



SUGARCANE PRODUCTION IRRIGATED AND FERTIGATED WITH URBAN WASTE WATER OF GOIANIA-GO, BRAZIL

Rodolfo Ferreira Mussi¹, José Alves Junio², Adão Wagner Pego Evangelista², Derblai Casaroli², Rilner Alves Flores²

Resumo: Os efluentes domésticos contêm teores de macro e micronutrientes suficientes para atender parcialmente ou totalmente as plantas. A sua utilização na agricultura é uma alternativa ecológica que pode minimizar os impactos gerados pela redução dos dejetos nos rios, além de proporcionar menor custo de produção da cultura pela redução de gastos com insumos, devido a presença de nutrientes contido nos efluentes. O objetivo do trabalho foi simular o aproveitamento do efluente doméstico gerado na cidade de Goiânia para o cultivo da cultura da cana-de-açúcar e produção do etanol e geração de energia elétrica com a queima da biomassa. A quantidade de efluente gerado é capaz de suprir a necessidade hídrica de uma área aproximada de 5 mil ha de canavial com irrigação plena, e necessidade nutricional, contando com o retorno da vinhaça em fertirrigação. A quantidade de etanol produzida pode ser capaz de manter o consumo de todos os motores utilizados na irrigação. Além da produção de biomassa, que é capaz de produzir um excedente de energia suficiente para atender o consumo de um bombeamento de cerca de 30 ha irrigados. A reutilização do efluente na agricultura por meio de irrigação e fertirrigação é uma forma de tratamento eficaz, evitando ser lançado nos rios, reduzindo o impacto ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Água residuária. Macronutrientes. Bioenergia. Agricultura irrigada. Biocombustíveis

Abstract: The domestic wastewater effluents contain macro and micronutrients able to meet part or all of the nutritional needs of crops. Its use in agriculture is an ecological alternative that can minimize the impacts generated by the reduction of the wastes in the rivers, besides providing lower cost of production of the crop by the reduction of expenses with inputs, due to the presence of nutrients contained in the effluents. The objective of this study was to simulate the use of the domestic effluent generated in the city of Goiânia in sugarcane crop cultivation to ethanol production and the generation of electric energy with the biomass burning. The amount of effluent generated is capable of supplying the water requirement of an approximate area of 5,000 ha of sugar cane with full irrigation, and nutritional need, counting on the return of vinasse in fertirrigation. The amount of ethanol produced may be able to maintain the consumption of all engines used in irrigation. In addition to the production of biomass, it is capable of producing a surplus of energy sufficient to meet the consumption of a pumping of about 30 ha irrigated. The reuse of the effluent in agriculture through irrigation and fertigation is a form of effective treatment, avoiding being thrown into the rivers, reducing the environmental impact.

KEY WORDS: Wastewaters. Macronutrients. Bioenergy. Agriculture irrigated. Biofuels

¹ Eng. Agr. Mestre em Agronomia (Solo e água), EA-UFG, Goiânia-GO, Brasil.

² Eng. Agr. Professor Doutor, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Campus Samambaia - Rodovia Goiânia / Nova Veneza, Km 0, 74690-900, Goiânia, GO, Brasil. Autor para correspondência. E mail: jose.junior@pesquisador.cnpq.br.

Recebido: 30/11/2016 – Aprovado: 13/02/2017

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (UNICA, 2016) e Goiás é o segundo maior produtor nacional com 9,3% do total produzido no país (CONAB, 2015). Apesar da grande produção, a produtividade média é considerada baixa (menor que 80 t ha⁻¹). Dentre os fatores que influenciam, destaca-se o déficit hídrico (CAMPOS et al., 2013; ARAÚJO et al., 2016), a falta de variedades adaptadas para a região (CAMPOS et al., 2014a e 2014b), e a baixa fertilidade dos solos (LEPSCH, 2010). Portanto, há necessidade de grandes quantidades de água (irrigação) e fertilizantes (adubação e/ou fertirrigação) para se alcançar bons níveis de produtividade.

Para produzir uma tonelada de colmos são necessários em média de 0,92 a 1,80 kg de N, 0,09 a 0,17 de P, 0,63 a 3,2 de K, 0,11 a 0,56 de Ca, 0,13 a 0,48 de Mg e 0,15 a 0,28 de S ha⁻¹ (COLETI et al., 2006). E segundo a FAEG (2016) a adubação corresponde a 32% do custo total de produção de cana em Goiás. Uma alternativa para reduzir estes custos pode ser o uso de efluente de esgoto doméstico tratado. Seu aproveitamento na agricultura tem sido estudado para diversas culturas e inclusive para cana-de-açúcar (GOMES FILHO et al., 2001; FASCILOLO et al., 2002; FONSECA et al., 2007a; FONSECA et al., 2007b; MEDEIROS et al., 2008; KALAVROUZOTIS et al., 2009; SANDRI et al., 2009; DEON et al., 2010; SANTOS et al., 2010; CABRAL et al., 2011), devido o efluente, gerado após o tratamento primário do esgoto, ser rico especialmente em nitrogênio e fósforo, macronutrientes para as plantas (BOUWER e CHANEY, 1974; FEIGIN et al. 1991; e TARCHITZKY et al., 2007) .

O lançamento de efluentes líquidos, provenientes das indústrias e esgotos sanitários, em rios, lagos e córregos provocam um desequilíbrio no ecossistema aquático. O consumo de oxigênio em seu processo de decomposição causa a mortalidade de peixes e proliferação excessiva de algas desequilibrando o ecossistema (MORAES e JORDÃO, 2002; COSTA et al., 2008).

No Brasil o uso de efluentes na agricultura é ainda recente, pela falta de legislações e regulamentações que indiquem os critérios adequados para disposição deste tipo de águas para irrigação (BERTONCINI, 2008). Porém, este é um grave problema nacional, considerando que do esgoto gerado, apenas 37,9% recebe algum tipo de tratamento, ou seja, quase 8 bilhões de litros de esgoto são lançados diariamente aos corpos de água sem nenhum tipo de tratamento (IBGE, 2010; SNIS, 2012). Em Goiânia-GO, com uma população de 1,4 milhões de habitantes, 80% de todo esgoto coletado por dia recebe tratamento primário e depois é despejado nos rios, em uma vazão estimada em 2,8 m³ s⁻¹ (SANEAGO, 2014).

Para o uso e a disposição de esgoto tratado na agricultura devem considerar a legislação estipulada pelo CONAMA, na Resolução N°. 375, de 29/08/2006, a qual define os critérios e procedimentos para o uso na agricultura de lodo de esgoto gerado em estação de tratamento sanitário e seus produtos derivados, com vistas a beneficiar à agricultura e evitar riscos à saúde pública e ao ambiente (BRASIL, 2006). Além disso, o uso de efluente de esgoto tratado em solos deve ser constantemente monitorado, evitando assim a contaminação do sistema solo-água-planta (BERTONCINI, 2008).

Estudos da utilização de efluente doméstico em cana-de-açúcar são muito promissores. O efluente pode promover um incremento de produção de biomassa de colmos e a produtividade de açúcar sem alterar as variáveis tecnológicas, atuando como fertilizante e corretivo de acidez do solo, como fonte de Ca, P, S e Zn (SILVA et al., 2010). Deon et al. (2010) observaram que a irrigação com efluente proporcionou ganhos de produtividade da cana-de-açúcar e redução da adubação nitrogenada. Freitas et al. (2012) observaram maiores valores de crescimento do colmo, quando irrigadas com efluente. Leal et al. (2009) afirmam que produções de 175 a 250 t ha⁻¹ de cana são possíveis com a irrigação plena e uso de efluente urbano substituindo a adubação.

O objetivo do trabalho foi simular o aproveitamento do efluente doméstico gerado na cidade de Goiânia para o cultivo da cultura da cana-de-açúcar e produção do etanol e geração de energia elétrica com a queima da biomassa. Como objetivos específicos: a) calcular o total de área de cultivo necessária para consumir, via irrigação, todo volume de efluente gerado. b) calcular o total de área de cultivo necessária para consumir toda vinhaça (via fertirrigação) gerada com a fabricação do etanol. c) e calcular se o total produzido de etanol e energia elétrica (co-geração) é suficiente para alimentar os motores do sistema hidráulico para realização da irrigação e fertirrigação no canal (bombeamento do efluente e vinhaça).

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado para o município de Goiânia-GO (16° 35' 12" S; 49° 21' 14" W; 730 m de altitude). Segundo Köppen-Geiger, o clima é classificado como tropical Aw (quente e semi-úmido com estação seca bem definida), tendo como médias anuais de temperatura e precipitação na ordem de 22,9 °C e 1,520 mm, respectivamente. A estação chuvosa prolonga-se de outubro a abril e o período seco de maio a setembro (SACRAMENTO et al., 2006).

A cidade de Goiânia tem aproximadamente 80% do seu esgoto coletado e tratado utilizando o método de tratamento primário quimicamente assistido, com eficiência de remoção de sólidos totais de 70% e para a remoção de DBO (carga orgânica) de 55% (SANEAGO, 2014). Foi considerada nos cálculos a vazão de 2,8 m³ s⁻¹ de efluente gerado, valor divulgado pela Empresa Goiana de Saneamento. Este valor é oriundo do esgoto coletado de residências, condomínios, escolas, hospitais, hotéis, estabelecimentos comerciais, escritórios, restaurantes, bares, cinemas, teatros, templos, quartéis, fábricas, entre outros (SANEAGO, 2014).

Para o cálculo da área possível de ser irrigada com esta vazão de efluente (2,8 m³ s⁻¹ ou 241.920 m³ dia⁻¹) (Equação 1), considerou a necessidade hídrica média da cultura da cana-de-

açúcar para região, de 4,8 mm dia⁻¹ (48 m³ ha⁻¹) (ALLEN et al., 1998).

$$AI = \frac{Q_{\text{méd}}}{LI} \quad (1)$$

Sendo, AI = Área de cultivo com cana-de-açúcar (ha), Q méd = Vazão média de efluente (m³ dia⁻¹), e LI = Lâmina média de irrigação plena ao longo do ciclo da cana-de-açúcar (m³ ha⁻¹);

Para o cálculo da quantidade de nutrientes (Nitrogênio e Fósforo) contidos no efluente aplicado via fertirrigação, na área de cana-de-açúcar ao longo do período seco, considerou-se os valores médios de concentração de 24,4 mg de N L⁻¹ e 7,6 mg de P L⁻¹ (BASTOS, 2003). Desta forma, de acordo com a média da vazão de efluente que é despejado no rio após o tratamento primário (2,8 m³ s⁻¹), pôde-se calcular (Equação 2) a quantidade de nutrientes que é descartado diariamente, e que pode ser aproveitado pelas lavouras de cana-de-açúcar.

$$QN_{N \text{ ou } P} = (C \times V \times ND) \quad (2)$$

Sendo, QN = quantidade de nutrientes por ano (kg ano⁻¹); C = concentração do nutriente por volume de efluente (kg L⁻¹); V = volume total de efluente aplicado (L ha⁻¹ dia⁻¹); e ND = número de dias de irrigação por ano (120 dias);

Para estimativa da quantidade de vinhaça gerada e conseqüentemente na quantidade de potássio produzido para retornar a lavoura via fertirrigação, adotou-se: 1) Produtividade média 150 t ha⁻¹ ano⁻¹ (SANTOS e FRIZZONE, 2006); 2) Produção de 85 L de etanol por tonelada de cana colhida; 3) Geração de 14 L de vinhaça por L de etanol produzido (ROSSETTO e SANTIAGO, 2017); 4) Concentração de 1,8 kg de K₂O por m³ de vinhaça.

$$QN_{K2O} = (PC \times RE \times GV \times C) \quad (3)$$

Sendo, PC = produtividade de cana-de-açúcar (t ha⁻¹); RE = rendimento de etanol por tonelada de cana colhida (L t⁻¹); GV = geração de vinhaça por L de etanol produzido (L L⁻¹); e C = concentração de potássio (K₂O) por volume de vinhaça gerada (kg m⁻³).

E o cálculo da lâmina de vinhaça necessária para suprir a demanda de K₂O por hectare em uma lavoura de cana-de-açúcar, com irrigação plena, com produtividade média esperada por corte de 150 t ha⁻¹ (Equação 4). Considerou a recomendação de Oliveira et al. (2010) com a necessidade de reposição de 1,71 kg de K₂O por t-1 de cana colhida.

$$L = (P \times N \times 10) \quad (4)$$

Sendo, L = lâmina de fertirrigação de vinhaça (m³ ha⁻¹); P = produtividade média de cana-de-açúcar por hectare (t ha⁻¹); N = necessidade de reposição de K₂O por tonelada de cana esperada (kg t⁻¹).

Também foi estimada a energia elétrica gerada a partir da queima da biomassa da cana-de-açúcar colhida, conforme metodologia proposta por Olivério (2006), considerando 65 W por tonelada de cana colhida. E considerando a potência instalada média em sistemas de irrigação de 1 C.V. ha⁻¹ (735,5W ha⁻¹), calculou-se (Equação 3) a área possível de ser irrigada utilizando a energia gerada no sistema de co-geração.

$$CI = \frac{Pot_{exc}}{EN_{ha}} \quad (3)$$

Em que, CI = capacidade de irrigação, POT_{exc} = potência excedente gerada e EN_{ha} = energia necessária por ha-1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efluente de esgoto doméstico gerado na cidade de Goiânia-GO (2,8 m³ s⁻¹ ou 241.920 m³ dia⁻¹) aplicado para suprir 100% da necessidade hídrica da cultura da cana-de-açúcar na região (lâmina média do ciclo de 4,8 mm dia⁻¹ ou 48 m³

ha⁻¹ dia⁻¹), seria suficiente para irrigar uma área de 5,04 mil ha.

Considerando irrigação somente no período de déficit hídrico (120 dias), seria irrigado o volume de 5.760 m³ ha⁻¹ ano⁻¹. Sabendo que a concentração média de N e P₂O₅ no efluente é de 24,4 e 7,6 mg L⁻¹, respectivamente, seria aplicado em média 140 kg de N ha⁻¹ e 44 kg de P₂O₅ ha⁻¹.

Em 5,04 mil ha de lavoura produzindo 175 t ha⁻¹, um total de 882.000 t ano⁻¹ de cana seria produzido, assim como 74.970 m³ ano⁻¹ de etanol, 1.049.580 m³ ano⁻¹ de vinhaça, e 1.889.244 kg de K₂O. Ou seja, com aplicação média de 20,8 mm de fertirrigação de vinhaça, se aplicaria em média 375 kg de K₂O ha⁻¹. Essa reposição de K₂O é fundamental, principalmente nos solos tropicais brasileiros que apresentam baixo teor de potássio trocável (ERNANI et al. 2007, BENITES et al. 2010) e que a cana-de-açúcar responde de forma expressiva à aplicação desse fertilizante (KORNDÖRFER e OLIVEIRA 2005). Trata-se de um nutriente importante para a cana-de-açúcar, sendo o potássio o mais extraído pela cultura (MALAVOLTA, 1994), além de desempenhar várias funções, como regulação da turgidez do tecido, ativação enzimática, abertura e fechamento de estômatos, transporte de carboidratos, transpiração, resistência a geadas, seca, doenças e ao acamamento.

Tanto a aplicação do efluente doméstico como a vinhaça, via fertirrigação em áreas de cultivo de cana-de-açúcar com manejo de irrigação plena, são suficientes para atender as necessidades nutricionais médias da cultura quando se pretende conseguir altas produtividades, como por exemplo, a produtividade média de 175 t ha⁻¹ (LEAL et al., 2009). De acordo com a Tabela 1 é necessário aplicar em média por tonelada de cana produzida 0,91, 0,13 e 1,71 kg do N, P₂O₅, e K₂O, ou seja, 160, 23 e 300 kg ha⁻¹, respectivamente, para produzir as 175 t ha⁻¹ e a quantidade de nitrogênio e fósforo para se obter, em média, uma produtividade de 80 t ha⁻¹ é de 114 kg ha⁻¹ e

34,4 kg ha⁻¹, respectivamente. Essa dose de N é considerada relativamente baixa, porém está dentro do recomendado para o cultivo de cana-de-açúcar no Brasil (90-120 kg ha⁻¹). Em outros países produtores de cana-de-açúcar, as quantidades de N aplicadas na cultura podem ser até 100% superiores (150-250 kg ha⁻¹) para obtenção de produtividades similares (CANTARELLA et al., 2007). Quanto a dose de P₂O₅ recomendada, esta é menor ainda. Embora o fósforo seja absorvido em pequenas quantidades pela cana-de-açúcar se comparado com nitrogênio e potássio, exerce função-chave no metabolismo dessa planta, particularmente na formação de proteínas, processo de divisão celular, fotossíntese, armazenamento de energia, desdobramento de açúcares, respiração e fornecimento de energia a partir de ATP e formação de sacarose (ALEXANDER, 1973).

Tabela 1. Quantidade de nutrientes (Kg ha⁻¹) necessários para produzir 1 e 80 t ha⁻¹ de cana.

| Kg ha ⁻¹ t ⁻¹ * | | Kg ha ⁻¹ para produzir 80 t ha ⁻¹ ** | |
|---------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------|------|
| N | 0,91 | N | 114 |
| P ₂ O ₅ | 0,13 | P ₂ O ₅ | 34,4 |
| K ₂ O | 1,71 | - | - |

* Oliveira et al. (2010); ** Orlando Filho (1993)

O total de 882.000 t ano⁻¹ de cana produzida geraria 57,33 MW de energia elétrica. Considerando a potência instalada média nas áreas irrigadas de 1 C.V. ha⁻¹ (735,5 W), em 21h de irrigação por dia e 120 dias de irrigação por ano, seriam gastos 1,85 MW ha⁻¹ ano⁻¹ para o bombeamento do sistema de irrigação, e, portanto, a energia gerada seria suficiente para atender 30,9 ha de cana irrigada com irrigação plena. Mas, independentemente disso, se considerado um consumo médio de 0,5 a 0,6 L de etanol C.V.⁻¹ h⁻¹, o volume produzido de etanol por ano de 74.970 m³ ano⁻¹ seria suficiente para atender o bombeamento de irrigação dos 5

mil ha com irrigação plena. Estes resultados reafirmam que além do etanol ser uma fonte renovável de energia e o principal substituto de fontes fósseis não renováveis (GOLDEMBERG e LUCON, 2007), este pode ser utilizado para reduzir os impactos ambientais do lançamento de efluentes de esgoto doméstico nos rios, sendo o combustível necessário para bombear o efluente para canais para reprodução do próprio etanol, fechando o ciclo. Vale destacar, que o metro cúbico de água aduzido pelo sistema a combustão é em torno de 37 a 42 % mais caro que o sistema elétrico fixado (ROCHA et al., 2003). Portanto, não necessariamente o etanol produzido precisará ser utilizado diretamente para suprir o consumo dos motores, mas o recurso financeiro gerado por ele pode facilmente cobrir os custos com a energia consumida no bombeamento.

Há alguns anos vem sendo discutido o melhor aproveitamento do potencial econômico da biomassa da cana de açúcar, tanto o bagaço de cana de açúcar como a biomassa que compõe a planta no campo (palhiço): suas folhas, pontas e palhas. Com o advento da cogeração e a possibilidade de exportação de energia elétrica, além da competitividade do mercado, as usinas passaram a se preocupar com a eficiência das suas máquinas térmicas, já que nessa situação, além de atender a demanda térmica e eletromecânica, o excedente de energia pode ser comercializado. Algumas unidades ainda não se sentem estimuladas pelos preços oferecidos ao insumo a investir em novos equipamentos para tornar a energia uma receita adicional aos seus tradicionais produtos (BALEOTTI, 2008).

CONCLUSÕES

A quantidade de efluente urbano atual gerado na cidade de Goiânia-GO (2,8 m³ s⁻¹) é suficiente para irrigar de maneira plena 5,04 mil ha de cana-de-açúcar (576 mm ciclo⁻¹ em 120 dias de irrigação ano⁻¹).

O uso do efluente urbano (576 mm ciclo⁻¹) e da vinhaça em fertirrigação (20,8 mm ciclo⁻¹) é capaz de repor 140, 44 e 375 kg ha⁻¹ ciclo⁻¹ de N,

P, K, respectivamente, e isso proporcionará uma produtividade média de cana de 175 t ha⁻¹.

A produção de biomassa é capaz de produzir um excedente de energia de 57,3 MW e esse valor é capaz de irrigar 30,9 ha com cana-de-açúcar em irrigação plena.

A quantidade de etanol produzida (nos 5,04 mil ha) de 74.970 m³ ano⁻¹ é capaz de manter o consumo energético dos motores utilizados no sistema de irrigação plena.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALEXANDER, A. G. **Sugarcane physiology**. Amsterdam: Elsevier, 1973. 752 p.
- ARAÚJO, R.; ALVES JUNIOR, J.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A. W. P. Variação na qualidade da matéria-prima da cana-de-açúcar em decorrência da suspensão da irrigação antes da colheita e da ocorrência de baixas temperaturas. **Bragantia**. Campinas, v. 75, n.1, p.118-127, 2016.
- BALEOTTI, L. O lixo que vira luz. **Revista AlcoolBras**, Sertãozinho, n. 113, 2008. Disponível em: Acesso em: 14 março 2017.
- BASTOS, R.K.X. Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura. **Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB**. Rio de Janeiro: ABES. 2003.
- BENITES, V. M.; CARVALHO, M. C. S.; RESENDE, A. V.; POLIDORO, J. C.; BERNADI, A. C. C.; OLIVEIRA, F. A. **Potássio, cálcio e magnésio**. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Eds.) Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes: nutrientes. Piracicaba: IPNI (International Plant Nutrition Institute), 2010. p. 137-191.
- BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia e Inovação Agropecuária**. Campinas, v. 1, n. 1, p.152-169, 2008.
- BOUWER, H.; CHANEY, R. L. Land treatment of wastewater. **Advances in Agronomy**, New York. v. 26, n.1, p.133-176, 1974.
- BRASIL. Resolução CONAMA n° 375, de 29 de ago. de 2006. Define critérios e procedimentos para o uso, em áreas agrícolas, de lodo de esgoto gerado em estação de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, p.141-146, 30 ago. 2006. Seção 1.
- CABRAL, J. R.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R. BERTONHA, A; MUNIZ, A. S. Impacto da água residuária de suinocultura no solo e na produção de capim-elefante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.8, p.823–831, 2011.
- CAMPOS, P. F.; ALVES Jr., J.; CASAROLI, D.; FONTOURA, P. R.; EVANGELISTA, A. W. P. Variedades de cana-de-açúcar submetidas à irrigação suplementar no cerrado goiano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 6, p. 1139-1149, 2014a.
- CAMPOS, P. F.; ALVES Jr., J.; CASAROLI, D.; FONTOURA, P. R.; EVANGELISTA, A. W. P.; VELLAME, L. M. Response of sugarcane varieties to deficit irrigation in Brazilian Savanna. **Water Resources and Irrigation Management**, Cruz das Almas, v. 3, n. 1, p. 31-36, 2014b.
- CAMPOS, P. F.; RIBEIRO, P. H. P.; PEDROZO, M. A.; SOARES, R. A. B.; ALVES JÚNIOR, J.; EVANGELISTA, A. W. P. Efeito de diferentes lâminas de reposição hídrica e cobertura do solo com palha na produtividade da cana-de-açúcar. **Global Science and Technology**. Rio Verde, v. 6, n. 2, p.55 – 65, 2013.
- CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C. **Nitrogênio e enxofre na cultura da cana-de-açúcar**. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (Eds.). Nitrogênio e Enxofre na Agricultura

- Brasileira. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2007. p. 349–412.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar, terceiro levantamento, dezembro/2015** - Companhia Nacional de Abastecimento – Brasília: Conab 2016. 70 p.
- COLETI, J. T.; CASAGRANDE, J. C.; STUPIELLO, J. J.; RIBEIRO, L. D.; OLIVEIRA, G. R. Remoção de macronutrientes pela cana-planta e cana-soca, em Argissolos, variedades RB83486 e SP81-3250. **STAB**, Piracicaba, v.24, n.1, p.32-36, 2006.
- COSTA, C. R.; OLIVI, P.; BOTTA, C. M. R.; ESPINDOLA, E. L. G. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n.7, p. 1820-1830, 2008.
- DEON, M. D.; GOMES, T. M.; MELFI, A. J.; MONTES, C. R. M.; SILVA, E. Produtividade e qualidade da cana-de-açúcar irrigada com efluente de estação de tratamento de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 10, p.1149-1156, 2010.
- ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. **Potássio**. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.). Fertilidade do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 551-594.
- FASCILOLO, G. E.; MECA, M. I.; GABRIEL, E.; MORÁBITO, J. Effects on crops of irrigation with treated municipal wastewaters. **Water Science and Technology**, Oxford, v.45, n.1, p.133-8, 2002.
- FAEG. Federação da Agricultura e Pecuária de Goiás. **Mercados e cotações – Cana-de-Açúcar setembro/2013**. Disponível em: <<http://sistemafaeg.com.br/mercados-e-cotacoes/cana-de-acucar>>. Acesso em: 10 Mar. 2016.
- FEIGIN, A.; RAVINA I.; SHALHEVET, J. **Irrigation with Treated Sewage Effluent: Management for Environmental Protection**. Berlin: Springer-Verlag, 1991. 224 p.
- 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. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 87, n.3. p. 328-336, 2007a.
- FONSECA, A. F.; HERPIN, U.; PAULA, A. M.; VICTÓRIA, R. L.; MELFI, A. J. Agricultural use of treated sewage effluents: Agronomic and environmental implications and perspectives for Brazil. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 64, n. 2, p. 194-209. Mar./abr. 2007b.
- FREITAS, C. A. S. de; SILVA, A. R. A; BEZERRA, F. M. L; FERREIRA, C. S.; ANDRADE, R. R. Crescimento vegetativo da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) irrigada com água de esgoto doméstico tratado. **Conexões – Ciência e Tecnologia**, Fortaleza, v. 6, n. 1, p. 27-43, 2012.
- GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, 2007, p. 7 - 20.
- GOMES FILHO, R. R.; MATOS, A. T.; SILVA, D. D.; MARTINEZ, H. E. P. Remoção da carga orgânica e produtividade da aveia forrageira em cultivo hidropônico com águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 131-134, 2001.
- IBEGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010: Resultados de amostra domiciliar**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?codmun=520870&idtema=94>>. Acesso em: 10 jan. 2016
- LEAL, R. M. P.; FIRME, L. P.; MONTES, C. R.; MELFI, A. J.; PIEDADE, S. M. S. Soil exchangeable cations, sugarcane production and nutrient uptake after wastewater

- irrigation. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 2, p. 242-249, 2009.
- LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2010. 216 p.
- KALAVROUZOTIS, K. I.; KOUKOULAKIS, P. H.; SAKELLARIOU-MAKRANTONAKI, M.; PAPANIKOLAOU, C. Effects of treated municipal wastewater on the essential nutrients interactions in the plant of *Brassica oleracea* var. *Itálica*. **Desalination**, Amsterdam, v. 242, n. 1, p. 297-312, 2009.
- KORNDÖRFER, G. H.; OLIVEIRA, L. A. **O potássio na cultura da cana-de-açúcar**. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Eds.). Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: ESALQ/USP, 2005. p. 469-490.
- MALAVOLTA, E. **Importância da adubação na qualidade dos produtos: função dos nutrientes na planta**. In: SÁ, M. E.; BUZZETI, S. Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas. São Paulo: Ícone, 1994. p. 19-44
- MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo do estado nutricional do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n.1, p. 1009-1156, 2008.
- MORAES, D. S. L.; JORDAO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002.
- OLIVÉRIO, J. L. **Technological evolution of the Brazilian Sugar and Alcohol Sector: Dedini's contribution**, International Sugar Journal, Glamorgan, v.4, n.1, p.101-108, 2006.
- OLIVEIRA, E. C. A.; FREIRE, F. J.; OLIVEIRA, R. I.; FREIRE, M. B. G. S.; SIMÕES NETO, D. E.; SILVA, S. A. M. Extração e exportação de nutrientes por variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.34, n.1, p.343-1352, 2010.
- ORLANDO FILHO, J. Calagem e Adubação da cana-de-açúcar. In: Câmara, G. M. S.; Oliveira, E. A. M. (eds.). **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ/USP, 1993. p.133-146.
- ROCHA, P. K.; PEREIRA, E. R.; COELHO, R. D. Custo do bombeamento de água para irrigação no Brasil. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 6, n.1, p.41-49, nov.2003.
- ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D. Adubação – resíduos alternativos. AGEITEC / Embrapa. Disponível em: . Acesso em 14 mar. 2017.
- SACRAMENTO, G. L.; LOBATO, E. J. V.; LIMA, C. V.; GONÇALVES, V. A.; ANDRADE, R. S. **Atlas do Balanço Hídrico Climático do estado de Goiás**. Editora UFG, Goiânia, 2006. 108p.
- SANEAGO. Saneamento de Goiás S/A (SANEAGO). **Estação de Tratamento de Esgoto de Goiânia**. Disponível em: <<http://www.saneago.com.br/site/?id=esgoto6&tit=esgoto/>>. Acesso em: 02 jan. 2015.
- SANDRI, D.; MATSURA, E. E. M.; TESTEZLAF, R. Alteração química do solo irrigado por aspersão e gotejamento subterrâneo e superficial com água residuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.6, p.755 - 764, dez. 2009.
- SANTOS, J. S.; LIMA, V. L. A.; BORGES JUNIOR, J. C. F.; SILVA, L. V. B. D.; AZEVEDO, C. A. V. Mobilidade de solutos em coluna de solo com água residuária doméstica e de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.11, p.1226-1233, nov. 2010.
- SILVA, F.; BOARETTO, A.; ABREU Jr. H.; BERTON, R.; BASSO, L. C.; BARBIERI, V. Impactos da aplicação de lodo de esgoto na cultura da cana-de-açúcar e no ambiente. **HOLOS Environment**, Rio Claro, v. 10, n. 1, p. 62. 2010.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos 2010**. Brasília: MCIDADES, SNSA, 2012.

TARCHITZKY, J.; LERNER, O.; SHANI, U.; RYE, G.; LOWENGART-AYCICEGI, A.; BRENER, A. Water distribution pattern in treated wastewater irrigated soils: hydrophobicity effect. **European Journal of Soil Science**, Amsterdam, v. 58, n. 3, p. 573-588, 2007.

UNICA. União das Industrias de cana-de-açúcar. **Geração de energia elétrica pela biomassa perde apenas para hidrelétricas e gás**. 2016.
<http://www.unica.com.br/noticia/310215992-0338941144/geracao-de-energia-eletrica-pela-biomassa-perde-apenas-para-hidreletricas-e-gas/>