

# INFLUÊNCIA DO LODO DE ESGOTO NO ESTABELECIMENTO, ESTADO NUTRICIONAL, ATIVIDADE DA FOSFATASE E PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE CANA-DE-AÇÚCAR.

Fábio Cesar da Silva<sup>1</sup>, Antonio Enedi Boaretto<sup>2</sup>, Luiz Carlos Basso<sup>3</sup>, Ronaldo Severiano Berton<sup>4</sup>, Denise Maria Galdara Alves<sup>3</sup>, Helder Basaglia Zotelli<sup>5</sup>, Carlos Alberto Pexe<sup>5</sup>, Elaine Mendonça<sup>5</sup>; <sup>1</sup>EMBRAPA/CNPS, Rua Jardim Botânico, 1024-CEP22460-000, Fax:(021)274-5291, E-Mail: fábio @ cnps.embrapa.br, Rio de Janeiro-RJ; <sup>2</sup>CENA/ USP, CP 96, Piracicaba-SP; <sup>3</sup>ESALQ/USP, Av. Pádua Dias - 11, CP 09, 13418-900, Piracicaba-SP; <sup>4</sup>IAC, CP 28, Campinas-SP; <sup>5</sup> Usina Costa Pinto S/A, Piracicaba-SP.

Palavra-chave: Resíduo urbano, uso agrônômico, *saccharum spp*, fosfatase ácida.

A utilização agrícola do lodo de esgoto (Le) originado do tratamento das águas servidas é a alternativa de maior sustentabilidade para se dar como destino final no meio ambiente, pois este resíduo é fonte de nutrientes e de matéria orgânica, sendo ainda um corretivo da acidez do complexo coloidal e condicionador das propriedades físicas do solo. Portanto, torna-se oportuno avaliar, em condições de campo, os efeitos da aplicação de doses de Le(0, 20 e 40 ha<sup>-1</sup>, peso úmido), complementados ou não com adubação NP, NK, PK e NPK (nas dosagens de 60, 34 e 83 kg.ha<sup>-1</sup> de N, P e K, respectivamente, sobre o estabelecimento, o estado nutricional da cultura em um Podzólico Vermelho-Amarelo, bem como seus reflexos no metabolismo energético pela atividade de fosfatase e na produção de biomassa da planta. O Le foi analisado em extrato de água régia (microondas), obtendo-se C=71\*, N=22\*, P=10\*, Al=2,0\*, Ca=11,5\*, Mg=3,5\*, K=2,0\*, S=10\*, Fe=50\* (\*=g.kg<sup>-1</sup> de MS), Cu=905\*\*, Mn=505\*\*, Cd=25\*\*, Cr=645\*\*, Ni=445\*\*, Pb=265\*\* e Zn=1880\*\* (\*\*=mg.kg<sup>-1</sup> de MS), pH=10 e água=620g.kg<sup>-1</sup>. Para avaliar os efeitos do Le no sistema solo-planta coletou-se amostras de ambos as 146 dias após plantio (dap). As amostras compostas de solo foram retiradas na camada de 0 a 20cm na projeção do sulco de plantio, em 9 pontos por parcela. As amostras de terra foram analisadas pelo sistema IAC e determinando-se S por turbidimetria extraído em CaCl<sub>2</sub> (1,5g.kg<sup>-1</sup>). Os metais pesados (Cr, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb e Zn) foram extraídos do solo por solução de DTPA pH 7,3 (relação=2:1) e determinados em espectrômetro de emissão atômica em plasma (ICP). As amostras de folhas +1 foram colhidas aos 146 dap, visando a determinação da atividade enzimática da fosfatase ácida e os teores totais dos nutrientes e metais pesados pela digestão nítrico-perclórica e sulfúrica (N). Na colheita final, amostrou-se a parte aérea, mediu-se a produção de biomassa e determinou-se os parâmetros tecnológicos (Brix, pol, AR, fibra) e os teores totais de espécies químicas (N, P, Ca, Mg, K, S, Zn, B, Cu, Se, Cd, Cr, Ni e Pb). A avaliação inicial do perfilhamento ocorreu aos 86 dap. A atividade da fosfatase ácida foi conduzida pelo procedimento descrito: 100mg de fragmentos de 3 mm de largura de limbo foliar, de material fresco, recém-coletado, correspondendo à folha+1, contada do “colarinho”, foram incubados com 8ml de paranitrofenilfosfato 0,25mM em tampão acetato de sódio 0,1M (pH=4,0). Após incubação de 20 minutos a 30°C, 5 ml de mistura de reação foram alcalinizados com 2ml de NaOH 2N, estimando-se colorimetricamente (a 410nm) a quantidade de paranitrofenol formado, com auxílio

de reta padrão estabelecida. A atividade enzimática foi expressa em  $\mu\text{moles}$  de substrato hidrolisados por hora por grama de tecido foliar fresco ( $\mu\text{mol}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ).

O estabelecimento inicial da cultura está muito associado ao seu estado nutricional e equilíbrio do metabolismo energético; portanto, plantas que têm no solo a sua disposição quantidades adequadas de nutrientes, teriam teoricamente estado nutricional adequado, e isto possibilitaria um melhor estabelecimento inicial, refletindo no caso da cana-de-açúcar, um adequado perfilhamento e mais tarde, uma boa produção de biomassa da parte aérea. Além do aspecto de fornecimento de nutrientes do solo, deve-se considerar ainda a correção do complexo coloidal feita pelo Le, medido no aumento da CTC, soma e saturação por bases (Tabela 1), pois isto poderia propiciar também melhores condições de estabelecimento inicial da cultura. Outro aspecto, não menos importante, a ser considerado, seria a influência do Le aplicado no fundo do sulco de plantio pode, além de propiciar melhor disponibilidade de água, favorecer ainda a formação de estrutura física, mais adequada no solo o que, em última análise, refletiria também no perfilhamento (Figura 1a). A avaliação inicial do perfilhamento, verificou-se que as médias do número de perfilhos (Fig. 1a), evidenciam clara resposta à adubação com P, seja proveniente do Le, seja da adubação química. Entretanto, verifica-se que, na ausência de Le, o perfilhamento foi incrementado pelo adubo químico, mas não foi igual quando o Le foi adicionado. Para verificar-se o efeito do Le no metabolismo energético da planta utilizou-se a fosfatase ácida na folha como indicador bionutricional, procedeu-se a seleção dos parâmetros de solo que afetariam a sua atividade, o que permitiu-se chegar ao modelo multivariado, adotando-se o procedimento “stepwise”:

(1). Ativ. fosfatase ( $\mu\text{M}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ) =  $2,938 + 0,071\cdot\text{P}^* - 0,335\cdot\text{Cu}^* - 0,003\cdot\text{S} + 14,01\cdot\text{K}^* - 8,43\cdot\text{B}^*$   
(\* =  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  de solo),  $r^2 = 55,2^{**}$ .

Tal equação foi altamente significativa, explicando 55% da atividade da fosfatase na folha+1, o que demonstra que em condições de campo, que a referida enzima é função não apenas do teor de P do substrato, mas também de outros íons presentes, que podem atuar como ativadores e/ou co-fatores. Além do citado efeito do equilíbrio de nutrientes no metabolismo energético, cabe ressaltar que o aumento no perfilhamento pode ser explicado também pelo efeito indireto do Le na correção do complexo coloidal (CTC, soma, saturação por bases e pH), e o fornecimento de vários nutrientes, como Ca e Zn (Tabela 1).

Tendo por base os dados do número de perfilhos e das observações visuais no campo, procedeu-se ao agrupamento dos tratamentos em três grupos distintos. O primeiro grupo, de mais baixo valor de contagem de perfilhos, foi constituído pela testemunha e por aqueles tratamentos sem adição de fosfato. Observou-se, nas plantas cultivadas em solo que receberam estes tratamentos, uma carência acentuada de P, caracterizada pela coloração verde-azulada roxa nas folhas e pelo menor crescimento. Este fato era previsível, haja vista que o teor original de P do solo extraído pela resina era valor muito baixo, e o teor foliar, abaixo do nível adequado. No segundo grupo, encontram-se os tratamentos que receberam  $20\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de Le. Notou-se que, quando se aplicou o Le sem suplementação de N, houve um ligeiro amarelecimento das folhas mais velhas, característico da deficiência de N. Isto ocorreu possivelmente devido à imobilização do N nativo do solo, em fase inicial de mineralização do Le recém-adicionado. Todavia, essa imobilização de N do solo não deve ter sido muito intensa porque a relação original de C:N do Le era inferior a 5 e no solo, aos 272 dap, encontrava-se a citada relação na ordem de 1:16. No terceiro grupo, encontram-se os tratamentos que receberam  $40\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de Le, tem sido observada nas plantas uma ligeira deficiência

de K, que pode ter sido induzida pelo efeito antagônico deste elemento com o Ca e Mg, que tiveram seus teores no solo sensivelmente elevados pelo Le.

Existe relação entre os números de perfilhos e de colmos por unidade de área. Isto porque, os mesmos fatores que determinam o número de perfilhos também o fazem no número de colmos. Verifica-se visualmente nas Figuras 1a e 1b, que são semelhantes em comportamento, embora sejam diferentes os valores da ordenada, isto porque nem todo o perfilho torna-se colmo. Quando a nutrição não é adequada ou o metabolismo está desequilibrado, ou seja, há falta relativa de nutriente, nem todos os perfilhos produzem colmos, o que em última análise reflete na produtividade biológica da cana-de-açúcar. Estes aspectos ficaram evidentes na Figura 1c, onde se visualiza o fator perfilhamento, que é a razão entre o número de perfilhos/número de colmos. Assim, no tratamento NPK, praticamente todos os perfilhos produziram colmos, independente da dose de Le, mas nos tratamentos em que o P na forma química não foi adicionado (tratamento testemunha e NK, o fator perfilhamento foi dependente da dose de Le, evidenciando a importância do P no estabelecimento da cultura e no número final de colmos). Quanto a produtividade econômica da parte aérea (expressa em t pol/ha e TAH) observou-se correlações positivas com os teores de P no solo e nas folhas, o que pode ser explicado por ele ser um nutriente importante no metabolismo energético da planta. Em última análise, o referido processo está correlacionado ao balanço secundário das fosfatases pelo conjunto dos metais Cu, Zn e B, não sendo, portanto, o P, o único elemento responsável pelo aumento de produtividade econômica através da incorporação de compostos carbônicos.

Tabela 1 - Valor significativo de correlação entre os perfilhos/m, colmos/m e o fator perfilhamento (FP) com teores de algumas espécies químicas no solo, amostrados aos 146 dap.

Parâmetros de Planta	Variáveis de solo correlacionadas(r)
número de perfilhos/m	<b>Indiretamente:</b> pH (0,75**), H+Al (-0,74**), S (0,78**), CTC (0,74**) e V% (0,87**). <b>Diretamente:</b> Ca (0,60**), Mg (0,65**), P (0,81**), Cu (0,69*), Zn (0,74**), Ni (0,68*) e B (0,54*).
número de colmos/m	<b>Indiretamente:</b> pH (0,73**), H+Al (-0,68*), S (0,74**), CTC (0,76**) e V% (0,80**). <b>Diretamente:</b> Ca (0,63*), P (0,75**), Cu (0,64**), Fe (0,54*), Zn (0,68**), Ni (0,69**) e B (0,65**).
Fator Perfilhamento (n.perf./n.c)	<b>Indiretamente:</b> pH(0,74**), H+Al (-0,76**), S (0,75**), CTC (0,70**) e V% (0,84**). <b>Diretamente:</b> Ca (0,56**), Mg (0,66*), P (0,80**), Cu (0,66**), Fe (0,50*), Zn (0,73**), Ni (0,66**), B (0,49*),

\*e\*\*= significativos a 5 e 1% no teste F.

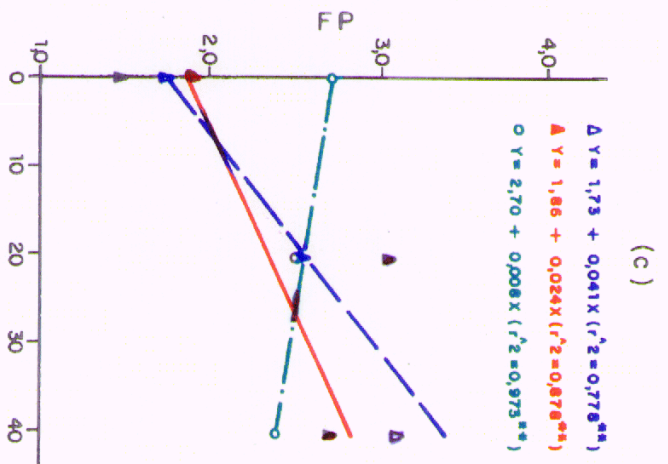
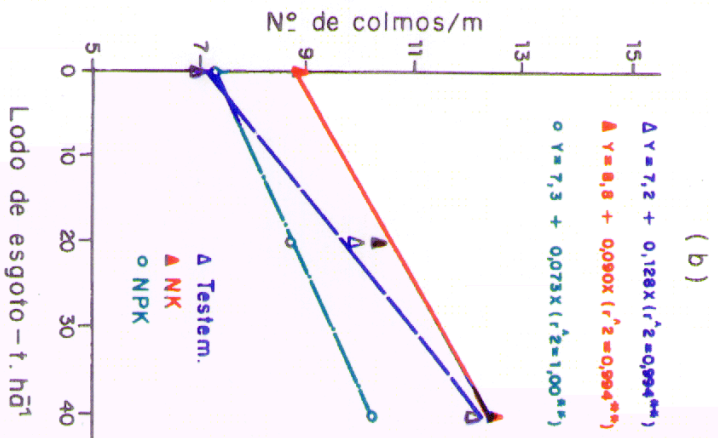
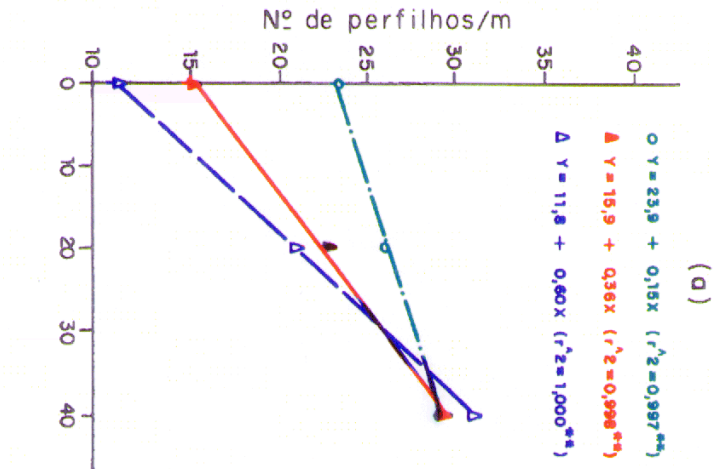


Figura 1 — Influência da aplicação de doses de lodo de esgoto ao solo, no perfilhamento (a), no número de colmos industrializáveis por metro (b) e do fator perfilhamento (c) na cana-planta.

\*\* significativo a 1% de probabilidade, no teste F.