentos foram, então, aplicados, misturando-se, de forma homogênea, as doses de pó de granito, de calcário dolomítico e de superfosfato simples com as subamostras de solo. As subamostras foram dispostas em vasos de 10 L e incubadas por 30 dias com aplicação de água destilada, tentando-se manter a umidade dos solos próxima à capacidade de campo. Concluído o período de incubação, foram transplantadas três estacas de um mesmo clone de café conilon, para o centro dos vasos. Após o pegamento das mudas, foi selecionada a de maior vigor, sendo as outras duas eliminadas. As plantas foram cultivadas por 12 meses, com aplicação periódica de água destilada.

Após a colheita das plantas, a parte aérea foi seca em estufa de ventilação forçada a 70 °C, até peso constante. A parte aérea das plantas foi então moída em moinho tipo Willey e mineralizada por via úmida com digestão nítrico-perclórica. Foram determinados os teores de Zn, Cu, Fe, Mn, Cd, Cr, Ni e Pb na parte aérea.

Foi realizada a análise de variância (GL erro = 50), sendo as variáveis qualitativas comparadas por meio de contrastes ortogonais. Foram ajustados, para cada solo, modelos de regressão para as características avaliadas, em função das doses de resíduo de beneficiamento do granito, nas duas doses de calcário.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As maiores quantidades de Zn, Cu e Mn absorvidas pelas plantas cultivadas no solo arenoso, em relação às cultivadas no solo argiloso (Tabelas 1 e 2), foram causadas pelo maior teor de matéria orgânica presente no primeiro, uma vez que este foi coletado na camada superficial do terreno, onde há maior acúmulo de matéria orgânica e conseqüentemente maior liberação de micronutrientes quando ocorre a mineralização.

Tabela 1 – Médias dos teores de micronutrientes na parte aérea de plantas de café conilon decorrentes de doses de resíduo de beneficiamento do granito, em dois solos, com duas doses de calcário

Solo	NC x ^{1/}	Zn	Cu	Mn	Fe
		----- mg/kg -----			
Argiloso		9,2	8,1	46	129
Arenoso		10,5	9,2	105	133
Argiloso	0,4	9,3	7,2	53	147
Argiloso	1,2	8,9	8,8	39	115
Argiloso	Test.	10,0	10,0	50	102
Arenoso	0,4	10,6	9,0	118	145
Arenoso	1,2	10,2	9,2	84	114
Arenoso	Test.	12,0	11,0	153	173

^{1/}Dose de calcário: 0,4 x a necessidade de calagem e 1,2 x a necessidade de calagem, a testemunha recebeu 1,0 x a necessidade de calagem.

Tabela 2 – Valores de F calculado para contrastes de teores de micronutrientes na parte aérea de plantas de café conilon decorrentes de doses de resíduo de beneficiamento do granito, em dois solos, com duas doses de calcário

Contrastes	Zn	Cu	Mn	Fe
Arg vs Are ^{1/}	4,062*	2,59 ^o	7522,5**	36,0 ^{ns}
0,4NC vs 1,2NC d/Arg ^{2/}	0,203 ^{ns}	2,61 ^o	200,7 ^{ns}	1.067,1*
0,4NC vs 1,2NC d/Arg ^{2/}	0,147 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1201,8**	920,1*
Test vs 0,4NC d/Arg ^{3/}	1,240 ^{ns}	19,06**	15,4 ^{ns}	5.284,6**
Test vs 1,2NC d/Arg ^{4/}	3,335 ^o	3,50*	346,7 ^o	416,2 ^{ns}
Test vs 0,4NC d/Arg ^{3/}	4,960*	9,72**	3170,0**	2.146,0**
Test vs 1,2NC d/Arg ^{4/}	8,127**	8,64**	12480,3**	9.069,5**

^{1/} Solo argiloso vs solo arenoso; ^{2/} 0,4 vezes a necessidade de calagem vs 1,2 vezes a necessidade de calagem, em solo argiloso e solo arenoso; Testemunha vs 0,4 vezes a necessidade de calagem, em solo argiloso e solo arenoso; Testemunha vs 1,2 vezes a necessidade de calagem, em solo argiloso e solo arenoso. **, *, ^o e ^{ns} significativo a 1, 5, 10 % de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Menor absorção de micronutrientes foi observada para Fe, no solo argiloso, e para Mn e Fe no solo arenoso, quando a dose de calcário passou de 0,4 x NC para 1,2 x NC (Tabelas 1 e 2). A redução na absorção desses dois micronutrientes é decorrente da redução de sua disponibilidade no solo, em consequência da elevação do pH causada pelo maior nível de calagem.

Em relação à testemunha, as plantas que receberam os tratamentos com resíduo de beneficiamento do granito absorveram menores quantidades de Cu e maiores de Fe, quando a dose de calcário foi de 0,4 x NC, sendo menores as quantidades de Zn, Cu e Mn, quando a dose de calcário foi de 1,2 x NC, em solo argiloso (Tabelas 1 e 2). Também em relação à testemunha, as plantas cultivadas em solo arenoso absorveram menores quantidades de todos os micronutrientes estudados, tanto na dose de 0,4 x NC, quanto na dose de 1,2 x NC de calcário (Tabelas 1 e 2). Esses resultados revelam que, o resíduo de beneficiamento do granito só é capaz de incrementar a quantidade de Fe absorvida pelas plantas caso o pH do solo seja extremamente baixo, como é o caso do solo argiloso que recebeu uma dose de 0,4 x NC de calcário, apresentando, em média, um pH de 3,9. Com a elevação do pH, a quantidade de Fe absorvida pelas plantas foi equivalente à quantidade absorvida em cultivos que não receberam aplicação de resíduos.

O teor de Mn na parte aérea das plantas foi o que sofreu maior influência das doses de resíduo de beneficiamento do granito, sendo que sua absorção foi reduzida linearmente no solo arenoso, para as duas doses de calcário aplicadas (Tabela 3). Já no solo argiloso, os teores de Mn na parte aérea das plantas sofreram efeito quadrático, na dose de 0,4 x NC, e raiz quadrático, na dose de 1,2 x NC (Tabela 3).

Já o teor de Zn na parte aérea foi menos afetado pelas doses de beneficiamento do granito, em relação aos teores de Mn, como comprovam as declividades das curvas selecionadas (Tabela 3). Os teores dos demais micronutrientes estudados não sofreram efeito consistente das doses de resíduo do beneficiamento do granito (Tabela 3).

A partir desses resultados, fica claro que, a absorção de micronutrientes pelas plantas de café conilon foi mais afetada pela elevação do pH do solo, a qual sofreu influência da aplicação do resíduo de beneficiamento do granito, do que pelos conteúdos de micronutrientes neste material. Assim, o resíduo de beneficiamento do granito não deve ser considerado como fonte de micronutrientes para as plantas.

Tabela 3 – Equações de regressão de teores de micronutrientes na parte aérea de plantas de café conilon decorrentes de doses de resíduo de beneficiamento do granito, em dois solos, com duas doses de calcário

Característica	Equação ^{1/}	R ²
0,4 NC Solo Argiloso		
Mn	$\hat{Y} = 38,23 + 2,695X - 0,0703^{**} X^2$	0,97
Zn	$\hat{Y} = 8,07 + 0,2249 X - 0,0057^{*} X^2$	0,72
1,2 NC Solo Argiloso		
Mn	$\hat{Y} = 56,41 - 14,15^{**} \sqrt{X} + 2,00 X$	0,97
0,4 NC Solo Arenoso		
Mn	$\hat{Y} = 147,84 - 2,58^{**} X$	0,97
1,2 NC Solo Arenoso		
Mn	$\hat{Y} = 111,32 - 2,42^{**} X$	0,74
Zn	$\hat{Y} = 11,09 - 0,0755^{**} X$	0,93

^{1/} Equações não apresentadas representam $\hat{Y} = \bar{Y}$; ** e * Significativo aos níveis de 1 e 5 % de probabilidade, respectivamente.

Reduzido efeito da aplicação do resíduo de beneficiamento do granito foi observado sobre os teores de metais pesados na parte aérea das plantas de café conilon (Tabelas 4, 5 e 6).

Tabela 4 – Teores de metais pesados na parte aérea de plantas de café conilon decorrentes de doses de resíduo de beneficiamento do granito, em dois solos, com duas doses de calcário

Solo	NC x ^{1/}	Cd	Cr	Ni	Pb
----- mg/kg -----					
Argiloso		0,81	0,21	2,58	1,23
Arenoso		1,56	0,14	2,60	1,82
Argiloso	0,4	0,63	0,25	3,00	0,65
Argiloso	1,2	0,95	0,17	1,95	1,57
Argiloso	Test.	1,00	0,20	3,83	2,67
Arenoso	0,4	1,11	0,14	2,42	1,61
Arenoso	1,2	1,95	0,12	2,61	1,89
Arenoso	Test.	2,00	0,23	3,67	2,67

^{1/} Dose de calcário: 0,4 x a necessidade de calagem e 1,2 x a necessidade de calagem, a testemunha recebeu 1,0 x a necessidade de calagem.

Tabela 5 – Valores de F calculado para contrastes de teores de metais pesados na parte aérea de plantas de café conilon decorrentes de doses de resíduo de beneficiamento do granito, em dois solos, com duas doses de calcário

Contrastes	Cd	Cr	Ni	Pb
Arg vs Are ^{1/}	1,257**	0,016 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,780 ^{ns}
0,4NC vs 1,2NC d/Arg ^{2/}	0,123 ^o	0,007 ^{ns}	1,103 ^{ns}	0,780 ^{ns}
0,4NC vs 1,2NC d/Arg ^{2/}	0,694**	0,001 ^{ns}	0,040 ^{ns}	0,063 ^{ns}
Test vs 0,4NC d/Arg ^{3/}	0,356**	0,006 ^{ns}	1,786 ^{ns}	10,458*
Test vs 1,2NC d/Arg ^{4/}	0,006 ^{ns}	0,003 ^{ns}	9,121*	3,111 ^{ns}
Test vs 0,4NC d/Arg ^{3/}	2,032**	0,020 ^{ns}	3,982 ^{ns}	2,865 ^{ns}
Test vs 1,2NC d/Arg ^{4/}	0,008 ^{ns}	0,035 ^{ns}	2,895 ^{ns}	1,556 ^{ns}

^{1/} Solo argiloso vs solo arenoso; ^{2/} 0,4 vezes a necessidade de calagem vs 1,2 vezes a necessidade de calagem, em solo argiloso e solo arenoso; Testemunha vs 0,4 vezes a necessidade de calagem, em solo argiloso e solo arenoso; Testemunha vs 1,2 vezes a necessidade de calagem, em solo argiloso e solo arenoso. **, *, ^o e ^{ns} significativo a 1, 5, 10 % de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Tabela 6 – Equações de regressão de teores de metais pesados na parte aérea de plantas de café conilon decorrentes de doses de resíduo de beneficiamento do granito, em dois solos, com duas doses de calcário

Característica	Equação ^{1/}	R ²
0,4 NC Solo Argiloso		
Cd	$\hat{Y} = 0,465 + 0,0132^{**}X$	0,84
0,4 NC Solo Arenoso		
Cd	$\hat{Y} = 0,876 + 0,0209^{**}X$	0,66
1,2 NC Solo Arenoso		
Cd	$\hat{Y} = 1,72 + 0,1655^{*}\sqrt{X} - 0,0218 X$	0,91

^{1/} Equações não apresentadas representam $\hat{Y} = \bar{Y}$; **, * e ^o Significativo aos níveis de 1 e 5 % de probabilidades, respectivamente.

Apenas os teores de Cd apresentaram diferenças mais marcantes, especialmente comparando-se às quantidades absorvidas pelas plantas cultivadas em solo arenoso e argiloso, e quando se elevou a dose de calcário de 0,4 x NC para 1,2 x NC, nos dois solos (Tabelas 4 e 5). Entretanto, essas diferenças foram muito mais influenciadas pelo maior teor de matéria orgânica no solo arenoso e por possíveis contaminações oriundas do calcário, do que pelo resíduo de beneficiamento do granito, uma vez que os grupos comparados por meio dos contrastes receberam as mesmas doses de resíduo.

Ainda assim, a aplicação de doses crescentes de resíduo de beneficiamento do granito casou efeito linear positivo na absorção de Cd pelas plantas de café conilon, quando a dose de calcário foi baixa, em ambos os solos estudados (Tabela 6). Entretanto, quando se elevou o pH do solo (1,2 x NC), não se observou efeito do resíduo na absorção de Cd, ou os teores apresentaram tendência de redução a partir de uma dose de 14,4 t/ha de resíduo (Tabela 6), o que, no caso, correspondeu a um pH de 4,9.

De qualquer forma, os teores de metais pesados na parte aérea do café conilon ficaram abaixo dos estabelecidos por Alloway (1997) para a ocorrência de toxidez, sendo os limites sugeridos pelo autor de 5 a 30 para Cd e Cr, 10 a 100 para Ni e 30 a 300 mg/kg para Pb. Ainda assim, se a parte aérea como um todo apresentasse teor mais elevado de algum metal pesado, isso não seria, a princípio, um problema, uma vez que Berton (2000) relata que os grãos contêm concentração menor do que as partes vegetativas da planta.

CONCLUSÕES

O resíduo de beneficiamento do granito não deve ser considerado como fonte de micronutrientes para as plantas.

O resíduo de beneficiamento do granito só é capaz de incrementar a quantidade de Fe absorvida pelas plantas caso o pH do solo seja extremamente baixo. Com a elevação do pH, essa quantidade é equivalente à quantidade absorvida em cultivos que não receberam aplicação de resíduos.

As plantas de café conilon não absorveram quantidades expressivas de metais pesados, mesmo aplicando-se doses equivalentes a 30 t/ha de resíduo de beneficiamento do granito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLOWAY, B. J. **Heavy metals in soils**. 2.ed. London: Blackie Academic & Professional, 1997. 368p.

BERTON, R.S. **Riscos de contaminação do agrossistema com metais pesados**. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Eds.). Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p.259-268.

McDOWELL, L.R.; CONRAD, J.H. & HEMBRY, F.G. **Minerals for grazing ruminants in tropical regions**. 2.ed. Gainesville: University of Florida, 1993. 77p.

MENEZES, R.R.; FERREIRA, H.S. & NEVES, G. de A. The use of granite wastes as ceramic raw materials. **Cerâmica**, São Paulo, v.48, n.306, p.92-101, 2002.

MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4.ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.

VASCONCELOS, A.C.F. **Influência do rejeito da atividade industrial da serragem de blocos de granito nas propriedades químicas de solos ácidos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2001. 93p.