



## II-487 - APORTE DE NUTRIENTES MINERAIS EM CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA COM EFLUENTE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

**Tamara Maria Gomes<sup>(1)</sup>**

Engenheira Agrônoma. Pós-Doutoranda do Núcleo de Pesquisa em Geoquímica e Geofísica da Litosfera (NUPEGEL)/ESALQ/USP.

**Magnus Dall'Igna Deon<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Agrônomo. Doutorando do Departamento de Ciências do Solo/NUPEGEL/ESALQ/USP.

**Célia Regina Montes<sup>(3)</sup>**

Física. Professora Doutora do Centro de Energia na Agricultura (CENA)/NUPEGEL/USP.

**Gilberto Carlos Sundefeld Júnior<sup>(4)</sup>**

Engenheiro Civil. Doutorando do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária/POLI/USP.

**Adolpho José Melfi<sup>(5)</sup>**

Geólogo. Professor Titular do Departamento de Ciências do Solo/NUPEGEL/ESALQ/USP.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Pádua Dias, 11 – ESALQ/NUPEGEL - Piracicaba - SP - CEP: 13418-900 - Brasil - Tel: (19) 3429-4064 - e-mail: [tmgomes@esalq.usp.br](mailto:tmgomes@esalq.usp.br).

### RESUMO

A aplicação de águas residuárias provenientes de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) na agricultura torna-se uma excelente opção como forma de preservação dos recursos hídricos próximos aos centros urbanos e como fonte de água e nutrientes para as culturas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade de fornecimento de nutrientes minerais pela irrigação com efluente de estação de tratamento de esgoto (EETE) (lagoa de estabilização Tipo Australiano), na cana-de-açúcar manejada de acordo com a necessidade hídrica da cultura. O experimento foi conduzido no município de Piracicaba-SP em área pertencente ao grupo COSAN, ao lado da ETE operada pelo Serviço Municipal de Água e Esgoto (SEMAE). O período de irrigação foi de out/2007 a Jun/2008 por gotejamento subsuperficial, referente a 1º soca da cana-de-açúcar. Para a caracterização do aporte de nutrientes pelo efluente, foi determinado: nitrogênio nas frações  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$ ,  $N-NO_2^-$  e particulado; fósforo na forma  $P-PO_4^{2-}$ ; potássio; cálcio e magnésio. Por ocasião da colheita foi determinada a produtividade da cana-de-açúcar. Verificou-se que a irrigação, mesmo em um ano de chuvas acima da média, resultou em aporte de quantidades significativas de nutrientes. Os resultados obtidos mostram a possibilidade de nitrogênio, potássio e cálcio serem fornecidos exclusivamente pelo EETE em um cultivo de cana-de-açúcar irrigado, suprimindo a adubação com estes nutrientes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Efluente, Macro-Nutrientes, Gotejamento Subsuperficial, Cana-de-açúcar.

### INTRODUÇÃO

O volume de esgoto doméstico gerado é crescente, em função do aumento populacional, tornando-se um desafio encontrar destinos ao subproduto líquido (efluente), gerado pelas estações de tratamento de esgoto. Em contrapartida a agricultura irrigada tem sido uma prática crescente em todo mundo, inclusive no Brasil, com 3 milhões de hectares, responsável por 14% de toda a produção agrícola nacional. Como resultado essa atividade é a maior consumidora de água entre os diversos usos desse recurso natural (Hespanhol, 2008).

Em alternativa à disposição dos efluentes nos cursos d'água e a preservação da água de boa qualidade para o consumo humano avalia-se a possibilidade da aplicação do efluente final do sistema de lagoas de estabilização na irrigação de culturas. Em termos agrícolas é possível suprir a demanda hídrica das plantas sem consumo de água natural ou tratada, além de contribuir com nutrientes, sobretudo nitrogênio e fósforo essenciais e de fornecimento obrigatório para o desenvolvimento das plantas. Sob o ponto de vista do saneamento, reduz-se a descarga de esgotos em corpos d'água naturais, evitando o processo de eutrofização.

Entretanto a aplicação do subproduto líquido no sistema agrícola é bastante complexa, sendo necessário um estudo profundo da relação solo-planta-água, de forma a garantir a sustentabilidade desta prática. Um exemplo disso são os constituintes minerais existentes no efluente que podem ser fonte de fertilizante às plantas. O



correto fornecimento visando à manutenção ou melhora da produtividade, sem prejudicar as características físico-químicas do solo e das águas subterrâneas, deve estar diretamente relacionado com o fornecimento adequado de água a cultura.

Muitos pesquisadores têm encontrado benefícios na produtividade das culturas irrigadas com efluente de ETE (Fonseca et al., 2007; Leal, 2007). A cultura da cana-de-açúcar, destinada à produção de etanol, apresenta grande potencial de ser irrigada com efluente de ETE, principalmente em áreas sujeitas a déficit hídrico. O cenário nacional sucroalcooleiro tem expandido a cada ano, com previsão de 8,9 milhões de hectares para a safra 2008/09 (AGRIANUAL, 2009).

O aporte de nutrientes minerais na agricultura por meio de irrigação com EETE é ainda um assunto pouco estudado. Desta forma, foi objetivo deste trabalho avaliar o potencial de fornecimento de nutrientes minerais pela irrigação da cana-de-açúcar com EETE gerado por lagoa de estabilização.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no município de Piracicaba (latitude S 22°46' 24.1" e longitude W 47°36'32.6", altitude média 582m) São Paulo – Brasil, sob clima subtropical úmido do tipo Cwa segundo classificação de Köppen, com temperaturas do mês mais quente superior a 22°C e do mês mais frio inferior a 18°C, em área canavieira pertencente ao grupo COSAN, ao lado da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) operada pelo SEMAE. A ETE é composta por lagoas de estabilização do tipo Australiano constituída de tratamento preliminar com gradeamento e caixa de areia, seguido de tratamento primário com lagoa anaeróbia, lagoa facultativa primária e lagoa facultativa secundária. Atualmente atende a aproximadamente 7.000 habitantes e recebe também lodo de caminhões limpa-fossa e chorume de aterro sanitário. A vazão média da ETE medida no período desta pesquisa foi de 10,16 L s<sup>-1</sup>. A captação do efluente da ETE foi realizada a partir da saída da lagoa facultativa secundária, alimentando um sistema de filtro de areia pressurizado, como tratamento terciário da ETE uma vez que a concentração média de sólidos em suspensão (SS) do efluente desta ETE é 110,77±36,89 mgSS L<sup>-1</sup>.

O solo predominante foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico típico. A variedade da cana-de-açúcar plantada em 05/09/2006, no espaçamento convencional de 1,4 m entre linhas, foi SP 903414, que se destaca pelo porte ereto, por não florescer, isoporizar pouco e pela alta produção. A adubação utilizada foi conforme a recomendada por Rajj et al. (1996), mas com a adubação nitrogenada de cobertura reduzida em 50%, aplicada na forma de nitrato de amônio. A aplicação do efluente da ETE pela irrigação foi realizada entre 05/10/2007 a 30/06/2008, após o primeiro corte da cultura, com colheita realizada em 14/07/2008.

O sistema de irrigação do tipo gotejamento subsuperficial foi instalado ao lado de cada linha de plantio, enterrado à profundidade de 20cm. Os gotejadores estavam espaçados a cada 50 cm, com vazão e pressão de serviço de 1,75 L h<sup>-1</sup> e 10 m.c.a, respectivamente. A lâmina de irrigação aplicada foi determinada com base no balanço hídrico considerando a evapotranspiração da cultura (Etc) e o precipitação pluvial. A Etc foi estimada pela evaporação em tanque Classe A, instalado nas proximidades da área experimental, e corrigida pelo coeficiente da cultura (Kc), considerando os diferentes estádios de desenvolvimento.

Para caracterizar o aporte de nutrientes na cana-de-açúcar o efluente, aplicado pela irrigação, foi coletado mensalmente de jul/2007 a jul/2008 para análises: (i) nitrogênio nas frações N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> e fósforo na forma P-PO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, determinados por Injeção em Fluxo (FIA); (ii) nitrogênio particulado por combustão a seco; (iii) potássio, cálcio e magnésio por espectrometria de emissão óptica com plasma de argônio acoplado indutivamente (ICP-OES). Para os doze valores de efluente analisados foram determinados a média e o desvio padrão.

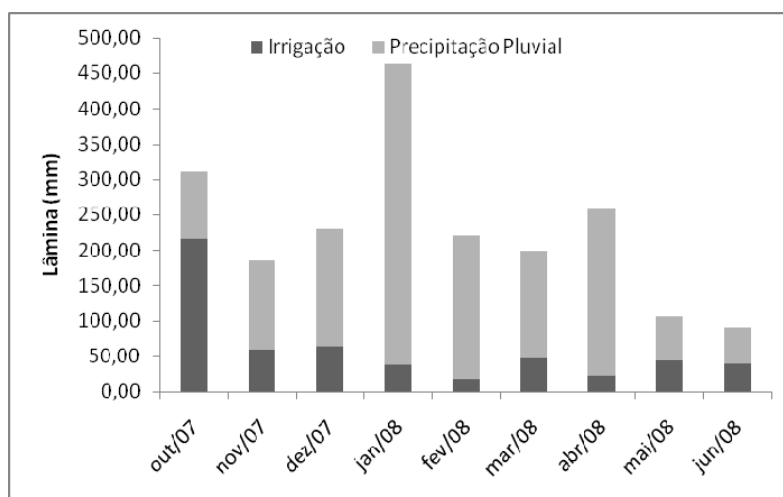
Por ocasião da colheita foi determinada a produtividade da cana-de-açúcar irrigada com EETE pesando-se os colmos cortados dentro da área útil.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema de filtração apresentou eficiência média de 29% na remoção de sólidos em suspensão levando a concentração no efluente a  $79,00 \pm 37,52 \text{ mgSS L}^{-1}$ .

A Figura 1 apresenta os valores das lâminas de irrigação e precipitação pluvial para o período do manejo da irrigação com EETE na cana-de-açúcar. O somatório da lâmina aplicada no período irrigado e da precipitação pluvial foi 565 mm e 1521 mm, respectivamente, o que resultou em um total de 2.086mm. O volume total de precipitação (1521 mm) foi bastante superior à média observada em Piracicaba em trinta anos no mesmo período (1.132 mm; Rolim et al., 1998), reduzindo a lâmina de irrigação aplicada.



**Figura 1.** Lâminas de irrigação e precipitação mensal ocorridas no período do manejo da irrigação (out/2007 a jun/2008).

A produtividade obtida de colmos de cana-de-açúcar irrigada com EETE no ano agrícola 2007/2008 foi de  $140 \text{ t ha}^{-1}$ , valor superior a média do Estado de São Paulo para o mesmo período estimado em  $87 \text{ t ha}^{-1}$  (AGRIANUAL, 2009).

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises químicas do efluente, com os respectivos aportes de nutrientes fornecidos pela lâmina de irrigação aplicada e porcentagem de atendimento da necessidade da cultura (ANC) com base na exportação de nutrientes pela colheita de 140 t de colmos de cana-de-açúcar adaptado de Orlando Filho J. (1983), bem como valores de referência.

Pode-se observar que a irrigação, mesmo em um ano de chuvas acima da média, resultou em aporte de quantidades significativas de nutrientes. A variação representada por altos valores de desvio padrão para determinados constituintes é característica da sazonalidade. Os resultados obtidos mostram a possibilidade de nitrogênio, potássio e cálcio serem fornecidos exclusivamente pelo EETE em um cultivo de cana-de-açúcar irrigado, suprimindo a adubação com estes nutrientes. Mesmo para fósforo e magnésio, cujo suprimento pelo EETE foi menor que a exportação, os valores obtidos são bastante significativos na redução de consumo de fertilizantes.

Entretanto, a irrigação baseada na demanda hídrica da cultura fica sujeita às variações climáticas e ao desenvolvimento fenológico das plantas. Desta forma, as necessidades nutricionais da cultura podem não ser atendidas, em situações de precipitação elevada.



**Tabela 1. Resultados de análises (média de 12 amostras, coletadas mensalmente) de efluente de Estação de Tratamento de Esgoto (EETE), exportação de nutrientes pela colheita de 140 t de colmos de cana-de-açúcar, aporte de nutrientes por uma lâmina de irrigação de 565 mm, atendimento da necessidade da cultura.**

Nutriente	Concentração no EETE <sup>1</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	Aporte (kg ha <sup>-1</sup> )	Recomendação <sup>2</sup> (kg ha <sup>-1</sup> )	Exportação <sup>3</sup> (kg / 140 t)	Atendimento da necessidade da cultura <sup>4</sup> (%)
N	28,94±3,90	163,48	100	116,2	140
P	2,53±1,94	14,30	120	15,4	93
K	25,73±9,89	145,38	120	109,2	133
Ca	14,15±8,87	79,95	-	65,8	121
Mg	4,97±1,81	28,05	-	46,20	61

<sup>1</sup>Médias ± desvio padrão; <sup>2</sup>Recomendação de adubação nas condições da área estudada (Raij et al., 1996);

<sup>3</sup>Orlando Filho J.(1983); <sup>4</sup>Relação entre Aporte e Exportação.

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

A lâmina de irrigação de EETE aplicada no período de cultivo da cana-de-açúcar foi de 565 mm.

A produtividade obtida da cana-de-açúcar irrigada com EETE foi de 140 t ha<sup>-1</sup>.

Houve fornecimento completo de nitrogênio, potássio e cálcio em atendimento a necessidade da cultura pela irrigação com EETE.

A irrigação com EETE baseada na necessidade hídrica foi capaz de fornecer os nutrientes necessários para o desenvolvimento da cana-de-açúcar nas condições avaliadas, mostrando-se, portanto uma prática viável para a agricultura tanto do ponto de vista econômico (redução do uso de fertilizantes minerais), como ambiental (melhor gestão dos recursos hídricos).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGRIANUAL: anuário da agricultura brasileira. FNP CONSULTORIA E COMÉRCIO. São Paulo, 2009. p. 235-256: Cana-de-açúcar..
2. FONSECA, A. F.; MELFI, A. J.; MONTEIRO, F. A.; MONTES, C. R.; ALMEIDA, V. V.; HERPIN, U. Treated sewage effluent as a source of water and nitrogen for tifton 85 bermudagrass. *Agric. Water Management*. v. 87, p. 328-336, 2007.
3. HESPAHOL, I. Estudos avançados : Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. V. 22, n. 63, p. 131-158, São Paulo, 2008.
4. LEAL, R. M. P. Efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado em propriedades químicas de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. 2007. 107p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – ESALQ/USP, Piracicaba, 2007.
5. ORLANDO FILHO, J. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil. Piracicaba, 1983. 369p. (coleção Planalsucar).
6. RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 285p. (Boletim Técnico 100).
7. ROLIM, G.S., SENTELHAS, P.C., BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 6, n.1, p133-137, 1998.