

Composição química da solução do solo de Cerrado após aplicação de resíduos da extração de celulose ⁽¹⁾.

Thais Monique de Souza Maciel ⁽²⁾; Marlene Cristina Alves ⁽³⁾; Flávia Carvalho Silva ⁽⁴⁾; Diego Gonçalves Feitosa ⁽⁵⁾; Fabiana da Silva de Campos ⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

⁽²⁾ Mestranda do curso de pós-graduação em Sistemas de Produção, Bolsista FAPESP, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (FE/UNESP); Ilha Solteira, SP; E-mail: thamoni@yahoo.com.br; ⁽³⁾ Professora Titular do curso de Agronomia; FE/UNESP; Ilha Solteira, SP; E-mail: mcalves@agr.feis.unesp.br; ⁽⁴⁾ Professor do curso de Agronomia; Universidade Estadual de Maringá, Paraná; E-mail: flcarvalhoblg@gmail.com; ⁽⁵⁾ Mestrando do curso de pós-graduação em Sistemas de Produção; FE/UNESP; Ilha Solteira, SP; E-mail: diegogfeitosa@yahoo.com.br; ⁽⁶⁾ Pós-doutoranda; FE/UNESP; Ilha Solteira, SP; E-mail: fabisilvacampos@gmail.com.

RESUMO: Com a produção de papel e celulose, as indústrias do setor têm gerado diariamente grandes quantidades de resíduos sólidos e efluentes, constituindo-se em uma grande preocupação ambiental e econômica. No intuito de retornar com estes subprodutos de forma sustentável à natureza, o objetivo do estudo foi avaliar, em casa de vegetação, usando colunas de solo e ciclos de umedecimento e secagem, o efeito da aplicação de resíduos da extração de celulose sobre a composição química da solução do solo de dois Latossolos. O experimento foi realizado na Faculdade de Engenharia (UNESP), localizada no município de Ilha Solteira, SP. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 7 tratamentos e 5 repetições para cada solo. Os tratamentos utilizados foram: T₁ – sem adição de calcário e resíduo (testemunha); T₂ – 1,0 t ha⁻¹ de calcário calcítico; T₃ – 1,2 t ha⁻¹ de *dregs / grits*; T₄ – 0,8 t ha⁻¹ de lama cal; T₅ – 2,4 t ha⁻¹ de cinza; T₆ – 1,8 t ha⁻¹ de *dregs/grits* + lama cal + cinza na proporção 1:3:6; T₇ – 1,0 t ha⁻¹ de *dregs/grits* + lama cal na proporção 1:3. Foi analisada a composição química da solução extraída de cada solo estudado durante três meses de incubação. Os resultados foram analisados efetuando-se a análise de variância e teste de Tukey para as comparações de média no nível de 5% de probabilidade. Os resíduos originados da extração de celulose afetaram a composição química da solução dos dois solos estudados. Entre os tratamentos estudados, o T₃ (1,2 t ha⁻¹ de *dregs / grits*) não é adequado para utilização no solo, pois forneceu maior quantidade de Na à solução do solo.

Termos de indexação: lixiviação; nutrientes; Latossolo.

INTRODUÇÃO

O resíduo gerado por indústrias de papel e celulose tem sido utilizado no solo em alguns estudos. Para converter a madeira em polpa celulósica, deve haver a separação das fibras da madeira, ou seja, remover a lignina. Para isso,

existem processos sendo o principal o químico, normalmente chamado de processo Kraft. A partir do processo Kraft são gerados como resíduos a lama de cal, *dregs*, *grits* e as cinzas. A lama de cal é um resíduo de coloração branca formado predominantemente por carbonato de cálcio (CaCO₃), extraída da caustificação do licor verde, ou seja, após a adição de óxido de cálcio (CaO). *Dregs* significa escória, sedimento. É um material sólido, de cor escura, com odor característico, sedimentado e removido na clarificação do licor verde. E *grits*, que significa grânulo, é o resíduo sólido e granulado de cor amarelada, sem odor e pouco solúvel, resultante do processo de calcinação da lama de cal e do calcário nos fornos de cal.

Pesquisadores como Medeiros (2008) mostrou que esse resíduo pode reduzir a estabilidade dos agregados e dispersar a argila, devido à elevação do pH e da percentagem de sódio no complexo de troca do solo. Com isso, conseqüentemente pode alterar os atributos físicos, químicos e físico-hídricos do solo.

Por outro lado, Costa et al. (2009), avaliando em laboratório os efeitos da aplicação de resíduos de fábrica de papel reciclado em solos florestais verificaram o aumento no pH, a diminuição no alumínio trocável, a diminuição da acidez potencial, o aumento nos níveis de cálcio e magnésio, o aumento nas camadas iniciais para o fósforo e o aumento na saturação por bases, sem alteração do teor de sódio e matéria orgânica do solo.

Segundo Costa (2002), o entendimento da distribuição da água e soluto no solo é de suma importância para prevenir um desequilíbrio de nutrientes no mesmo, evitando, assim, possível contaminação no lençol freático e a desestruturação do solo. No entanto, os autores afirmam que em doses adequadas, a utilização desse resíduo como fornecedor de nutrientes pode ser uma alternativa viável para reduzir a quantidade de calcário necessária para corrigir a acidez do solo e melhorar o desenvolvimento das culturas, destinando adequadamente os resíduos industriais sem prejuízos ao solo.

Diante dessas premissas o objetivo do estudo foi avaliar, em casa de vegetação, usando colunas de solo e ciclos de umedecimento e secagem, o efeito da aplicação de resíduos da extração de celulose na composição química da solução do solo de dois Latossolos, um de textura média e outro de textura argilosa.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado em casa de vegetação da Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira (UNESP), localizada no município de Ilha Solteira, SP. Os solos utilizados no estudo foram: Latossolo Vermelho, textura média, coletado no município de Três Lagoas e, Latossolo Vermelho, textura argilosa, de Selviria, ambos no MS.

O experimento foi realizado seguindo um delineamento inteiramente casualizado, com 7 tratamentos e 5 repetições. Os tratamentos utilizados foram: T₁ – sem adição de calcário e resíduo (testemunha); T₂ – 1,0 t ha⁻¹ de calcário; T₃ – 1,2 t ha⁻¹ de *dregs / grits*; T₄ – 0,8 t ha⁻¹ de lama de cal; T₅ – 2,4 t ha⁻¹ de cinza; T₆ – 1,8 t ha⁻¹ de *dregs/grits* + lama de cal + cinza na proporção 1:3:6; T₇ – 1,0 t ha⁻¹ de *dregs/grits* + lama de cal na proporção 1:3. Os resíduos de celulose foram cedidos pela empresa FIBRIA, localizada em Três Lagoas (MS). As doses estudadas nos tratamentos foram definidas em função da fertilidade do solo e necessidade da cultura do eucalipto, levando em consideração a forma de aplicação dos resíduos em sulco. O solo foi incubado por um período de 90 dias.

Para incubar o solo foram montadas colunas de pvc com 0,40 m de altura e 0,20 m de largura e para extração da solução do solo, foram instalados, em cada coluna, extratores de solução de cápsula porosa a 0,10 m de altura do solo (Figura 1) (Souza et al., 2012), à profundidade de 0,10 m na coluna. O solo foi submetido a ciclo de umedecimento e secagem a cada 10 dias.



Figura 1: Extração da solução do solo das colunas.

Foram realizadas extrações de solução do solo em dezembro de 2012 (0 e 10 dias), janeiro (20 e 30

dias), fevereiro (40, 50 e 60 dias), março (70, 80 e 90 dias) de 2013 durante a incubação do solo, no total de 10 coletas. As extrações foram iniciadas cerca de 12 horas após uma saturação, tendo-se aplicado, nos extratores, um vácuo com auxílio de seringa de 60 ml. Realizaram-se três análises laboratoriais das soluções extraídas, sendo: 1° análise composta da solução de 0, 10, 20 e 30 dias; 2° análise com soluções coletadas aos 40, 50 e 60 dias e 3° análise com soluções de 70, 80 e 90 dias após período de incubação. Na solução do solo extraída, foram determinados diretamente em laboratório, sem filtragem ou digestão, a condutividade elétrica (CE), o teor de Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Sódio (Na) conforme Raij et al. (2001).

Os dados foram analisados efetuando-se a análise de variância e teste de Tukey para as comparações de média no nível de 5 % de probabilidade. Foi usado o programa computacional SISVAR (Ferreira, 2008) para a realização da análise estatística.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações dos elementos nas soluções do solo apresentaram, em geral, aumento ou diminuição em função dos tratamentos e tipos de solo, respectivamente (**Tabelas 1 e 2**).

No Latossolo de textura média não houve diferença para os teores de Ca entre os tratamentos, bem como para a condutividade elétrica. Já para Mg e Na na segunda e terceira avaliação houve diferença entre os tratamentos. Costa et al. (2009), avaliando em laboratório os efeitos da aplicação de resíduos de fábrica de papel reciclado em solos florestais nos atributos químicos de dois tipos de solo (Neossolo e Cambissolo), verificaram, o aumento nos níveis de Ca e Mg. Nesse estudo, somente o Mg apresentou comportamento semelhante ao trabalho desenvolvido por esses autores.

Nos resultados verifica-se aumento nas concentrações de Mg nos dois tipos de solos, sendo os tratamentos que apresentaram maiores teores foram o T2 no Latossolo de textura média e o T6 no Latossolo argiloso.

O Ca e o Mg, que normalmente ficam mais retidos ao complexo de troca, no Latossolo argiloso, permaneceram livres na solução do solo com a diminuição das cargas negativas ocupadas posteriormente por Na e ficaram passíveis de serem lixiviados. Situação semelhante foi observada por Souza et al. (2012), que obteve resultados semelhantes ao avaliar fertilizantes salinos em área com citros.

Com auxílio dos extratores de solução por cápsulas porosas, é possível monitorar a

concentração total de sais na solução do solo e manter a salinidade em nível desejado (Dias et al., 2005). Partindo desse conceito, a CE também foi monitorada. Entre os tratamentos, os valores apresentaram comportamento semelhante ao teor de Na na solução do solo. O Latossolo de textura média, não apresentou resultados significativos. Entretanto no Latossolo argiloso, os maiores valores, no geral, foram do tratamento T3.

Segundo Raij (2011), em solos ácidos, como os Latossolos estudados nessa pesquisa, os teores de Na em solução podem variar entre 0,4 a 2,0 mmolc L⁻¹. O Na, no Latossolo de textura média, apresentou maior teor no tratamento T3. Porém, no Latossolo argiloso, embora não tenha apresentado significância entre os tratamentos, na primeira análise os valores médios foram zero, mas nas demais análises o elemento apresentou valores médios acima do esperado, principalmente nos tratamentos T3 e T5.

O resíduo da extração de celulose utilizado no estudo apresenta concentração elevada de Na em sua composição, sendo o T3 com maior teor desse elemento. Essa característica contribuiu para apresentar valores mais elevados na solução do solo. Esses resultados corroboram com Medeiros (2008), o qual afirma que os problemas potenciais do uso agrícola desses resíduos são decorrentes, principalmente, da elevada concentração de Na⁺ do resíduo, pois pode causar a dispersão do solo com prejuízos à sua estrutura.

Meurer (2006) menciona que a estabilidade dos agregados do solo depende de muitos fatores, como a textura, mineralogia (óxidos e silicatos), teores e tipos de cátions e outros. Esses fatores são determinantes da espessura da dupla camada difusa, que é importante e fundamental fator que influencia a dispersão e floculação de partículas. Cátions com alto grau de hidratação, como o Na, formam complexos de esfera externa e aumentam a distância entre as partículas; desse modo, as forças de atração de curto alcance não se manifestam e o sistema dispersa. Portanto, quando tem-se um elevado teor de Na no solo, sua estrutura é comprometida. Com isso o uso desses resíduos, altamente salinos, devem ser utilizados nas doses adequadas para não comprometer o ambiente e o desenvolvimento da cultura.

CONCLUSÕES

Os resíduos originados da extração de celulose afetaram a composição química da solução dos dois solos estudados, apresentando maiores alterações nas concentrações dos íons Mg e Na na solução dos Latossolos.

Entre os tratamentos estudados, o T3 (1,2 t ha⁻¹ de dregs / grits) não é adequado para utilização no solo, pois forneceu maior quantidade de Na à solução do solo.

REFERÊNCIAS

- COSTA, E. R. O.; RIZZI, N. E.; SILVA, H. D. et al. Alterações químicas do solo após aplicação de bio sólidos de estação de tratamento de efluentes de fábrica de papel reciclado. **Floresta**, Curitiba, PR, 39:1-10, jan./mar. 2009.
- COSTA, P. O. da S. Avaliação em laboratório do transporte de contaminantes no solo do aterro sanitário de Sauípe/BA. Rio de Janeiro: PUC, 2002. 188p. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)**.
- DIAS, N. da S.; DUARTE, S.N.; GHEYI, H.R. et al, T.M. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade do solo sob ambiente protegido, utilizando-se extratores de solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 9:496-504, 2005.
- MEDEIROS, J. C. Resíduo alcalino da indústria de papel e celulose na correção da acidez de um Cambissolo Húmico Álico. 2008. 79 f. **Dissertação (Mestrado)**. Centro de Ciências Agroveterinárias / Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages, 2008.
- MEURER, E.J. **Fundamentos de química do solo**. 3.ed. Porto Alegre, Evangraf, 2006. 285p.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p.36-41, 2008.
- RAIJ, B. van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Ed.). Análise química para avaliação da fertilidade do solo. Campinas: **Instituto Agrônomo**, 2001. 285p.
- RAIJ, B. van.; Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.
- Souza, T. R.; Villas Bôas, R. L.; Quaggio, J. A. et al. Dinâmica de nutrientes na solução do solo em pomar. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, 47:846-854, junho/2012.

Tabela 1: Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para os teores de Ca, Mg e Na (mmol_c L⁻¹) e condutividade elétrica-CE (μs cm⁻¹) nas soluções extraídas do Latossolo Vermelho, textura média, Três Lagoas, MS.

Tratamentos	Ca			Mg			Na			CE		
	mmol _c L ⁻¹									μs cm ⁻¹		
	Avaliações											
	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°
T1	6,67	5,78	4,89	0,57	1,11ab	1,66 ab	2,32	1,66 b	1,66 b	519	355	380
T2	6,91	6,76	6,61	0,59	1,51a	2,43 a	2,32	1,66 b	1,66 b	693	293	386
T3	4,26	4,22	4,18	0,57	0,98 ab	1,40 ab	2,32	2,66 a	2,66 a	492	546	598
T4	4,79	4,07	3,36	0,57	1,07 ab	1,57 ab	1,33	1,33 b	1,33 b	397	270	288
T5	7,39	5,52	3,66	0,56	1,00 ab	1,44 ab	1,33	1,33 b	1,33 b	430	286	282
T6	5,72	5,32	4,91	0,60	1,11 ab	1,63 ab	1,99	1,33 b	1,33 b	504	281	318
T7	4,94	3,89	2,84	0,56	0,67 b	0,78 b	1,33	1,33 b	1,33 b	431	270	230
F	0,44	0,67	1,09	0,26	4,52*	4,34*	3,60	7,10*	7,10*	0,811	0,84	2,49
CV (%)	24,08	20,47	22,14	8,94	21,81	29,89	28,60	22,61	22,61	19,42	16,23	13,16

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Dados transformados ($\sqrt{x+0,5}$) para teores de Ca e CE. Legenda: T₁ – sem adição de calcário e resíduo (testemunha); T₂ – 1,0 t ha⁻¹ de calcário calcítico; T₃ – 1,2 t ha⁻¹ de *dregs / grits*; T₄ – 0,8 t ha⁻¹ de lama cal; T₅ – 2,4 t ha⁻¹ de cinza; T₆ – 1,8 t ha⁻¹ de *dregs/grits* + lama cal + cinza na proporção 1:3:6; T₇ – 1,0 t ha⁻¹ de *dregs/grits* + lama cal na proporção 1:3.

Tabela 2: Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para os teores de Ca, Mg e Na (mmol_c L⁻¹) e Condutividade elétrica-CE (μs cm⁻¹) nas soluções extraídas de Latossolo Vermelho, textura argilosa, Selvíria, MS.

Tratamentos	Ca			Mg			Na			CE		
	mmol _c L ⁻¹									μs cm ⁻¹		
	Avaliações											
	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°
T1	3,89	1,24	5,44	0,54 ab	0,19 c	1,92 a	0	1,33	3,89	396 ab	268 ab	220
T2	4,08	1,86	8,02	0,57 a	0,21 c	1,96 a	0	1,33	4,08	413 ab	293 ab	282
T3	3,47	2,06	4,54	0,58 a	0,25 abc	1,23 b	0	1,66	3,48	434 a	339 a	200
T4	3,62	2,66	4,08	0,54 ab	0,28 bc	1,13 b	0	1,33	3,62	395 ab	237 ab	180
T5	4,74	1,33	4,18	0,59 a	0,23 bc	1,39 ab	0	1,33	4,74	492 a	199 b	206
T6	4,14	2,41	6,07	0,58 a	0,54 a	1,71 ab	0	1,33	4,15	415 ab	314 ab	274
T7	3,05	2,14	6,07	0,41 b	0,43 ab	1,63 ab	0	1,33	3,04	275 b	244 ab	250
F	1,07	1,25	2,69	3,71*	5,15*	6,44*	0	1,00	1,15	3,50*	3,33*	1,85
CV (%)	11,05	15,22	12,68	11,50	29,43	16,31	0	18,25	26,30	21,85	19,59	25,96