

**Produtividade da cana-de-açúcar com aplicação de água residuária da indústria  
sucroenergética**

**Sugarcane productivity with waste water application from the sucroenergetic industry**

**Productividad de azúcar con aplicación de agua residual de la industria sucroenergética**

Recebido: 24/03/2020 | Revisado: 25/03/2020 | Aceito: 01/04/2020 | Publicado: 02/04/2020

**Juliana dos Santos Rodrigues**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8296-8490>

Universidade Estadual de Goiás, Brasil

E-mail: [juliana\\_rodrigues01@hotmail.com](mailto:juliana_rodrigues01@hotmail.com)

**Patrícia Costa Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8894-1512>

Universidade Estadual de Goiás, Brasil

E-mail: [patricia.costa@ueg.br](mailto:patricia.costa@ueg.br)

**Adriana Rodolfo da Costa**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0263-3309>

Universidade Estadual de Goiás, Brasil

E-mail: [adriana.costa@ueg.br](mailto:adriana.costa@ueg.br)

**Luiz Fernando Gomes**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8279-7409>

Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Brasil

E-mail: [luizfernandoz4@hotmail.com](mailto:luizfernandoz4@hotmail.com)

**Franciele de Freitas Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4171-4443>

Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Brasil

E-mail: [franciellefreittas@hotmail.com](mailto:franciellefreittas@hotmail.com)

**Jaqueline Aparecida Batista Soares**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6772-3885>

Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Brasil

E-mail: [jaquelineab.soares@gmail.com](mailto:jaquelineab.soares@gmail.com)

**Jaqueline Balbina Gomes Ferreira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9377-1602>

## Resumo

A fertirrigação com água residuária como a vinhaça pode ser uma alternativa viável para a nutrição e fornecimento de água para a cana-de-açúcar. Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo uma análise descritiva sobre a produtividade da cana-de-açúcar durante 5 safras em função da aplicação de vinhaça em uma indústria sucroenergética localizada no Sudoeste Goiano. Foram coletados dados de produtividade de quarenta talhões distintos cultivados com cana-de-açúcar durante 5 anos (safras 14/15; 15/16; 16/17; 17/18; 18/19), em cada safra foram selecionadas quatro áreas com cultivos de 2º; 3º; 4º e 5º em condição de sequeiro e fertirrigado com vinhaça. Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva em planilha eletrônica (Excel) com nível de confiabilidade de 95%, foi calculada a média para as safras e os cortes e posteriormente calculado o desvio padrão, os resultados foram apresentados em tabelas e figuras. Comparando as áreas fertirrigadas com vinhaça e sequeiro, as áreas fertirrigadas apresentaram produtividades médias superiores à de sequeiro em 7,51; 12,48; 15,29 e 16,43% para o 2º, 3º, 4º e 5º corte, respectivamente. A fertirrigação com vinhaça promove incrementos de produtividade para o 2º, 3º, 4º e 5º corte em relação à condição de sequeiro. A vinhaça utilizada via fertirrigação é recomendada para suprir as necessidades hídricas e de nutrientes essenciais no cultivo de cana-de-açúcar.

**Palavras-chave:** Reaproveitamento de resíduos; Fertirrigação; Água de qualidade inferior.

## Abstract

To fertirrigation with residual water as to vinasse it can be a viable alternative for nutrition and water supply for Sugarcane. In this sense, or present study as objective, a descriptive analysis on the production of the Sugarcane during 5 harvests in the function of the application of vinasse in a non-Southwest Goiano energy industry. There were pigtails given from the productivity of forty plots different cultivated with sugar cane for 5 years (crops 14/15; 15/16; 16/17; 17/18; 18/19), in each crop were selected four areas with 2nd crops; 3rd; 4th and 5th in the condition of drying and fertigation with vinasse. You are given were analyzed by means of descriptive statistic in the electronic spreadsheet (Excel) with a reliability level of 95%, it was calculated on the average for the cuts and the subsequent calculation or deviation pattern, the were results presented in tables and figures. Comparing the fertirrigated areas with vinasse and dryland, the fertirrigated areas will present higher average producís to the dryland in 7.51; 12.48; 15.29 and 16.43% for the 2nd, 3rd, 4th and 5th cut, respectively. Fertigation with vinasse promotes productivity increases for the 2nd, 3rd, 4th and 5th cut

in relation to the rainfed condition. To sugar cane. The vinasse used via fertigation is recommended to suppress the hydric and nutrient needs, it is essential not to grow sugarcane.

**Keywords:** Reuse of waste; Fertigation; Inferior water.

## Resumen

La fertilización con aguas residuales como la vinaza puede ser una alternativa viable para la nutrición y el suministro de agua para la caña de azúcar. En este sentido, el presente estudio apunta a un análisis descriptivo sobre la productividad de la caña de azúcar durante 5 cosechas en función de la aplicación de vinaza en una industria azucarera ubicada en el suroeste de Goiás. Se recogieron datos de productividad de cuarenta parcelas diferentes cultivadas con caña de azúcar durante 5 años (14/15; 15/16; 16/17; 17/18; 18/19 cultivos), en cada cultivo se seleccionaron cuatro áreas. 2do cultivos; 3ro; 4 ° y 5 ° en condiciones secas y fertilizadas con vinaza. Los datos se analizaron utilizando estadísticas descriptivas en una hoja de cálculo electrónica (Excel) con un nivel de confiabilidad del 95%, se calculó el promedio de las cosechas y los cortes y la desviación estándar se calculó posteriormente, los resultados se presentaron en tablas y figuras. Comparando las áreas fertilizadas con vinaza y secano, las áreas fertilizadas mostraron una productividad promedio más alta que la de secano en 7.51; 12,48; 15.29 y 16.43% para el 2 °, 3 °, 4 ° y 5 ° corte, respectivamente. La fertirrigación con vinaza promueve aumentos de productividad para el 2 °, 3 °, 4 ° y 5 ° corte en relación con la condición de secano. Caña de azúcar La vinaza utilizada a través de la fertirrigación se recomienda para suministrar el agua y los requisitos de nutrientes esenciales en el cultivo de la caña de azúcar.

**Palabras clave:** Reutilización de residuos; Fertirrigación; Aguas inferiores.

## 1. Introdução

Com a necessidade e o desenvolvimento da economia de baixo carbono, vários países investiram em fontes de energia renováveis e mais limpa (Linnenluecke et al., 2019). Esse fato fez surgir um cenário nacional e internacional para emergir novas fontes de energia com desenvolvimento tecnológico dos biocombustíveis, principalmente aquelas derivadas da cana-de-açúcar. No Brasil, a cana-de-açúcar tem papel considerável na nova matriz energética, essa tendência elevou a rentabilidade e expansão da produção de cana de açúcar no território nacional (Teixeira & Couto, 2013; Caldareli & Gilio et al. 2018).

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é caracterizada como cultura semi-perene, apresenta o sistema fotossintético C4, o que garante um ótimo desempenho fotossintético em temperaturas mais elevadas e apresenta um alto ponto de saturação luminosa (Taiz et al. 2017). Essas características aliadas ao manejo, irrigação e nutrição mineral

adequada, auxiliam no crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar, tornando-a mais eficiente no acúmulo de açúcares e produção de biomassa. A grande quantidade de biomassa produzida pela cultura requer entradas substanciais de água e nutrientes, que quando estão disponíveis, a cultura pode alcançar elevadas produtividades (Lacerda et al. 2019).

No Centro-Oeste, as irregularidades na distribuição pluviométrica, bem como o clima com verão chuvoso e inverno seco e frio, comprometem a produtividade da cana-de-açúcar, portanto, a irrigação suplementar da cultura pode ser recomendada como forma de minimizar o estresse hídrico e as perdas de produção (Silva et al. 2015). Além da irrigação, a nutrição mineral é um fator limitante, que depende do tipo de variedade, estágio fenológico e condições de cana planta ou cana soca, esses fatores aliados a qualidade química do solo e produtividade prevista podem ser utilizados para a recomendação mineral (Silva et al., 2017).

Durante o processamento da cana-de-açúcar na indústria são gerados resíduos e subprodutos como a vinhaça, que é produzida durante da fermentação alcoólica. Trata-se de um resíduo do processo de destilação do vinho este, por sua vez é um subproduto de uma solução denominada mosto que é extraída de vegetais ou frutas com alta concentração de açúcares (Elia Neto, 2016). Em média, para cada litro de etanol produzido são gerados cerca de 13 litros de vinhaça (Martins & Oliveira, 2016).

Dentre os principais nutrientes na vinhaça está presente o potássio (K), assim como o nitrogênio (N) e matéria orgânica. Isso torna a vinhaça uma alternativa viável para a fertirrigação do canavial. Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo uma análise descritiva sobre a produtividade da cana-de-açúcar em função da aplicação de vinhaça em uma indústria sucroenergética localizada no Sudoeste Goiano.

## **2. Metodologia**

O estudo foi realizado em uma indústria sucroenergética localizada na região do Sudoeste Goiano, Goiás, Brasil. A vegetação predominante da região é do tipo Cerrado, segundo a classificação de Köppen (2013), o clima do local é do tipo Aw, tropical, com chuva nos meses de outubro a abril e seca nos meses de maio a setembro. A temperatura máxima oscila de 35 a 37°C, e a mínima de 12 a 15°C. A precipitação pluvial anual chega a 1800 mm aproximadamente, porém mal distribuídas ao longo do ano. O solo predominante na área é da classe de Latossolo Vermelho-Amarelo e Vermelho Escuro, com padrão de relevo suave ondulado a plano.

Para a coleta dados de produtividade foram selecionados quarenta talhões distintos

cultivados com cana-de-açúcar durante 5 anos (safras). Foram coletados os dados durante as safras (14/15; 15/16; 16/17; 17/18; 18/19), em cada safra foram selecionadas quatro áreas com cultivos de 2°; 3°; 4° e 5° em condição de sequeiro e fertirrigado com vinhaça.

O sistema de irrigação das áreas fertirrigadas é por aspersão com equipamento do tipo carretel enrolador. O sistema consiste de um aspersor do tipo canhão acoplado a uma plataforma móvel, mangueiras flexíveis, sistema de carretel e motobomba. O processo de fertirrigação é realizado com vinhaça diluída em água residuária da limpeza da cana na indústria no início do processamento. A proporção de diluição foi de 28% de vinhaça e 72% de água residuária. Na Tabela 1 foi apresentado o resultado das amostras da vinhaça e da vinhaça diluída para caracterização química.

**Tabela 1.** Caracterização química da vinhaça e vinhaça diluída para fertirrigação da cana-de-açúcar. Safra 2017/2018, Sudoeste Goiano.

| Tratamentos     | N                  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Ca   | Mg   | S    | B    | Cu   | Fe   | Mn   | Zn   |
|-----------------|--------------------|-------------------------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                 | Kg m <sup>-3</sup> |                               |                  |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Vinhaça         | 0,63               | 1,97                          | 2,21             | 1,79 | 0,73 | 0,50 | 0,07 | 0,04 | 7,2  | 0,87 | 0,11 |
| Vinhaça diluída | 0,40               | 0,71                          | 0,28             | 0,32 | 0,16 | 0,12 | 0,02 | 0,02 | 6,98 | 0,21 | 0,05 |

N: Nitrogênio, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: Pentóxido de fósforo; K<sub>2</sub>O: Óxido de potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; S: Enxofre; B: Boro; Cu: Cobre; Fe: Ferro; Mn: Manganês; Zn: Zinco.

Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva em planilha eletrônica (Excel) com nível de confiabilidade de 95%. Os dados foram analisados para as cinco safras, quatro cortes e áreas de sequeiro e fertirrigado. Foi calculada a média para as safras e os cortes e posteriormente calculado o desvio padrão, os resultados foram apresentados em tabelas e figuras.

### 3. Resultados e Discussão

Em média a produtividade das safras de 2017/2018 e 2018/2019, para as áreas fertirrigadas, foram menores em 20,05 e 17,97% em relação as safras de 2014/2015, respectivamente (Tabela 2). Nas áreas de sequeiro foi observado que as safras mais recentes tiveram redução da produtividade, em média a safra de 2014/2015 teve produtividade maior do que a safra de 2018/2019 em 13,43%. O mesmo comportamento foi observado para a safra de 2016/2017, com produtividade superior a safra de 2018/2019 em 10,83%.

**Tabela 2.** Produtividade média do 2º, 3º 4º e 5º corte para as safras de 2014/2015; 2015/2016; 2016/2017; 2017/2018 e 2018/2019 em função de áreas fertirrigadas com vinhaça e sequeiro.

| Safras    | Irigado            | Sequeiro      |
|-----------|--------------------|---------------|
|           | t ha <sup>-1</sup> |               |
| 2014/2015 | 86,33 ± 12,76      | 73,57 ± 9,73  |
| 2015/2016 | 83,63 ± 5,30       | 71,42 ± 6,20  |
| 2016/2017 | 70,97 ± 3,14       | 64,76 ± 8,80  |
| 2017/2018 | 84,59 ± 9,57       | 70,83 ± 14,59 |
| 2018/2019 | 68,63 ± 11,01      | 63,69 ± 12,79 |

Comparando as áreas fertirrigadas com vinhaça e sequeiro, foi observado que, em média as áreas com aplicação de vinhaça teve produtividade superior de 14,78; 14,62; 8,75; 16,26 e 7,19% para as safras de 2014/2015; 2015/2016; 2016/2017; 2017/2018 e 2018/2019, respectivamente, em relação as áreas de sequeiro (Tabela 2). Além do fornecimento de água as concentrações de nutrientes como o K, N e P na vinhaça podem aumentar de forma substancial a produtividade dos colmos de cana-de-açúcar (Silva et al. 2014).

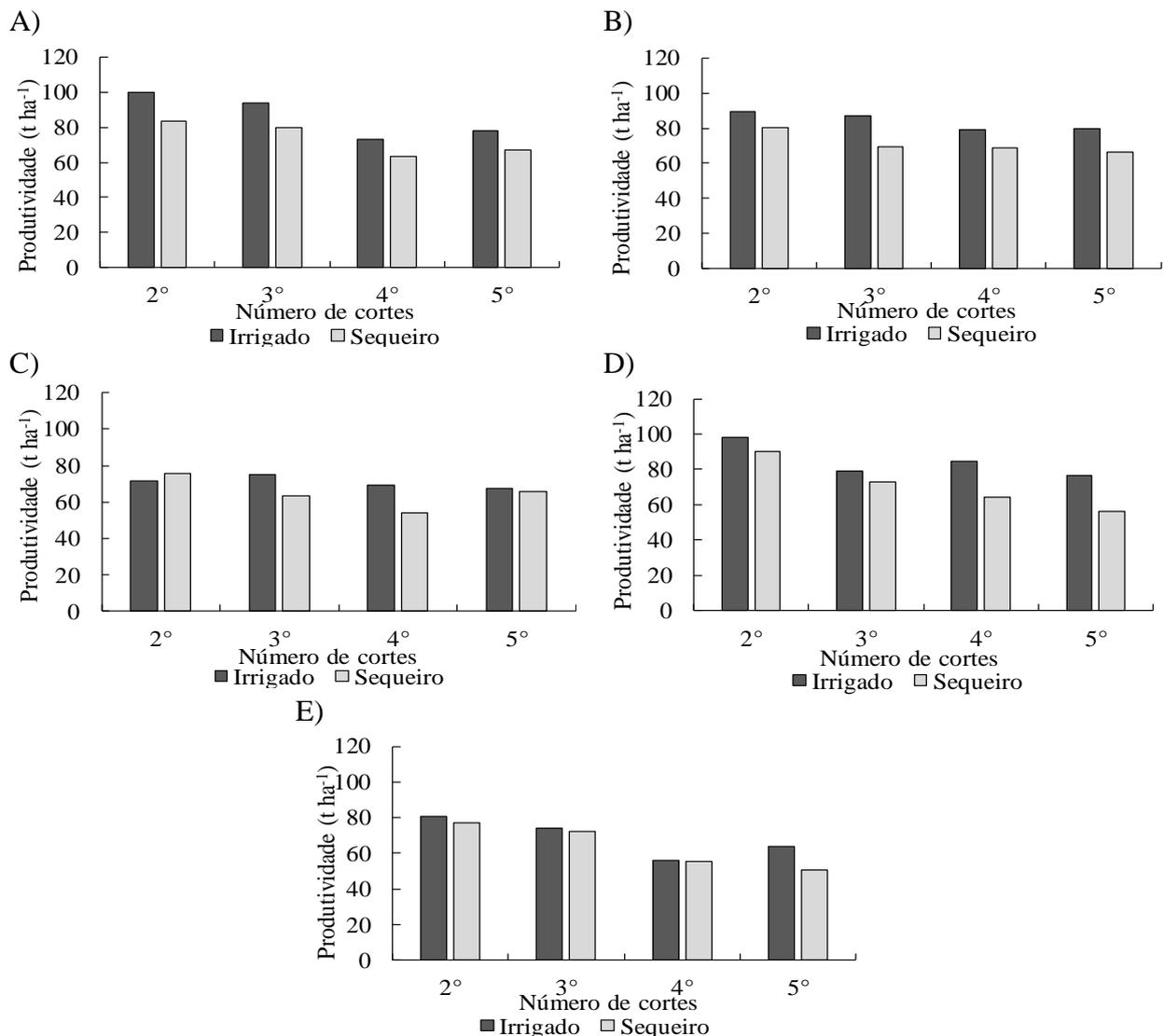
De modo geral, o 4º corte da cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça foi menor em 17,86 e 11,54% do que o 2º e 3º cortes (Tabela 3). Para a área de sequeiro, o 5º corte foi em média menor em 24,83 e 14,46% do que o 2º e 3º cortes. Comparando as áreas fertirrigadas com vinhaça e sequeiro, as áreas fertirrigadas apresentaram produtividades médias superiores à de sequeiro em 7,51; 12,48; 15,29 e 16,43% para o 2º, 3º, 4º e 5º corte, respectivamente.

**Tabela 3.** Produtividade média das safras de 2014/2015; 2015/2016; 2016/2017; 2017/2018 e 2018/2019 para o 2º, 3º 4º e 5º corte em função de áreas fertirrigadas com vinhaça e sequeiro.

| Cortes | Irigado            | Sequeiro     |
|--------|--------------------|--------------|
|        | t ha <sup>-1</sup> |              |
| 2º     | 88,03 ± 11,90      | 81,42 ± 5,83 |
| 3º     | 81,75 ± 8,41       | 71,54 ± 5,94 |
| 4º     | 72,31 ± 10,93      | 61,35 ± 6,22 |
| 5º     | 73,24 ± 6,95       | 61,20 ± 7,53 |

Para todas as safras agrícolas analisadas foram observadas produtividades menores para as áreas de cana-de-açúcar com 4° e 5° corte para as áreas fertirrigadas e sequeiro (Figura 1). Após o primeiro corte os aspectos morfológicos e de crescimento de raiz e parte aérea são afetados, o que pode reduzir a produtividade da planta (Sá et al. 2016). As áreas de sequeiro podem reduzir a produtividade em função da redução da disponibilidade de água no solo. Portanto, a produtividade das áreas de sequeiro é totalmente relacionada com o volume e distribuição das chuvas que podem variar anualmente (Gomes, 2012).

**Figura 1.** Produtividade da cana-de-açúcar para as safras 2014/2015 (A), 2015/2016 (B), 2016/2017 (C), 2017/2018 (D), 2018/2019 (E) em função do número de cortes para as áreas de sequeiro e fertirrigado com vinhaça.



A aplicação de vinhaça via fertirrigação faz a complementação da fertilidade do solo com nutrientes essenciais, fato este que contribui para elevar a produtividade de colmos e também a qualidade tecnológica do produto final (Souza et al. 2015). O incremento da produtividade com a fertirrigação pode chegar a 38% em relação a ausência de aplicação.

Silva et al. (2014) constataram que a utilização da vinhaça ocasionou solos mais ricos em potássio, com elevação do pH e expansão na formação de colmos por volta de 10,5 t ha<sup>-1</sup>. Togneti (2016) observou que o vinhoto concentrado infiltra rapidamente no solo evitando a ameaça de contaminação de cursos d'água superficiais mesmo em períodos chuvosos.

A fertirrigação com a vinhaça promove elevação da capacidade de trocas catiônicas (CTC) do solo, melhoria na constituição do solo, trazendo e aumentando nutrientes estimulando o crescimento da microbiota local o que resulta em melhor desenvolvimento e produtividade de colmos (Moro et al., 2013).

Com relação a fisiologia da cana Martins & Oliveira (2016) constataram que a fertirrigação com vinhaça proporcionou a diminuição na quantidade de lignina, elevação na umidade dos colmos e redução de acamamento, redução da sacarose e uma concentração maior de potássio em todo o vegetal.

A utilização da vinhaça no cultivo da cana-de-açúcar propiciou aumento da produtividade proporcional ao aumento de número cortes, ciclos mais longos e elevada produção de açúcar por hectare (Penhabel, 2013). Um estudo feito por Quintana (2010), em Barretos - SP, mostrou que a produtividade alcançada com a fertirrigação foi de 100,4% excedendo a cultura comercial regional com incremento que equivale a 87,7 toneladas de cana ha<sup>-1</sup> em relação a condições de sequeiro.

### **3. Conclusão**

A fertirrigação com vinhaça promove incrementos de produtividade para o 2º, 3º, 4º e 5º corte em relação à condição de sequeiro.

A cana-de-açúcar reduz o potencial produtivo em função do número de cortes e ao longo da safra em condições de sequeiro e fertirrigadas.

A vinhaça utilizada via fertirrigação é recomendada para suprir as necessidades hídricas e de nutrientes essenciais no cultivo de cana-de-açúcar.

## Referências

Caldareli, C.E. & Gilio, L. (2018). Expansion of the sugarcane industry and its effects on land use in São Paulo: Analysis from 2000 through 2015. *Land Use Policy*. 76(1), 264-274.

Elia Neto, A. (2016). Estado da Arte da Vinhaça. ÚNICA - União da Indústria de Cana de açúcar. Piracicaba.

Gomes, A.W.A. (2012). Simulação da produtividade de cana-de-açúcar nas regiões nordeste e sudeste do Brasil, utilizando o modelo DSSAT. 2012. 67p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho” Faculdade De Ciências Agrônômicas, Jaboticabal.

Lacerda, A.R.S.; Souza, A.R.; Santos, T.M.; Clemente, J.M., Duarte, A.R. & Machado, M.G. (2019). Produtividade da cana-de-açúcar em resposta a adubação NPK em diferentes épocas. *Humanidades & Tecnologia em Revista (finom)*, 18(1), 1-7.

Linnenluecke, M.K.; Han, J.; Zheyao, P.; Smith, T. (2019). How markets will drive the transition to a low carbon economy. *Economic Modelling*, 77(1), 42-54.

Taiz, L; Zeiger, E.; Moller, I.M.; Murphy, A. (2017). Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Editora Artmed, 6, 121 p.

Martins, Y.A.M.; Oliveira, C.F. (2016). Uso da vinhaça via fertirrigação por sistemas de irrigação. in: Jornada Acadêmica – Ciência, Inovação e Tecnologia no Bioma Cerrado, 05, Santa Helena. Anais.

Moro, C.C.; Rodrigues, J.A.; Silva, M.C.; Lima, E.P.; Macedo, M.F. (2013). Utilização da Vinhaça como fertilizante no cultivo da cana de açúcar. *Revista Unilins*, 19(1), 25-43.

Penhabel, L.A. (2013). Vinhaça: Bio-fertirrigação e impacto ambiental. COGNITIO. Pós Graduação (MBA em Gestão Sucroalcooleira do Centro), UNILINS Centro Universitário de Lins. Lins.

Quintana, K.A. (2010). Irrigação e fertirrigação por gotejamento para cana-de-açúcar na presença e ausência de boro. 47 p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade estadual

paulista “Júlio de Mesquita filho” faculdade de ciências agrárias e veterinárias campus de Jaboticabal, Jaboticabal.

Silva, A.P.M.; Bono, J.A.M. Pereira, F.A.R. (2014). Aplicação de vinhaça na cultura da cana-de-açúcar: Efeito no solo e na produtividade de colmos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 18(1), 38-43.

Silva, N.F.; Cunha, F.N.; Teixeira, M.B.; Soares, F.A.L.; Moura, L.C. (2015) Crescimento vegetativo da cana-de-açúcar submetida a lâminas de irrigação e fertirrigação nitrogenada via gotejamento subsuperficial. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, 9(2), 79 – 90.

Silva, S.D.A.; Nava, D.E.; Montero, C.R.S.; Sturza, V.S. (2017). Sistema de produção de cana-de-açúcar para agricultura familiar de base ecológica, 47 - 55.

Souza, J.K.C.; Mesquita, F.O.; Dantas Neto, J.; Souza, M.M.A.; Farias, C.H.A.; Mendes, H.C.; Nunes, R.M.A. (2015). Fertirrigação com vinhaça na produção de cana-de-açúcar. Revista ACSA: Agropecuária Científica no Semiárido. 11 (2), 7-12.

Teixeira, R.A.; Couto, M.S.D.S. (2013). Análise dos impactos socioeconômicos e ambientais da expansão da cana-de-açúcar na Bacia do Rio Meia Ponte, Goiás. Terceiro Incluído. 3(1), 128–143.

Togneti, S.A.S. (2016). Os resíduos da indústria sucroenergética: A vinhaça concentrada como potencial fertilizante. 2016. 103p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional). UNOESTE-Universidade de Oeste Paulista, Presidente Prudente.

#### **Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Juliana dos Santos Rodrigues – 25%

Patrícia Costa Silva – 25%

Adriana Rodolfo da Costa – 20%

Luiz Fernando Gomes – 10%

Franciele de Freitas Silva – 10%

Jaqueline Aparecida Batista Soares – 5%

Jaqueline Balbina Ferreira Gomes – 5%