

EFEITOS DA APLICAÇÃO DA ESCÓRIA DE SIDERURGIA FERROCROMO NO SOLO, NO ESTADO NUTRICIONAL E NA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO¹

RENATO DE MELLO PRADO² & WILLIAM NATALE³

RESUMO - A escória de siderurgia ferrocromo pode-se constituir em uma fonte alternativa de Ca e Mg, bem como em corretivo da acidez do solo, melhorando a sua fertilidade e o estado nutricional de culturas. Assim, objetivou-se avaliar os efeitos da escória de siderurgia ferrocromo nas alterações dos atributos químicos do solo, na nutrição e no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro. Para tanto, instalou-se um experimento em condições de casa de vegetação, empregando-se as seguintes doses crescentes da escória: zero; metade; uma vez; uma vez e meia e duas vezes a dose para elevar a saturação por bases do solo a 80%, correspondendo às doses de: 0; 0,375; 0,750; 1,125 e 1,500 g dm⁻³, respectivamente. O substrato utilizado foi um Latossolo Vermelho distrófico, ácido (vasos com 2,8 dm³), que foi incubado com a escória de siderurgia, por 30 dias, para posterior semeadura do maracujazeiro, cultivando-as por 85 dias. A aplicação da escória de siderurgia ferrocromo promoveu a neutralização da acidez do solo. Entretanto, mesmo em doses relativamente baixas (360 kg ha⁻¹), houve diminuição no acúmulo de nutrientes e na produção de matéria seca das mudas de maracujazeiro.

Termos para indexação: resíduo industrial, calagem, *Passiflora edulis*, maracujá.

APPLICATION OF BASIC SLAG IRON-CHROMIUM IN SOIL IN NUTRITIONAL STATE AND DRY MATTER PRODUCTION OF PASSION FRUIT SEEDLINGS

ABSTRACT - The basic slag can consist in an alternative source of Ca and Mg, as well as punishment of soil acidity improving the nutritional state of passion plants, and determining the success of the implantation of an orchard. Thus, it was objectified to evaluate the effect of siderurgy slag iron-chromium, in the alterations of the chemical attributes of the soil, in the nutrition of the plants and the development of passion seedlings. For this, it was installed an experiment in conditions of greenhouse, using the following increasing doses of the residue: zero; half; once; once and half and twice to raise V =80%. After 30 days of incubation of the slag in the soil, it was proceeded the plantation of the passion seedlings, in substratum of a distrofic, acid Red Latossol (pot with 2,8 dm³), cultivating them per 85 days. The application of the siderurgy slag iron-chromium promoted the neutralization of the acidity of the soil, however, in doses relatively low (360 kg ha⁻¹) resulted in reduction in the nutrients and the production of dry matter of passion seedlings.

Index terms: residue industry, liming, *Passiflora edulis*, passion.

INTRODUÇÃO

O maracujazeiro no Brasil, nos últimos anos, tem apresentado grande expansão frente ao maior consumo desta fruta no País e no mundo. Assim, há necessidade de garantir maior produção econômica desta fruteira. Uma alternativa é a utilização de mudas de alta qualidade e com baixo custo. Para isto, há a necessidade de produção de mudas com estado nutricional adequado, utilizando-se de insumos de baixo custo, a exemplo dos resíduos industriais, como a escória de siderurgia. A escória de siderurgia, por apresentar efeito corretivo e fertilizante, pode melhorar a fertilidade de solos que são utilizados como substrato para produção de mudas que, muitas vezes, são de baixa fertilidade. Assim, a melhoria das propriedades químicas do substrato poderá beneficiar a nutrição das plantas e, conseqüentemente, maior qualidade das mudas.

Anualmente, a produção brasileira de escória de siderurgia supera os 3 milhões de toneladas, além do estoque que vem sendo acumulado ao longo do tempo (Prado et al., 2001). Existe, porém, a carência de estudos para fundamentar seu uso agrícola em sistemas de produção de mudas que podem ser deslocados para as áreas próximas das siderúrgicas, reduzindo os custos de produção desta atividade.

Alternativamente ao calcário, a escória de siderurgia pode ser utilizada como material corretivo para a produção de mudas, pois, além de corrigir a acidez do solo, aumenta os teores de cálcio, magnésio e, possivelmente, a disponibilidade de fósforo no solo (Prado & Fernandes, 2000a). A escória é atualmente pouco usada na agricultura brasileira, ao contrário do que ocorre nos Estados Unidos, Japão e China.

A maioria dos estudos com a escória de siderurgia conduzidos no Brasil estão restritos aos tipos de aciaria e de alto-forno (Prado et al., 2001), não existindo pesquisas com a escória de siderurgia ferrocromo. Esta escória é originada das siderúrgicas produtoras de liga ferrocromo, com baixo carbono. Para produzir 1t deste produto, é gerada cerca de

0,5t da escória de siderurgia ferrocromo. Assim, grande parte deste resíduo está sendo estocada e, portanto, subutilizada.

Com base no exposto, estudou-se a influência de doses crescentes da escória siderúrgica ferrocromo sobre alguns atributos químicos de um substrato proveniente de um Latossolo Vermelho distrófico, sobre a nutrição e o desenvolvimento de mudas de maracujazeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em vasos sob casa de vegetação na FCAV/Unesp, em Jaboticabal-SP. Utilizou-se como substrato o subsolo (2-4 m de profundidade) de um Latossolo Vermelho distrófico, textura média (EMBRAPA, 1999), cujas características químicas estão apresentadas na Tabela 1, avaliadas segundo o método descrito por Raij et al. (2001).

Utilizou-se a escória de siderurgia ferrocromo, com baixo carbono, proveniente de uma indústria siderúrgica produtora de liga ferrocromo. A indústria utiliza como matéria-prima: a cromita (42% de Cr₂O₃), cal virgem; liga de ferro-silício-cromo (mistura de quartzo, liga de ferrocromo de alto carbono e carvão). A escória de siderurgia ferrocromo apresenta as seguintes características químicas: SiO₂=333,4; Cr₂O₃=34,0; FeO=10,0; K₂O=1,3; P₂O₅=0,1, todos em g kg⁻¹; S=79,0; Cu=27; Pb<5; Zn=17; B<10, todos em mg kg⁻¹; CaO = 300 g kg⁻¹; MgO = 90 g kg⁻¹; PN=76,6%; RE=100,0% e PRNT=76,6%. Considerou-se a RE=100%, pois a granulometria do material era inferior à peneira ABNT n° 50. Porém, para a escória de siderurgia atingir a presente granulometria, a mesma foi previamente moída.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos: zero; metade; uma vez e meia, e duas vezes a dose de escória de siderurgia, considerando-se a saturação por bases ideal

¹ (Trabalho 172/2003). Recebido: 13/11/2003. Aceito para publicação: 13/04/2004.

² Eng^o. Agr^o. Prof. Dr., Depto de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp. Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n. 14870-000, Jaboticabal-SP. E-mail: rmprado@fcav.unesp.br.

³ Eng^o. Agr^o. Dr. Prof. Adjunto, Depto de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp. Bolsista CNPq. natal@fcav.unesp.br.

TABELA 1- Atributos químicos do substrato^(*) (Latossolo Vermelho distrófico), antes da incubação com escória de siderurgia e após o cultivo das mudas de maracujazeiro

Doses	pH (CaCl ₂)	M.O. (g dm ⁻³)	P (resina) (mg dm ⁻³)	K	Ca	Mg	(H+Al) (mmol _c dm ⁻³)	SB	T	V (%)
Antes da incubação com escória de siderurgia										
0	4,4	7	2	0,5	4	2	16	6,5	22,5	29
Após a incubação com a escória de siderurgia e após o cultivo das mudas do maracujazeiro										
0,375	5,0	2	245	1,2	18	4	16	23,2	39,2	59
0,750	5,2	3	244	1,5	25	6	17	32,5	49,5	66
1,125	5,7	2	251	1,4	38	11	15	50,4	65,4	77
1,500	5,8	3	255	1,5	31	11	14	43,5	57,5	76

^(*) O substrato é resultado da mistura da camada de 3-4 m do perfil do solo.

para a cultura em 80%, conforme Piza Jr. et al. (1996), correspondendo às doses: 0; 0,375; 0,750; 1,125 e 1,500 g dm⁻³, e quatro repetições.

Após 30 dias de incubação do solo com a escória de siderurgia, realizou-se a semeadura do maracujazeiro-amarelo (01-05-2003), com 6 sementes por recipiente. Aos 10 dias após a semeadura, realizou-se o desbaste deixando-se 2 plantas por recipiente. Cada unidade experimental recebeu doses de nivelamento para P (450 mg dm⁻³), conforme indicação de Machado (1998), N (300 mg dm⁻³) e K (150 mg dm⁻³), de acordo com a recomendação geral de Malavolta (1981), na forma de superfosfato triplo (44% de P₂O₅), sulfato de amônio (20% de N) e cloreto de potássio (60% de K₂O), respectivamente. O N e o K foram parcelados em quatro aplicações, aos 15; 30; 45 e 60 dias após a semeadura. O P foi adicionado

em dose total após a incubação e antes da semeadura. A umidade do solo foi mantida em 80% da capacidade de campo.

As avaliações dos tratamentos foram realizadas no momento em que as mudas estavam com 85 dias após a semeadura. Determinaram-se o diâmetro do caule, o número de folhas e a altura de plantas. A seguir, as plantas foram cortadas rentes ao solo, separando-se a parte aérea das raízes. O material foi seco e pesado, realizando-se a análise química de macro e micronutrientes, conforme metodologia descrita por Bataglia et al. (1983); o cromo foi determinado (extrato com HNO₃ concentrado) conforme método proposto por Missio (1996). Na mesma ocasião, procedeu-se à mistura do solo do vaso, retirando-se uma amostra para análise química, utilizando-se a metodologia descrita por Rajj et al. (2001).

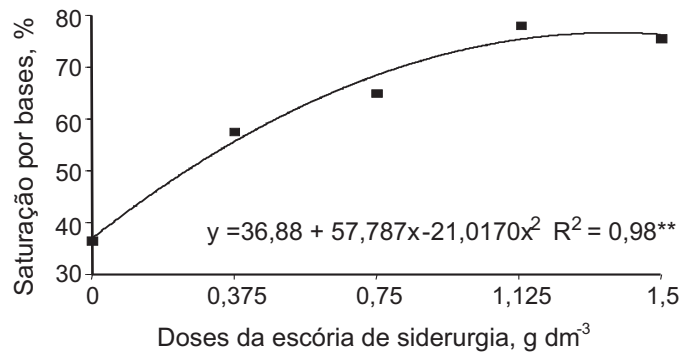
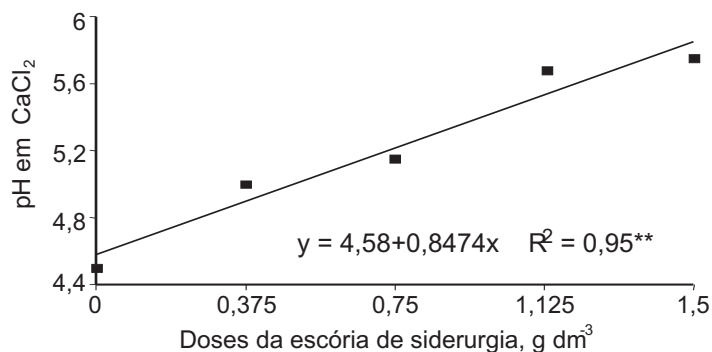
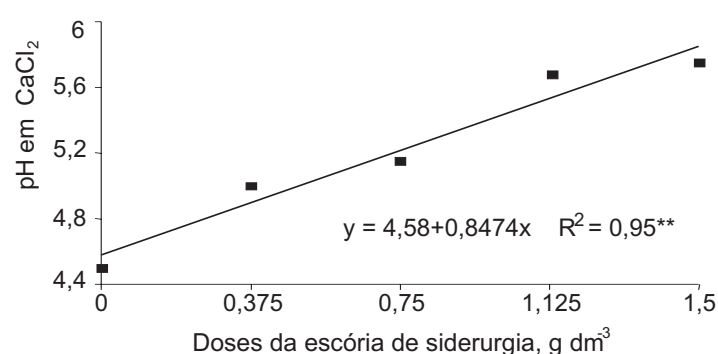
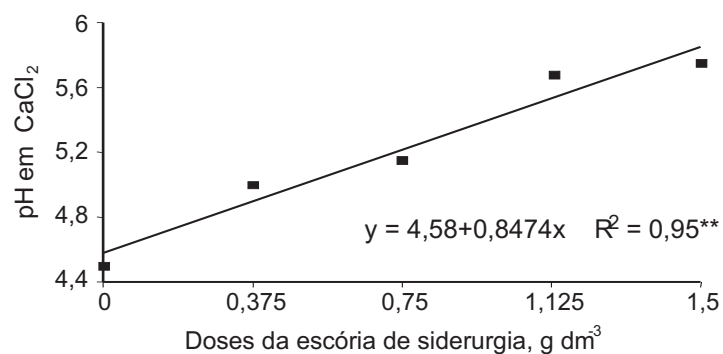
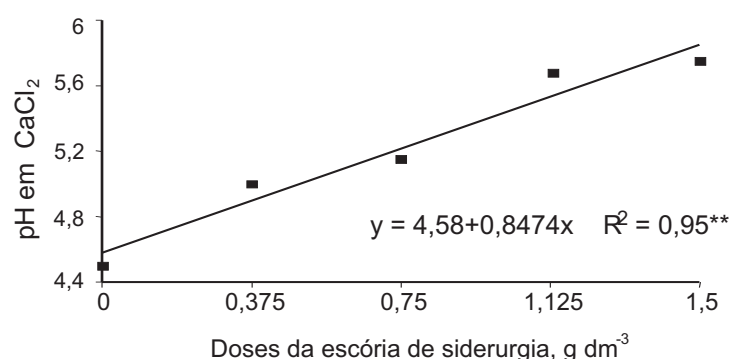
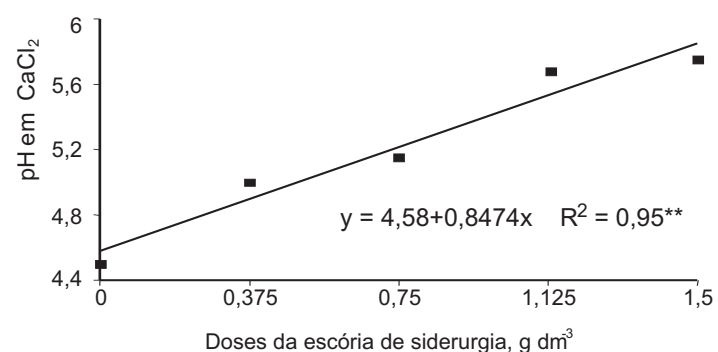


FIGURA 1- Efeitos da escória de siderurgia ferrocromo nos atributos químicos do Latossolo Vermelho distrófico utilizado na produção de mudas de maracujazeiro aos 85 dias após a semeadura.

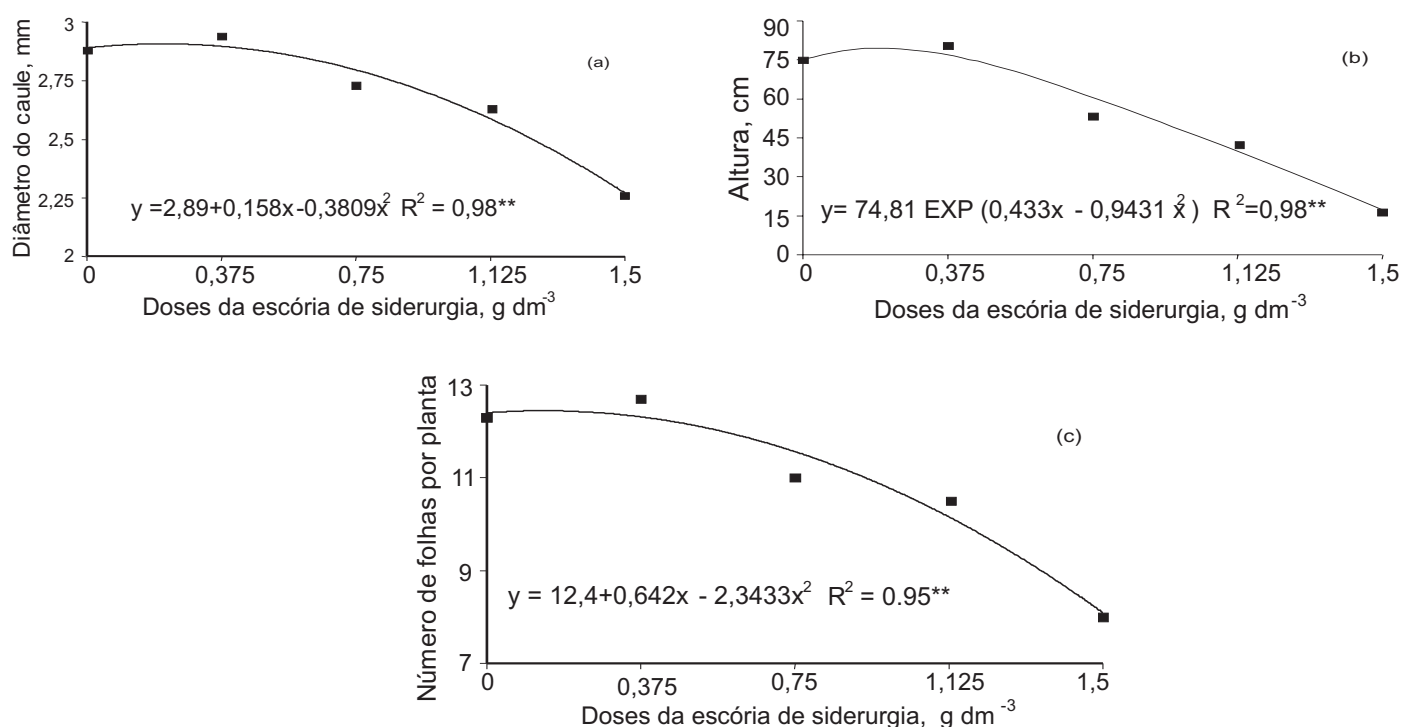


FIGURA 2 - Efeitos da aplicação da escória de siderurgia sobre o desenvolvimento das mudas de maracujazeiro aos 85 dias após a semeadura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação da escória de siderurgia aumentou significativamente, e de forma linear, o pH, reduzindo linearmente a concentração de H+Al; as concentrações de cálcio e magnésio, os valores da soma de bases e da saturação por bases aumentaram de forma quadrática no substrato (Figura 1). Resultados semelhantes foram obtidos por outros autores na neutralização da acidez do solo, utilizando a escória de siderurgia de alto-forno (Prado & Fernandes, 2000b) e de aciaria (Prado & Fernandes, 2001). Estes efeitos da escória na correção da acidez do solo e no aumento de bases se devem à presença do constituinte neutralizante (SiO_3^{2-}) e de Ca e Mg no material, respectivamente (Alcarde, 1992). Ressalta-se, ainda, que a aplicação deste resíduo não atingiu a saturação por bases desejada, sendo que a dose para elevar o V% a 80, alcançou 66% (Tabela 1). Este fato é amplamente relatado na literatura (Prado & Fernandes, 2001). Acrescente-se, também, que o acréscimo da concentração de P do solo, 2 mg dm^{-3} (solo original, antes da incubação) para $244\text{-}255 \text{ mg dm}^{-3}$ (85 dias após a semeadura) (Tabela 1), é devido às doses de nivelamento para P (450 mg dm^{-3}) aplicado na ocasião da semeadura, uma vez que é baixo o teor deste elemento no resíduo ($\text{P}_2\text{O}_5=0,1 \text{ g kg}^{-1}$).

A aplicação de doses crescentes da escória de siderurgia ferrocromo no substrato afetou significativamente o desenvolvimento das mudas de maracujazeiro quanto ao diâmetro do caule, à altura e ao

número de folhas (Figura 2). Observou-se que o máximo desenvolvimento das mudas esteve associado às doses da escória estimadas em $0,21$; $0,23$ e $0,18 \text{ g dm}^{-3}$, respectivamente, para o diâmetro do caule, altura e número de folhas. Nota-se, portanto, que a escória afetou de forma positiva o crescimento das mudas em doses muito baixas ($0,18\text{-}0,23 \text{ g dm}^{-3}$), e que doses mais elevadas foram prejudiciais ao desenvolvimento das mudas de maracujazeiro.

Os reflexos da aplicação da escória de siderurgia sobre os parâmetros de desenvolvimento das mudas (Figura 2) afetaram da mesma forma a produção de matéria seca (Figura 3). Assim, constata-se que a aplicação da escória de siderurgia ferrocromo nas doses estimadas de $0,18$; $0,16$ e $0,19 \text{ g dm}^{-3}$ foram as que promoveram as maiores produções de matéria seca da parte aérea, das raízes e total, respectivamente (Figura 3). Nota-se, porém, que embora tenha atingido significância, o incremento no acúmulo de matéria seca foi pequeno, sem importância prática; entretanto, fica evidente o efeito negativo da escória de siderurgia ferrocromo na dose maior que $0,375 \text{ g dm}^{-3}$, e a partir da dose de $0,75 \text{ g dm}^{-3}$, a produção de matéria seca do maracujazeiro foi inferior à testemunha.

A aplicação da escória de siderurgia promoveu aumentos nos teores de macro e micronutrientes da parte aérea, exceto o P, o S e o Fe, que não sofreram alteração significativa, e do N, do B, do Mn e do Zn que sofreram redução significativa (Tabela 2), enquanto, na raiz, a aplicação da escória aumentou os teores dos macro e micronutrientes,

TABELA 2 - Teores de macro e micronutrientes na matéria seca da parte aérea de mudas de maracujazeiro, em função da aplicação da escória de siderurgia ferrocromo aos 85 dias após a semeadura

Doses de escória mg dm^{-3}	g kg^{-1}						mg kg^{-1}				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0	48,8	5,1	21,4	11,1	1,8	3,0	12	2,8	99	106	28
0,375	49,6	5,5	21,7	12,8	2,6	2,8	11	7,5	107	85	21
0,750	44,4	5,6	25,4	14,0	3,1	2,7	9	7,0	107	82	20
1,125	42,4	5,6	29,1	17,0	3,3	2,8	8	6,8	103	74	18
1,500	44,9	5,5	29,8	17,3	3,4	2,9	10	4,0	102	68	14
Teste F	4,6*	1,0 ^{ns}	19,2**	23,5**	27,1**	2,3 ^{ns}	4,2*	13,1**	0,3 ^{ns}	25,9**	7,7**
RL	-	-	71,6**	89,9**	96,2**	-	-	-	-	93,8**	28,1**
RQ	10,9**	-	-	-	-	-	5,9*	46,3**	-	-	-
C.V.(%)	6,2	7,7	7,1	7,6	8,9	6,2	15,7	20,6	12,2	7,0	17,4

^{ns} ; * ; ** : Diferença não significativa pelo teste F ($P>0,05$) e significativa ($P<0,05$) e ($P<0,01$), respectivamente. RL e RQ: Valor de F da regressão linear e da regressão quadrática, respectivamente.

TABELA 3 - Teor de macro e micronutrientes na matéria seca das raízes de mudas de maracujazeiro, em função da aplicação da escória de siderurgia ferrocromo aos 85 dias após a semeadura

Doses de escória mg dm ⁻³	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn
	g kg ⁻¹									
0	25,4	4,6	12,1	2,4	1,8	1,5	26	9	141	55
0,375	22,4	4,7	12,8	3,1	2,4	1,5	26	8	137	36
0,750	21,7	4,6	13,8	3,3	3,2	1,7	19	8	134	40
1,125	18,6	4,8	17,8	3,9	3,2	1,7	19	6	132	25
1,500	20,0	4,9	18,7	4,0	3,0	1,8	17	7	112	20
Teste F	10,9**	0,5 ^{ns}	3,3*	112,9**	8,4**	7,2**	1,5 ^{ns}	6,72**	0,8 ^{ns}	11,4**
R.L.	34,7**	-	12,3**	423,2**	23,0**	26,2**	-	-	-	40,2**
R.Q.	-	-	-	-	-	-	-	12,3**	-	-
C.V.(%)	7,3	8,2	22,1	3,8	15,9	6,1	32,0	10,5	19,1	22,9

^{ns}, **: Diferença não significativa pelo teste F (P>0,05) e significativa (P<0,01), respectivamente. RL e RQ: Valor de F da regressão linear e da regressão quadrática, respectivamente.

TABELA 4 - Acúmulo de macro e micronutrientes (y) em mudas de maracujazeiro, em função das doses da escória de siderurgia (x) aos 85 dias após a semeadura

Nutriente	Parte da planta	Equação
N	Parte aérea	Y=118,98-57,9280x, R ² =0,93**
	Raiz	Y=8,66-3,8440x, R ² =0,97**
K	Parte aérea	Y=47,3+11,189x-20,1560x ² , R ² =0,99**
	Raiz	Y=3,87+1,754x-1,7288x ² , R ² =0,94**
Ca	Parte aérea	Y=25,16+10,873x-13,677x ² , R ² =0,96**
	Raiz	Y=0,79+0,737x-0,6008x ² , R ² =0,97**
Mg	Parte aérea	Y=4,22+4,781x-4,1951x ² , R ² =0,94*
	Raiz	Y=0,57+0,984x-0,7337x ² , R ² =0,95**
S	Parte aérea	Y=6,77-1,958x-0,9243x ² , R ² =0,98**
	Raiz	Y=0,47+0,172x-0,2195x ² , R ² =0,97**
B	Parte aérea	Y=0,03-0,0163x, R ² =0,97**
	Raiz	Y=0,01-0,0048x, R ² =0,98**
Cu	Parte aérea	Y=0,01+0,021x-0,0168x ² , R ² =0,81*
	Raiz	Y=0,003-0,0016x, R ² =0,90**
Fe	Parte aérea	Y=0,23+0,009x-0,0823x ² , R ² =0,96**
	Raiz	Y=259,85 ^{ns}
Mn	Parte aérea	Y=0,24-0,1310x, R ² =0,99**
	Raiz	Y=0,05+0,004x-0,0163x ² , R ² =0,99**
Zn	Parte aérea	Y=0,06-0,0344x ² , R ² =0,99**
	Raiz	Y=0,02-0,0096x, R ² =0,95**

Os nutrientes que tiveram aumento nos teores da parte aérea do maracujazeiro, com a aplicação da escória, deve-se ao efeito concentração, tendo em vista que, nas maiores doses da escória, houve menor desenvolvimento das mudas, diminuição na produção de matéria seca e, conseqüentemente, na concentração dos nutrientes nos tecidos das mudas. Este fenômeno de concentração/diluição, em estudos sobre nutrição de plantas, é fato amplamente relatado na literatura (Jarrell & Beverly, 1981).

Pode-se inferir, portanto, que a redução da produção de matéria seca das mudas pela aplicação das maiores doses de escória deve-se à diminuição na absorção de nutrientes, explicada pela redução no acúmulo dos mesmos, conforme a Tabela 4. Este fato ocorreu provavelmente devido à presença de outros elementos tóxicos na composição do subproduto. Neste sentido, alguns autores alertam para a presença de metais pesados na escória de siderurgia e para o potencial de contaminação do ambiente (Defelipo et al., 1992). Pode-se destacar que, dos metais pesados existentes, os mais perigosos pela toxicidade e potencial de bioacumulação são: Cd, Cu, Zn e Pb (Maeda et al., 1990). Na escória de siderurgia ferrocromo, utilizada nesta pesquisa, está presente o cromo (Cr₂O₃=34,0 g kg⁻¹), que poderia afetar negativamente a produção das mudas. Todavia, os resultados dos teores de Cr na parte aérea das mudas estiveram abaixo do nível de detecção do método laboratorial; nas raízes, porém, houve um aumento quadrático do teor de cromo (y=11,99-2,895x+9,3968x², R²=0,93**), que variou de 10,8 a 30 mg kg⁻¹, em função dos tratamentos com a aplicação da escória de siderurgia. Assim, observou-se que o cromo acumulou-se nas raízes, havendo baixa translocação do elemento para a parte aérea, fato também relatado em soja (Turner & Rust., 1971) e no arroz, sendo que, nesta cultura, apenas 1% do total absorvido atinge as folhas (Desmet et al., 1975). Castilhos et al. (2002) verificaram, entretanto, o contrário em beterraba com a aplicação do cromo (hexavalente). Segundo Mishra et al. (1995), uma das explicações para este fato seria a valência do cromo, sendo que o Cr⁺⁶ apresenta translocação superior ao Cr⁺³.

As espécies podem apresentar habilidades distintas em termos de translocação dos metais. O acúmulo do elemento nas raízes (vacúolos das células do córtex) pode ser um mecanismo de defesa da planta para evitar a toxidez, pela diminuição da translocação (Vansteveninck et al., 1987). Entretanto, a elevação no acúmulo deste elemento nas raízes pode prejudicar seu crescimento e a absorção de nutrientes e, conseqüentemente, da parte aérea da planta. Neste sentido, Castilhos et al. (2001) observaram que o cromo reduziu significativamente o acúmulo de matéria seca em plantas de soja, tendo em vista a diminuição na absorção de nutrientes (P, K, Ca e Mg), especialmente quando o teor de Cr na parte aérea da leguminosa foi superior a 5,8 mg kg⁻¹. Salienta-se, entretanto, que, com o passar do tempo, o cromo pode reagir no solo, com diminuição de sua atividade na solução (Peternele et al., 2003), através de reações de precipitação, como hidróxidos Cr(OH)₃, complexação com moléculas orgânicas pouco solúveis ou adsorção à superfície dos minerais (Williams et al., 1987).

Por outro lado, nota-se que a escória de siderurgia ferrocromo

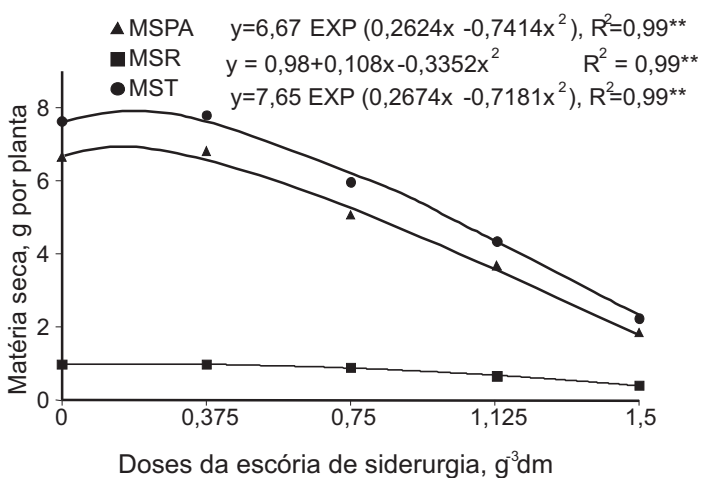


FIGURA 3- Efeitos da aplicação da escória de siderurgia ferrocromo na produção de matéria seca das mudas de maracujazeiro aos 85 dias após a semeadura.

exceto P, B e Mn, que não sofreram alteração significativa. Os teores de Cu e Zn diminuíram com a aplicação da escória (Tabela 3). Entretanto, a aplicação da escória de siderurgia reduziu de forma linear e/ou quadrática o acúmulo de nutrientes, tanto na parte aérea como nas raízes, exceto o Fe na raiz (Tabela 4).

tem pouca viabilidade como corretivo de acidez do solo, uma vez que a dose média que permitiu o maior desenvolvimento ($0,21 \text{ g dm}^{-3}$ ou 420 kg ha^{-1}) e produção de matéria seca ($0,18 \text{ g dm}^{-3}$ ou 360 kg ha^{-1}) é relativamente baixa e, na prática da calagem, as doses comumente utilizadas são maiores, tendo em vista a elevada acidez que normalmente apresentam os solos tropicais.

A resposta restrita desse tipo de escória de siderurgia ferrocromo em mudas de maracujazeiro é discordante de outros trabalhos que observaram resposta altamente significativa na cultura da cana-de-açúcar, com a aplicação da escória de siderurgia de aciaria (Prado & Fernandes, 2001) e, em mudas de goiabeira (Prado et al., 2003), ou com a escória de siderurgia de alto-forno (Prado & Fernandes, 2000b). Esta informação evidencia que a resposta da cultura à aplicação da escória de siderurgia é dependente do tipo de resíduo siderúrgico, além da espécie vegetal. A escória de ferrocromo apresenta limitação de uso na agricultura como corretivo de acidez do solo; entretanto, em virtude do efeito positivo em doses baixas, é pertinente a realização de mais estudos específicos com este material como complemento da adubação e, ainda, com o uso de condicionantes, a exemplo de um material orgânico para diminuir possíveis efeitos maléficis de metais pesados potencialmente tóxicos, minimizando o impacto ambiental.

CONCLUSÕES

A aplicação da escória de siderurgia ferrocromo promoveu a neutralização da acidez do solo; entretanto, mesmo em doses relativamente baixas (360 kg ha^{-1}), houve diminuição no acúmulo de nutrientes e na produção de matéria seca das mudas de maracujazeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCARDE, J.C. **Corretivo de acidez dos solos**: características e interpretações técnicas. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, 1992.26p. (Boletim Técnico, 6).
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Método de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).
- CASTILHOS, D.D.; GUADAGNIN, C.A.; SILVA, M.D.; LEITZKE, V.W.; FERREIRA, L.H.G.; NUNES, M.C. Acúmulo de cromo e seus efeitos na fixação biológica de nitrogênio e absorção de nutrientes de soja. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.7, n.2, 2001.
- CASTILHOS, D.D.; TEDESCO, M.J.; VIDOR, C. Rendimentos de culturas e alterações químicas do solo tratado com resíduos de curtume e cromo hexavalente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.4, p.1083-1092, 2002.
- DEFELIPO, B.V.; NOGUEIRA, A.V.; LOURES, E.G.; ALVAREZ, V.V.H. Eficiência agronômica de um resíduo de indústria siderúrgica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.16, n.1, p.127-31, 1992.
- DESMET, E.; LEVI, C.; MYTTERNAER, R.A.; VERFAILLIE, G. **The behavior of chromium in aquatic and terrestrial food chains**. EUR 5475e. Boite postale 1003, Luxemburg: 1975. p.43-81.
- EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 1999. 412p.
- JARRELL, W.M.; BEVERLY, R.B. The dilution effect in plant nutrition studies. **Advances Agronomy**, San Diego, v.34, p.197-224, 1981.
- MACHADO, R.A.F. Fósforo e zinco na nutrição e crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). 93f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola**: adubos e adubação. 3.ed. São Paulo, Agronômica Ceres, 1981. 594p.
- MAEDA, S.; MIZOGUCHI, M.; OHKI, A. Bioaccumulation of zinc and cadmium in freshwater alga, *Chlorella vulgaris*. Part I. Toxicity and accumulation. **Chemosphere**, Kidlington, v.21, p.953-63, 1990.
- MISHRA, S.; SINGH, V.; SRIVASTAVA, S.; SRIVASTAVA, R.; SRIVASTAVA, M.M.; DASS, S.; SATSANGI, G.P. Studies on uptake of trivalent and hexavalent chromium by maize (*Zea mays*). **Food Chemistry Toxicology**, v.33, p.393-397, 1995.
- MISSIO, E. **Avaliação da disponibilidade de alguns metais pesados para as plantas**. 1996.120f. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.
- PETERNELE, W.S.; COSTA, A.C.S.; SAMBATTI, J.A.; SOUZA JÚNIOR, I.G. Cinética de adsorção de Cr(III) e Cu(II) em Latossolo Vermelho distroférrico e Nitossolo Vermelho eutroférrico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Viçosa: SBCS/UNESP, 2003. CD-ROM
- PIZA JÚNIOR, C.T.; QUAGGIO, J.A.; MELETTI, L.M.M.; SILVA, J.R.; SÃO JOSÉ, A.R.; KAVATI, R. Adubação do maracujá. In: RAIJ, B.van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, 1996.p.148-149.
- PRADO, R.M.; CORREA, M.C.M.; CINTRA, A.C.O.; NATALE, W. Resposta de mudas de goiabeira à aplicação de escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.25, n.1, p.160-163, 2003.
- PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Eficiência da escória de siderurgia em areia quartzosa na nutrição e na produção de matéria seca de cana-de-açúcar cultivada em vaso. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.18, p.36-39, 2000a.
- PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Escória de siderurgia e calcário na correção da acidez do solo cultivado com cana-de-açúcar em vaso. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.4, p.739-744, 2000b.
- PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Resposta da cana-de-açúcar à aplicação da escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.1, p.201-209, 2001.
- PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; NATALE, W. **Uso agrícola da escória de siderurgia no Brasil**: estudos na cultura da cana-de-açúcar. Jaboticabal: FUNEP, 2001. 67p.
- RAIJ, B.van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.(Eds.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.
- TURNER, M.A.; RUST, R.H. Effects of chromium on growth and mineral nutrition of soybeans. **Soil Science of America Proceedings...** Madison, v.35, p.755-758, 1971.
- VANSTEVENINCK, R.F.M.; VANSTEVENINCK, M.E.; FERNANDO, D.R.; GODBOLD, D.L.; HORST, W.J.; MARSCHNER, H. Identification of zinc-containing globules in roots of a zinc-tolerant ecotype of *Deschampsia caespitosa*. **Journal of Plant Nutrition**, Monticello, v.10, p.1239-1246, 1987.
- WILLIAMS, D.E.; VLAMIS, J.; PUKITE, A.H.; COREY, J.E. Metal movement in sludge-amended soils: a nine-year study. **Soil Science**, New Brunswick, v.143, n. 2, p.124-131, 1987.