



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

---

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO USO DE  
LITHOTHAMNIUM E VINHAÇA ASSOCIADO À IRRIGAÇÃO NA  
CANA-DE-AÇÚCAR**

**WALTER DANILO MARADIAGA RODRIGUEZ**

Orientador:

**Prof. Dr. Adão Wagner Pêgo Evangelista**

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR  
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES  
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinadas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

**1. Identificação do material bibliográfico:**     Dissertação     Tese

**2. Identificação da Tese ou Dissertação:**

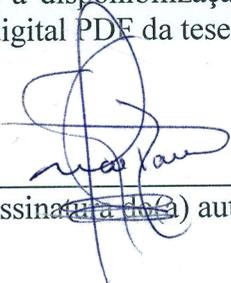
Nome completo do autor: Walter Danilo Maradiaga Rodriguez

Título do trabalho: Viabilidade técnica e econômica do uso de lithothamnium e vinhaça associado à irrigação na cana-de-açúcar.

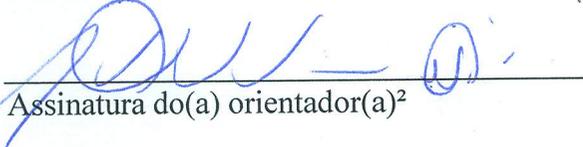
**3. Informações de acesso ao documento:**

Concorda com a liberação total do documento  SIM     NÃO<sup>1</sup>

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.

  
\_\_\_\_\_  
Assinatura do(a) autor(a)<sup>2</sup>

Ciente e de acordo:

  
\_\_\_\_\_  
Assinatura do(a) orientador(a)<sup>2</sup>

Data: 06 / 03 / 2018

<sup>1</sup> Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

<sup>2</sup> A assinatura deve ser escaneada.

**WALTER DANILO MARADIAGA RODRIGUEZ**

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO USO DE LITHOTHAMNIUM E  
VINHAÇA ASSOCIADO À IRRIGAÇÃO NA  
CANA-DE-AÇÚCAR**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia.  
Área de concentração: Solo e Água.

Orientador:  
**Prof. Dr. Adão Wagner Pêgo Evangelista**

Co-Orientador:  
**Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro**

Goiânia, GO - Brasil  
2018

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG**

Maradiaga Rodriguez, Walter Danilo

Viabilidade técnica e econômica do uso de lithothamnium e vinhaça associado à irrigação na cana-de-açúcar [manuscrito] /

Walter Danilo Maradiaga Rodriguez. – Goiânia, 2018.

LXXV, 78 f.: il

Orientador: Prof. Dr. Adão Wagner Pêgo Evangelista ; Co orientador Dr. Wilson Mozena Leandro.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Goiânia, 2018.

Bibliografia. Anexos. Apêndice.

Inclui siglas, fotografias, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de Tabelas

1. *Saccharum officinarum*-Cana-de-açúcar. 2. Adubação orgânica. 3. Vinhaça. 4. Lithothamnium. 5. Manejo de irrigação. I. Pêgo Evangelista , Adão Wagner , orient. II. Título.

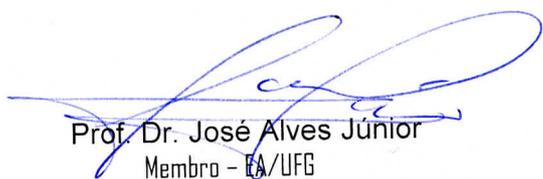
CDU 631/635

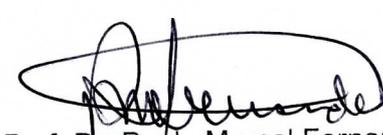


## **ATA DE DEFESA DE TESE**

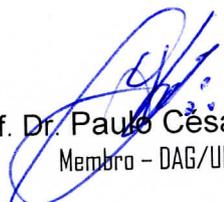
Aos vinte e dois dias do mês de novembro do ano de dois mil e dezessete (22.11.2017), às 08h00min, no Mini-auditório do PPGA, da Escola de Agronomia da UFV, reuniu-se a Banca Examinadora, composta pelos membros: Prof. Dr. Adão Wagner Pêgo Evangelista - Orientador e Presidente da Banca, Prof. Dr. José Alves Júnior, Prof. Dr. Paulo Marçal Fernandes, Prof. Dr. Américo José dos Santos Reis e Prof. Dr. Paulo César de Melo, para a realização da sessão pública da defesa de Tese intitulada: "**Viabilidade técnica e econômica do uso de Lithothamnium e vinhaça associado à irrigação na cana-de-açúcar**", de autoria de **Walter Danilo Maradiaga Rodriguez**, discente do curso de **Doutorado**, na área de concentração em **Solo e Água**, do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFV. A sessão foi aberta pelo presidente, que fez a apresentação formal dos membros da Banca e deu início as atividades relativas à defesa da Tese. Passou a palavra ao doutorando que em quarenta minutos apresentou o seu trabalho. Após a exposição, o candidato foi arguido sequencialmente pelos membros da banca. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. De acordo com Resolução CEPEC 1403/2016, de 10 de junho de 2016 que regulamenta os Programas de Pós-Graduação *Stricto Sensu* na UFV, a Banca Examinadora considerou a Tese "**APROVADA**", com as correções recomendadas, estando integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **DOUTOR** em Agronomia, na área de concentração em **SOLO E ÁGUA**, pela Universidade Federal de Goiás. O doutorando poderá efetuar as modificações sugeridas pela Banca Examinadora e encaminhar nova versão eletrônica da Tese à Secretaria do PPGA, no prazo máximo de trinta dias após a data da Defesa. A Banca Examinadora recomendou a publicação de artigo(s) científico(s), oriundo(s) dessa Tese, em periódicos de circulação nacional e, ou, internacional, depois de acatadas as modificações sugeridas. Para finalizar, o Presidente agradeceu os membros examinadores, congratulou-se com o doutorando e encerrou a sessão às 12h05min, para constar, eu Welinton Barbosa Mota, secretário do PPGA, lavrei a presente Ata que depois de lida e aprovada, será assinada pelos membros da Banca Examinadora, em quatro vias de igual teor.

  
Prof. Dr. Adão Wagner Pêgo Evangelista  
Presidente da Banca - EA/UFV

  
Prof. Dr. José Alves Júnior  
Membro - EA/UFV

  
Prof. Dr. Paulo Marçal Fernandes  
Membro - EA/UFV

  
Prof. Dr. Américo José dos Santos Reis  
Membro - EA/UFV

  
Prof. Dr. Paulo César de Melo  
Membro - DAG/UFLA

## **DEDICATÓRIA**

Ao Rei dos Reis, o nosso senhor Jesus cristo, por me permitir chegar a cumprir este objetivo. Por me fazer entender que estou com um propósito nesta viagem; e que estou de passo nesta terra. Por me fazer entender que a vida é uma cordilheira e não um morro para escalar.

A minha família por me apoiar sempre nos objetivos propostos.

## AGRADECIMENTOS

A realização do presente trabalho apenas foi possível devido a colaboração dos membros do NUCLIRH e em especial do meu orientador Professor Doutor Adão Wagner Pêgo Evangelista. A ele muito obrigado.

Ao professor Jose Alves Júnior, pela disposição ao compartilhar seus conhecimentos. Pessoa que será uma referência na minha vida profissional. A ele muito obrigado.

Ao professor Prof. Dr. Américo José dos Santos Reis, pela disposição ao permitir usar o laboratório e acompanhar nas análises laboratoriais.

À Organização de Estados Americanos (OEA) pelo financiamento de meus estudos e à Universidade Federal de Goiás (UFG) pela oportunidade. A empresa Jalles Machado e a empresa CERES, por proporcionar a vinhaça, torta de filtro e o lithothamnium para a realização desta pesquisa. Meus sinceros agradecimentos!

Ao secretário do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Welinton Barbosa pela disposição, alegria e serviços prestados durante a realização do Doutorado. Muito obrigado “**LUPITA**”.

Em fim, a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para que esta pesquisa acontecesse, muito obrigado!

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>5</b>	
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>6</b>	
<b>LISTA DE APÊNDICES.....</b>	<b>7</b>	
<b>RESUMO GERAL.....</b>	<b>9</b>	
<b>GENERAL ABSTRACT.....</b>	<b>10</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>13</b>
2.1	PANORAMA DA AGRICULTURA ORGÂNICA NO MUNDO.....	13
2.2	DISTRIBUIÇÃO E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CANA-DE- AÇÚCAR NO BRASIL.....	14
2.3	ADUBAÇÃO ORGÂNICA NA CANA-DE-AÇÚCAR.....	16
2.3.1	<b>Vinhaça.....</b>	<b>17</b>
2.3.2	<b>Lithothamnium.....</b>	<b>19</b>
2.4	IRRIGAÇÃO NA CANA-DE-AÇÚCAR.....	20
2.5	ANÁLISE ECONÔMICA DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	22
2.6	REFERÊNCIAS.....	25
<b>3</b>	<b>LITHOTHAMNIUM E VINHAÇA NA PRODUÇÃO DE CANA- DE-AÇÚCAR IRRIGADA E DE SEQUEIRO.....</b>	<b>30</b>
3.1	INTRODUÇÃO.....	31
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
3.4	CONCLUSÃO.....	42
3.5	REFERÊNCIAS.....	42
<b>4</b>	<b>ANÁLISE ECONÔMICA NA PRODUÇÃO DE CANA-DE- AÇÚCAR IRRIGADA E ADUBADA COM VINHAÇA E LITHOTHAMNIUM.....</b>	<b>46</b>
4.1	INTRODUÇÃO.....	47
4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	48
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
4.4	CONCLUSÃO.....	62
4.5	REFERÊNCIAS.....	63
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>65</b>
	<b>GLOSSÁRIO.....</b>	<b>66</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 3.1.</b> Características físico-hídricas e químicas do solo utilizado no experimento..	33
<b>Tabela 3.2.</b> Composição química do fertilizante lithothamnium e da vinhaça.....	33
<b>Tabela 4.1.</b> Variáveis utilizadas no cálculo de custo de produção da cana-de-açúcar produzida sobre sistema convencional e orgânico.....	51
<b>Tabela 4.2.</b> Média de custos e participação porcentual dos diversos fatores para 1 hectare de cana-de-açúcar, produzida sobre sistema convencional e orgânico* .....	55
<b>Tabela 4.3.</b> Custos econômicos e operacionais médios para 1 t ha <sup>-1</sup> de cana-de-açúcar produzida sobre sistema convencional e orgânico. Cotação em US\$.....	57
<b>Tabela 4.4.</b> Indicadores econômico-financeiros em trinta anos de investimento para a produção de cana-de-açúcar convencional e orgânica: Valor Presente Líquido (VPL, US\$ ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> ), Taxa Interna de Retorno (TIR, %), Payback (anos), Relação Benefício Custo (B/C, US\$), Índice de rentabilidade (IR), Taxa Mínima de Atratividade (TMA, %).....	60

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b> Distribuição da cana-de-açúcar no Brasil.....	15
<b>Figura 2.2.</b> Produção de cana-de-açúcar no Brasil.....	16
<b>Figura 2.3.</b> Produtividade média de cana-de-açúcar na região Centro-Sul.....	16
<b>Figura 3.1.</b> Superfície de resposta da produtividade do colmo de cana-de-açúcar em função da irrigação e aplicação de doses de vinhaça e lithothamnium.....	35
<b>Figura 3.2.</b> Superfície de resposta da porcentagem de umidade da cana-de-açúcar em função da aplicação de diferentes doses de vinhaça e lithothamnium.....	37
<b>Figura 3.3.</b> Variação do teor de sólidos solúveis totais (°Brix) no caldo de cana-de-açúcar em função da aplicação das doses de vinhaça e doses de lithothamnium.....	38
<b>Figura 3.4.</b> Variação de A) porcentagem de fibra, B) pureza do caldo, C) pol cana % e D) ATR em função dos tratamentos aplicados.....	39
<b>Figura 4.1.</b> Variação da produtividade e acúmulo de ATR na cana-de-açúcar em função da aplicação de diferentes doses de vinhaça e lithothamnium.....	54
<b>Figura 4.2.</b> Ponto de nivelamento (qn), da produção de cana-de-açúcar produzida sobre sistema convencional (A) e orgânica (B) em trinta anos de investimento...	59
<b>Figura 4.3.</b> Rendimento financeiro em função da taxa de juros anual para a produção de cana-de-açúcar convencional (A) e orgânica (B), durante 30 anos de investimento na região central de Goiás.....	61

## LISTA DE APÊNDICES

<b>Apêndice A.</b> Atributos físico-químicos da vinhaça aplicada na cana-de-açúcar na área experimental.....	68
<b>Apêndice B.</b> Composição química do fertilizante lithothamnium.....	68
<b>Apêndice C.</b> Atributos químicos e físicos da torta de filtro aplicada na cana-de-açúcar na área experimental.....	68
<b>Apêndice D.</b> Características físico-hídricas e químicas do solo utilizado no experimento.	69
<b>Apêndice E.</b> Doses e parcelamento de aplicação da vinhaça ao longo do experimento.....	69
<b>Apêndice F.</b> Esquema de análise da variância utilizada no experimento.....	70
<b>Apêndice G.</b> Preparação do solo (A, B), aplicação de torta de filtro (C) e semeadura da cana-de-açúcar da variedade RB867515 (D) sobre sistema de produção orgânica.....	70
<b>Apêndice H.</b> Aplicação de diferentes doses de lithothamnium (A, B), vinhaça (C) e torta de filtro (D) na cana-de-açúcar variedade RB867515.....	71
<b>Apêndice I.</b> Avaliação das características biométricas da cana-de-açúcar, variedade RB867515, submetida a diferentes doses de adubação e dois manejos de irrigação.....	71
<b>Apêndice J.</b> Colheita (A), identificação (C) e extração de caldo (B, D) da cana-de-açúcar submetida a diferentes doses de vinhaça, lithothamnium e dois manejos de irrigação.....	72
<b>Apêndice K.</b> Análises das características tecnológicas da cana-de-açúcar, variedade RB867515, submetidas diferentes doses de vinhaça, lithothamnium e dois manejos de irrigação.....	72
<b>Apêndice L.</b> Curva características de retenção de água no solo utilizado no experimento	73
<b>Apêndice M.</b> Sistema de irrigação utilizado: a) Gotejamento; b) Controlador de irrigação; c) sensor de monitoramento do conteúdo de água no solo; d) disposição do sensor na parcela experimental.....	73
<b>Apêndice N.</b> Valores mensais de precipitação média em Goiânia, Goiás, Brasil, durante o ciclo vegetativo da cana-de-açúcar 2014-2016.....	74
<b>Apêndice O.</b> Análise de variância para graus Brix (°), Fibra (%), Pureza (%), Pol cana (%) e ATR ( $\text{kg t ha}^{-1}$ ) de cana-de-açúcar planta da variedade RB867515	

irrigada e adubada com diferentes doses de vinhaça e lithothamnium..... 74

**Apêndice P.** Conteúdo de fósforo, potássio, cálcio e pH no solo durante o ciclo fenológico da cana-de-açúcar, variedade RB867515 irrigada e adubada com 330 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de vinhaça e 200 kg ha<sup>-1</sup> de lithothamnium. Goiânia-GO, 2016..... 75

## RESUMO GERAL

MARADIAGA, W. D. **Viabilidade técnica e econômica do uso de lithothamnium e vinhaça associado à irrigação na cana-de-açúcar**. 2017. 78 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Solo e Água) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017<sup>1</sup>.

As limitações edafoclimáticas do estado de Goiás, segundo maior produtor de cana-de-açúcar do Brasil, têm imposto desafios ao setor sucroenergético. Portanto o uso de adequada adubação e irrigação são práticas imprescindíveis para proporcionar aumento na produtividade e qualidade da cana-de-açúcar nessa região. Entretanto, torna-se necessário analisar economicamente toda atividade que se inicia, para conhecer com detalhes e utilizar de maneira inteligente e econômica, os fatores de produção. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da irrigação e adubação com lithothamnium combinado com vinhaça, sobre a produtividade e características tecnológicas da cana-de-açúcar no cerrado, avaliando a eficiência econômica em cultivo orgânico e convencional. Para isso conduziu-se um experimento na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás. A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a RB867515. Os tratamentos corresponderam a cinco doses de vinhaça (0, 165, 330, 495 e 660 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), cinco doses de lithothamnium (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup>) e cultivo em regime irrigado e de sequeiro. Para o procedimento de estimativa do custo de produção, conceituado como a soma de valores de todos os recursos e operações utilizados no processo produtivo da atividade, utilizou-se o cálculo da depreciação e do custo alternativo. Os tratamentos aplicados influenciaram a produtividade e características tecnológicas da cana-de-açúcar. Plantas irrigadas e adubadas com 200 kg ha<sup>-1</sup> de lithothamnium e 330 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> vinhaça, foram as que apresentaram os melhores resultados. O cultivo de cana-de-açúcar orgânica utilizando os tratamentos desse trabalho é viável economicamente para a região do cerrado goiano.

*Palavras-chave:* Manejo de irrigação; lithothamnium; *Saccharum officinarum*; vinhaça.

---

<sup>1</sup> Orientador: Prof. Dr. Adão Wagner Pêgo Evangelista. EA-UFG.  
Co-Orientador: Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro. EA-UFG.

## GENERAL ABSTRACT

MARADIAGA, W. D. **Technical and economic viability of the use lithothamnium and vinasse associated with irrigation in sugar cane.** 2017. 78 f. Thesis (PhD in Agronomy: Soil and Water) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017<sup>1</sup>.

The climatic and soil limitations of the state of Goiás, the second largest producer of sugarcane in Brazil, have given challenges to the sugarcane sector. Because of this, the proper use of fertilizer and efficient irrigation are essential practices that are needed to increase the productivity and quality of sugarcane. However, it became economically necessary to analyze all activity that starts, to understand with details and use, in an intelligent and economical way, the factor of production. In this context, the objective of this work was to evaluate the effect of irrigation and fertilization with lithothamnium mixed with vinasse, on productivity and technological characteristics of sugar in the “Cerrado” and evaluate under these cultivating conditions, the economical efficiency of the production of sugarcane in this area. For this, an experiment was conducted in the School of Agronomy of the Federal University of Goiás. The variety of sugarcane used was the RB867515. The treatments correspond to five doses of vinasse (0, 65, 330, 495 and 660 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), five doses of lithothamnium (0, 100, 200, 300 and 400 kg ha<sup>-1</sup>) and cultivated in an irrigated and rainfed regime. For the procedure for estimating the cost of production, regarded as the sum of values of all the resources and operations used in the productive process of the activity, it was used the calculation of depreciation and the alternative cost. The treatments applied influenced the productivity and technological characteristics of the sugarcane. Plants irrigated and fertilized with 200 kg ha<sup>-1</sup> of lithothamnium and 330 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> vinasse were the ones that presented the best results. The cultivation of organic sugarcane using the treatments in this work is economically viable for the region of the “Cerrado”.

*Key words:* irrigation management; lithothamnium; *Saccharum officinarum*; vinasse.

---

<sup>1</sup> Adviser: Prof. Dr. Adão Wagner Pêgo Evangelista. EA-UFG.  
Co-Adviser: Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro. EA-UFG.

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, sendo o estado de Goiás o segundo maior produtor nacional. Nesse estado a baixa fertilidade natural dos solos, os altos custos de produção e as limitações climáticas têm impostos sérios desafios aos produtores de cana-de-açúcar na região (Araújo et al., 2016). Há baixa precipitação pluviométrica na região nos meses de abril a setembro (Sena, 2014), normalmente predispõe a cultura ao déficit hídrico, que pode ser agravado em razão da baixa fertilidade dos solos de cerrado. O efeito do déficit hídrico nas diferentes estádios fenológicos da cana-de-açúcar pode promover efeitos severos para a cultura, como redução das taxas de crescimento do colmo, na produção de fitomassa e no rendimento de sacarose (Silva & Costa, 2004). Assim no cerrado, o uso da irrigação constitui prática importante para amenizar tal problema, porém poucos são os estudos com essa técnica na produção de cana-de-açúcar cultivada sob sistema orgânico nessa região.

Além de uma irrigação bem manejada, o fornecimento de nutrientes para a planta torna-se prática fundamental. Neste contexto, o sistema de produção orgânico além de nutrir as plantas, contribui para preservação do meio ambiente e agrega valor ao produto colhido. O sistema de produção orgânico é de fundamental importância, visto que a busca nos últimos anos por produtos mais saudáveis por parte da população mundial, têm aberto novas oportunidades ao setor agrícola (Mendoza et al., 2009).

Dentre as alternativas de nutrição de plantas, o lithothamnium combinado com vinhaça pode ser uma opção para a produção orgânica da cana-de-açúcar. O lithothamnium é um produto derivado de algas marinhas calcárias, que apresenta em sua composição macro e micronutrientes e hormônios de crescimento, que favorece as condições de fertilidade do solo e ou potencializa o uso de outros adubos por sua ação corretiva da acidez (Melo et al., 2003). As principais características que potencializam a atuação deste produto são atribuídas à disponibilidade dos micronutrientes que se encontram adsorvidos nas paredes celulares, sendo assim facilmente assimiláveis pelas

plantas (Dias, 2000).

A vinhaça é um resíduo derivado do processo de produção de álcool, rico em matéria orgânica, potássio, e que oferece grandes possibilidades para a incorporação racional e econômica na cana-de-açúcar, sempre e quando se utiliza dosagem correta, no momento oportuno (Lelis Neto, 2008)

Nos poucos estudos desenvolvidos com lithothamnium utilizado na produção de mudas de espécies frutíferas e *Jatropha curcas L.* se comprovou uma reposta favorável em produção da planta a este fertilizante (Mendoza et al., 2006; Souza et al., 2007; Evangelista et al., 2016). Entretanto, ainda não é conhecida a influência desse fertilizante quando combinado com vinhaça, sobre as características tecnológicas da cana-de-açúcar e a viabilidade técnica e econômica dessa atividade.

Atualmente no estado de Goiás somente existem duas usinas certificadas para a produção orgânica. Esse fato é justificado por vários entraves que dificultam a adoção do sistema por parte dos agricultores, principalmente pela dificuldade na logística e no processo de certificação, aumento de custos durante o processo de conversão do sistema convencional para o orgânico, falta de assistência técnica, entre outros (Campanhola & Valarini, 2001). Estes fatores aliados ao desconhecimento da viabilidade econômica dessa atividade não têm despertado o interesse do produtor.

Nesse contexto, analisar a viabilidade econômica de empreendimentos agrícolas é de vital importância para a tomada de decisões. Essa constatação decorre do fato de que o investimento agrícola estarem sujeito a grande variabilidade em seu retorno, devido á variabilidade das condições climáticas das regiões, tipo de solo, o cultivo, o manejo da lavoura, além da incidência de pragas e doenças que em muitas ocasiões geram redução na produtividade e como consequência variação nos preços do produto. A análise dos custos de produção permite a avaliação das condições econômicas do processo de produção, inferindo sobre vários aspectos como, rentabilidade dos recursos empregados, condições de recuperação destes recursos e perspectivas de decisões futuras sobre o empreendimento como expansão, retração e extinção (Souza & Costa, 2013).

Assim o objetivo desse trabalho foi avaliar a viabilidade técnica e econômica do uso de lithothamnium e vinhaça associado à irrigação na cana-de-açúcar.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 PANORAMA DA AGRICULTURA ORGÂNICA NO MUNDO

Nos últimos anos, com o aumento da população mundial, houve a busca por sistemas de produção que possibilitem o atendimento das necessidades humanas, respeitando e contribuindo não apenas para a sustentabilidade, mas também para a preservação do meio ambiente e da melhoria da capacidade produtiva do solo (Assis, 2006).

Neste sentido a cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) cultivada sobe sistema orgânico, pode contribuir para a melhoria da renda do agricultor, proporcionando benefícios sociais, econômicos e ambientais, viabilizando ainda a sua permanência no campo com melhor qualidade de vida e também dos consumidores finais. Entretanto no Brasil existem dificuldades de inserção dessa atividade no mercado nacional e internacional, devido aos altos custos de certificação e entraves burocráticos, tanto por órgãos federais, como das próprias certificadoras (Barbosa & Pinheiro, 2012).

Segundo dados FiBL/IFOAM (2015) na última década do século XXI, a produção mundial de alimentos aumentou em torno de 25 % a 30 % por ano e a agricultura orgânica 25 % nos últimos 15 anos, passando de 11 milhões de hectares em 1999, a 43,1 milhões em 2013. Desse total, cerca de 42.328 hectares são com cana-de-açúcar, sendo que 35.231 ha<sup>-1</sup> estão na América Latina. Estima-se ainda que esse sistema envolve aproximadamente dois milhões de produtores em 170 países no mundo. Destacando-se a Oceania (17,3 milhões de hectares, Europa (11,5 milhões), América latina (6,6 milhões), Ásia (3,4 milhões), América do norte (3 milhões), e África (1,2 milhões). Entretanto os países destaque são a Austrália (17,2 milhões de hectares), Argentina (3,2 milhões) e 2,2 milhões Estados Unidos (FiBL/IFOAM, 2015).

As projeções mostram que para alimentar 9.1 bilhões de pessoas em 2050, precisa-se aumentar a produção de alimentos em torno de 70% entre os anos de 2005 e 2050, o que implicaria duplicar a produção nos países menos desenvolvidos (FAO, 2009).

Neste sentido a agricultura orgânica pode ser uma opção para melhorar a capacidade produtiva do solo, além de contribuir para a proteção ecológica com a utilização de menores quantidades de componentes agroquímicos com promoção do aumento da sustentabilidade do meio ambiente (Anjos et al., 2007).

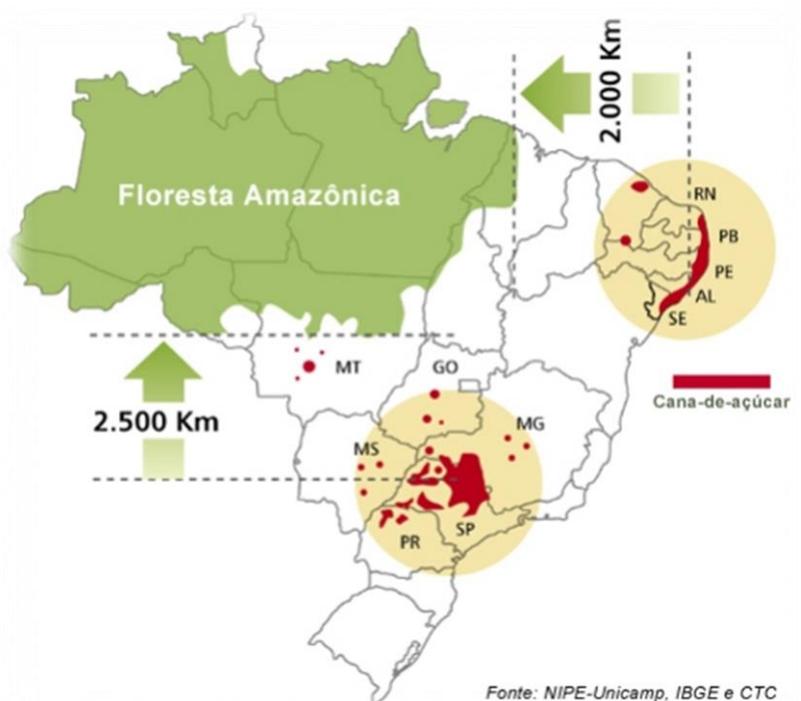
No Brasil, dados do Ministério de Agricultura (Brasil, 2016) indicam que entre 2014 e 2016 o número de produtores aderidos ao mercado de orgânico, cresceu em torno de 52%, sendo as regiões Nordeste, Sul e Sudeste as que tiveram maior adesão de produtores. No estado de Goiás, os registros indicam que existem 94 produtores que trabalham sob a forma de agricultura orgânica, dentro das quais as usinas Goiasa Goiatuba Álcool Ltda e Jalles Machado, são as únicas registradas e certificadas pela Associação de Certificação-Instituto Biodinâmico (IBD).

Em relação ao número de unidades de produção, segundo o Ministério da Agricultura (Brasil, 2016) destaca que houve aumento significativo, passando de 10.064 em janeiro de 2014 para 13.323 em janeiro de 2015, correspondendo a um acréscimo de 32%. Em relação ao número de unidades de produção por regiões do Brasil, destaca-se a o Nordeste (5.228), seguido do Sul (3.378) e do Sudeste (2.228). Entretanto no Norte, e no Centro-Oeste respectivamente foram contabilizadas 1.337 e 592 unidades de produção.

## 2.2 DISTRIBUIÇÃO E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL

No território brasileiro encontram-se lavouras canavieiras cultivadas sob diferentes condições climáticas. Algumas regiões são consideradas aptas sob o ponto de vista climático ao cultivo da cana-de-açúcar, enquanto outras apresentam restrições térmicas ou hídricas moderadas que permitem a produção econômica da cultura sem exigir recursos e técnicas especiais (Simões et al., 2010).

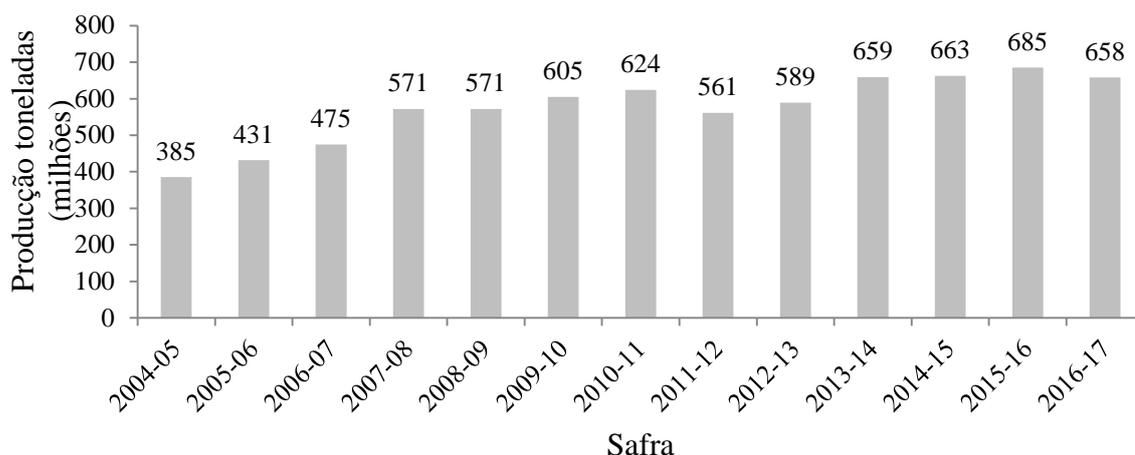
As principais regiões produtoras de cana-de-açúcar no Brasil estão distribuídas nas regiões, centro-oeste e nordeste do país (Figura 2.1), destacando-se os Estados de São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Paraná, Mato grosso, Mato grosso do Sul, Sergipe e Pernambuco (Neves & Trombin, 2014).



**Figura 2.1.** Distribuição do cultivo de cana-de-açúcar no Brasil.

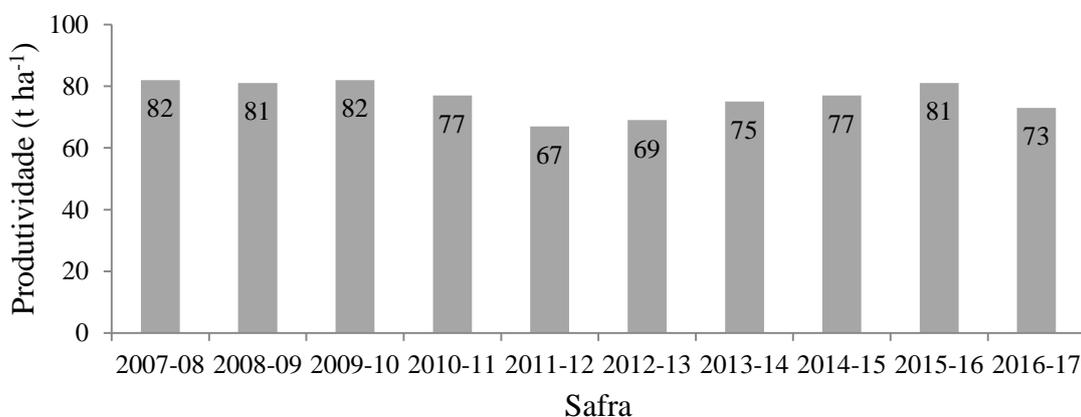
O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, sendo o estado de Goiás o segundo maior produtor nacional. Dados da Companhia Nacional de Abastecimento-Conab (2016), indicam que na safra 2015-2016 foram produzidas 685,59 milhões de toneladas (Figura 2.2), em  $8.654,8 \text{ ha}^{-1}$ . Nesse período o estado de Goiás produziu 73.190.560 toneladas em 885.800 hectares, sendo superado apenas pelo estado de São Paulo, sendo considerado maior produtor, com área cultivada de 4.498.300 hectares.

Em relação ao crescimento de produção nos últimos cinco anos, o estado de Goiás apresentou maior incremento (32,4 milhões de toneladas), seguido de São Paulo (27,2 milhões de toneladas) e Mato Grosso do Sul (20,7 milhões de toneladas). Estima-se que mais de 80% da produção do Brasil, concentra-se nos estados de São Paulo (53%), Goiás (10%), Minas Gerais (9%) e Mato Grosso do Sul (6,3%). Esta expansão foi condicionada principalmente pela expansão horizontal, ou seja, a ocupação de áreas agricultáveis devido ao aquecimento da produção de etanol para oferta no mercado interno (Neves & Trombin, 2014).



**Figura 2.2.** Produção de cana-de-açúcar no Brasil. Fonte: CONAB, 2017

Na safra 2016/2017 (Figura 2.3), a produtividade média de cana-de-açúcar na região Centro Sul, foi de 73 t ha<sup>-1</sup>, considerada 10% menor quando comparado a safra 2015/2016 que atingiu 81 toneladas por hectare, com rendimento de 135,4 kg de açúcar teórico recuperável (ATR) por tonelada de cana. Segundo Conab (2017), a redução se deve à variação no regimen pluviométrico da região.



**Figura 2.3.** Produtividade média de cana-de-açúcar na região Centro-Sul (Fonte: CONAB, 2017)

### 2.3 ADUBAÇÃO ORGÂNICA NA CANA-DE-AÇÚCAR

A agricultura orgânica é um sistema integrado de manejo que promove a manutenção da biodiversidade e dos ciclos biológicos, visando a sustentabilidade social, ambiental e econômica da unidade de produção. O princípio básico desse sistema é a conservação dos recursos naturais, sem o uso de fertilizantes sintéticos de alta solubilidade, agrotóxicos, antibióticos e hormônios (WFF, 2015).

Para a adubação da cana-de-açúcar produzida sob sistema orgânico existem diferentes alternativas, sendo destaque nos últimos anos a combinação de vinhaça, torta de filtro, cinza, entre outros adubos. Isso visando reduzir o custo de produção e também não contaminar os recursos hídricos das regiões produtoras (Lelis Neto, 2008). Dentre outros fertilizantes orgânicos, destaca-se o lithothamnium, que pode ser consorciado, por exemplo com a vinhaça.

### **2.3.1 Vinhaça**

A vinhaça é um subproduto do processo de fabricação do álcool, sendo também conhecida, por vinhoto (Silva et al., 2007). Esse produto é o principal efluente das destilarias de álcool e é produzido, em média, a razão de 13 litros por litro de álcool destilado (Cruz et al., 2008a).

Estudos demonstraram que a vinhaça apresenta elevadas concentrações de nitrato, potássio e matéria orgânica e, em menor quantidade cátions como P, Ca e Mg. Sua utilização como meio de nutrição de plantas pode alterar as características do solo promovendo também modificações em suas propriedades químicas favorecendo com isto no aumento da disponibilidade de alguns elementos para as plantas (Neto, 2008b).

Pesquisas realizadas com adubação na cultura da cana-de-açúcar com vinhaça, em países como Cuba, Colômbia e Brasil, mostram aumentos na produtividade da cultura, entretanto a aplicação desse fertilizante no solo deve ser realizada com certa cautela, pois dosagens elevadas podem promover a contaminação de águas subterrâneas ou ainda favorecer a dispersão de partículas do solo com conseqüente redução em sua taxa de infiltração (Tasso et al., 2007).

Estudo realizados comparando a influência da vinhaça sobre diferentes variedades de cana-de-açúcar, em solos irrigados e não irrigados, indicam aumento na produtividade dessa cultura, com incrementos que variam de 6% a 102% dependendo da variedade estudada (Neto, 2008). Segundo Barbosa et al. (2012), a cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça e adubos minerais via irrigação por gotejamento subsuperficial, promove alterações no número de perfilhos, grãos brix, produção de colmos, e na produção de açúcar total recuperável (ATR), quando se compara com o cultivo de sequeiro, independente do manejo da fertirrigação utilizado.

Para Oliveira et al. (2014), o uso de vinhaça na fertirrigação, supri as

necessidade nutricionais da cana-de-açúcar a partir do segundo corte; mas proporciona menores valores nos parâmetros agroindustriais de qualidade como brix, sacarose e açúcar total recuperável, ao aumentar a adubação mineral na fertirrigação com vinhaça.

Outros estudos mostram que para a maioria das culturas, a vinhaça consorciada com a torta de filtro, podem substituir adubos químicos e promover redução do custo de produção do cultivo, em torno de US\$ 60 por hectare (Alvarenga & Queiroz, 2008). Entretanto, como já comentado, deve-se aplicar a vinhaça no solo com cautela pois dosagens elevadas podem promover a contaminação de águas subterrâneas e favorecer a dispersão de partículas do solo com conseqüente redução em sua taxa de infiltração de água (Santos et al., 2011). Em atenção a este problema e em razão da aplicação indiscriminada da vinhaça no solo por vários anos, o poder público federal adotou medidas de controle e utilização, através do estabelecimento de padrões, normas, licenças e zoneamento para limitar e disciplinar sua utilização (Klein et al., 2008).

Segundo Klein et al. (2008) para controlar o descarte da vinhaça nos cursos de água, no ano de 1986 foi proposto uma normativa pelo governo federal, sendo modificada nos últimos anos até chegar à norma P4 231 publicada em dezembro de 2006. Uma das maiores inovações advindas da norma trata-se do uso de uma equação, que permite determinar a dosagem máxima de vinhaça a ser aplicada no solo cultivado com cana-de-açúcar (equação 1), capaz de nutrir a planta e não causar prejuízos para o meio ambiente.

$$Dv = \frac{[(0,05 * CTC - ks) * 3744 + 185]}{kvi} \quad (1)$$

em que,

$Dv$  = dosagem de vinhaça,  $m^3 ha^{-1}$ ;

0,05 = 5% da CTC;

CTC = Capacidade de Troca Catiônica,  $cmolc dm^{-3}$ ;

ks = concentração de potássio no solo à profundidade de 0 a 0,80 metros;

3744 = constante de transformação de unidades;

185 = massa, em kg de  $K_2O$  extraído pela cultura por hectare por corte; e

kvi = concentração de potássio na vinhaça,  $kg de K_2O m^{-3}$ .

### 2.3.2 Lithothamnium

Além do consórcio vinhaça com a torta de filtro, existem outras alternativas que poderiam ser utilizadas como fontes de adubação orgânica. Uma delas são os granulados bioclásticos marinhos. Segundo Dias (2000), os granulados bioclásticos, são areias e cascalhos, constituídos por algas calcárias do gênero Maerl e Lithothamnium.

O granulado bioclástico além de sua utilização como fertilizante, também tem sido utilizado como suplemento de ração animal, nutrição humana, farmacologia/cosmética, biotecnologia e, ainda, como filtros para tratamento de água e esgotos domésticos e industriais (Chaves et al., 2010).

O lithothamnium é constituído por algas calcárias compostas basicamente por carbonato de cálcio e magnésio contendo ainda mais de 20 oligoelementos, presentes em quantidades variáveis, tais como Fe, Mn, B, Ni, Cu, Zn, Mo, Se (Dias, 2000).

As principais características que potencializam a atuação deste produto são atribuídas à disponibilidade dos micronutrientes que se encontram adsorvidos nas paredes celulares, sendo assim facilmente assimiláveis pelas plantas e animais e a elevada porosidade das algas que resulta em maior superfície específica de atuação no solo (Dias, 2000).

O lithothamnium é constituído quimicamente de cálcio e magnésio que são os elementos essenciais para as plantas. O cálcio intervém na constituição das paredes celulares, na neutralização dos ácidos orgânicos, na resistência dos tecidos e no desenvolvimento do sistema radicular das plantas, além melhorar a resistência de cascas de frutos e grãos. Também contribui para o melhoramento físico, químico e biológico do solo, além de corrigir o pH e melhorar a disponibilidade do fósforo (Aparecida, 2010).

A utilização do lithothamnium na nutrição de plantas no sistema de produção orgânico da cana-de-açúcar pode ser promissor, pois aumenta a disponibilidade de nutrientes para as plantas, devido à correção do pH do solo e à ativação do desenvolvimento de bactérias autotróficas, responsáveis pelo processo de nitrificação (Dias, 2000).

Escassos são os trabalhos no Brasil, que abordem o uso do lithothamnium consorciado com vinhaça na adubação da cana-de-açúcar. Os relatos existentes descrevem que o biofertilizante produzido a partir de algas marinhas calcárias do tipo lithothamnium,

eleva em até 50% a produção de açúcar e etanol (Vasconcelos, 2012). A razão desta resposta, deve-se provavelmente, além dos nutrientes presentes no lithothamnium, a ação de potencialização desse fertilizante sobre a vinhaça, devido sua forma orgânica, que resulta na formação de quelatos, que contribui para uma maior absorção de nutrientes presente no solo pela planta (Evangelista et al., 2015).

O uso do granulado bioclástico associado à vinhaça é uma alternativa inovadora que surge para fortalecer a sustentabilidade da agricultura convencional, semi-orgânica e orgânica, suprimindo uma lacuna no mercado de fertilizantes específicos, antes considerados poluentes (Vasconcelos, 2012). As pesquisas com lithothamnium sobre a utilização como fonte de nutrição de plantas, indicam que o uso do fertilizante contribuiu para o aumento em crescimento e produtividade de culturas como o maracujazeiro amarelo (Mendoça et al., 2006), maracujazeiro “doce” (Souza et al., 2007), Tangerina (Cruz et al., 2008b), Citrumeleiro “Swingle” (Araújo et al., 2007) e Mamoeiro “solo” (Hafle et al., 2009).

Por décadas, a maior parte das unidades produtoras de açúcar e de álcool no Brasil vem utilizando a adubação mineral, como única fonte de nutrientes na cultura canavieira. Com o crescimento de novos mercados e as exigências da população, já é notória a preocupação em se obter um novo produto de maior valor agregado, é assim que algumas usinas começam a utilizar a adubação orgânica em seu sistema de produção, como alternativa de oferecer ao mercado, produtos mais saudáveis para o consumidor final (Anjos et al., 2007).

## 2.4 IRRIGAÇÃO NA CANA-DE-AÇÚCAR

No bioma cerrado, em particular nos estados de Goiás e Mato Grosso do Sul, vem ocorrendo a expansão de áreas cultivadas com cana-de-açúcar, desde o final do século passado, mas intensificada a partir do ano 2007 (Simões et al., 2010). Entretanto, no cerrado, a produtividade da cana-de-açúcar é relativamente baixa, devido principalmente ao déficit hídrico típico da região.

O efeito do déficit hídrico nas diferentes fases de desenvolvimento da cana-de-açúcar ainda não é bem elucidado na literatura (Wiedenfeld, 2000). Contudo, sabe-se que o grau de injúria promovido pelo estresse depende consideravelmente da variedade e do estágio fenológico da planta e da duração do déficit (Farias et al., 2008). A maior

suscetibilidade da cana-de-açúcar ao déficit hídrico é na fase de crescimento elevado promove efeitos mais severos na redução das taxas de crescimento do colmo, na produção de fitomassa e no rendimento de sacarose (Silva & Costa, 2004). Assim no cerrado, o uso da irrigação constitui prática importante para a solução de tal problema, porém poucos são os estudos com essa técnica na produção de cana-de-açúcar nessa região.

A cana-de-açúcar por ser uma gramínea semi-perene de sistema radicular fasciculado, para o seu normal desenvolvimento depende das condições físicas e químicas dos solos onde é cultivada. Nos primeiros dois anos de cultivo, sua produtividade é influenciada pelas características químicas e físicas dos horizontes superficiais do solo e do manejo agrícola. Após o terceiro corte, as características dos horizontes subsuperficiais são as que influenciam a produtividade da cultura, pela maior exploração do solo e maior disponibilidade hídrica (Manzatto et al., 2009).

A disponibilidade de água nos ambientes produtivos é um dos fatores que mais interferem no crescimento e desenvolvimento da cultura. Em condições de déficit hídrico, existe redução do crescimento radicular. Nesta condição a produtividade pode reduzir significativamente mesmo em solos com horizontes férteis abaixo da camada arável, caso ocorra limitação hídrica em estágios de desenvolvimento que requerem maior demanda de água pela cultura (Manzatto et al., 2009).

A irrigação proporciona condições adequadas de água no solo durante o ciclo da cultura, desde que conduzida com técnica e sistema adequado. Relatos de aumentos na produtividade da cana-de-açúcar, quando irrigada, podem ser verificadas na literatura (Dalri & Cruz, 2008 e Silva et al., 2015).

Estudos realizados por Dantas Neto et al. (2006), para verificar a resposta da cana-de-açúcar, primeira soca, a aplicação de níveis de irrigação e adubação de cobertura com nitrogênio e potássio, comprovam que a aplicação da adubação e irrigação resultou em incremento na produtividade da cultura. Aplicando uma lâmina 1.164 milímetros de água durante o ciclo da cultura e adubação de cobertura de 85 kg ha<sup>-1</sup> (44 kg de N + 41 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>) distribuídos durante todo o ciclo da cultura, proporcionou uma produtividade de 68 t ha<sup>-1</sup>. Entretanto ao aumentar a adubação de cobertura de 85 kg ha<sup>-1</sup> para 305 kg ha<sup>-1</sup> (157 kg de N mais 148 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>) a produtividade aumentou para 104 t ha<sup>-1</sup>, embora esta produtividade é inferior a 200 t ha<sup>-1</sup> obtida facilmente em áreas irrigadas (Oliveira et al., 2011).

Entretanto Silva et al. (2015) avaliaram o número de folhas e a área foliar da

cana-de-açúcar, submetida a diferentes lâminas de irrigação (100, 75, 50, 25 e 0% de reposição hídrica), com aplicação de nitrogênio (N) via fertirrigação por gotejamento subsuperficial em condições de cana-planta e soca, verificando que a reposição hídrica influencia em todas as fases de cultivo da cana-de-açúcar ao aumentar o número de folhas e área foliar.

## 2.5 ANÁLISE ECONÔMICA DA CANA-DE-AÇÚCAR

Analisar a viabilidade econômica de qualquer empreendimento agrícola, é de vital importância para a tomada de decisões, e para isso deve-se realizar o levantamento de todos os custos fixos e variáveis necessários para o processo produtivo (Bortolini, 2010).

A análise dos custos de produção permite a avaliação das condições econômicas do processo de produção, inferindo sobre vários aspectos como rentabilidade dos recursos empregados, condições de recuperação destes recursos e perspectivas de decisões futuras sobre o empreendimento como expansão, retração e extinção (Souza & Costa, 2013). A avaliação econômica de projetos e empreendimentos agrícolas, bem como do andamento das atividades, exige o emprego de técnicas de administração e de contabilidade para apuração de custos e receitas (Buarque, 1991).

Um dos modelos de análise econômico-financeiras mais importantes e utilizadas para avaliar ações de investimentos em termos financeiros é o Fluxo de Caixa, o qual representa o fluxo de entradas e saídas de recursos durante a vida útil do empreendimento (Rapassi, 2008). A partir do fluxo de caixa, várias técnicas podem ser utilizadas para determinar a viabilidade econômica financeira do empreendimento, tais como: o Valor Presente Líquido (VPL), que mede a riqueza gerada por um determinado ativo a valores atuais; a Taxa Interna de Retorno (TIR), que representa a rentabilidade do projeto; e o Período de Payback Descontado (PPD), que representa o prazo de recuperação do capital investido, considerando explicitamente o valor do dinheiro no tempo. Outras técnicas também são importantes, pois complementam as ferramentas do fluxo de caixa, como é o caso da Análise do Ponto de Equilíbrio (PE), que representa o ponto mínimo de operação de um negócio, empresa ou projeto (Rebelatto, 2004).

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas do Brasil, que fornece à indústria energética a matéria-prima para a produção de álcool, açúcar, e também matéria prima para a geração de eletricidade (Darli & Cruz, 2008). Nos últimos anos no bioma

cerrado, em particular nos estados de Goiás e Mato Grosso do Sul, vem ocorrendo a expansão das áreas de monocultura da cana-de-açúcar, desde o final do século passado, mas intensificada a partir de 2007, onde o estado de Goiás é o segundo maior produtor nacional com o 10,6% da área total colhida do país (Conab, 2017).

Assim a importância de avaliar, economicamente, a produção de cana-de-açúcar, para a tomada de decisão sobre investimentos no setor. Essa constatação decorre do fato de que o investimento agrícola estar sujeito a grande variabilidade em seu retorno, devido à variabilidade das condições climáticas das regiões, tipo de solo, o cultivo, o manejo da lavoura, além da incidência de pragas e doenças que em muitas ocasiões geram redução na produtividade e como consequência variação nos preços do produto.

No cerrado poucos são os estudos desenvolvidos para analisar a viabilidade econômica da produção de cana-de-açúcar sobre o sistema de produção orgânica, embora o estado de Goiás na safra 2016/2017, manteve o segundo lugar como maior produtor de cana-de-açúcar e possui duas usinas certificadas para a produção orgânica. Os estudos realizados de previsão de custos do setor sucroenergético na região Centro-Sul do Brasil para a safra 2017/18, indicam que o custo total por hectare para cana-de-açúcar produzida sob sistema tradicional é de R\$ 97,22 por tonelada de cana produzida (Bigaton et al., 2017). De forma geral estima-se que produtividades superiores a 89,00 t ha<sup>-1</sup> e ATR superior a 149,5 kg t cana<sup>-1</sup> possibilitam lucro econômico na cana-de-açúcar na região Centro-Sul (Bigaton et al., 2017).

Segundo Kaneko et al. (2009) os itens de maior participação no custo de produção da cana-de-açúcar convencional estão representados pelos custos variáveis que correspondem a 65%, enquanto a participação do custo fixo é de 35%, já o custo total da implantação de uma lavoura canavieira tradicional (sistematizada para colheita mecanizada), para o ano de 2009, em São Paulo, foi de U\$S 2.105,17, valor distante ao verificado por Bigaton et al. (2017). As operações mecanizadas e manuais no sistema de produção de cana-de-açúcar tradicional representam 28,68% e 10,67% do custo operativo total, respectivamente. Os gastos com materiais consumidos durante o plantio representam (55,89%) do custo operativo total destacando-se as despesas com fertilizantes (26,55%) e mudas (18,60%). Em relação às operações manuais, o item mais oneroso é o plantio (distribuição e “picação” dos toletes), correspondendo a 9,14% do custo operativo total. Já o custo de arrendamento da terra varia entre uma região e outra; em estados como São Paulo e Paraná o custo da terra gira em torno de R\$ 1.160,00/ha, nos estados de fronteira

agrícola esse valor se estima em cerca de R\$ 1000,00/ha, ou seja, aproximadamente 13% abaixo dos estados tradicionais (Bigaton et al., 2017). Nos últimos anos houve grande valorização de arrendamento da terra na região do cerrado goiano. O aumento no valor do arrendamento da terra se deve à expansão do cultivo na região para atender a demanda de matéria-prima, principalmente para usinas de cana-de-açúcar e álcool, que também aumentaram em números e área cultivada na região (Simões et. al., 2010).

A viabilidade econômica da cana-de-açúcar depende de uma série de fatores internos e externos ao sistema de produção, entre os quais se destaca a produtividade e o preço da tonelada no mercado. Kaneko et al. (2009) avaliou o sistema de produção de cana-de-açúcar terceirizado considerando o preço médio de venda R\$ 38,36, recebido pelo produtor, e produtividades de 120, 95, 85, 75 e 60 toneladas por hectare, para o 1º, 2º, 3º, 4º e 5º cortes, respectivamente, e verificou, que o capital investido não é recuperado (Payback Period), ao longo dos 5 cortes considerados na análise; o VPL foi negativo, em R\$ 278,48; e a TIR foi de apenas 2,54%, menor que a taxa de desconto considerada no projeto, de 6% anual, o que mostra que o investimento na cana, para estas condições, não foi satisfatório devido ao preço do pagamento por tonelada de cana-de-açúcar na época que se realizou o estudo.

Ao avaliar economicamente o modelo de venda da cana-de-açúcar e comparar com outras culturas de importância econômica para o Brasil, como é o caso da soja, Amorim & Terra (2014) verificaram que a viabilidade econômica da soja foi melhor em todos os indicadores econômicos financeiros analisados, pois teve um equilíbrio entre produção, qualidade e preço. O capital investido nessa cultura foi recuperado com a terceirização dos serviços em 2,5 anos (Payback Period) considerados ao longo dos seis anos; o VPL foi R\$ 69.281,00; e a TIR foi de 38,19% maior que a taxa de desconto considerado no projeto que foi de 7% ao ano. No entanto, no caso da cana-de-açúcar o capital investido é recuperado no modelo de fornecedor com a terceirização dos serviços em 5,38 anos (Payback Period) considerados ao longo dos 5 cortes da cana (60 meses); Já o VPL foi R\$ (290.521,00); e a TIR foi de (14,09)% maior que a taxa de desconto considerada no projeto, de 7% ao ano.

## 2.6 REFERÊNCIAS

AMORIM, F.; TERRA, L. Comparativo econômico entre a cultura da cana-de-açúcar e da Soja: O caso de um fornecedor da região de Ribeirão Preto. **FACEP Pesquisa**, Franca, v. 17, n. 3, p. 322–333, 2014.

ASSIS, R. Desenvolvimento rural sustentável no Brasil: perspectivas a partir da integração de ações públicas e privadas com base na agroecologia. **Economía Aplicada**, Ribeirão Preto, v. 10, n. 1, p. 75-89, 2006.

ALVARENGA, R.; QUEIROZ, T. **Caracterização dos aspectos e impactos econômicos, sociais e ambientais do setor sucroalcooleiro Paulista**. XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia Administração e Sociologia Rural. **Anais...**Rio Branco, Brasil: 2008

ANJOS, I.; BASTOS ANDRADE, L.; GARCIA, J.; FIGUEIREDO, P.; CARVALHO, G. Efeitos da adubação orgânica e da época de colheita na qualidade da matéria-prima e nos rendimentos agrícola e de açúcar mascavo artesanal de duas cultivares de Cana-de-açúcar. **Revista Ciencia Agrotécnica**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 59–63, 2007.

APARECIDA, E. **Granulado Bioclástico na produção e qualidade de frutos da goiabeira “Pedro Sato”**. 2010. 52 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

ARAÚJO, E. N.; OLIVEIRA, A. P.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; BRITO, N. M.; NEVES, C.; SILVA, E. Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante. **Revista Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 5, p. 466–470, 2007.

ARAÚJO, R.; ALVES JUNIOR, J.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A. W. P. Variation in the sugar yield in response to drying-off of sugarcane before harvest and the occurrence of low air temperatures. **Revista Bragantia**, São Paulo, v. 75, n. 1, p. 118–127, 2016.

BARBOSA, E.; ARRUDA, F.; PIRES, R.; SILVA, T.; SAKAI, E. Cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça e adubos minerais via irrigação por gotejamento subsuperficial: Ciclo da Cana-Planta. **Revista Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 9, p. 952–958, 2012.

BARBOSA, W.; PINHEIRO, E. Agricultura orgânica no Brasil: Características e desafios. **Economia& Tecnologia**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 67-74, 2012.

BIGATON, A.; DANELON, A.; BRESSAN, A.; Torres, A.; Rosa, J. Previsão de custos do setor sucroenergético na região Centro-Sul do Brasil: safra 2017/2018. **Revista IPecege**, Campinas, v. 3, n. 3, p. 65–70, 2017.

BORTOLINI, G. **Gestão da pequena unidade familiar produtora de leite: uma análise do modelo de gestão através da compreensão da unidade de produção**. 2010. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão do Agronegócio)-Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, 2010.

BUARQUE, C. **Avaliação econômica de projetos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1991. 266 p.

BRASIL-Ministerio da Agricultura. **Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos**. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/organicos>>. Acesso em: 15 maio. 2016.

CAMPANHOLA, C.; VALARINI, P. J. A agricultura orgânica e seu potencial para o pequeno agricultor. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 69-101, 2001

CHAVES, F.; BENVINDO, A.; CASTILHOS, Z. C. **Agrominerais para o Brasil**. 3. ed. Rio de Janeiro, 32 p. 2010.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar: terceiro levantamento**. Brasília: CONAB, 2016. 19p.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar: Quarto levantamento- Safra 2016/2017**. Brasília: CONAB, 2017. 77p.

CRUZ, J. I.; PORTUGAL, S.; HERNANDEZ, C.; ELIS, V. R.; JUNIOR, S.; USTRA, T.; BORGES, R. Detecção de contaminação de solo por vinhaça através de análise de dados de eletrorresistividade. **Revista Brasileira de Geofísica**, Brasília, v. 26, p. 481–492, 2008a.

CRUZ, M.; HAFLE, M.; RAMOS, D.; RAMOS, S. Desenvolvimento do porta-enxerto de tangerineira “Cleópatra.” **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 471–475, 2008b.

DANTAS NETO, J.; FIGUEREDO, J. L. C.; FARIAS, C. H. D. A.; AZEVEDO, H. M. De; AZEVEDO, C. A. V. De. Resposta da cana-de-açúcar, primeira soca, a níveis de irrigação e adubação de cobertura. **Revista Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 83, p. 283–288, 2006.

DALRI, A.; CRUZ, R. Produtividade da Cana-de-Açúcar fertirrigada com N e K via gotejamento subsuperficial. **Revista Engenharia Agrícola e Ambiental**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 516–524, 2008.

DIAS, G. Granulados bioclásticos: algas calcárias. **Revista Brasileira de Geofísica**, Rio

de Janeiro, v. 18, n. 3, p. 308–318, 2000.

EVANGELISTA, A. W.; EVANGELISTA, P.; VIEIRA, M. A.; ALVES JR., J. Seedling production of *Jatropha curcas* L. in substrates fertilized with Lithothamnium. **Journal Biosci**, Uberlândia, v. 32, n. 2000, p. 132–139, 2016.

EVANGELISTA, A. W.; ALVES, J.; CASAROLI, D.; RESENDE, F. Desenvolvimento inicial da mamoneira, girassol e nabo forrageiro adubados com Lithothamnium. **Global Scienc and Technology**, Rio Verde, v. 8, n. 2, p. 40–48, 2015.

FAO-Food and Agriculture Organization of the United Nations. **La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050**. Roma, 2009. Disponível em: <[http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues\\_papers/Issues\\_papers\\_/la\\_agricultura\\_mundial.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/Issues_papers_/la_agricultura_mundial.pdf)>. Acesso em: 15 abr. 2016.

FARIAS, C.; FERNANDES, P. D.; AZEVEDO, H. M.; DANTAS NETO, J. Índices de crescimento da cana-de-açúcar irrigada e de sequeiro no Estado da Paraíba. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 4, p. 356–362, 2008.

FIBL/IFOAM- Institute of Organic Agriculture-International Foundation for Organic Agriculture. **The World of Organic Agriculture**. Switzerland. 2015. Disponível em: <<https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1663-organic-world-2015.pdf>>. Acesso em: 18 jun.2016.

HAFLE, O.; ANDRADE, V.; RAMOS, J.; MONTERIO, M.; DE MELO, P. C. Produção de mudas de mamoeiro utilizando Bokashi e Lithothamnium. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 245–251, 2009.

KANEKO, F. H.; APARECIDA, M.; ALVES, R.; CHIORDEROLI, C.; NAKAYAMA, F. Análise econômica da produção de Cana-de-Açúcar considerando-se a tercerização das operações agrícolas: O caso de um produtor. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 266–270, 2009.

KLEIN, F. B.; FILHO, H. F.; ALMEIDA, P. **Análise sobre o uso da Norma Técnica P4 . 231 da CETESB como preventiva aos impactos ambientais causados pela vinhaça**. São Paulo, 2008.

LELIS NETO, J. **Monitoramento de componentes químicos da vinhaça aplicados em diferentes tipos de solo**. 2008. 89 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) -Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

MANZATTO, C. V.; ASSAD, E. D.; BACCA, J. F. M.; ZARONI, M. J.; PEREIRA, S. E. M. **Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 55 p.

MELO, P. C.; FURTINI NETO, A. E. Avaliação do lithothamnium como corretivo da acidez do solo e fonte de nutrientes para o feijoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 508-519, 2003.

MENDOÇA, T. G.; LIRIO, S. V.; MOURA, A. D.; REI, B.; RAMOS., S. Avaliação da viabilidade econômica da produção de mamão em sistema convencional e de produção integrada de frutas. **Revista Economica do Nordeste**, Fortaleza, v. 40, n. 4, p. 699–723, 2009.

MENDOÇA, V.; ORBES, M.; ARRUDA, N.; RAMOS, J.; TEIXEIRA, G.; ANTUNES, H. Qualidade de mudas de maracujazeiro-amarelo formadas em substratos com diferentes níveis de Lithothamnium. **Revista Ciência Agrotecnica**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 900–906, 2006.

NASCIMENTO NETO, F. **Recomendações básicas para a aplicação das boas práticas agropecuárias e de fabricação na agricultura familiar**. 1. ed. Brasília: Embrapa, Informação Tecnológica, 2006.

NETO, J. **Monitoramento de componentes químicos da vinhaca aplicados em diferentes tipos de solo**. 2008. 89 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G. **A Dimensão do Setor Sucroenergético Mapeamento e Quantificação da Safra 2013/14**. Ribeirão Preto, 2014.

OLIVEIRA, W. S.; BRITO, M. E. B.; ALVES, R. A. B.; SOUZA, S.; SILVA, G. Cultivo da cana-de-açúcar sob fertirrigação com vinhaça e adubação mineral. **Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 9, n. 1, p. 1–5, 2014.

OLIVEIRA, E. C. A.; FREIRE, F. J.; OLIVEIRA, A. C.; NETO, D. E. S.; ROCHA, A. T.; CARVALHO, L. A. Produtividade, eficiência de uso da água e qualidade tecnológica de cana-de-açúcar submetida a diferentes regimes hídricos. **Revista Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 6, p. 617–625, 2011.

RAPASSI, R. M.; TARSITANO, M.; PEREIRA, J.; ARAUJO, C. Cultura do eucalipto na região de Suzanápolis Estado de São Paulo: análise econômica. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 38, n. 4, p. 7-13, 2008.

REBELATTO, D. A. N. **Projeto de Investimento**. 1. ed. Barueri - SP: Editora Manole, 2004. v. 01. 329 p.

SANTOS, D. H.; SILVA, M. A.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; ECHER, F. R. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Revista Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 5, p. 443–449, 2011.

SENA, C. C. **Estimativa e espacialização do balanço hídrico climatológico para o estado de Goiás**. 2014. 59 f. Monografia (Geoprocessamento)-Unidade Universitária de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2014.

SILVA, M.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas

propriedades do solo e lençol freático. **Revista Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 108–114, 2007.

SILVA, A.; COSTA, W. Varietal variation in growth, physiology and yield of sugarcane under two contrasting water regimes. **Tropical Agricultural Research**, v.16, p.1-12, 2004.

SILVA, N.; CUNHA, F.; TEXEIRA, M.; SOARES, L.; MOURA, L. C. Crescimento vegetativo da cana-de-açúcar submetida a lâminas de irrigação e fertirrigação nitrogenada via gotejamento subsuperficial. **Revista Agricultura Irrigada**, Botucatu, v. 7679, n. 2, p. 79–90, 2015.

SIMÕES, S.; ABDALA, K.; SILVA, A.; BORGES, M. A expansão da cana-de-açúcar no cerrado e no estado de goiás: Elementos para uma análise espacial do processo. **Boletim goiano de Geografia**, Goiania, v. 30, n. 1, p.171-191, 2010.

SOUZA, H.; MENDOÇA, V.; RAMOS, D. José; ALENCAR, R.; FERREIRA, E. A. Doses de Lithothamnium e diferentes substratos na produção de mudas de maracujazeiro “doce.” **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 4, p. 24–30, 2007.

SOUZA, J.; COSTA, R. Custos e rentabilidades na produção de hortaliças orgânicas e convencionais no Estado do Espírito Santo. **Revista Agropecuária Sustentável**, Rio Grande do Sul, v. 3, p. 11–24, Jul. 2013.

TASSO, L.; MARQUES, M.; FRANCO, A.; NOGUEIRA, G.; NOBILE, F.; CAMILOTTI, F.; DA SILVA, A. Produtividade e qualidade de Cana-de-Açúcar cultivada em solo tratado com lodo de esgoto, vinhaça e adubos minerais. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 276–283, 2007.

VASCONCELOS, Y. Fertilizante marinho. Uso de algas calcárias como adubo em lavouras de cana. **Pesquisa Fapesp**, São Paulo, v. Julho, n. 2, p. 62–64, 2012.

WIEDENFELD, R. P. Water stress during different sugarcane growth periods on yield and response to N fertilization. **Agricultural Water Management**, v.43, p.173-182, 2000.

WFF- World Wildlife Fundation. **Panorama dos produtos orgânicos**. Disponível em: <[http://www.wwf.org.br/wwf\\_brasil/wwf\\_mundo/](http://www.wwf.org.br/wwf_brasil/wwf_mundo/)>. Acesso em: 17 jul. 2015.

### **3 LITHOTHAMNIUM E VINHAÇA NA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA E DE SEQUEIRO**

#### **RESUMO**

Com o objetivo de avaliar a produtividade e as características tecnológicas da cana-planta variedade RB 867515 adubada com doses de lithothamnium e vinhaça, conduziu-se um experimento na Universidade Federal de Goiás. O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado com 3 repetições em esquema fatorial (5x5x2). As plantas foram cultivadas no interior de tambores de 200 litros. Os tratamentos corresponderam a cinco doses de vinhaça (0, 165, 330, 495 e 660 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) e cinco doses de lithothamnium (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup>) e cultivo em regime irrigado e de sequeiro. O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento com emissores com vazão de 4 L h<sup>-1</sup>. Avaliaram-se: produtividade do colmo (t ha<sup>-1</sup>), teor de sólidos solúveis (Brix %), porcentagem de umidade do colmo, teor de sacarose aparente na cana (Pol %), teor de fibra (Fibra %), pureza do caldo e açúcar total recuperável (ATR) expresso em kg t cana<sup>-1</sup>. Os tratamentos aplicados produziram efeitos significativos sobre a produtividade e características tecnológicas da cana-de-açúcar, sendo as plantas irrigadas e adubadas com 200 kg ha<sup>-1</sup> de lithothamnium e 330 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de vinhaça foram as que apresentaram os melhores resultados.

*Palavras-chaves:* *Saccharum sp.*, adubação, irrigação.

### **LITHOTHAMNIUM AND VINASSE IN THE PRODUCTION OF THE SUGER CANE IRRIGATED AND NO IRRIGATED**

#### **ABSTRACT**

The objective of this study was evaluated the productivity and technological characteristics of sugarcane the variety RB 867515. The experiment was carried out in the experimental area of the School of Agronomy, of the Federal University of Goiás. A completely randomized experimental design (CRD) was applied, with three replicates, in a 5x5x2 factorial scheme. The plants were grown in containers of 200 liters. The treatments corresponding to five vinasse doses (0, 165, 330, 495 and 660 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>) and five doses of

lithothamnium (0, 100, 200, 300 and 400 kg ha<sup>-1</sup>) and cultivation under irrigated and no irrigated. The irrigation system was used drip emitters with a flow rate of 4 L h<sup>-1</sup>. The variables evaluated were fiber % cane; Brix % juice; pol % cane; juice purity and total recoverable sugar - TRS and productivity per hectare. The treatments produced significant effects on the parameters of productivity and technological characteristics of the sugarcane, and irrigated plants and fertilized with 200 kg ha<sup>-1</sup> lithothamnium and 330 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> of vinasse showed the best results.

*Keywords:* *Saccharum sp.*, fertilization, irrigation.

### 3.1 INTRODUÇÃO

A demanda por produtos do setor sucroalcooleiro está crescendo no cenário mundial, e neste segmento o Brasil é líder absoluto na produção de cana-de-açúcar. Sua produção se concentra nas regiões do Nordeste e Centro-oeste brasileiro, consideradas distintas segundo os regimes de precipitação pluvial. No Centro-Sul as precipitações ocorrem de setembro a fevereiro, enquanto no nordeste a estação chuvosa coincide com os meses de junho e julho, resultando num sistema de produção realizado em períodos alternados, permitindo uma produção nacional homogênea ao longo do ano.

A limitação da expansão em São Paulo estimulou a expansão da cana-de-açúcar para a região do cerrado a partir da década de 1990. Dos estados da região Centro-Oeste, Goiás destaca-se como o mais promissor, porém apresenta uma estação seca durante o ano que pode resultar em déficit hídrico para a planta. Kramer (1983) cita que o déficit hídrico se desenvolve durante períodos em que a perda de água por transpiração excede os ganhos por absorção. Para ele, o déficit hídrico na cana-de-açúcar pode ser causado tanto pela perda excessiva de água quanto por baixa absorção hídrica, tendo o fator climático papel dominante no crescimento e produtividade da cultura. Assim, o uso da irrigação torna-se prática importante para a solução de tal problema, porém no cerrado, são poucos os estudos com essa prática na produção da cana-de-açúcar.

Além de uma irrigação bem manejada, o fornecimento de nutrientes para a planta torna-se prática fundamental. Neste contexto, a adubação orgânica além de nutrir as plantas, contribui para preservação do meio ambiente e agrega valor ao produto colhido. O principal produto da cana-de-açúcar produzida sob sistema orgânico é o açúcar orgânico, enquanto outros produtos vêm se destacando, entre eles o melado e a aguardente. Entretanto, são vários os entraves que têm dificultado a expansão desse sistema no país, sendo os mais importantes, a falta de conhecimento técnico e do mercado de produtos

orgânicos por parte dos agricultores e as variadas exigências e morosidade das entidades certificadoras (Teixeira et al., 2011).

Dentre os adubos orgânicos, o lithothamnium combinado com vinhaça pode ser uma nova opção para o sistema de produção orgânico de cana-de-açúcar. O lithothamnium é um produto derivado de algas marinhas calcárias que apresenta em sua composição vários macros e micronutrientes, que favorece as condições de fertilidade do solo e/ou potencializa o uso de outros adubos por sua ação corretiva da acidez (Melo & Furtini Neto, 2003). Entretanto a vinhaça é um resíduo do processo de produção de álcool, rica em  $K_2O$ , além de micronutrientes como Fe, Cu, Zn e Mn (Almeida Júnior et al., 2011).

Assim o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da irrigação e aplicação de doses de lithothamnium consorciado com vinhaça, sobre a produtividade e características tecnológicas da cana-de-açúcar submetida às condições edafoclimáticas do cerrado.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia-GO, situada nas coordenadas geográficas  $16^{\circ} 35$  de Latitude Sul e  $49^{\circ} 16$  de Longitude Oeste. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é Aw, com média anual de temperatura, umidade relativa (UR%) e precipitação de  $23^{\circ}C$ , 70 % e 1498 mm, respectivamente (Silva et al., 2012)

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado com 3 repetições em esquema fatorial ( $5 \times 5 \times 2$ ). Os tratamentos corresponderam a cinco doses de vinhaça (0, 165, 330, 495 e  $660 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ), cinco doses de lithothamnium (0, 100, 200, 300 e  $400 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e cultivo em regime irrigado e de sequeiro. A dosagem máxima de vinhaça aplicada ( $660 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ), foi determinada segundo norma técnica P4. 231 Dez/2006 da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do estado de São Paulo (Klein et al., 2008).

A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a RB867515 (cana planta), cultivada no interior de tambores plásticos de 200 litros, instalados na área de forma a manter o espaçamento entre fileiras de plantas de 1,50 m. Os tambores foram preenchidos com solo nunca agricultável, classificado como Latossolo Vermelho Amarelo de textura arenosa segundo classificação de Embrapa (Brasil, 2006) (Tabela 3.1), numa densidade de

1,4 g cm<sup>-3</sup>. Para facilitar a drenagem de água, no fundo dos tambores foi colocado uma camada de 0,10 m de brita.

**Tabela 3.1.** Características físico-hídricas e químicas do solo utilizado no experimento

Análises química					
Macro-nutrientes	Unidade	Valor	Micro-nutrientes e outros	Unidade	Valor
P	Kg ha <sup>-1</sup>	0,28	Al	Kg ha <sup>-1</sup>	291,744
K	Kg ha <sup>-1</sup>	90	Zn	Kg ha <sup>-1</sup>	4,2
Ca	Kg ha <sup>-1</sup>	1,122	MO	Kg ha <sup>-1</sup>	16
Mg	Kg ha <sup>-1</sup>	72,936	Carbono	Kg ha <sup>-1</sup>	9,28
CTC	-	4,42	pH	-	6,4
Características hidráulicas do solo					
$\theta_{CC}$	cm <sup>-3</sup> cm <sup>-3</sup>	0,30	$\theta_{PMP}$	cm <sup>-3</sup> cm <sup>-3</sup>	0,17
$\theta_{Crit.}$	cm <sup>-3</sup> cm <sup>-3</sup>	0,23	Densidade	g cm <sup>-3</sup>	1,2

As doses de lithothamnium foram aplicadas manualmente na época do plantio (início de outubro 2014) e as doses de vinhaça foram parceladas de acordo com a marcha de absorção de potássio pela cultura (Bachchhav, 2005). A composição química do lithothamnium e da vinhaça pode ser visualizada na Tabela 3.2.

**Tabela 3.2.** Composição química do fertilizante lithothamnium e da vinhaça

Lithothamnium				Vinhaça	
Macronutriente	g kg <sup>-1</sup>	Micronutriente	(mg kg <sup>-1</sup> )	Elemento	(%)
Cálcio	422-455	Boro	8-20	Nitrogênio	0,012
Magnésio	38-53	Manganês	35-200	Fósforo	0,005
Silício	21-23	Molibdênio	<5-5	Potássio(solúvel)	0,088
Ferro	2,7-9,7	Zinco	11-22	Matéria orgânica	0,7
Enxofre	2,5-5,2	Cobalto (Co)	11-16	Matéria mineral	0,2
Fósforo	0,4-1,6	Vanádio (V)	14	Matéria seca	77,8
Potássio	0,2-0,4	Níquel (Ni)	15	Relação C/N	33,8
Sódio	4,0-5,5	Cromo (Cr)	8	-	-
Cloro	2,0-48	Cobre (Cu)	21	-	-

Foi incorporado ao solo, antes de realizar o plantio, uma dose de 20 t ha<sup>-1</sup> de torta de filtro, enriquecida com fosfato natural, com a seguinte composição: pH 7,9; 29% de MO; 12,03 R/C; 1,37% de N; 1,6% de P; 0,88% de K; 1,4% de Ca; 0,48% de Mg; 58% de Cu; 13,472 mg kg<sup>-1</sup> de Fe; 431 mg kg<sup>-1</sup> de Mn; 36,1 mg kg<sup>-1</sup> de Zn; e 29 mg kg<sup>-1</sup> de Mo.

O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento, com instalação de um emissor por tambor com vazão de 4,0 L h<sup>-1</sup>. O manejo de irrigação foi realizado monitorando a umidade do solo por meio de sensores do tipo watermark, e as lâminas de irrigação foram calculadas de forma a aplicar a quantidade de água necessária para elevar a umidade do solo para a correspondente à capacidade de campo. As irrigações foram realizadas na segunda, quarta e sextas-feiras. Aos 30 dias antes de realização da colheita cortou-se a irrigação para promover o acúmulo de sacarose nos colmos.

Aos 540 dias após o plantio, foi realizado o corte manual das plantas para avaliação das variáveis tecnológicas, amostrando-se todos os colmos em cada parcela experimental, os quais foram obtidos a massa, e logo processados segundo a metodologia do Sistema de Pagamento do Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar (CONSECANA, 2012).

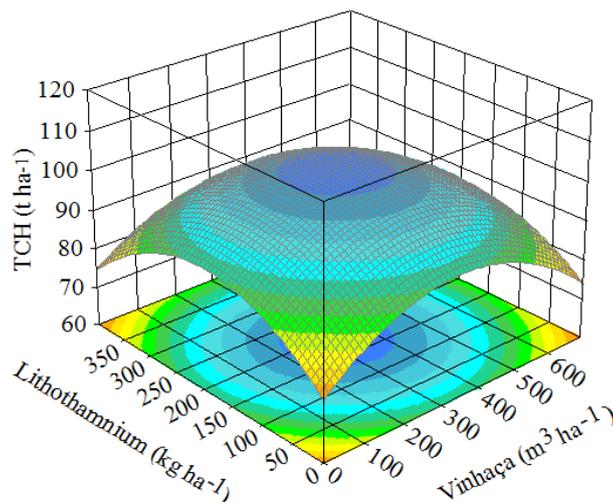
Foram determinados: teor de sólidos solúveis no caldo extraído (°Brix), teor de sacarose (Pol % cana), teor de fibra (Fibra % cana). De posse dos resultados, procedeu-se aos cálculos da pureza do caldo, açúcar total recuperável (ATR) expresso em kg t cana<sup>-1</sup>, além da produtividade da cana por hectare (TCH) e umidade do colmo (%).

Os dados, foram submetidos à análise de variância, quando foi encontrado diferença significativa para o fator irrigação, as diferenças entre os tratamentos foram verificadas de acordo com teste de média de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. No caso da adubação, foram realizadas análises de regressão polinomiais.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância indicam que a irrigação e fertilização com vinhaça e lithothamnium, produziram efeitos significativos ( $p < 0,01$ ) sobre a produtividade e características tecnológicas da cana-de-açúcar.

Plantas irrigadas e adubadas com 187,54 kg ha<sup>-1</sup> de lithothamnium e 326 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de vinhaça, apresentaram produtividade de colmo (TCH) de 105 t ha<sup>-1</sup> (Figura 3.1).



$$TCH = 72,20 + 0,0889V + 0,154L - 0,000129V^2 - 0,00039228^5L^2 - 2,404 \cdot 10^{-5}VL \quad R^2 = 0,90$$

**Figura 3.1.** Superfície de resposta da produtividade do colmo de cana-de-açúcar em função da irrigação e aplicação de doses de vinhaça e lithothamnium. Goiânia-GO, 2016

O efeito positivo da irrigação sobre a produtividade de cana-de-açúcar deve-se provavelmente ao fornecimento ideal de água ao longo do ciclo fenológico da cultura. Durante a realização do experimento verificou-se períodos de veranicos e seca nas etapas de brotação, crescimento inicial, intermediária e final da cana-de-açúcar que provavelmente comprometeu a produtividade de colmos das plantas não irrigadas.

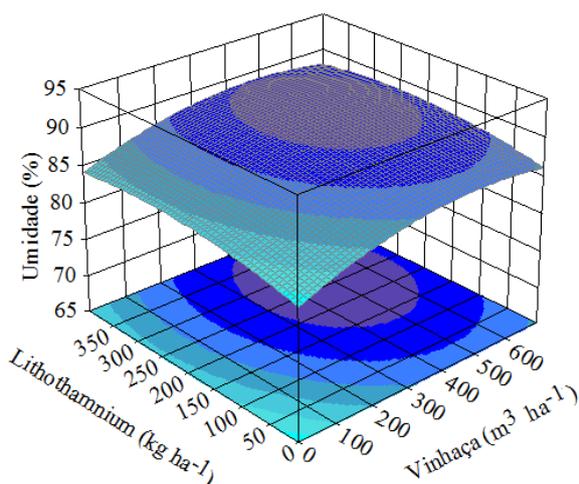
Quanto à influência da aplicação da vinhaça sobre o TCH pode ser atribuído ao fornecimento de  $K_2O$  presente na vinhaça. O potássio é um nutriente essencial para o desenvolvimento das plantas, por participar da regulação osmótica e está envolvido na abertura e fechamento estomático, processo fundamental para a captação de  $CO_2$  pela planta (Almeida Júnior et al., 2011). Quanto ao lithothamnium, o efeito positivo pode ser devido a origem orgânica desse fertilizante, resultando na formação de quelatos, resultando numa maior absorção de nutrientes do solo pela planta (Evangelista et al., 2015).

Entretanto a irrigação provavelmente favoreceu a movimentação dos nutrientes presente nos fertilizantes avaliados, na direção das raízes das plantas, já que a umidade do solo se manteve próximo ou à capacidade de campo, e ainda promovendo com isso, uma maior taxa de evapotranspiração da cultura quando comparado as plantas que não receberam irrigação. Esta condição provavelmente manteve o turgor nas células das plantas permitindo a continuidade dos processos de crescimento vegetal, expansão, divisão celular e fotossíntese e como consequência aumento da produtividade de colmos (Inman-Bamber & Smith, 2005).

A aplicação de doses maiores que  $330 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de vinhaça e  $187,96 \text{ kg ha}^{-1}$  de lithothamnium no solo reduziram a produtividade de colmos da cana-de-açúcar. No caso da vinhaça, a redução na produtividade pode estar relacionada com a afirmação de Silva et al. (2006) que comenta, que embora a vinhaça possa promover melhoria na fertilidade do solo, as quantidades aplicadas não devem ultrapassar sua capacidade de troca iônica, por afetar o desenvolvimento e crescimento da planta. A concentração máxima de potássio no solo, segundo a norma técnica para aplicação de vinhaça, da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do estado de São Paulo, não pode exceder 5% da Capacidade de Troca Catiônica do solo. Quando esse limite é atingido, pode provocar um desequilíbrio de cargas entre o cálcio e o magnésio no solo, impedindo a absorção de outros nutrientes pela planta (Magalhães, 2010). Caso o teor de vinhaça aplicado no solo exceda a capacidade de troca catiônica, recomenda-se que sua aplicação seja restrita à reposição de potássio em função da extração média da cultura, que é de  $185 \text{ kg de K}_2\text{O}$  por hectare por corte (Klein et al., 2008).

Ressalta-se ainda que o excesso de vinhaça no solo além de reduzir a produtividade da cultura também pode produzir efeitos indesejáveis na qualidade da cana-de-açúcar, principalmente na pureza do caldo e cristalização do açúcar. O excesso de potássio no solo também pode contribuir para geração de alto teor de cinzas na planta, com conseqüente redução no valor pago da cana-de-açúcar pela unidade industrial (Silva et al., 2007). E finalmente, doses elevadas de vinhaça também pode contribuir para o aumento da salinidade da solução do solo e poluir o lençol freático (Cruz et al., 2008). Quanto à influência do lithothamnium, segundo Evangelista et al. (2016), solos com saturações por bases acima de 70%, juntamente, com um produto de rápida liberação como o lithothamnium causa efeito depressivo nas plantas, quando aplicado em doses altas, em razão do provável aumento do pH do solo, inibindo a absorção de nutrientes pela planta.

A umidade do colmo foi influenciada pelas doses de vinhaça, de lithothamnium e também pela irrigação. Plantas irrigadas e adubadas com  $261 \text{ kg ha}^{-1}$  de lithothamnium e  $486 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de vinhaça, foram determinantes para atingir o máximo teor de umidade (89,46%) em época da colheita (Figura 3.2).



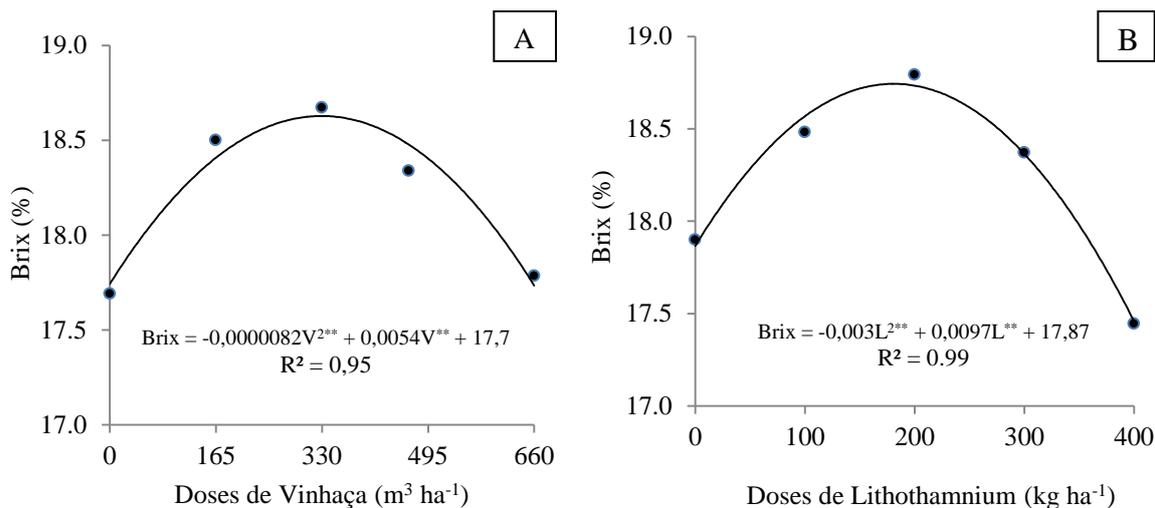
$$\text{Umidade (\%)} = 81,84 + 0,02018V + 0,0207L - 2,029 \cdot 10^{-5}V^2 - 3,809 \cdot 10^{-5}L^2 - 1,75 \cdot 10^{-6}VL \quad R^2 = 0,90$$

**Figura 3.2.** Superfície de resposta da porcentagem de umidade da cana-de-açúcar em função da aplicação de diferentes doses de vinhaça e lithothamnium. Goiânia-GO, 2016

A umidade do colmo é um parâmetro utilizado para o monitoramento da maturação da cana-de-açúcar, que interfere nas condições de industrialização. É considerada madura quando no caldo o teor mínimo de sacarose for acima de 13%, ou colmos com umidade entre 71 a 73%, já que nestas condições geralmente produz-se cana-de-açúcar de melhor qualidade sem reduzir sensivelmente a produtividade (Ripoli et al., 2004).

A umidade do colmo também é fator importante para a comercialização da cana-de-açúcar. Com a umidade de colmo verificada neste estudo, com o melhor tratamento, o produtor estaria entregando na usina em uma tonelada de cana-de-açúcar, 89,57% de caldo e 10,43% bagaço. Apesar da umidade de colmos registrada se encontrar acima do recomendado, caso se cumpra os parâmetros de qualidade da cana-de-açúcar favorecidos pelos tratamentos, esse fato pode contribuir para uma maior lucratividade do agricultor.

Houve efeito independente das doses de vinhaça e de lithothamnium aplicadas sobre o teor de sólidos solúveis (°Brix) encontrados no caldo da cana-de-açúcar. As doses de lithothamnium e de vinhaça que maximizaram o °Brix foram respectivamente, 179,54 kg ha<sup>-1</sup> e 329,18 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Esse parâmetro também é adotado pela CONSECANA para avaliar o amadurecimento e qualidade da cana-de-açúcar com fins industriais.



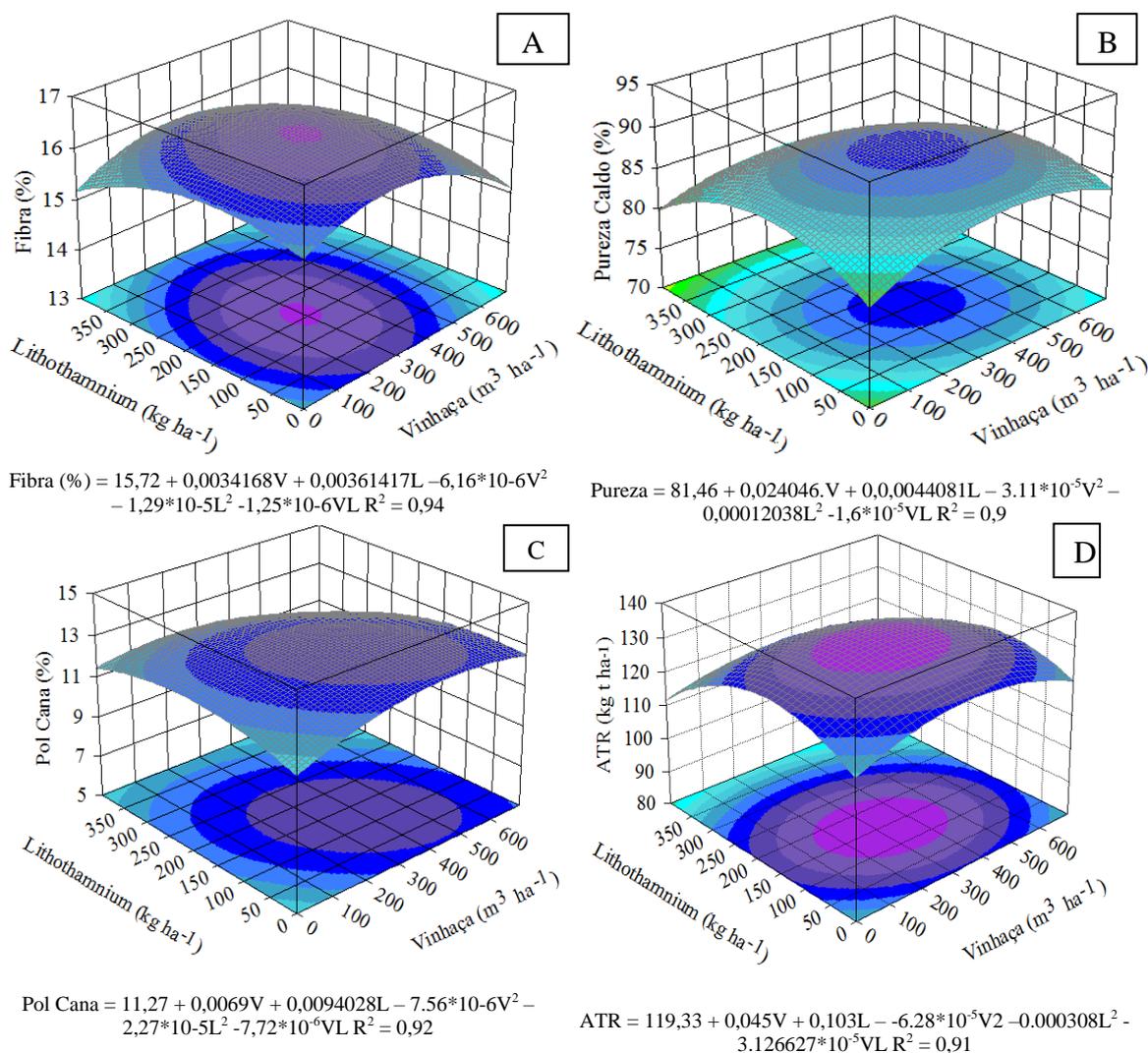
**Figura 3.3.** Variação do teor de sólidos solúveis totais (°Brix) no caldo de cana-de-açúcar em função da aplicação das doses de vinhaça e doses de lithothamnium. Goiânia-GO, 2016

Em média o valor de °Brix registrado no caldo de plantas adubadas com vinhaça e lithothamnium foi de 18,74%, sendo 6% maior que o mínimo recomendado (13%) para que a cana apresente condições de ser amostrada para análise tecnológica detalhada (Barbosa et al., 2012). A disponibilidade hídrica durante o ciclo fenológico da cultura, provavelmente favoreceu o acúmulo progressivo de sacarose nas células isodiamétricas do tecido parenquimatoso do colmo, refletindo no valor de °Brix registrado (Silva et al., 2014). Enquanto o aporte de potássio encontrado na vinhaça pode ter favorecido a síntese, o acúmulo e a translocação da sacarose da folha ao colmo, aumentando a qualidade do caldo da variedade pesquisada (Oliveira et al., 2012).

Esse efeito positivo também pode ser consequência da maior absorção de cálcio e magnésio pela planta disponibilizado pelo lithothamnium. Em consequência, isso permitiu a manutenção do pH do solo próximo a 6,0, favorecendo e reduzindo os efeitos tóxicos do Al, Mn e Fe, com aumento da capacidade de troca de cátions (CTC) e atividade microbiana do solo (Souto et al., 2008), contribuindo para uma maior nutrição da planta e consequente aumento de sua qualidade.

A porcentagem de fibra, pureza do caldo e açúcar teórico recuperável (ATR) encontrados no caldo de cana-de-açúcar foram influenciados pela interação entre a irrigação e as doses de adubação orgânica aplicadas, enquanto a porcentagem de sacarose (% pol) foi influenciada apenas pela interação entre as doses de vinhaça e de lithothamnium.

Plantas irrigadas e adubadas com 161 kg ha<sup>-1</sup> de lithothamnium e 295 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de vinhaça, foram determinantes para alcançar a máxima porcentagem de fibra (16,6%) na cana-de-açúcar (Figura 3.4A).



**Figura 3.4.** Variação de A) porcentagem de fibra, B) pureza do caldo, C) pol cana %. e D) ATR em função dos tratamentos aplicados. Goiânia-GO, 2016

Tecnologicamente, o colmo se compõe de fibra e caldo. A fibra é a matéria insolúvel em água contida na cana (Silva et al., 2014). O tecido fundamental do colmo é chamado de parênquima ou tecido suporte; é neste que se encontram as células com a principal função de armazenar o suco açucarado da planta (Oliveira, 2012).

Além de armazenar sacarose, o componente fibroso, fornece sustentação ao colmo, e tem um papel importante no processo industrial de extração do caldo e na co-geração de energia nas usinas (Silva et al., 2014). A maior porcentagem de fibra alcançada

com aplicação do melhor tratamento foi maior que o valor ideal para a extração de sacarose (11 a 13%). Entretanto essa porcentagem de fibra pode produzir na moagem um bagaço com propriedades suficiente para manter o poder calorífico das caldeiras. Teor de fibra na cana-de-açúcar inferior a 10,5% é indesejável devido ao baixo balanço energético nas usinas sendo necessário queimar uma maior quantidade de bagaço para manter o poder calorífico nas caldeiras (Silva et al., 2014).

Ressalta-se ainda, que quando a cana-de-açúcar apresenta baixos teores de fibra, a planta fica mais susceptíveis a danos mecânicos ocasionados no corte e transporte, o que favorece a contaminação e perdas na indústria. Quando a cana-de-açúcar apresenta baixos teores de fibra, esse fato pode contribuir para o acamamento ou quebra do colmo da planta, que pode resultar em perdas no momento da colheita mecanizada e perda de açúcar na água no processo de lavagem (Barbosa et al., 2012). A planta com baixo teor de fibra pode ficar susceptível à penetração de microrganismos no seu colmo, através de rachaduras, com consequente contaminação e ainda estimulando a produção de dextranas, as quais afeta a qualidade do açúcar e a eficiência industrial (Oliveira et al., 2002).

A influência da vinhaça e da irrigação sobre a porcentagem de fibra, pode ter favorecido à assimilação de carbono na planta, assim como a síntese e translocação de proteínas e carboidratos, que resultou no aumento da quantidade de sacarose nas células da planta, reduzindo com isto o conteúdo de açúcares redutores totais no caldo (Korndörfer, 1990). Além disso, durante a etapa de crescimento da planta, foi verificado que a quantidade de plantas acamadas pelo efeito do vento foi mínimo, consequência de uma provável exploração do sistema radicular das plantas numa maior profundidade do perfil do solo. Durante os estádios fenológicos da planta não ocorreram ataques de pragas e doenças no caule, provavelmente consequência da maior dureza do caule, resultante da absorção pela planta, de cálcio contido no lithothamnium. Esse fato torna-se uma importante característica de qualidade da cana-de-açúcar por constituir um obstáculo para o ataque de pragas como da *Diatraea saccharalis* (Macedo & Macedo, 2004).

Plantas irrigadas e adubadas com 159,36 kg ha<sup>-1</sup> de lithothamnium e 357 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de vinhaça, produziram o maior valor de pureza (89,6%) no caldo (Figura 3.4B). O valor encontrado é considerado adequado para a produção de açúcar e álcool, pois segundo Segato et al. (2006), quando o caldo de cana-de-açúcar apresenta valor de pureza acima de 80% indica um produto isento de substâncias que apresentam atividade ótica, como açúcares redutores, polissacarídeos e algumas proteínas.

A elevada porcentagem de pureza verificada confirma a alta concentração de sacarose no caldo, reduzindo a quantidade de aminoácidos, ácidos orgânicos, amido, açúcares redutores, além de outros precursores e formadores de côr (Silva et al., 2014).

Entretanto, houve um efeito depressivo dos tratamentos sobre a pureza do caldo quando se aplicou doses maiores de 200 kg ha<sup>-1</sup> de lithothamnium e 382,35 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de vinhaça, com valor alcançado de 81,46%. Mesmo assim, esse fato não comprometeu a qualidade do caldo quanto a sua pureza, já que as unidades industriais somente recusam o recebimento de carregamentos quando o caldo das plantas apresentam pureza inferior a 75% (Oliveira, 2012).

Quando o solo apresenta excesso de potássio, as plantas tendem a absorver uma menor quantidade de cálcio e magnésio (Silveira, 1989). Isso também implica em redução da capacidade de troca de cátions e da atividade microbiana do solo (Souto et al., 2008). O excesso na concentração de potássio também provoca câmbios na cristalização da sacarose a qual pode incrustar nos equipamentos, devido ao aumento de melado, reduzindo com isto a recuperação de açúcar durante o processo de industrialização (Castillo & Garces, 2015).

A maior porcentagem de sacarose (pol% cana) encontrada na cana-de-açúcar (13,24%) foi verificada em plantas adubadas com 133 kg ha<sup>-1</sup> de lithothamnium e 384 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de vinhaça (Figura 3.4C). Segundo Fernandes (2003), teores de sacarose entre 11-13% são considerados adequados para o início da colheita da cana-de-açúcar. Também foi verificado (Figura 3.4D) que plantas irrigadas e adubadas com 150 kg ha<sup>-1</sup> de lithothamnium e 311 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de vinhaça, foram determinantes para alcançar a máximo acúmulo de ATR (134,53 Kg t cana<sup>-1</sup>) na cana-de-açúcar.

O aumento de sacarose e ATR registrados em plantas irrigadas quando comparado às plantas cultivadas em regime de sequeiro (Figuras 3.4C e 3.4D), pode estar associado ao manejo pleno da irrigação, que intensifica o perfilhamento e a alongação do colmo e, conseqüentemente, antecipa a maturação fisiológica da cana-de-açúcar e promove o aumento dos níveis de sacarose nas células do colmo (Tognetti et al., 2003).

Enquanto o aporte de potássio e cálcio encontrado na vinhaça e lithothamnium pode ter favorecido a síntese, translocação e solubilidade da sacarose o qual incide diretamente no processo de industrialização do açúcar (Marques, 2016). O aumento da solubilidade da sacarose, promove uma redução no tempo de industrialização com conseqüente redução no desgaste de máquinas com menor tempo de processamento do

material vegetal (Araújo et al., 2016).

Outro fato que provavelmente contribuiu para o acúmulo e recuperação de sacarose, foi a interrupção da irrigação 30 dias antes da colheita, já que esta prática induz a conversão de açúcares redutores em sacarose (Segato et al., 2006). Embora de acordo com Rodrigues (1995), o armazenamento de sacarose na base do colmo se processa desde o início do desenvolvimento das plantas de cana-de-açúcar. Já o máximo acúmulo e recuperação de sacarose ocorrem quando a planta encontra condições restritivas ao seu crescimento vegetativo, baixas temperaturas, seca moderada e nitrogênio no solo (Vieira et al., 2013). Embora o déficit nutricional em potássio na etapa de maturação da cana-de-açúcar não afeta no armazenamento de sacarose no colmo, este nutriente incide no processo de acumulação de sacarose em grande parte do desenvolvimento da planta.

### 3.4 CONCLUSÃO

A irrigação e doses de vinhaça e lithothamnium produziram efeitos significativos sobre a produtividade e características tecnológicas da cana-de-açúcar.

Recomenda-se o uso de 200 kg ha<sup>-1</sup> de lithothamnium, associada a 330 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> vinhaça, sobre sistema irrigado.

### 3.5 REFERÊNCIAS

ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; NASCIMENTO, C.; SOBRAL, M.; SILVA, F.; GOMES, W. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 10, p. 1004–1013, 2011.

ARAÚJO, R.; ALVES JR, J.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A. Variation in the sugar yield in response to drying-off of sugarcane before harvest and the occurrence of low air temperatures. **Journal Bragantia**, São paulo, v. 5, p. 111-127, 2016.

BACHCHHAV, S. M. Fertigation technology for increasing sugarcane production. **Indian Journal of Fertilisers**, New Delhi, v. 1, n. 4, p. 85-92, 2005

BARBOSA, E.; ARRUDA, F.; PIRES, R.C.; SILVA, T.; SAKAI, E. Cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça e adubos minerais via irrigação por gotejamento subsuperficial: Ciclo da Cana-Planta. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 9, p. 952–958, 2012.

CONSECANA- Conselho de produtores de cana-de-açúcar e etanol do estado de São Paulo. **Manual de procedimentos e normas para o acompanhamento de análise da**

**qualidade da cana-de-açúcar**, São Paulo, 2012. 81 p.

CASTILLO, R.; GARCÉS, F. Factors affecting the sugarcane quality. Reporte Técnico, CINCAE-Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador. **Carta Informativa**, Quito, v. 2, 2016. 9 p.

CRUZ, J. I.; PORTUGAL, R. S.; HERNANDEZ, C.; ELIS, V. R.; JUNIOR, S.; USTRA, A. T.; BORGES, R. Detecção de contaminação de solo por vinhaça através de análise de dados de eletrorresistividade. **Revista Brasileira de Geofísica**, Brasília, v. 26, p. 481–492, 2008.

EMBRAPA-Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília, 2006.

EVANGELISTA, A. W.; ALVES JÚNIOR, J.; CASAROLI, D.; RESENDE, F. Desenvolvimento inicial da mamoneira, girassol e nabo forrageiro adubados com Lithothamnium. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 8, n. 2, p. 40–48, 2015.

EVANGELISTA, A. W.; EVANGELISTA, P.; VIEIRA, M. A.; JÚNIOR, J. A. Seedling production of *Jatropha curcas* L. in substrates fertilized with Lithothamnium. **Journal Biosci**, Uberlândia, v. 32, n. 2000, p. 132–139, 2016.

FERNANDES, A. C. Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar. Piracicaba: STAB, 2003. 240p

INMAN-BAMBER, N.G.; SMITH, D.M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 92, p. 185-202, 2005.

KRAMER, P.J. **Water relations of plants**. New York: Academic Press, 1983. 489 p.

KORNDÖRFER, H. O potássio e a qualidade da cana-de-açúcar. **Informações agrônômicas**, Piracicaba, São Paulo, v. 49, p. 1-12, 1990.

KLEIN, F. B.; FILHO, H. F.; ALMEIDA, P. **Análise sobre o uso da Norma Técnica P4 . 231 da CETESB como preventiva aos impactos ambientais causados pela vinhaça**. São Paulo, 2008. 85 p.

MACEDO, N.; MACEDO, D. As pragas de maior incidência nos canaviais e seus controles. Universidade de São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/cana-producao-vegetal04.pdf>>. Acesso em: 23 mai. 2017.

MARQUES, M. A. Fatores que influenciam as perdas durante o processo de cristalização na produção de açúcar. **Revista Electronica Engenharia de Estudos e Debates**, São Jose do Rio Preto, v. 1, n. 1, 13 p, 2016.

MAGALHÃES, V. **Influencia de doses de vinhaça nas características agrônômicas de variedades de cana-de-açúcar, cana planta e atributos químicos do solo**. 2010. 93 p. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal no Semiárido) - Universidade Estadual de

Montes Claros, Montes Claros, 2010.

MELO, P. C.; FURTINI NETO, A. E. Avaliação do Lithothamnium como corretivo da acidez do solo e fonte de nutrientes para o feijoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 508-519, 2003.

OLIVEIRA, F.; ASPIAZÚ, I., KONDO, M.; BORGES, D.; PEGORARO, F.; VIANNA, E.; Jardim, F. Avaliação Tecnológica de Variedades de cana-de-açúcar influenciadas por diferentes adubações e supressões de irrigação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 6, p. 832-840, 2012.

OLIVEIRA, A. S.; RINALDI, D. A.; TAMANINI, C.; VOLL, C. E; HAULY, M. C. O. Fatores que interferem na produção de Dextrana por microrganismos contaminantes da Cana-de-Açúcar. **Revista Semina: Ciências Exatas e Tecnológica**, Londrina, v. 23, n. 1, p. 99-104, 2002.

OLIVEIRA, E. R. Procedimentos e normas para o acompanhamento de análise da qualidade da Cana-de-Açúcar. **ORPLANA-Organização de plantadores de cana da Região Centro-Sul do Brasil**, Brasília, p. 81, 2012.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente. Piracicaba: Barros & Marques Ed. **Eletrônica**, 2004. 302 p.

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 1995. 101 p. (Apostila)

SEGATO, S. V.; MATTIUZ, C. F. M.; MOZAMBANI, A. E. **Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar**. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M (Org.). Atualização em produção da cana-de-açúcar. Piracicaba: CP 2, 2006. Cap. 2, p. 19-36.

SILVA, S. C. da; HEINEMANN, A. B.; PAZ, R. L. F.; AMORIM, A. de O. **Informações Meteorológicas para Pesquisa e Planejamento Agrícola, Referentes ao Município de Santo Antônio de Goiás, GO, 2012**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2014. 29 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 298).

SILVA, M.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 108–114, 2007.

SILVA, APOLINO J. N.; CABEDA, MÁRIO S. V.; CARVALHO, F. de. Matéria orgânica e propriedades físicas de um Argissolo Amarelo Coeso sob sistemas de manejo com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 579-585, Sept. 2006.

SILVA, M. D. A; ARANTES, M. T.; RHEIN, A. F. D. L.; GAVA, G. J. C.; KOLLN, O. T. Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedades e ciclos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina

Grande, v. 18, n. 3, p. 241–249, 2014.

SILVEIRA, J.A.G. Balanço de cátions e crescimento de cana de açúcar deficiente em K e cultivada em diferentes relações de K<sup>+</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, p. 321-328, 1989.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; MIRANDA, J. R. P.; SANTOS, R. V.; ALVES, A. R. Comunidade microbiana e mesofauna edáfica em solo sob caatinga no semi-árido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, n. 1, p. 151-160, 2008.

TEIXEIRA, R. A.; BARREIRA, C. C. M. A.; RIBEIRO, E.C. As Particularidades da Exploração Canavieira em Goiás: o caso do município de Inhumas. **Ateliê Geográfico**, v.5, n. 3, p. 219-238, 2011.

TOGNETTI, R.; PALLADINO, M.; MINNOCCI, A.; DELFINE, D.; ALVINO, A. The response of sugar beet to drip and low-pressure sprinkler irrigation in southern Italy. **Agricultural Water Management**, New York, v. 60, p.135-155, 2003.

VIEIRA, G. H. S.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; CECON, P. R.; DELAZARI, F. T. Época de interrupção da irrigação na cultura da cana-de-açúcar. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 3, p. 426-441, 2013.

#### **4 ANÁLISE ECONÔMICA NA PRODUÇÃO DE CANA-DE-ACÚCAR IRRIGADA E ADUBADA COM VINHAÇA E LITHOTHAMNIUM**

##### **RESUMO**

Em razão da nova ordem econômica, os negócios agrícolas revestem-se da mesma complexidade, importância e dinâmica dos demais setores da economia, exigindo do produtor rural uma nova visão da administração dos seus negócios. Assim, torna-se necessário analisar economicamente a atividade que se inicia, para conhecer com detalhes e a utilizar, de maneira inteligente e econômica, os fatores de produção. Portanto neste trabalho, objetivou-se avaliar a viabilidade econômica da cana-de-açúcar irrigada cultivada sob sistema orgânico e convencional. A adubação orgânica utilizada foi a aplicação de dose de lithothamnium combinado com vinhaça. Para o procedimento de estimativa do custo de produção, conceituado como a soma de valores de todos os recursos e operações utilizados no processo produtivo da atividade, utilizou-se o cálculo da depreciação e do custo alternativo. O sistema de produção de cana-de-açúcar irrigada e adubada com vinhaça e lithothamnium mostrou-se uma opção economicamente viável. O custo de produção apresentou um valor presente líquido por hectare positivo, sendo 52% maior que o do sistema convencional e taxa interna de retorno 100% maior que a taxa mínima de atratividade quando comparado com o do sistema tradicional e o payback descontado ocorreu com prazo três anos menor que o sistema tradicional. Da mesma forma, os indicadores de eficiência econômica foram todos favoráveis à realização do sistema alternativo de produção orgânica.

*Palavras-chaves:* adubação orgânica, lithothamnium, viabilidade econômica, vinhaça.

##### **ABSTRACT**

#### **ECONOMIC ANALYSIS OF CANE SUGAR PRODUCTION IRRIGATED AND FERTILIZED WITH VINASSE AND LITHOTHAMNIUM**

Because of the new economic order, the agricultural business are of the same complexity, importance and dynamics of other sectors of the economy, requiring the farmer a new vision of managing their business. Thus, it is necessary to economically analyze the activity that begins to know in detail and use, smart and economical way, the factors of

production. This study aimed to evaluate the economic viability of sugarcane irrigated and cultivated under organic and conventional conditions. The organic fertilizer used was the application of lithothamnium dose combined with vinasse. For the procedure to estimate the cost of production, regarded as the sum of values of all resources and operations used in the production process of the activity, we used the calculation of depreciation and the alternative cost. The sugarcane irrigated production system and fertilized with vinasse and Lithothamnium proved to be an economically viable option. The cost of production had a net present value positive hectare, and 52% higher than the conventional system and internal rate of return 100% higher than the minimum rate of attractiveness when compared to the traditional system and the discounted payback occurred with time three years less than the traditional system. Similarly, economic efficiency indicators were all favorable to the realization of the alternative system of organic production.

*Keywords:* Economic viability, lithothamnium, vinasse, organic fertilization.

#### 4.1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar a nível mundial. A baixa produtividade é um tema que preocupa ao setor sucroenergético, resultado de plantio em áreas com solos pobres que requerem altas doses de fertilizante para garantir uma produção constante durante o ciclo da cultura (Iaia, 2014). Nos últimos anos as limitações de solo, a irregularidade nos regimes pluviais, a demanda da sociedade por alimentos saudáveis e os altos custos de fertilizantes que representam em torno do 27% do custo de produção na cana-de-açúcar (Kaneko et al., 2009), têm levado os produtores a buscar outros sistemas de produção que possibilitem a substituição ou redução do uso de fertilizantes químicos nas lavouras.

Nesse sentido os fertilizantes orgânicos constituem uma fonte atrativa para os agricultores. De acordo com Delgado & Delgado (1999), o açúcar do tipo cristalizado mascavo desde que seja produzido organicamente, têm uma boa aceitação pelos consumidores e agrega valor ao produto. Neste contexto o uso da irrigação no cultivo da cana-de-açúcar adubada com lithothamnium combinado com vinhaça pode resultar em aumento da produtividade e das características tecnológicas dessa cultura, com consequente aumento da lucratividade do agricultor.

A vinhaça é um resíduo do processo de produção de álcool, rica em  $K_2O$ , além de micronutrientes como Fe, Cu, Zn e Mn (Almeida Júnior et al., 2011) e o lithothamnium é um produto derivado de algas marinhas calcárias que apresenta em sua composição vários macros e micronutrientes, que favorece as condições de fertilidade do solo e/ou potencializa o uso de outros adubos por sua ação corretiva da acidez (Melo & Furtini Neto,

2003).

Independentemente do sistema de produção utilizado, a literatura é unânime ao enfatizar a importância de se controlar adequadamente a aplicação de água e insumos, otimizando o custo de água e energia e de outros fatores envolvidos na condução de uma cultura irrigada (Faria & Rezende, 1997). O sucesso de um projeto depende de um bom planejamento das atividades, procurando-se aumentar a produtividade e minimizar os custos de produção (Kaneko et al., 2009).

Na situação de aumento nos custos de produção a tendência do produtor é de reduzir a aplicação de fertilizantes para a cultura, embora não seja a melhor alternativa. Dados da Federação da Agricultura e Pecuária de Goiás (FAEG, 2016) indicam que 37% do custo de produção da cana-planta em cultivo utilizando alta tecnologia para o ano de 2015 no cerrado goiano, corresponde a insumos, sendo estes correspondentes a adubação e irrigação. Nesta situação, aperfeiçoar o uso dos subprodutos gerados com o processo industrial da cana-de-açúcar pode-se tornar uma alternativa viável economicamente.

Considerando que o uso da irrigação e adubação orgânica no cultivo da cana-de-açúcar pode aumentar a produtividade e qualidade do produto colhido em relação ao cultivo convencional, dessa forma, busca-se nesta pesquisa avaliar a viabilidade econômica da cana-de-açúcar irrigada na região do cerrado goiano cultivada no sistema orgânico e convencional.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Para avaliar economicamente o sistema de produção de cana-de-açúcar irrigada e adubada com vinhaça e lithothamnium, foi utilizado dados de produtividade de um experimento conduzido na área experimental da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (UFG), em Goiânia, GO e também de informações técnicas do cultivo de cana-de-açúcar produzida no sistema convencional na mesma região. A cidade de Goiânia é situada nas coordenadas geográficas 16° 35 de Latitude Sul e 49° 16 de Longitude Oeste. Segundo a classificação climática de Koppen, o clima da região é um Aw, com temperatura média anual, umidade relativa (UR%) e precipitação de 23 °C, 70% e 1.498 mm, respectivamente.

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado com 3 repetições em esquema fatorial (5x5x2). Os tratamentos corresponderam a cinco doses de

vinhaça (0, 165, 330, 495 e 660 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), cinco doses de lithothamnium (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup>) e cultivo em regime irrigado e de sequeiro.

A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a RB867515 irrigada por gotejamento, com irrigação plena; o manejo foi feito monitorando a umidade do solo por meio de sensores do tipo watermark.

Aos 540 dias após o plantio, foi realizado o corte manual das plantas para avaliação de açúcar total recuperável (ATR) expresso em kg t cana<sup>-1</sup>, além da produtividade da cana por hectare (TCH). Para a análise do sistema de produção convencional adotaram-se coeficientes técnicos médios do sistema de produção, conforme indicações de órgãos ligados à Secretaria de Agricultura do Estado de Goiás.

#### Análise Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando foi encontrado diferença significativa para o fator irrigação, as diferenças entre os tratamentos foram verificadas de acordo com teste de Tukey ao nível de 5%. No caso da adubação, foram realizadas análises de regressão polinomiais. A partir da derivada primeira destas equações, foram determinadas as doses necessárias para atingir a produção de máxima eficiência física da cana-de-açúcar.

#### Considerações sobre a estimativa do custo de produção

Para estimar o custo de produção, neste trabalho, utilizaram-se valores em dólares (US\$) com base nas seguintes informações: lavoura irrigada por gotejamento numa área de 70 ha, com características de terceirização de serviços, longevidade do canavial de seis anos para ambos sistemas, com renovação total após esse período, e decréscimo de produtividade de 15% em cada ano (Silva et al., 2010). A produtividade média anual por hectare adotada para o primeiro ano de colheita, para o sistema convencional foi de 140 t ha<sup>-1</sup>, entretanto para o sistema de produção adubado com vinhaça e lithothamnium utilizou os dados do experimento. Para a estimativa de custo de produção foi considerado uma projeção da atividade de 30 anos. Para o capital investido terra, considerando que ela não se deprecia, o valor considerado é o seu custo alternativo, baseado no arrendamento da terra explorada.

Os coeficientes adotados foram baseados em publicações técnicas da

Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) e a Federação da Agricultura e Pecuária de Goiás (FAEG), além de publicações do setor sucoenergético da região Centro Sul na safra 2015-2016. Para os componentes não disponíveis comercialmente como composto orgânico, vinhaça, torta de filtro, custo transporte da usina até o canavial da vinhaça e custo de fertirrigação, foram adotados custos médios baseados em publicações técnicas das instituições ligadas ao setor agropecuário. Para fins de simplificação do cenário base foi adotado um custo médio de fertirrigação da vinhaça in natura de US\$ 1,71 m<sup>3</sup> aplicado. Para a torta de filtro e lithothamnium adotou-se custo unitário por tonelada de US\$ 16,77 e US\$ 343,0 respectivamente.

O critério adotado para correção de valores foi o de preço único, ou seja, somam-se as quantidades utilizadas durante o ano e o resultado é multiplicado pelo preço vigente em determinada data. Para este trabalho, considerou-se o preço médio de julho de 2016, que foi de US\$ 20,0 e US\$ 25 por tonelada de cana, para a cana convencional e orgânica, respectivamente (UNICA, 2016).

#### Modelo teórico e de análise

A teoria do custo constituiu o modelo de análise econômica deste estudo. Mediante a estimativa do custo de produção, considerado como a soma dos valores de todos os recursos (insumos) e operações (serviços) utilizados no processo produtivo de certa atividade agrícola dentro de certo prazo. Este trabalho fundamentou-se nos conceitos de custos apresentados por Lanna & Reis (2012) e Lerdon et al. (2015).

Para o sistema de produção convencional, caracterizado como o sistema regional predominante entre os agricultores, adotaram-se coeficientes técnicos médios do sistema de produção, conforme indicações de órgãos ligados à Secretaria de Agricultura do Estado de Goiás. Em ambos sistemas de produção o custo de produção por hectare foi calculado, obedecendo a seguinte estrutura:

Custo operacional efetivo (COE): inclui todas as despesas do ciclo produtivo (despesas fixas e variáveis), entre as quais destaca-se:

Operações agrícolas: para cada operação levantou-se o número de horas de trabalho gastos por categoria de mão-de-obra, trator, e/ou equipamentos envolvidos na operação; carregamento e transporte da cana-de-açúcar à Usina.

Insumos para produção: Foram levantados os custos, apresentados em dólar

por hectare (US\$ ha-1), dos insumos utilizados no processo de produção, próprios ou adquiridos pelo produtor (adubos, análise de solo; calcário; adubo químico; adubo orgânico; muda de cana; defensivos; inseticida; herbicida, implantação do sistema de irrigação, gasto de energia elétrica e o custo da mão-de-obra para o manuseio do equipamento, recursos humanos na implantação e condução do canavial e no corte).

Custo total (CT): inclui o custo operativo efetivo (COE) somada ao custo de oportunidade da terra e dos capitais investidos na formação da lavoura; equipamentos de irrigação e fertirrigação.

Na Tabela 4.1 pode ser visualizado o esquema dos fatores de produção considerados para estruturar o custo por hectare para a produção de cana-de-açúcar sobre sistema convencional e orgânico.

**Tabela 4.1.** Variáveis utilizadas no cálculo de custo de produção da cana-de-açúcar produzida sobre sistema convencional e orgânico.

Custos	Sistema produção convencional	Sistema de produção orgânico
	Mecanização	Mecanização
	Mão de obra	Mão de obra
	Análise de solo	Análise de solo
	Terraços	Terraços
	Adubo químico	Adubo orgânico
	Mudas	Mudas
Custo Operacional Efetivo (COE)	Inseticida	-
	Herbicida	-
	Fungicida	-
	Arrendamento maquinaria	Arrendamento maquinaria
	Implantação sistema de fertirrigação	Implantação sistema de fertirrigação
	Colheita	Colheita
	Gasto energia elétrica-	Gasto energia elétrica
	Administração	Administração
Custo Operacional Total (COT)	Custo de oportunidade da Terra Custo de oportunidade Remuneração do capital	Custo de oportunidade da Terra Custo de oportunidade Remuneração do capital

O custo alternativo, para cada um dos recursos do custo fixo foi considerado de 11% anual; e os indicadores físicos e financeiros em ambos sistemas contemplaram parte da cadeia produtiva, envolvendo unicamente os custos relativos ao campo de produção.

### Análise econômica simplificada

Para a análise da viabilidade econômica do investimento, foi montado um fluxo de caixa, que reflete os valores das entradas e saídas dos recursos e produtos. A partir dos fluxos de caixa, foram determinados:

Indicador de lucratividade, o qual se refere à receita bruta (RB, US\$ ha<sup>-1</sup>), que corresponde ao produto da produção (P, t ha<sup>-1</sup>) dos 70 hectares (irrigação plena), ao preço do produto no mercado (PPM, US\$ t<sup>-1</sup>) (Equação 1):

$$RB = P \cdot PPM \quad (1)$$

Valor presente líquido (VPL) - definido como a diferença entre o valor presente dos benefícios e o valor presente dos custos (Equação 2).

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{CF_j}{(1+i)^j} \quad (2)$$

em que,

n = horizonte do projeto;

j = período em anos;

CF = saldo do fluxo de caixa do período zero ou investimento inicial; e

i = taxa de juros anual.

Para o cálculo do VPL considerou-se uma taxa de juros anual efetiva (i) de 11% sobre o investimento (I), durante o período de 30 anos (j); Entretanto a Taxa Interna de Retorno (TIR); representa a taxa de desconto (taxa de juros) que iguala, num único momento, os fluxos de entrada com os de saída de caixa, e foi estimada pela Equação 3:

$$VPL = \sum_{i=0}^n \frac{CF_j}{(1+r)^n} = 0 \quad (3)$$

em que,

CF = são os saldos dos fluxos de caixa;

n = período de tempo;

$r$  = taxa de desconto que torna o VPL igual a 0; e

$i$  = taxa de juros anual.

Período de Recuperação do Capital (*Payback*) ou regra do período de *payback* descontado, através do qual desconta-se os fluxos de caixa e calcula-se em quanto tempo seria necessário para que os fluxos de caixa descontados se iguallassem ao investimento inicial;

A relação Benefício/Custo (B/C), foi estimada pela Equação 4:

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{k=0}^n B_k(1+j)^{-k}}{\sum_{k=0}^n C_k(1+j)^{-k}} \quad (4)$$

em que,

B = benefício (US\$);

C = custo (US\$);

$j$  = taxa de juro anual; e

$k$  = período de análises do sistema de produção (anos).

Também foi estimado o índice de rentabilidade médio ( $IR_m$ ) calculado mediante a razão entre a receita bruta e o custo operacional total (CopT) ao longo dos 30 anos;

E finalmente determinou-se o ponto de nivelamento ( $q_n$ ) que indica o nível de produção no qual uma atividade tem seu custo total igualado à sua receita total (Equação 5):

$$q_n = \frac{CFT}{R_{me} - CVMe} \quad (5)$$

em que,

CFT = custo fixo total, US\$;

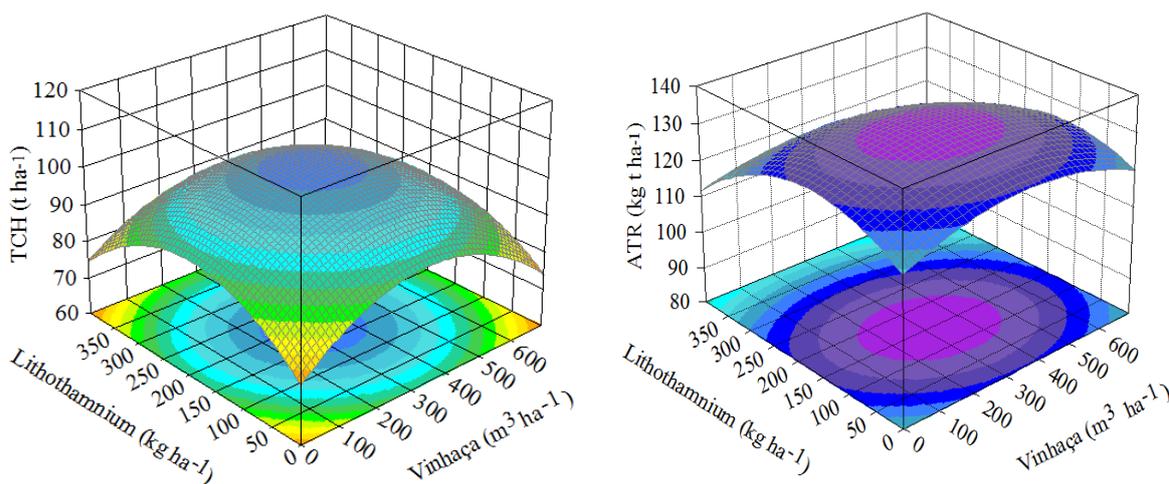
R<sub>me</sub> - receita média, US\$; e

CVMe = custo variável médio, US\$.

#### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo da interação entre a irrigação e as doses de lithothamnium e vinhaça sobre a produtividade da cana-de-açúcar e ATR. Plantas irrigadas

e adubadas com 150 kg ha<sup>-1</sup> de lithothamnium e 311 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de vinhaça, foram determinantes para atingir 134,53 Kg t cana<sup>-1</sup> de ATR (Figura 4.1). Em relação à produtividade houve efeito significativo da interação entre os três fatores de avaliação. Plantas irrigadas e adubadas com 187,54 kg ha<sup>-1</sup> de lithothamnium e 326 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de vinhaça, apresentaram produtividade de colmo (TCH) de 105 t ha<sup>-1</sup> (Figura 4.1).



$$\text{TCH} = 72,20 + 0,0889V + 0,154L - 0,000129V^2 - 0,00039228L^2 - 2,404 \cdot 10^{-5}VL \quad R^2 = 0,90$$

$$\text{ATR} = 119,33 + 0,045V + 0,103L - 6,28 \cdot 10^{-5}V^2 - 0,000308L^2 - 3,126627 \cdot 10^{-5}VL \quad R^2 = 0,91$$

**Figura 4.1.** Variação da produtividade e acúmulo de ATR da cana-de-açúcar em função da aplicação de diferentes doses de vinhaça e lithothamnium. Goiânia-GO, 2016

O efeito positivo da irrigação sobre a produtividade e ATR deve-se provavelmente ao fornecimento ideal de água ao longo do ciclo fenológico da cultura. Durante a realização do experimento verificou-se períodos de veranicos e seca nas etapas de brotação, crescimento inicial, intermediária e final da cana-de-açúcar que, provavelmente comprometeu a produtividade de colmos das plantas não irrigadas.

Quanto à influência da aplicação da vinhaça sobre o TCH pode ser atribuído ao fornecimento de K<sub>2</sub>O presente na vinhaça. O potássio é um nutriente essencial para o desenvolvimento das plantas, por participar da regulação osmótica e está envolvido na abertura e fechamento estomático, processo fundamental para a captação de CO<sub>2</sub> (Almeida Júnior et al., 2011) e quanto ao lithothamnium o efeito positivo pode ser atribuído ao fornecimento em razão da origem orgânica desse fertilizante, resultando em formação de quelatos, resultando numa maior absorção dos nutrientes presentes na solução do solo pela planta (Evangelista et al., 2015).

O fornecimento de cálcio para a planta presente no lithothamnium provavelmente potencializou a absorção da vinhaça favorecendo ao desenvolvimento da

planta, já que o cálcio contribui para a constituição das paredes celulares, na neutralização dos ácidos orgânicos, na resistência dos tecidos e no desenvolvimento do sistema radicular das plantas, e ainda melhora os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, deixando-o mais permeável; também corrige o pH e aumenta a disponibilidade de fósforo para a planta (Aparecida, 2010). Outro fato que provavelmente beneficiou ao acúmulo e recuperação de sacarose, foi a interrupção da irrigação 30 dias antes da colheita, já que essa prática induz a conversão de açúcares redutores em sacarose (Segato et al., 2006).

#### Custo de produção

Em média os custos variáveis apresentaram maior participação no custo total da cana-de-açúcar, correspondendo a 65%, enquanto a participação do custo fixo foi de 35%, para ambos sistemas de produção (Tabela 4.2).

**Tabela 4.2.** Média de custos e participação percentual dos diversos fatores para 1 hectare de cana-de-açúcar, produzida sobre sistema convencional e orgânico\*. Goiânia-Goiás, 2016

Despesas	Convencional		Orgânico	
	Valor (US\$)	%	Valor (US\$)	%
Arrendamento da terra	281,4	17,9	281,4	19,6
Formação da lavoura	212,8	13,6	197,4	13,7
Sistema de irrigação	3,7	0,2	3,7	0,3
Arrendamento de máquinas e implementos	45,4	2,9	19,2	1,3
Imposto territorial rural (ITR)	0,035	0,002	0,035	0,002
<b>Custo Fixo Total</b>	<b>543,3</b>	<b>34,6</b>	<b>501,8</b>	<b>34,9</b>
Insumos	358,0	22,1	311,6	21,7
Mão-de-obra	45,0	2,9	51,8	3,6
Colheita mecanizada	397,1	25,3	348,0	24,2
Energia elétrica	88,6	5,6	88,6	6,2
Despesas gerais	44,7	2,8	41,7	2,9
<b>Sub total CopVt</b>	<b>933,4</b>	<b>58,9</b>	<b>841,7</b>	<b>58,6</b>
Custo alternativo	102,7	6,5	92,6	6,4
<b>Custo variável total</b>	<b>1.036,1</b>	<b>65,4</b>	<b>934,3</b>	<b>65,1</b>
<b>Custo Total (CT)</b>	<b>1.579,4</b>	<b>100,0</b>	<b>1436,1</b>	<b>100,0</b>
Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	97,0		85,0	
Receita Total	1.940,0		2.185,7	
Lucro/Prejuízo	360,6		749,7	

\* Valores em US\$ (atualizado em junho 2016; 1(um) dolar = 3,50 reais)

O item com maior participação no custo fixo para ambos sistemas de produção foi o arrendamento de terra e os gastos com formação da lavoura. Entretanto os itens insumos e colheita mecanizada foram os itens com maior participação na formação do custo variável geral.

Nos últimos anos houve grande valorização de arrendamento da terra na região do cerrado goiano. O aumento no valor do arrendamento da terra se deve à expansão do cultivo na região para atender a demanda de matéria-prima, principalmente para usinas de cana-de-açúcar e álcool, que também aumentaram em números e área cultivada na região (Simões et. al., 2010). A demanda por terras para cultivo de cana-de-açúcar, principalmente em áreas próximas às unidades industriais, onde é possível utilizar a vinhaça das destilarias para adubação das lavouras, elevou o valor de arrendamento da terra, isso contribuiu para o aumento do valor de arrendamento de terra por hectare, que passou de 10 sacas, para 15 sacas de soja por hectare (método de pagamento do arrendamento da terra na região), segundo a Confederação da Agricultura e Pecuária (Brasil, 2016).

Outro fator que favoreceu o aumento no valor de arrendamento da terra, foi o surgimento de carros flex no começo da década do 2000, resultando em aumento considerável no consumo de etanol no país (Kohlhepp, 2010). Essa inovação tecnológica, aliada ao contexto favorável à exploração de alternativas renováveis aos combustíveis fósseis, também incentivou a expansão dos canaviais na região do cerrado e a demanda por uso da terra (Simões et. al., 2010).

Quanto aos gastos com insumos houve uma maior participação desse item no custo total para produção convencional da cana-de-açúcar quando comparado com o sistema de produção orgânica. A redução dos custos com insumo no sistema de produção orgânica pode ser explicada pela eliminação ou substituição de insumos sintéticos, como fertilizantes ou agroquímicos provenientes de indústrias, por insumos naturais, na maioria das vezes co-produtos do mesmo sistema de produção. Ao comparar o custo de insumos entre as duas alternativas de produção, foi verificado que na adubação orgânica houve uma redução em 0,4% do investimento com aquisição de insumos, quando comparado ao sistema convencional. Entretanto em razão de um maior requerimento de maior mão de obra no sistema orgânico esse item foi 4% maior no sistema orgânico.

Os gastos com colheita mecanizada no sistema orgânico e convencional, foram respectivamente 24,2% e 25,3% do custo total; entretanto o custo com a irrigação representou 0,2 e 0,3% em ambos sistemas de produção. Embora o custo da colheita

mecanizada por hectare ter sido próximos em ambos sistemas de produção, a redução dos custos na colheita mecanizada no sistema de produção orgânica, pode ser explicada pela menor produtividade média anual obtida em seis anos de colheita que foi de  $85 \text{ t ha}^{-1}$ , em comparação ao sistema convencional que foi de  $97 \text{ t ha}^{-1}$ . Entretanto o aumento percentual do custo de irrigação no sistema de produção orgânico se deve à configuração geral do custo de produção.

#### Análise econômica simplificada

O custo total médio para o sistema convencional e orgânico foram respectivamente US\$ 16,28 e US\$ 16,89 por tonelada de cana-de-açúcar, que representa uma redução de 4% em favor do sistema convencional de produção (Tabela 4.3). Isso indica uma maior possibilidade dos custos do empreendimento do sistema convencional serem pagos pela receita gerada com a venda das unidades produzidas (Lanna & Reis, 2012). Para as duas situações, o preço recebido pela tonelada de cana no valor de US\$ 20 e US\$ 25 é superior que os custos anuais de produção.

**Tabela 4.3.** Custos econômicos e operacionais médios para  $1 \text{ t ha}^{-1}$  de cana-de-açúcar produzida sobre sistema convencional e orgânico. Cotação em US\$. Goiânia-Goiás, 2016

Sistema de produção	CFMe	CVMe	CTMe	CopFme	CopVMe	CopTMe
Convencional	5,60	10,68	16,28	2,46	9,62	12,09
Orgânico	5,90	10,99	16,89	2,34	9,90	12,25

CFMe- custo fixo médio; CVMe- custo variável médio; CTMe- custo total médio; CopFme- custo operativo fixo médio; CopVme- custo operativo variável médio; CopTMe- custo operativo total médio.

Os custos variáveis médios para o sistema orgânico foram 3% maiores quando comparado ao do sistema convencional. Este aumento é explicado também provavelmente pela menor produtividade média anual obtida durante seis anos de colheita no sistema orgânico ( $85 \text{ t ha}^{-1}$ ) em comparação ao sistema convencional, ( $97 \text{ t ha}^{-1}$ ) resultando com isto em aumento no custo variável total. A mesma tendência foi verificada para os custos fixos médios.

O custo operativo total médio (CopTMe), também foi maior no sistema de produção orgânico, resultado principalmente do aumento no custo da mão de obra requerida nesse sistema em comparação à produção convencional. Cabe ressaltar que caso o produtor venha utilizar tecnologias que resulte em aumento da produtividade da cana-de-açúcar sem que haja aumento significativo do custo de produção, menor será o custo

unitário da tonelada de cana-de-açúcar, e conseqüentemente ocorrerá aumento na margem de lucro do empreendedor. Neste contexto, para tornar essa exploração agrícola cada vez mais competitiva e rentável, a adoção de manejos de irrigação eficientes e o uso de técnicas de adubação e quimigação utilizando o próprio sistema de irrigação, permitindo ao cultivo o parcelamento da adubação, segundo a taxa de absorção de nutrientes da cultura, podem ser consideradas boas alternativas. Além destas técnicas a utilização de variedades mais responsivas à irrigação e adubação e também mais adaptadas as condições de clima e solo do cerrado, conciliado com o emprego de técnicas que permitem realizar agricultura com precisão, podem tornar mais competitiva e rentável esta atividade.

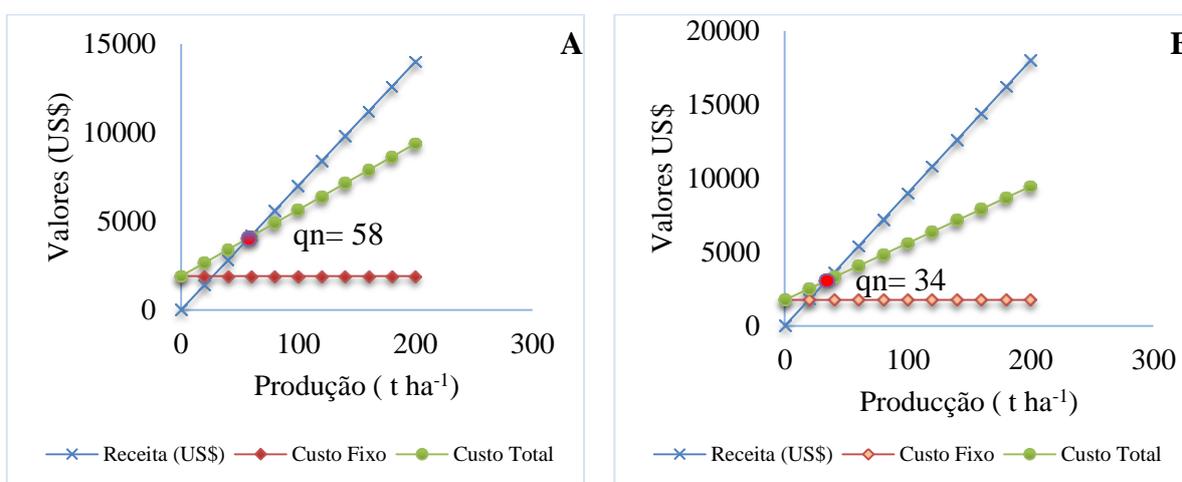
Os resultados indicam que ao adotar o sistema orgânico o resíduo seria positivo (preço >CTMe>CopTMe), pois o custo alternativo do capital empregado na atividade é reembolsado, além de pagar todos os recursos operacionais fixos e variáveis aplicados na lavoura.

A tendência a médio e longo prazo é de expansão e da entrada de novas empresas para a atividade, atraindo investimentos competitivos. Entretanto na região do cerrado goiano alguns produtores tem encontrado dificuldades na obtenção de certificação do produto e geralmente o tempo de pousio da terra (4 anos), sem aplicação de insumos agrícolas exigido para garantir um cultivo orgânico é bastante longo o que tem desestimulado o agricultor (Rapassi et al., 2012). No caso hipotético, que o preço da tonelada de cana, seja menor que US\$ 16,89 e a produtividade menor que 34 t ha<sup>-1</sup>, a atividade não reembolsaria o custo total por hectare, e neste caso levaria ao produtor a sair da atividade ou solicitar subsidio caso exista uma política pública que incentive o investimento de empreendimentos agrícolas.

Similar situação foi encontrada para o sistema de produção convencional, com reembolso do custo alternativo do capital empregado na atividade, além de pagar todos os recursos operacionais fixos e variáveis aplicados na lavoura. A tendência a curto e médio prazo também é do empreendedor permanecer na atividade e, se persistir tal situação, provavelmente, no longo prazo, o produtor poderá buscar outras alternativas de aplicação de capital, como por exemplo implantar o consórcio sistema convencional e orgânico que permita manter a produtividade e aumentar as receitas com o valor pago pelo produto orgânico.

### Ponto de nivelamento

A produção mínima nos sistemas de produção convencional e orgânico para que não haja perda econômica foram de 58 e 34 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Considerando a produtividade média anual em seis anos de colheita da cana-de-açúcar cultivada no sistema convencional na região do cerrado e da produtividade alcançada nesse trabalho (85 t ha<sup>-1</sup>), em ambos sistemas o agricultor teria lucro com o empreendimento (Figura 4.2). O lucro anual por hectare, em trinta anos de investimento seria de US\$ 361 para o sistema convencional e US\$ 750 para o sistema orgânico (Tabela 4.2).



**Figura 4.2.** Ponto de nivelamento (qn), da produção de cana-de-açúcar produzida sobre sistema convencional (A) e orgânica (B) em trinta anos de investimento

Com esses resultados, verifica-se a importância dos produtores buscarem informações qualificadas sobre o mercado e ainda sobre a assessoria para na comercialização do produto. Além do mais, a diferença no custo demonstra que é relevante adoção de decisão estratégica de busca constante de inovações tecnológicas no sistema de produção agrícola, visando à redução de custos, principalmente porque as projeções de custos de produção agroindustriais do setor sucroenergético têm aumentado nos últimos anos.

Projeções da Confederação da Agricultura e Pecuária-CNA (2016) indicam que as variações mais relevantes para a safra 2015/2016 foram o aumento de 8% dos salários agrícolas; 11% no custo do diesel; e 7% no custo do corte carregamento e transporte (CCT). Todas estas alterações contribuem para o aumento dos custos de produção e assim o produtor deve buscar adotar estratégias no seu sistema agrícola para reduzir custos.

## Análise financeira

Em ambos os sistemas de produção o valor presente líquido por hectare foi positivo nos trinta anos considerados na análise (Tabela 4.4), com destaque para o sistema de produção orgânico com valor de US\$ 750,00 enquanto o do sistema convencional foi de apenas, US\$ 361,00. O incremento no valor presente líquido por hectare do sistema de produção orgânica, se deve ao preço pago por tonelada de açúcar, que é 10 a 20% maior que o preço da tonelada de açúcar produzida de forma convencional (Campanhola & Valarini, 2001).

Entretanto nos sistemas estudados a situação é de aceitação dos empreendimentos, já que o investimento oferece uma taxa de retorno superior ao custo de capital, e portanto o investimento será recuperado com a taxa mínima de desconto de 11% ao ano. Porém os resultados demonstram que o sistema de produção orgânico apresentou maior viabilidade com uma taxa de desconto de 11% ao ano, gerando lucro para o empresário rural em 52% em relação ao cultivo convencional. E ainda destaca-se a produção de um produto com preservação ambiental e de melhor qualidade, com melhor aceitação pelos consumidores finais.

**Tabela 4.4.** Indicadores econômico-financeiros em trinta anos de investimento para a produção de cana-de-açúcar convencional e orgânica: Valor Presente Líquido (VPL, US\$ ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), Taxa Interna de Retorno (TIR, %), Payback (anos), Relação Benefício Custo (B/C, US\$), Índice de rentabilidade (IR), Taxa Mínima de Atratividade (TMA, %)

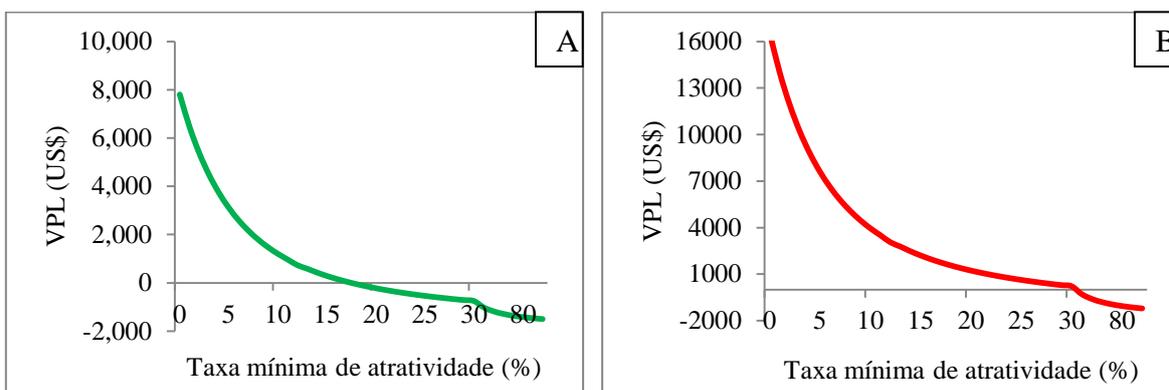
Avaliação Financeira	Convencional	Orgânico
VPL	361,0	750,0
TIR	17	34
Payback	6	3
B/C	1,36	1,69
IR	1,54	1,93
TMA	11	11

Os resultados da Taxa Interna de Retorno (TIR), que representa a taxa de retorno do investimento que iguala o VPL a zero, demonstraram que o sistema de produção orgânica e convencional constituíram alternativas de investimento viáveis, com valores de 34 e 17% respectivamente, sendo maior que a taxa de desconto requerida de 11% ao ano.

Com adoção por parte do governo federal de políticas públicas para incentivar os empresários agrícolas a permanecerem na atividade ou atrair novos empreendedores,

com vistas a promover ganhos sóciais para a região, considerando uma taxa de juros de 2% ao ano e uma produtividade média anual da cana-de-açúcar de 97 t ha<sup>-1</sup>, durante seis anos de colheita e um preço de comercialização de US\$ 20,00 a tonelada de açúcar cultivada no sistema convencional, o projeto renderá US\$ 5.366,00 por hectare; ao dobrar a taxa de juros para 4% anual, o projeto renderá US\$ 4 mil, se passar para 20% o projeto já não será mais viável, pois a taxa de juros superará a taxa interna de retorno em 9% (Figura 4.3).

Entretanto no sistema orgânico, ao considerar uma produtividade média anual de 85 t ha<sup>-1</sup> e a venda da tonelada cana-de-açúcar por US\$ 25, e uma taxa de juros de 2% ao ano o projeto renderá US\$ 11.912,00 por hectare; se dobrar a taxa de juros, para 4% anual, o projeto renderá US\$ 8 mil, se passar para 40% o projeto já não será mais viável, pois a taxa de juros superará a taxa interna de retorno em 6%.



**Figura 4.3.** Rendimento financeiro em função da taxa de juros anual para a produção de cana-de-açúcar convencional (A) e orgânica (B), durante 30 anos de investimento na região central de Goiás

Os resultados indicam que ao optar pelo sistema de produção orgânica o empreendimento somente se torna inviável, com taxas de juros acima de 34% ao ano. Fato importante é que quanto menor for o valor de comercialização da cana-de-açúcar, mais sensível é o projeto quanto a variação na taxa de juros.

O capital inicial investido para a exploração das duas alternativas foi de US\$ 1.821,00 por hectare. Para os sistemas de produção convencional e orgânico o tempo para recuperação do capital investido foi de 6 e 3 anos respectivamente. O menor tempo de recuperação do capital investido, para o sistema orgânico, se deve ao preço pago por tonelada de cana-de-açúcar, a qual é 10 a 20% maior quando comparado ao valor da cana-de-açúcar produzida sob sistema convencional. Isso indica que o sistema de produção

orgânico constitui um bom investimento para o produtor rural, já que a demanda principalmente de açúcar orgânico e derivados no cenário mundial têm aumentado consideravelmente nos últimos anos, em razão da melhoria da qualidade do produto final. Além de contribuir para manutenção do equilíbrio do meio ambiente com redução do custo de produção.

A razão benefício custo (B/C) indicou viabilidade para as duas alternativas. No caso do sistema convencional, cada US\$ 1,00 investido gera um retorno de US\$ 1,36, já o para o sistema orgânico se obtém um retorno de US\$ 1,69. A Rentabilidade é o resultado das operações da empresa em um determinado período em relação aos investimentos realizados (Lerdon et al., 2015). Em relação a este indicador, que relaciona a receita bruta e o custo operacional total (CopT), os resultados indicam que para o sistema convencional, por cada dólar investido se geram US\$ 1,54; já investir um dólar no sistema de produção orgânico gera US\$ 1,93. Este resultado indica que a agricultura orgânica é uma atividade agrícola competitiva, entretanto atualmente no Brasil, os agricultores têm optado pela utilização do sistema convencional, justificado pelos entraves já relatados anteriormente.

Finalmente independente do sistema de produção orgânico apresentar menor custo de produção, este sistema resulta em menores impactos negativos para o meio ambiente, proporciona uma melhor qualidade de vida do agricultor, e ainda o produto final por apresentar uma maior qualidade é mais competitivo no mercado. Entretanto o sistema de produção orgânico, somente será viável sob o ponto de vista econômico, caso a produtividade média supere a  $34 \text{ t ha}^{-1}$ , os custos totais médios por hectare não aumentem em mais de 17 dólares, o preço de venda por tonelada seja maior ou igual que 25 dólares e taxa mínima de atratividade anual seja menor ou igual que 34%.

#### 4.4 CONCLUSÃO

O sistema de fertilização orgânica utilizando vinhaça e lithothanmium associado a um manejo de irrigação plena em comparação ao sistema tradicional de produção de cana-de-açúcar é uma opção economicamente viável na região do cerrado.

## 4.5 REFERÊNCIAS

ALMEIDA JÚNIOR, A. B. A.; NASCIMENTO, C.; SOBRAL, M.; SILVA, F.; GOMES, W. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 10, p. 1004–1013, 2011.

APARECIDA, E. **Granulado Bioclástico na produção e qualidade de frutos da goiabeira “Pedro Sato”**. 2010. 52 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

CAMPANHOLA, C.; VALARINI, P. J. (2001). A agricultura orgânica e seu potencial para o pequeno agricultor. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 69-101.

CNA-Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Projeções de custos e rentabilidade do setor sucroenergético na região Centro-Sul para a safra 2015/2016**. Disponível em: <[http://www.canaldoprodutor.com.br/sites/default/files/ativos\\_CANA\\_10.pdf](http://www.canaldoprodutor.com.br/sites/default/files/ativos_CANA_10.pdf)>. Acesso em 12 Mai, 2016.

CONSECANA- Conselho de produtores de cana-de-açúcar e etanol do estado de São Paulo. **Manual de procedimentos e normas para o acompanhamento de análise da qualidade da cana-de-açúcar**, São Paulo, 2012. 81 p.

DELGADO, A.; DELGADO, P. **Produção do açúcar mascavo, rapadura e melado**. Piracicaba: Alves, 1999. 154 p.

EVANGELISTA, A. W.; ALVES JÚNIOR, J.; CASAROLI, D.; RESENDE, F. Desenvolvimento inicial da mamoneira, girassol e nabo forrageiro adubados com Lithothamnium. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 8, n. 2, p. 40–48, 2015.

FAEG – Federação da Agricultura e Pecuária de Goiás. **Mercados e cotações – Cana-de-Açúcar Maio/2016**. Disponível em: <http://sistemafaeg.com.br/mercados-e-cotacoes/cana-de-acucar>, Acesso em 10 Mai, 2016.

FARIA, M.A.; REZENDE, F.C. **Cafeicultura empresarial: produtividade e qualidade - irrigação na cafeicultura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 110 p. (Curso de Especialização Lato Sensu por Tutoria a Distância).

IAIA, A. M. **Irrigação por gotejamento em cana-de-açúcar no cerrado de Mato Grosso**. 2014. 128 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal)-Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

KANEKO, F. H.; APARECIDA, M.; ALVES, R.; CHIODEROLI, C.; NAKAYAMA, F. Análise econômica da produção de Cana-de-Açúcar considerando-se a tercerização das operações agrícolas: O caso de um produtor. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 266–270, 2009.

KOHLHEPP, GERD. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil.

**Estudos avanzados**, São Paulo , v. 24, n. 68, p. 223-253, 2010 .

LANNA, G.; REIS, R. Influência da mecanização da colheita na viabilidade econômico-financeira da cafeicultura no Sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, p. 110–121, 2012.

LERDON, J.; BENTJERODT, D.; CARRILLO, B. Análisis económico de 11 predios productores de leche y carne en la Región de Los Ríos , Chile. **Revista Idesia**, Arica, v. 33, p. 89–104, 2015.

MELO, P. C.; FURTINI NETO, A. E. Avaliação do Lithothamnium como corretivo da acidez do solo e fonte de nutrientes para o feijoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 3, p. 508-519, 2003.

RAPASSI, R. M. A.; PROENÇA, E. R.; ARÁUJO, A. M.; TARSITANO, F. A. **Análise econômica da produção da Cana-de-açúcar (Saccharum spp) organica na Região Oeste do Estado de São Paulo**. 2012. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/15/1171.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2016.

SEGATO, S. V.; MATTIUZ, C. F. M.; MOZAMBANI, A. E. **Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar**. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M (Org.). Atualização em produção da cana-de-açúcar. Piracicaba: CP 2, 2006. Cap. 2, p. 19-36.

SIMÕES, S; ABDALA, K; SILVA, A; BORGES, VONEDIRCE. A expansão da cana-de-açúcar no cerrado e no estado de goiás: Elementos para uma análise espacial do processo. **Boletim goiano de Geografia**, Goiânia, v. 30, n. 1, p. 171-191. 2010.

SILVA, M. A.; CATO, S. C.; COSTA, A. G. F. Produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar submetida à aplicação de biorregulador e fertilizantes líquidos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.?, p.774-780, 2010.

ÚNICA- União da agroindústria canavieira do estado de São Paulo. **A dimensão do setor Sucroenergético: Mapeamento e quantificação da safra 2014/15**. Ribeirao Preto, p. 179. 2016.

## 5 CONCLUSÕES GERAIS

O consórcio vinhaça-lithothamnium, é uma opção, tecnicamente viável para aqueles produtores que buscam aumentar produtividade e garantir que o alimento que chegue à mesa do consumidor seja de qualidade, contribuindo assim na saúde da população, na preservação do meio ambiente e na valorização do produto colhido.

A dosagem que atinge a máxima produção física, e provoca melhoras nas características tecnológicas da cana-de-açúcar produzida sobre sistema orgânico, é 200 kg ha<sup>-1</sup> de lithothamnium, associada a 330 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> vinhaça, sobre sistema irrigado.

O consórcio vinhaça-lithothamnium é uma opção economicamente viável para ser utilizada nos canaviais da Região do cerrado; embora não tem-se vinhaça e torta de filtro para adubar a totalidade dos hectares plantados com cana-de-açúcar.

Na região, existe potencial para o crescimento da produção de cana-de-açúcar orgânica, mas ainda falta muita informação quanto ao sistema e também sobre os mercados consumidores e produtores que abastecem o mercado regional.

## GLOSSÁRIO

**AÇÚCAR TOTAL RECUPERÁVEL (ATR):** Representa a quantidade total de açúcares contidos na cana.

**AÇÚCARES REDUTORES TOTAIS (ART):** Quantidade de glicose e de frutose presentes na cana, que afetam diretamente a sua pureza, já que refletem em uma menor eficiência na recuperação da sacarose pela fábrica.

**BRIX:** é a porcentagem em massa de sólidos solúveis contidos em uma solução de sacarose quimicamente pura.

**CUSTO:** Gasto relativo a bem ou serviço utilizado na produção de outros bens e serviços.

**CUSTO DIRETO:** são aqueles que podem ser alocados diretamente a cada produto, ou seja, devem ser identificados especificamente para cada produto.

**CUSTO INDIRETO:** são aqueles que não podem ser alocados diretamente a cada produto, ou seja, são passíveis de rateio para que possam integrar a cada produto.

**CUSTO TOTAL MÉDIO (CTMe):** é o custo total de se produzir uma unidade do produto.

**CUSTO VARIÁVEL:** são aqueles cujos valores se alteram em função do volume de produção da empresa.

**CUSTOS FIXOS:** são aqueles que ocorrem todos os meses independentes da quantidade produzida.

**CUSTO DE OPORTUNIDADE:** é um termo usado em economia para indicar o custo de algo em termos de uma oportunidade renunciada.

**DEXTRANA:** são polímeros de glicose produzidos a partir de sacarose principalmente por bactérias do gênero *Leuconostoc*.

**FIBRA:** Matéria insolúvel em água contida na cana.

**LITHOTHAMNIUM:** Material proveniente de algas marinhas compostas basicamente por

carbonato de cálcio e magnésio.

**PAYBACK SIMPLES (PBS):** corresponde ao período de tempo necessário para que o capital investido inicialmente no projeto seja recuperado.

**POL:** É a quantidade de sacarose aparente, em peso, existente no colmo.

**PUREZA DO CALDO:** é a quantidade de Pol em 100 partes de brix.

**RELAÇÃO BENEFÍCIO CUSTO:** é a razão entre receita e despesa que permite obter o retorno do investimento por unidade monetária investida, descontado o valor do dinheiro no tempo a uma taxa de desconto predeterminada.

**SACAROSE:** Principal produto contido na cana, dissacarídeos de fórmula  $C_{12}H_{22}O_{11}$  e não redutor.

**TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR):** refere-se à taxa de desconto que iguala o VPL de um projeto a zero, sendo a taxa composta que o projeto pode gerar.

**TORTA DE FILTRO:** resíduo composto da mistura de bagaço moído e lodo da decantação, proveniente do processo de clarificação do açúcar.

**VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL):** refere-se à soma das contribuições ao longo do projeto, descontada uma taxa que represente o custo do capital no tempo, tendo como finalidade determinar um valor no instante considerado inicial.

**VINHAÇA:** subproduto do processo de produção de álcool.

## APÊNDICES

**Apêndice A.** Atributos físico-químicos da vinhaça aplicada na cana-de-açúcar na área experimental. Goiânia GO, 2014-2016

Elemento químico	Unidade	Valor
Nitrogênio	%	0,0120
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0,0046
K <sub>2</sub> O (total solúvel)	%	0,0880
Matéria orgânica	%	0,7
Matéria mineral	%	0,2
Matéria seca	%	77,8
Relação C/N	-	33,8

**Apêndice B.** Composição química do fertilizante lithothamnium (Araújo et al., 2007)

Elemento químico			
Macro nutriente	Unidade (g K <sup>-1</sup> )	Micro nutriente	Unidade (mg kg <sup>-1</sup> )
Cálcio (Ca)	422-455	Boro (B)	8-20
Magnésio (MgO)	38-53	Manganês (Mn)	35-200
Silício (SiO <sub>2</sub> )	21-23	Molibdênio (Mo)	<5-5
Ferro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	2,7-9,7	Zinco (Zn)	11-22
Enxofre (S)	2,5-5,2	Cobalto (Co)	11-16
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,4-1,6	Vanádio (V)	14
Potássio (K <sub>2</sub> O)	0,2-0,4	Níquel (Ni)	15
Sódio (Na)	4,0-5,5	Cromo (Cr)	8
Cloro (Cl)	2,0-48	Cobre (Cu)	21

**Apêndice C.** Atributos químicos e físicos da torta de filtro aplicada na cana-de-açúcar na área experimental. Goiânia, GO, 2014-2016

Elemento químico	Unidade	Valor
N	dag/kg (%)	1,37
P	dag/kg (%)	1,568
K	dag/kg (%)	0,88
Ca	dag/kg (%)	1,40
Mg	dag/kg (%)	0,48
Cu	mg/kg (ppm) %	58
Fe	mg/kg (ppm) %	13472,0
Mn	mg/kg (ppm) %	431
Zn	mg/kg (ppm) %	36,1
MO	dag/kg	29
C/N	-	12,03
Ph	-	7,9

**Apêndice D.** Características físico-hídricas e químicas do solo utilizado no experimento.  
Goiânia, GO, 2014-2016

Análises química					
Macro-nutrientes	Unidade	Valor	Micro-nutrientes e outros	Unidade	Valor
P	Kg ha <sup>-1</sup>	0,28	Al	Kg ha <sup>-1</sup>	291,744
K	Kg ha <sup>-1</sup>	90	Zn	Kg ha <sup>-1</sup>	4,2
Ca	Kg ha <sup>-1</sup>	1,122	MO	Kg ha <sup>-1</sup>	16
Mg	Kg ha <sup>-1</sup>	72,936	Carbono	Kg ha <sup>-1</sup>	9,28
CTC	-	4,42	pH	-	6,4
Características hidráulicas do solo					
$\theta_{CC}$	cm <sup>-3</sup> cm <sup>-3</sup>	0,30	$\theta_{PMP}$	cm <sup>-3</sup> cm <sup>-3</sup>	0,17
$\theta_{Crit.}$	cm <sup>-3</sup> cm <sup>-3</sup>	0,23	Densidade	g cm <sup>-3</sup>	1,2

**Apêndice E.** Doses e parcelamento de aplicação da vinhaça ao longo do experimento

Programação de aplicação da vinhaça				Dosagem (parcelado) m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>				
DAP	Etapa fenológica	Aplicações	Data de aplicação	100%	75%	50%	25%	0%
0-40	Emergência	1	11/12/2014	36,7	27,5	18,3	9,1	0
100	Perfilhamento	2	26/12/2014	36,7	27,5	18,3	9,1	0
	Perfilhamento	3	10/01/2015	36,7	27,5	18,3	9,1	0
	Desenvolvimento	4	26/01/2015	36,7	27,5	18,3	9,1	0
	Desenvolvimento	5	10/02/2015	36,7	27,5	18,3	9,1	0
	Desenvolvimento	6	25/02/2015	36,7	27,5	18,3	9,1	0
	Desenvolvimento	7	12/03/2015	36,7	27,5	18,3	9,1	0
	Desenvolvimento	8	27/03/2015	36,7	27,5	18,3	9,1	0
160	Desenvolvimento	9	11/04/2015	36,7	27,5	18,3	9,1	0
	Desenvolvimento	10	26/04/2015	36,7	27,5	18,3	9,1	0
	Desenvolvimento	11	11/05/2015	36,7	27,5	18,3	9,1	0
	Desenvolvimento	12	26/05/2015	36,7	27,5	18,3	9,1	0
	Desenvolvimento	13	10/06/2015	36,7	27,5	18,3	9,1	0
	Desenvolvimento	14	25/06/2015	36,7	27,5	18,3	9,1	0
	Desenvolvimento	15	10/07/2015	36,7	27,5	18,3	9,1	0
	Desenvolvimento	16	25/07/2015	36,7	27,5	18,3	9,1	0
	Desenvolvimento	17	9/08/2015	36,7	27,5	18,3	9,1	0
	Desenvolvimento	18	24/08/2015	36,7	27,5	18,3	9,1	0
Total				660,8	495,6	330,4	165,2	0,0

**Apêndice F.** Esquema de análise da variância utilizada no experimento

Fonte de variação (FV)	Grau de liberdade (gl)
Tratamento	49
Irrigação (I)	1
Vinhaça (V)	4
Lithothamnium (L)	4
Irrigação (I) X Vinhaça (V)	4
Irrigação (I) X Lithothamnium (L)	4
Vinhaça (V) X Lithothamnium (L)	16
Irrigação (I) X Vinhaça (V) X Lithothamnium (L)	16
Erro	100
Total	149



**Apêndice G.** Preparação do solo (A, B), aplicação de torta de filtro (C) e semeadura da cana-de-açúcar da variedade RB867515 (D) sobre sistema de produção orgânica. Goiânia, GO, 2014-2016





**Apêndice H.** Aplicação de diferentes doses de lithothamnium (A, B), vinhaça (C) e torta de filtro (D) na cana-de-açúcar variedade RB867515. Goiânia, GO, 2014-2016



**Apêndice I.** Avaliação das características biométricas da cana-de-açúcar, variedade RB867515, submetida a diferentes doses de adubação e dois manejos de irrigação. Goiânia, GO, 2014-2016

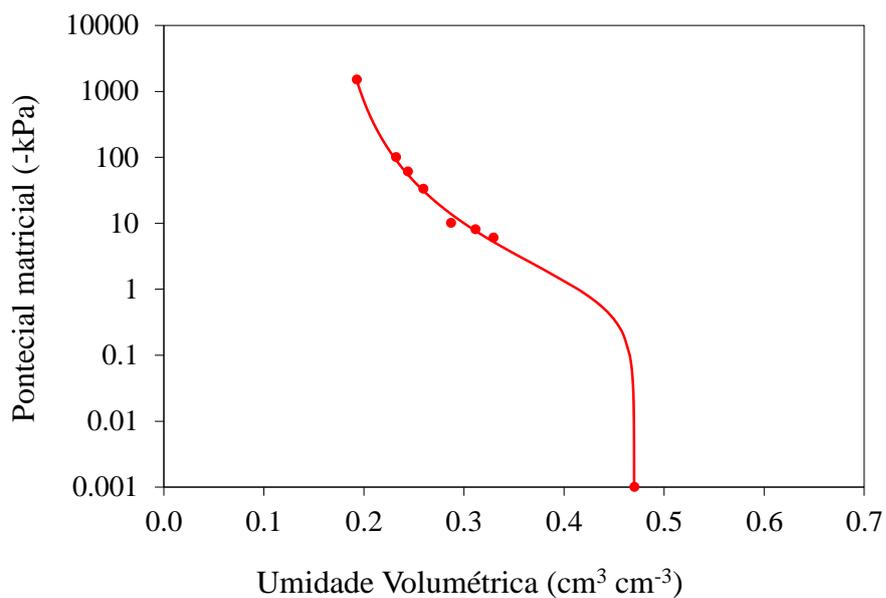




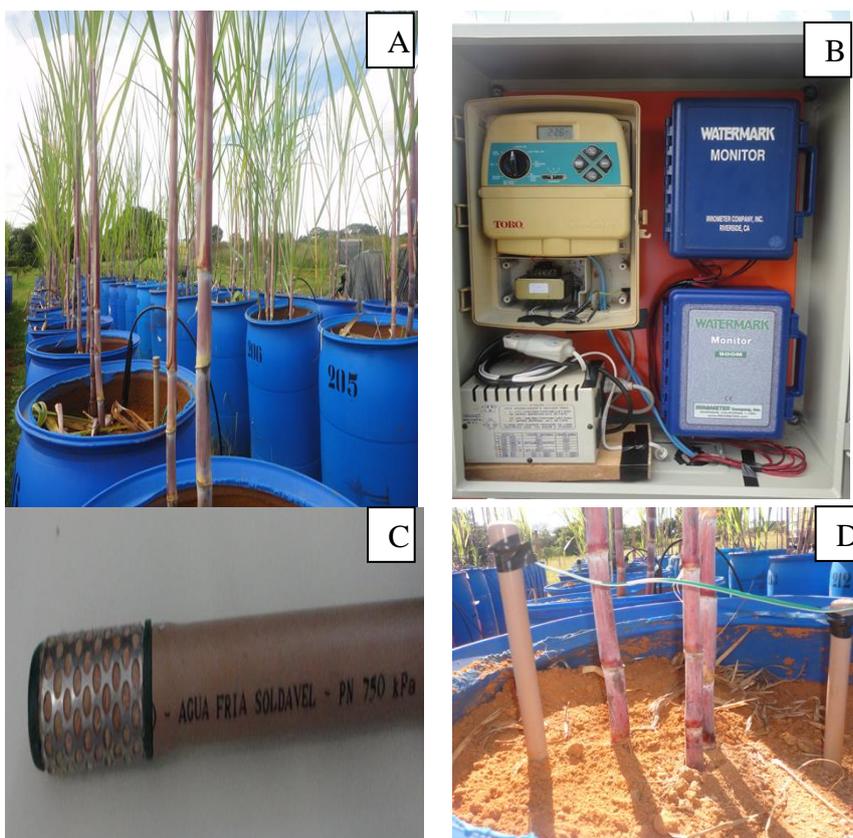
**Apêndice J.** Colheita (A), identificação (C) e extração de caldo (B, D) da cana-de-açúcar submetida a diferentes doses de vinhaça, lithothamnium e dois manejos de irrigação. Goiânia, GO, 2014-2016



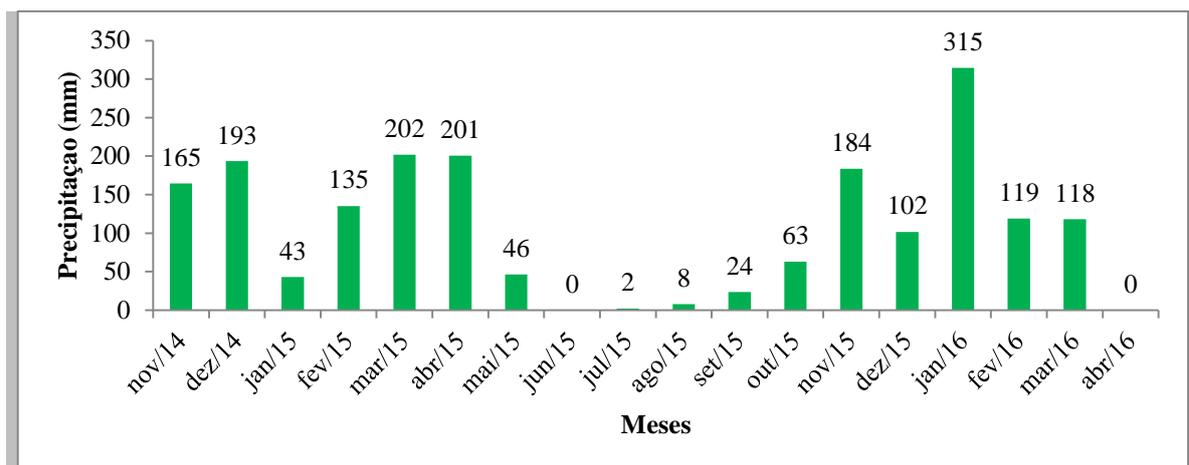
**Apêndice K.** Análises das características tecnológicas da cana-de-açúcar, variedade RB867515, submetidas diferentes doses de vinhaça, lithothamnium e dois manejos de irrigação. Goiânia, GO, 2014-2016



**Apêndice L.** Curva características de retenção de água no solo utilizado no experimento



**Apêndice M.** Sistema de irrigação utilizado: a) Gotejamento; b) Controlador de irrigação; c) sensor de monitoramento do conteúdo de água no solo; d) disposição do sensor na parcela experimental

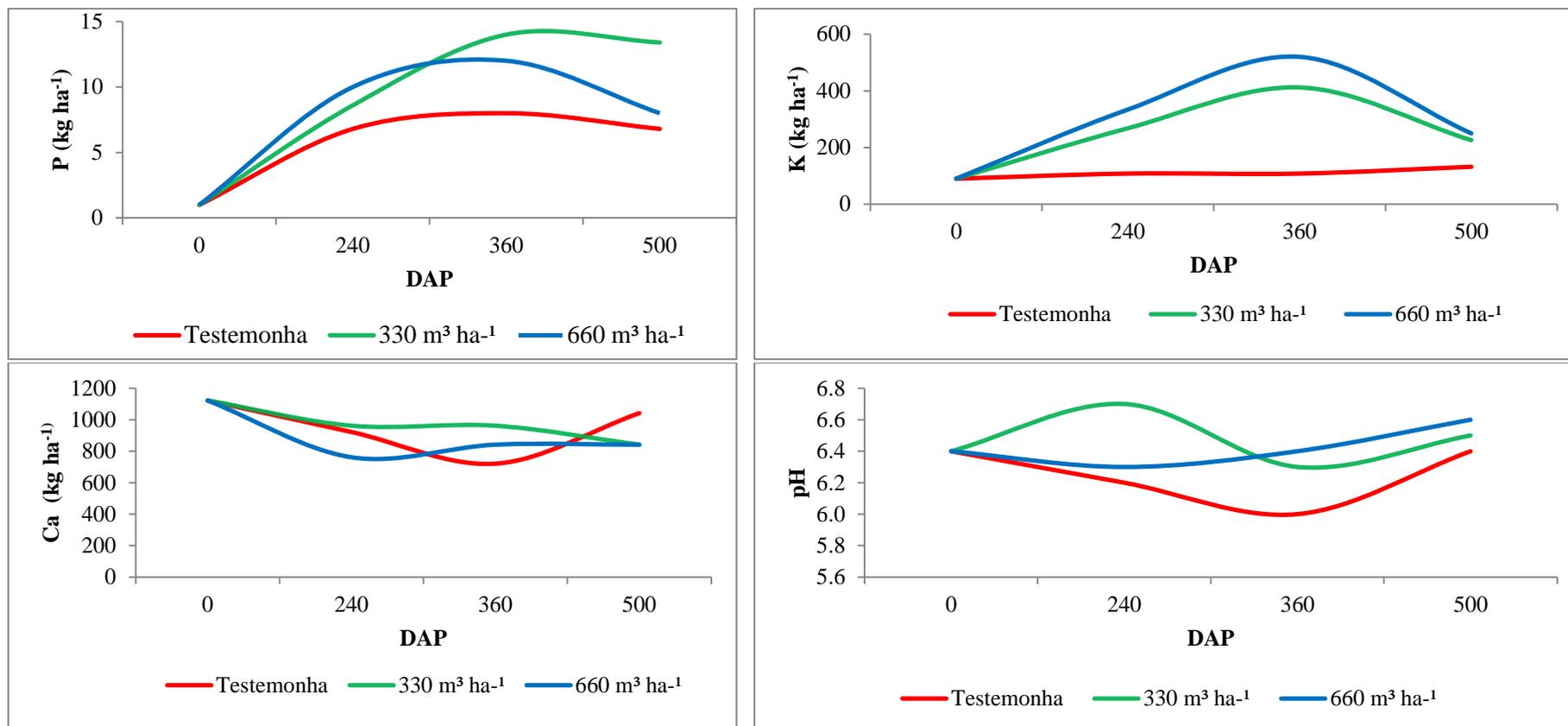


**Apêndice N.** Valores mensais de precipitação média em Goiânia, Goiás, Brasil, durante o ciclo vegetativo da cana-de-açúcar 2014-2016

**Apêndice O.** Análise de variância para graus Brix ( $^{\circ}$ ), Fibra (%), Pureza (%), Pol cana (%) e ATR de cana-de-açúcar planta da variedade RB867515 irrigada e adubada com diferentes doses de vinhaça e lithothamnium. Goiânia-GO, 2016

FV	GL	Quadrado médio				
		Brix	Fibra	Pureza	Pol cana	ATR
Vinhaça	4	5,74*	1,89	47,5	6,49	354,8
Lithothamnium	4	8,40**	1,80	141,5	11,6	938,5
Irrigação	1	3,65*	7,22*	19,23*	0,95*	216,5*
Vinhaça*Lithothamnium	16	1,44	1,23	66,6	3,09*	194,8
Vinhaça*Irrigação	4	2,79	0,63	7,4	0,99	93,8
Lithothamnium*Irrigação	4	1,37	0,42	37,8	1,74	155,6
Vinhaça*Lithothamnium*Irrigação	16	2,08	1,08*	51,5*	2,24	194,4*
Erro	100	1,63	0,42	30,9	1,74	117,9
CV		7,02	4,17	6,57	10,8	8,8
Média geral		18,2	15,17	84,6	12,3	123

\*\*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; \*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; e <sup>ns</sup> Não significativo.



**Apêndice P.** Conteúdo de fósforo, potássio, cálcio e pH no solo durante o ciclo fenológico da cana-de-açúcar, variedade RB867515 irrigada e adubada com 330 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de vinhaça e 200 kg ha<sup>-1</sup> de lithothamnium. Goiânia-GO, 2016.