



XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas
XIII Reunião Brasileira sobre Micorrizas
XI Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo
VIII Reunião Brasileira de Biologia do Solo
Guarapari – ES, Brasil, 13 a 17 de setembro de 2010.
Centro de Convenções do SESC

Influência da Escória de Siderurgia nas Características Químicas do Solo e no Desenvolvimento de Plantas de Milho

Luiz Carlos Prezotti⁽¹⁾ & **André Guarçoni M.**⁽²⁾

(1) Pesquisador Incaper/CRDRCS, BR 262, km 94. Domingos Martins-ES, CEP 29.375.000
prezotti@incaper.es.gov.br (apresentador do trabalho); (2) Pesquisador Incaper/CRDRCS, BR 262, km 94.
Domingos Martins-ES, CEP 29.375.000 guarçoni@incaper.es.gov.br

RESUMO – Com o objetivo de avaliar a influência da escória de siderurgia nas características químicas do solo e no desenvolvimento de plantas de milho, em comparação ao calcário, foi conduzido um ensaio em casa de vegetação onde constatou-se que tanto a escória quanto o calcário proporcionaram efeito semelhante na correção da acidez do solo, sendo que a escória acarretou maior elevação no teor de Ca e o calcário foi mais eficiente na elevação do teor de Mg. De modo geral não se observaram diferenças marcantes nos teores de metais pesados da escória e do calcário, com exceção do cromo, sendo seu teor na escória superior ao do calcário. A escória e o calcário apresentaram efeito semelhante no aumento da produção inicial de biomassa de plantas de milho. Os teores dos metais Cd, Pb e Ni nos tecidos das plantas de milho se elevaram com o aumento das doses de escória e de calcário. Os teores de Pb e Ni nos tecidos das plantas foram superiores com a aplicação das doses de calcário, quando comparada com as mesmas doses de escória. Poucas diferenças foram observadas nos teores de Cd. Não foi detectado Cr nos tecidos das plantas de milho utilizando-se a espectrofotometria de absorção atômica.

Palavras-chave: Resíduos industriais, Fertilidade do solo, Corretivos.

INTRODUÇÃO - Com a redução das reservas naturais de nutrientes e o consequente aumento de preços dos fertilizantes, é crescente a busca de novas alternativas para fontes de nutrientes. A escória de siderurgia pode ser uma das opções por possuir

Os vasos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizados. Após a estabilização do

compostos neutralizantes da acidez do solo além de macro e micronutrientes.

Prado e Fernandes (2000 e 2003) demonstraram que a escória, quando aplicada ao solo, aumenta o pH e reduz o H+Al. Incrementos na disponibilidade de P foram observados por Prado et al. (2002) e elevação dos teores de Si, Ca, Mg, resistência a doenças e aumentos de produtividade em culturas acumuladoras de Si, como o arroz e a cana-de-açúcar, foram observados por Winslon (1992).

Na sua grande maioria, os solos tropicais apresentam elevada acidez e baixos teores de nutrientes, principalmente cálcio, magnésio, fósforo e micronutrientes. Neste contexto, este trabalho teve por objetivo avaliar a influência da escória de siderurgia nas características químicas do solo e no desenvolvimento de plantas de milho, em comparação ao calcário.

MATERIAL E MÉTODOS - Amostra da escória da Siderúrgica ARCELOR MITTAL TUBARÃO, localizada no Município de Serra – ES, foi peneirada em malha de 2 mm e determinados os teores de P, K, Na, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn, Si, segundo metodologia descrita pelo Ministério da Agricultura (1988) e Cd, Cr, Pb e Ni (Embrapa, 1999).

Para o trabalho em casa de vegetação foi utilizado um Latossolo Vermelho Amarelo, coletado na profundidade de 0-20 cm, destorroado e peneirado em malha de 4 mm. Volumes de 2 dm³ deste solo foram incubados em vasos com doses crescentes de escória: 0; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 e 10 t/ha. O solo foi mantido com umidade de 70% da capacidade de campo, durante um período correspondente à estabilização do pH.

pH foram coletadas amostras para determinação dos

teores de P, K, Na, Ca, Mg, Al, H+Al, Cd, Cr, Pb, Ni, segundo metodologia da Embrapa (1997).

Em cada vaso foram semeadas 5 sementes de milho. A adubação de cobertura foi com 200 mg/dm³ de N e 130 mg/dm³ de K parcelados em três doses ao 5, 10 e 15 dias após a germinação. Após trinta dias, as plantas foram cortadas rente ao solo e a parte aérea foi seca e pesada, realizando-se as análises químicas do tecido vegetal conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997)

RESULTADOS E DISCUSSÃO - A aplicação de doses crescentes de escória e de calcário (Tabela 1) elevou o pH do solo na proporção de 0,0897 unidades de pH por tonelada de escória (Tabela 2). A proporção de acréscimo do pH com o aumento das doses de calcário foi de 0,1652 unidade por tonelada de calcário (Tabela 3), portanto, superior ao da escória.

A mesma tendência é observada com a saturação por bases (V) que foi maior com a aplicação do calcário, atingindo o valor de 80% na dose de 10 t/ha, enquanto que a escória elevou para 63%.

A escória elevou o teor de P do solo de 1 mg/dm³ para 7 mg/dm³ na dose de 10 t/ha. Não houve elevação dos teores de P com a aplicação das doses crescentes de calcário.

Os teores de K e Na foram pouco influenciados pela aplicação dos dois materiais.

O calcário elevou os teores de Ca em maiores patamares que a escória. O mesmo foi observado com os teores de Mg, sendo que o calcário aumentou seu teor em 21 vezes enquanto a escória aumentou em 6 vezes. Este fato comprova a pouca contribuição da escória na elevação dos teores de Mg do solo em razão dos baixos teores em sua composição.

O Al³⁺ foi totalmente neutralizado tanto pela escória quanto pelo calcário.

A escória proporcionou aumentos nos teores dos micronutrientes Zn, Fe e Mn não apresentando efeito sobre os teores de Cu e B. O calcário não alterou os teores destes micronutrientes.

A escória elevou o teor de Si em 2,6 vezes ao passo que o calcário elevou em apenas 1,1 vez, comprovando a maior eficiência da escória em disponibilizar este elemento no solo.

O calcário elevou em maiores proporções os teores de Cd e Ni do solo ao passo que a escória elevou em maiores proporções os teores de Cr e Pb.

Tanto a escória quanto o calcário, na dose de 10 t/ha, proporcionaram um acréscimo de, aproximadamente, 200% na produção de matéria seca de plantas de milho (Figuras 1 e 2), portanto, apresentaram efeitos semelhantes no desenvolvimento inicial das plantas de milho.

Os teores P da parte aérea das plantas de milho reduziram com o aumento das doses de escória e calcário (Tabela 4 e 5). Este fato é explicado pelo efeito de diluição, o qual ocorre em razão da rápida produção inicial de biomassa das plantas, acarretando uma redução proporcional do teor destes elementos nos tecidos do vegetal, possivelmente em razão da velocidade de absorção de P não ser suficiente para atender a demanda metabólica, acarretando a redução de seus teores nos tecidos da planta.

Os teores de Ca e Mg nos tecidos da parte aérea das plantas se elevaram com o aumento das doses de escória e calcário, sendo os maiores teores de Ca obtidos com a escória e os de Mg obtidos com o calcário.

Houve aumento dos teores de Si na parte aérea das plantas com a elevação das doses de escória e calcário. Nas maiores doses, tanto de escória quanto de calcário, houve uma redução dos teores foliares de Si, sendo ajustado o modelo quadrático.

Houve elevação dos teores foliares de Cd, Pb e Ni com o aumento das doses de escória e de calcário. De modo geral, maiores teores foliares de Pb e Ni foram obtidos com a aplicação das doses de calcário, quando comparados com as mesmas doses de escória. Não houve diferenças evidentes dos teores foliares de Cd.

Não foi detectado Cr nos tecidos das plantas de milho utilizando-se a espectrofotometria de absorção atômica.

Os níveis considerados críticos para a toxicidade da maioria das plantas, segundo McNichol e Beckett (1985), é de 4 mg/kg de Cd, 2 mg/kg de Cr, 30 mg/kg de Pb e 8 mg/kg de Ni. Portanto, mesmo na dose de 10 t/ha, os teores obtidos nas plantas, tanto para a escória quanto para o calcário, são inferiores aos citados.

CONCLUSÕES - Tanto a escória quanto o calcário proporcionaram efeito semelhante na correção da acidez do solo, sendo que a escória acarretou maior elevação no teor de Ca e o calcário foi mais eficiente na elevação do teor de Mg.

A escória e o calcário apresentaram efeito semelhante no aumento da produção inicial de matéria seca de plantas de milho.

Os teores dos metais Cd, Pb e Ni nos tecidos das plantas de milho se elevaram com o aumento das doses de escória e de calcário, mas ficaram abaixo dos níveis considerados críticos para a ocorrência de toxicidade na maioria das plantas.

Os teores de Pb e Ni nos tecidos das plantas foram superiores com a aplicação de calcário, quando comparada com a escória. Poucas diferenças foram observadas nos teores de Cd.

Não foi detectado Cr nos tecidos das plantas de milho utilizando-se a espectrofotometria de absorção atômica.

REFERÊNCIAS

EMBRAPA. Manual de análise química dos solos, plantas e fertilizantes. Embrapa Solos, RJ: 1999. 370p.

MALAVOLTA. E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba-SP. Potafos, 1997. 319p.

McNICHOL, R.D.; BECKETT, P.H.T. Plant and Soil, Dordrecht, v.85, p.107-129, 1985.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes: métodos oficiais Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Vegetal.. Brasília: 1988. 104p

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Escória de siderurgia e calcário na correção da acidez do solo cultivado com cana-de-açúcar em vasos. Scientia Agricola. Piracicaba, SP: v.57, n.4, p.739-744, 2000.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo da acidez do solo na soqueira da cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas: v.27, n.2, p. 287-296, 2003.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F.M.; CAUTINHO, E. L. M.; ROQUE, C. G.; VILLAR, M. L. P. Avaliação da escória de siderurgia e de calcários como corretivos da acidez do solo no cultivo da alface. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília: v.37, n.4, p.539-546, 2002.

WINSLOON, M. D. Silicon, disease resistance, and yield of rice genotypes under upland cultural conditions. Crop Sci., 32:1208-1213, 1992

Tabela 1: Características químicas do solo em função de doses crescentes de escórias e de calcário

Dose	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	V	Zn	Fe	Mn	Cu	B	Si	Cd	Cr	Pb	Ni
t/ha		-- mg/dm ³ ---			---- cmol _c /dm ³ ----				----- mg/dm ³ -----									
Escória																		
0,00	4,9	1	15	6	0,3	0,1	1,2	9	0,4	171	5	0,3	0,22	47	0,07	0,48	0,7	0,50
0,50	5,0	2	16	7	0,3	0,1	1,1	8	0,3	131	7	0,3	0,26	52	0,07	0,80	1,0	0,68
1,00	5,0	2	14	8	0,5	0,1	1,0	15	0,4	161	10	0,3	0,24	58	0,08	0,82	0,9	0,78
2,00	5,1	2	14	9	0,9	0,1	0,8	24	0,3	141	13	0,3	0,21	57	0,09	0,71	1,0	0,76
4,00	5,3	4	13	7	1,6	0,2	0,5	37	0,4	165	25	0,3	0,18	70	0,09	0,81	1,3	0,76
6,00	5,5	6	13	8	2,3	0,2	0,2	52	0,5	178	34	0,3	0,20	88	0,10	0,92	1,5	1,04
10,00	5,8	7	20	10	2,9	0,6	0,0	63	1,0	210	43	0,4	0,29	124	0,10	1,46	1,6	1,06
Calcário																		
0,00	4,9	1	15	6	0,3	0,1	1,2	9	0,4	171	5	0,3	0,22	47	0,07	0,48	0,7	0,50
0,50	5,0	1	14	8	0,4	0,2	0,9	18	0,3	112	4	0,2	0,22	29	0,13	0,48	1,7	1,35
1,00	5,2	1	14	7	0,5	0,4	0,7	23	0,3	187	5	0,3	0,17	36	0,15	0,58	1,8	1,27
2,00	5,3	1	13	7	0,9	0,6	0,5	37	0,3	185	5	0,3	0,20	26	0,15	0,62	1,7	1,37
4,00	5,6	1	12	7	1,6	1,0	0,1	51	0,4	156	4	0,3	0,20	50	0,16	0,71	1,5	1,37
6,00	5,8	1	22	6	2,4	1,7	0,1	64	0,4	168	6	0,3	0,21	45	0,16	0,80	1,0	1,37
10,00	6,3	1	22	10	3,3	2,1	0,0	80	0,4	168	6	0,2	0,21	54	0,16	1,00	1,4	1,37

Tabela 2: Equações de regressão das características químicas do solo em função de doses crescentes de escória (E)

Equação	R ²
pH = 4,923 + 0,0897 E	0,993 ^(0,00)
P = 1,354 + 0,6180 E	0,932 ^(0,01)
K = 13,822 + 0,3509 E	0,268 ^(23,39)
Na = 6,963 + 0,2662 E	0,511 ^(7,09)
Ca = 0,310 + 0,2821 E	0,923 ^(0,01)
Mg = 0,466 + 0,0436 E	0,820 ^(0,31)
Al = 1,110 - 0,1246 E	0,820 ^(0,03)
V = 10,061 + 5,8541 E	0,948 ^(0,01)
Zn = 0,271 + 0,0596 E	0,743 ^(0,78)
Fe = 145,908 + 5,7721E	0,588 ^(2,71)
Mn = 6,137 + 4,0018 E	0,966 ^(0,00)
Cu = 0,286 + 0,0085 E	0,588 ^(2,70)
B = Os modelos testados não se ajustaram aos dados	
Si = 45,971 + 4,4129 E	0,974 ^(0,00)
Cd = 0,075 + 0,0031 E	0,713 ^(1,04)
Cr = 0,606 + 0,0747 E	0,776 ^(0,55)
Pb = 0,854 + 0,0860 E	0,860 ^(0,17)
Ni = 0,635 + 0,0483 E	0,742 ^(0,79)

*Valores entre parêntesis indicam o nível de significância da regressão em porcentagem.

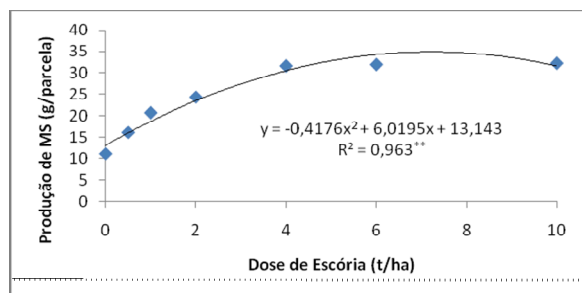


Figura 1: Produção de matéria seca de plantas de milho em função de doses de escória.

Tabela 4: Equações de regressão dos teores de elementos nos tecidos da parte aérea de plantas de milho em função de doses crescentes de escória (E)

Equação	R ²
P = 0,500 - 0,0384 E	0,747 ^(1,21)
Ca = 0,240 + 0,1753 E	0,937 ^(0,03)
Mg = 0,165 + 0,0835 E	0,995 ^(0,00)
Si = 26,019 + 29,750 E - 2,2339 E ²	0,692 ^(9,52)
Cd = 0,788 + 0,1058 E	0,957 ^(0,01)
Pb = 2,463 + 1,2662 E	0,798 ^(0,67)
Ni = 1,119 + 0,1729 E	0,637 ^(3,15)

*Valores entre parêntesis indicam o nível de significância da regressão em porcentagem

Tabela 3: Equações de regressão das características químicas do solo em função de doses crescentes de calcário (C).

Equação	R ²
pH = 4,989 + 0,1652 C	0,979 ^(0,00)
P = 0,858 + 0,0847 C	0,588 ^(2,70)
K = 12,958 + 0,9061 C	0,528 ^(3,90)
Na = 6,524 + 0,2270 C	0,224 ^(15,93)
Ca = 0,283 + 0,3158 C	0,987 ^(0,00)
Mg = 0,168 + 0,2095 C	0,962 ^(0,01)
Al = 0,868 - 0,1097 C	0,699 ^(1,18)
V = 16,838 + 6,9845 C	0,935 ^(0,02)
Zn = 0,329 + 0,0084 C	0,321 ^(18,44)
Fe = Os modelos testados não se ajustaram aos dados	
Mn = 4,507 + 0,1468 C	0,422 ^(11,43)
Cu = Os modelos testados não se ajustaram aos dados	
B = Os modelos testados não se ajustaram aos dados	
Si = 34,616 + 1,9015 C	0,407 ^(12,31)
Cd = 0,1218 + 0,0054 C	0,360 ^(15,43)
Cr = 0,495 + 0,0513 C	0,982 ^(0,00)
Pb = Os modelos testados não se ajustaram aos dados	
Ni = 1,091 + 0,0410 C	0,210 ^(30,10)

*Valores entre parêntesis indicam o nível de significância da regressão em porcentagem.

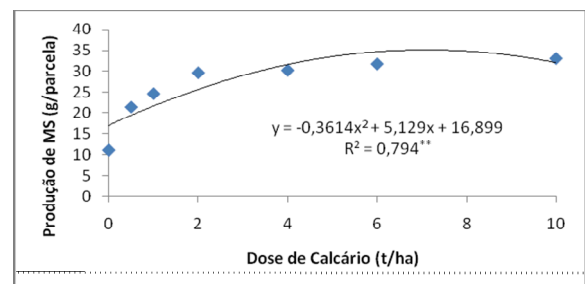


Figura 2: Produção de matéria seca de plantas de milho em função de doses de calcário.

Tabela 5: Equações de regressão dos teores de elementos nos tecidos da parte aérea de plantas de milho em função de doses crescentes de calcário (C).

Equação	R ²
P = 0,428 - 0,0317 C	0,649 ^(2,86)
Ca = 0,268 + 0,1235 C	0,864 ^(0,24)
Mg = 0,081 + 0,0808 C	0,499 ^(7,61)
Si = 87,515 + 36,993 C - 7,589 C ²	0,503 ^(35,06)
Cd = 1,307 + 0,0661 C	0,383 ^(13,86)
Pb = 7,884 + 1,0984 C	0,707 ^(1,78)
Ni = 1,389 + 0,2332 C	0,660 ^(2,64)

*Valores entre parêntesis indicam o nível de significância da regressão em porcentagem