

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - AGRONOMIA

**FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO EM CANA-DE-  
AÇÚCAR EM UM LATOSSOLO VERMELHO DE  
CERRADO**

Autor: Flávio Henrique Ferreira Gomes  
Orientador: Prof. Dr. Frederico Antonio Loureiro Soares

RIO VERDE - GO  
Agosto – 2017

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - AGRONOMIA

**FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO NA CULTURA DE  
CANA-DE-AÇÚCAR EM UM LATOSSOLO VERMELHO  
DE CERRADO**

Autor: Flávio Henrique Ferreira Gomes  
Orientador: Prof. Dr. Frederico Antonio Loureiro Soares

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS – AGRONOMIA no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de Concentração em Tecnologias Sustentáveis em Sistemas de Produção e Uso do Solo e Água.

Rio Verde - GO  
Agosto – 2017

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

G633f Gomes, Flávio Henrique Ferreira  
Fontes e doses de nitrogênio na cultura de cana-  
de-açúcar em um latossolo vermelho de cerrado /  
Flávio Henrique Ferreira Gomes; orientador Frederico  
Antonio Loureiro Soares; co-orientador Antônio Evami  
Cavalcante Sousa. -- Rio Verde, 2017.  
66 p.

Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias -  
Agronomia) -- Instituto Federal Goiano, Câmpus Rio  
Verde, 2017.

1. Saccharum officinarum L. 2. produtividade de  
colmo. 3. rendimento bruto de açúcar. 4. rendimento  
bruto de álcool. 5. ureia. I. Soares, Frederico  
Antonio Loureiro, orient. II. Sousa, Antônio Evami  
Cavalcante, co-orient. III. Título.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-  
GRADUAÇÃO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
AGRÁRIAS-AGRONOMIA

**FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO NA CULTURA DE  
CANA-DE-AÇÚCAR EM UM LATOSSOLO VERMELHO  
DE CERRADO**

Autor: Flávio Henrique Ferreira Gomes  
Orientador: Prof. Dr. Frederico Antonio Loureiro Soares

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias - Agronomia - Área de  
Concentração em Tecnologias Sustentáveis em Sistemas de Produção e Uso  
do Solo e Água

APROVADA em 09 de agosto de 2017.

Prof. Dr. Antônio Evami Cavalcante Sousa  
Avaliador externo  
IF Goiano – Campus Ceres

Dr. Edson Cabral da Silva  
Avaliador Interno  
IF Goiano - Campus Rio Verde

Prof. Dr. Frederico Antonio Loureiro Soares  
Presidente da banca  
IF Goiano – Campus Rio Verde

**DEDICO**

A Deus,

Pela vida, saúde e força nos momentos de dificuldades.

**OFEREÇO**

À minha família,

Aos meus queridos pais, Nerione e Vildamar, por todo amor, e confiança que depositaram em mim, e por apesar dos sacrifícios não desistiram de apoiar à minha educação. À minha irmã, Marianne, e em especial, ofereço para a minha esposa Martina e ao meu filho Manuel, por estar ao meu lado, por todo carinho, atenção e compreensão.

*"Realmente, o mundo está cheio de perigos, mas ainda há muita coisa bonita, e embora atualmente o amor e a tristeza estejam misturados em todas as terras, talvez o primeiro ainda cresça com mais força."*

*Haldir - O Senhor dos Anéis.*

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos, de maneira especial, aos amigos parceiros e colegas de curso Fernando Nobre Cunha, Luiz Cesar Lopes Filho, Nelmicio Furtado Silva, Vitor Marquez Vidal e Wilker Alves Moraes, aos colegas de laboratório Fernando Cabral, Cicero Teixeira, Gustavo Silva, e a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, pelos incentivos constantes, apoio e amizade dispensados ao longo de todo curso de pós-graduação, cuja contribuição através de discussões e troca de experiência foi de grande importância e relevância.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia, todo pessoal envolvido (Diretoria, coordenação, secretaria e etc.), principalmente em nome do Professor Dr. Osvaldo Resende e Alan Carlos Costa. À Vanilda Maria Campos, pela paciência e apoio desde a matrícula a defesa da dissertação, ao IFGoiano – Campus Rio Verde, pela oportunidade e suporte concedido para a realização desse curso de pós-graduação e pelo desenvolvimento deste trabalho.

Aos Drs. Frederico Antônio Loureiro Soares, Marconi Batista Teixeira, Edson Cabral Silva e Antonio Evami Cavalcante Sousa, por todo o apoio, orientação e ensinamentos ao longo da execução deste trabalho e sobretudo pela valiosa demonstração de amizade no decorrer desta caminhada.

Aos funcionários de todos Departamento da Instituição, pela atenção e colaboração nos momentos em que necessitei de auxílio para continuar nesta caminhada.

Ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de

Goiás (FAPEG), pela concessão da bolsa de estudo, pelas verbas de auxílio financeiro ao projeto e fomento à pesquisa de maneira geral.

À Usina Raízen localizada em Jatai - GO, pela disponibilização de áreas para pesquisa e colaboração na realização das análises tecnológicas da cana-de-açúcar.

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

FLÁVIO HENRIQUE FERREIRA GOMES, filho de Nerione Gomes Rosa e Vildamar Alves Ferreira Gomes, nasceu no dia 06 de outubro de 1988, na cidade de Santa Helena de Goiás, Goiás. No mês de fevereiro de 2007, iniciou no curso de Engenharia Agrícola na Universidade Estadual de Goiás – Campus Santa Helena de Goiás – GO, finalizando em dezembro de 2011. Em agosto de 2015, iniciou no curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia, no Instituto Federal Goiano – Campus de Rio Verde - GO, sob a orientação do Professor Dr. Frederico Antonio Loureiro Soares, concluindo em agosto de 2017.



## ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	x
RESUMO.....	
ABSTRACT.....	
<b>1.0 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>2.0 OBJETIVOS.....</b>	<b>24</b>
2.1 Objetivo Geral.....	24
2.2 Objetivos Específicos.....	24
<b>3.0 CAPÍTULO I.....</b>	<b>25</b>
3.1 Introdução.....	26
3.2 Materiais e Métodos.....	28
3.3 Resultado e Discussão.....	30
3.4 Conclusões .....	36
3.5 Referências Bibliográficas.....	37
<b>4.0 CAPÍTULO II.....</b>	<b>41</b>
4.1 Introdução.....	43
4.2 Materiais e Métodos.....	44
4.3 Resultado e Discussão.....	48
4.4 Conclusões.....	60
4.5 Referências Bibliográficas.....	61
<b>5.0 CONCLUSÃO GERAL.....</b>	<b>66</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

	Página
<b>Tabela 1.</b> Caracterização química do solo da área experimental antes da instalação do experimento, Usina Raízen, município de Jataí, GO, 2014.....	29
<b>Tabela 2.</b> Resumo da análise de variância para as variáveis altura de planta (AP), diâmetro de colmo (DC) e comprimento de entrenó (CE) da cultura cana-de-açúcar (var. SP80-1816), no ciclo de cana-planta, submetida a diferentes fontes e doses de nitrogênio, em diferentes épocas de avaliação, município de Jataí, GO, safra 2014/2015.....	30
<b>Tabela 3.</b> Resumo da análise de variância para a variável produtividade de colmo (PC) da cultura cana-de-açúcar (var. SP80-1816), no ciclo de cana-planta, submetida a diferentes fontes e doses de nitrogênio, município de Jataí, GO, safra 2014/2015.....	31
<b>Tabela 1.</b> Caracterização química do solo da área experimental antes da instalação do experimento, Usina Raízen, município de Jataí, GO, 2014.....	45
<b>Tabela 2.</b> Resumo da análise de variância para as variáveis massa seca das folhas verdes (MSFV), massa seca das folhas mortas (MSFM), massa seca do colmo (MSC), massa seca do ponteiro (MSPT) e massa seca total da parte aérea (MSTPA) da cultura cana-de-açúcar (var. SP80-1816), no ciclo de cana-planta, submetida a diferentes fontes e doses de nitrogênio, em diferentes épocas de avaliação, município de Jataí, GO, safra 2014/2015.....	49
<b>Tabela 3.</b> Resumo da análise de variância para as variáveis produtividade de colmo (PC), rendimento bruto de açúcar (RBAÇ) e rendimento bruto de álcool (RBAL) da cultura cana-de-açúcar (var. SP80-1816), no ciclo de cana-planta, submetida a diferentes fontes e doses de nitrogênio, município de Jataí, GO, safra 2014/2015.....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Precipitação pluvial ocorrida no município de Jataí, GO, durante a condução do experimento (cana-planta, safra 2014/15) .....	28
<b>Figura 2.</b> Altura de planta da cana-de-açúcar (var. SP 80+1816), no ciclo de cana-planta, em função de fontes de N (a) e doses de N (b), município de Jataí, GO, safra 2014/2015.....	32
<b>Figura 3.</b> Diâmetro de colmo da cana-de-açúcar (var. SP 80+1816), no ciclo de cana-planta, em função de fontes de N(a) e (c), doses de N (b) e épocas de avaliação (d), município de Jataí, GO, safra 2014/2015.....	33
<b>Figura 4.</b> Comprimento de entrenós da cana-de-açúcar (var. SP 80+1816), no ciclo de cana-planta, em função de fontes de N (a) e doses de N (b), município de Jataí, GO, safra 2014/2015.....	35
<b>Figura 5.</b> Produtividade de colmos da cana-de-açúcar (var. SP 80+1816), no ciclo de cana-planta, em função de fontes de N (a) e doses de N (b), município de Jataí, GO, safra 2014/2015.....	36
<b>Figura 1.</b> Precipitação pluvial ocorrida no município de Jataí, GO, durante a condução do experimento (cana-planta, safra 2014/15).....	45

<b>Figura 2.</b>	Massa seca das folhas verdes da cana-de-açúcar (var. SP 80+1816), no ciclo de cana-planta, em função das doses de N (A) e épocas de avaliação (B), município de Jataí, GO, safra 2014/2015.....	50
<b>Figura 3.</b>	Massa seca das folhas mortas da cana-de-açúcar (var. SP 80+1816), no ciclo de cana-planta, em função das fontes de N (A), doses de N (C e D) e épocas de avaliação (B), município de Jataí, GO, safra 2014/2015.....	52
<b>Figura 4.</b>	Massa seca do colmo da cana-de-açúcar (var. SP 80+1816), no ciclo de cana-planta, em função das fontes de N (A e C) e doses de N (B e D), município de Jataí, GO, safra 2014/2015.....	53
<b>Figura 5.</b>	Massa seca do ponteiro da cana-de-açúcar (var. SP 80+1816), no ciclo de cana-planta, em função das fontes de N (A), doses de N (B) e épocas (C), município de Jataí, GO, safra 2014/2015.....	55
<b>Figura 6.</b>	Massa seca total da parte aérea da cana-de-açúcar (var. SP 80+1816), no ciclo de cana-planta, em função das fontes de N (A), doses de N (B) e épocas de avaliação(C), município de Jataí, GO, safra 2014/2015.....	57
<b>Figura 7.</b>	Produtividade de colmos da cana-de-açúcar (var. SP 80+1816), no ciclo de cana-planta, em função de fontes de N (A) e doses de N (B), município de Jataí, GO, safra 2014/201.....	58
<b>Figura 8.</b>	Rendimento bruto de açúcar da cana-de-açúcar (var. SP 80+1816), no ciclo de cana-planta, em função de fontes de N (A) e doses de N (B), município de Jataí, GO, safra 2014/2015.	59
<b>Figura 9.</b>	Rendimento bruto de álcool da cana-de-açúcar (var. SP 80+1816), no ciclo de cana-planta, em função de fontes de N (A) e doses de N (B), município de Jataí, GO, safra 2014/2015.....	60

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Al	Alumínio	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
AP	Altura de planta	m
B	Boro	
Ca	Cálcio	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
CE	Comprimento Entrenós	cm
Cl <sub>2</sub>	Dicloro	
cm	Centímetros	
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono	
CTC	Capacidade de troca catiônica	
CV	Coefficiente de variação	%
DAP	Dias após o plantio	
DC	Diâmetro de colmos	mm
Fe	Ferro	
FV	Fonte de variação	
GO	Goiás	
GL	Grau de liberdade	
ha	Hectare	
H <sub>2</sub> O	Água	
H+Al	Acidez Potencial	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
K	Potássio	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
m	Metro	
Mg	Magnésio	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
mm	Milímetro	
Mn	Manganês	
MO	Matéria Orgânica	g kg <sup>-1</sup>
MSC	Massa Seca do Colmo	kg
MSFM	Massa Seca das Folhas Mortas	kg
MSFV	Massa Seca das Folhas Verde	kg
MSPT	Massa Seca do Ponteiro	kg
MSTPA	Massa Seca Total da Parte Aérea	kg
N	Nitrogênio	
NA	Nitrato de Amônio	
P	Fosforo	
pH	Potencial Hidrogeniônico	
PC	Produtividade de Colmo	t ha <sup>-1</sup>
QM	Quadrado Médio	

RBAÇ	Rendimento Bruto de Açúcar	$t\ ha^{-1}$
RBAL	Rendimento Bruto de Álcool	$m^3\ ha^{-1}$
S	Enxofre	$mmol_c\ dm^{-3}$
t	Tonelada	
U	Ureia	
V	Saturação por Bases	%
var	Variedade	
Zn	Zinco	

## RESUMO

GOMES, FLÁVIO HENRIQUE FERREIRA. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, agosto de 2017. **Fontes e doses de nitrogênio na cultura de cana-de-açúcar em um latossolo vermelho de cerrado.** Orientador: Frederico Antonio Loureiro Soares. Coorientador: Antonio Evami Cavalcante Sousa.

Para manter o crescimento do setor sucroalcooleiro em condições rentáveis, o mesmo deverá ser apoiado pela ampliação das áreas agrícolas e aumento da produtividade. Deste modo, é de fundamental importância a aplicação de novas técnicas que visem à otimização do setor. Buscando atingir a máxima eficiência adubação e, conseqüentemente, produtividade, é necessário aprimoramento das técnicas de manejo. Objetivou-se com este estudo avaliar o crescimento, a produção de matéria seca e definir as doses ótimas de N de diferentes fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar no ciclo de cana-planta, para a máxima produção de colmos, de açúcar e de álcool, em um Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado. O experimento foi conduzido em condições de campo, em área da Fazenda Rio Paraiso II pertencente à Usina Raízen, no município de Jataí, GO. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico, muito argiloso, fase cerrado. Foram realizadas amostragens do solo, nas camadas de 0,00 a 0,20; 0,20 a 0,40 e 0,40 a 0,60 m, para a caracterização química. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema de parcela sub-subdividida 2 x 4 x 4, com três repetições. Os tratamentos foram duas fontes de nitrogênio (ureia e nitrato de amônio), quatro doses de nitrogênio (0, 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup>) e quatro

épocas de avaliação (210, 250, 290 e 330 dias após o plantio - DAP). As variáveis avaliadas foram altura de planta (AP), diâmetro de colmos (DC), comprimento de entrenós (CE), massa seca das folhas verdes (MSFV), massa seca das folhas mortas (MSFM), massa seca do colmo (MSC), massa seca do ponteiro (MSPT), massa seca total da parte aérea (MSTPA), produtividade de colmo (PC), rendimento bruto de açúcar (RBÇA) e rendimento bruto de álcool (RBAL). A produtividade de colmos, rendimento bruto de açúcar e rendimento bruto de álcool da cana-de-açúcar SP80-1816 nas doses de 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N teve incrementos mais elevados quando se utilizou nitrato de amônio. Não ocorreu diferença entre as fontes de nitrogênio na produtividade de colmos, rendimento bruto de açúcar e rendimento de álcool na dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N.

**Palavras-chave:** *Saccharum officinarum* L, produtividade de colmo, rendimento bruto de açúcar, rendimento bruto de álcool, ureia.



## ABSTRACT

GOMES, FLÁVIO HENRIQUE FERREIRA. Federal Institute Goiano – Campus Rio Verde – GO, august of 2017. **Sources and doses of nitrogen in the sugar cane crop in a red latosol of cerrado.** Advisor: Frederico Antonio Loureiro Soares. Coorientator: Antonio Evami Cavalcante Sousa.

To maintain the growth of the sugar and alcohol sector in profitable conditions, it should be supported by the expansion of agricultural areas and productivity increase. Therefore, it is of fundamental importance to apply new techniques aiming the sector optimization. In order to achieve maximum efficiency, fertilization and, consequently, productivity, it is necessary to improve management techniques. The objective of this study was to evaluate the growth, dry matter production and to define the optimum N doses of different nitrogen sources in sugarcane in the cane plant cycle, for the maximum yield of stalks, sugar and alcohol, in a Cerrado dystrophic Red Latosol. The experiment was carried out under field conditions, in the area of Rio Paraiso II farm belonging to the Raízen cane plant factory, in the city of Jataí, GO, Brazil. The collected soil was classified as dystrophic red latosol. For the chemical characterization, there were took samples of the soil, in the layers of 0.00 to 0.20; 0.20 to 0.40 and 0.40 to 0.60 m. The experimental design used was randomized blocks, analysed in factorial scheme of 2 x 4 x 4, with three replications, the factors analysed were two sources of nitrogen (urea and ammonium nitrate), four doses of nitrogen (0, 60, 120 and 180 kg ha<sup>-1</sup>) and four evaluation times (210, 250, 290 and 330 days after planting - DAP). The parameters analysed were plant

height (PH), diameter of stalks (DS), length of internodes (LI), dry mass of green leaves (DMGL), dry mass of dead leaves (DMDL), dry mass of the stalk (DMSTALK), dry mass of the stem (DMSTEM), total dry mass of the aerial part (TDMAP), productivity of stalks (PS), gross yield of sugar (GYS) and gross yield of alcohol (GYAL). The productivity of stalks, gross yield of sugar and gross yield of alcohol of sugarcane SP80-1816 at doses of 60 and 120 kg ha<sup>-1</sup> of N had higher increases when ammonium nitrate was used. There was no difference between the sources of nitrogen in productivity of stalks, gross yield sugar and gross yield alcohol at 180 kg ha<sup>-1</sup> of N.

**Key words:** *Saccharum officinarum* L, productivity of stalks, gross yield of sugar, gross yield alcohol, urea.

## 1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) chegou ao Brasil através dos portugueses e seu cultivo se iniciou em solo nordestino. No século XVI, o açúcar cristal, derivado da cultura, era um dos principais produtos agrícolas destinados à exportação. A partir do Brasil colonial até os tempos atuais a cultura expandiu-se pelo território nacional, sendo utilizada na produção de açúcar para o consumo interno e exportação, adquiriu grande importância socioeconômica, pela grande demanda por bioenergia, produção de combustível limpo e renovável, substituindo os combustíveis derivados do petróleo e gerando empregos para a população e desenvolvimento para cidades. Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e seus derivados, açúcar e álcool.

Inicialmente a expansão do cultivo da cana-de-açúcar, deu-se pelo crescimento em áreas de plantio, e pode ser dividida em três fases, destacando as relacionadas com o Proálcool, na primeira fase (1975 a 1986), ocorre a criação do Proálcool, e a produção de etanol expandiu-se e a produção de açúcar reduziu; na segunda fase (1986 a 2000), ocorre a crise no setor gerando estagnação, a produção de etanol oscila e a na produção de açúcar percebe-se um leve crescimento; na terceira fase (2000 a 2008), ocorre rápida expansão superando produções nas fases anteriores, a área destinada ao cultivo de cana-de-açúcar para produção de etanol apresentou crescimento, sendo maior que a área destinada a produção de açúcar [1].

A área cultivada com cana-de-açúcar que foi colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra de 2015/16 foi de 8.654,2 milhões de hectares, distribuídas em todos estados produtores. São Paulo permanece como o maior produtor com 52% (4.498,3

milhões hectares) de área plantada, seguido por Goiás com 10,4% (885,8 mil hectares), Minas Gerais com 10,1% (866,4 mil hectares), Mato Grosso do Sul com 7% (596,8 mil hectares), Paraná com 6% (515,7 mil hectares), Alagoas com 3,7% (323,6 mil hectares), Pernambuco com 3% (254,2 mil hectares) e Mato Grosso com 2,7% (232,8 mil hectares). Estes oito estados são responsáveis por 94,9,7% da produção nacional. Os demais estados produtores possuem áreas menores, com representações abaixo de 5,1% [2]. Ainda de acordo com Conab [2], a produção de cana-de-açúcar foi de 665,6 milhões de toneladas, a produção de açúcar atingiu 33,5 milhões de toneladas e a produção de etanol total foi de 30,5 bilhões de litros.

No ano de 2015 e 2016, o complexo sucroalcooleiro (açúcar e álcool) foi responsável por 9,67 e 13,36% do valor de toda a exploração de produtos do agronegócio brasileiro, respectivamente. Em 2015, os principais compradores de açúcar foram China, Bangladesh e Argélia, adquirindo aproximadamente 2,5; 2,46 e 1,62 milhões de toneladas, respectivamente. No mesmo ano, os principais compradores de álcool foram Estados Unidos, Coreia do Sul e China, adquirindo aproximadamente 629, 514 e 28 mil toneladas do produto, respectivamente [3]. A cultura da cana-de-açúcar atualmente é considerada uma das principais commodities agrícolas [4]. Brasil é responsável por 33% de toda cana-de-açúcar produzida no mundo [5].

O estado de Goiás é o segundo maior produtor de cana-de-açúcar do Brasil, destacando-se no cenário nacional, fatores edáficos e climáticos favorecem o desenvolvimento da cultura no estado. Entre os fatores ambientais que mais influenciam na conversão de energia em açúcar na cultura da cana-de-açúcar pode-se citar: a energia solar (intensidade, duração e qualidade); a concentração de CO<sub>2</sub>; a temperatura; a disponibilidade de água e de nutrientes entre os quais o nitrogênio (N), que possui grande importância por ser constituinte de proteínas, entre outras biomoléculas [6].

Com a crescente demanda, atualmente, por recursos energéticos substitutos do petróleo, a cultura canavieira está em plena expansão no Brasil, especialmente em Goiás, Triângulo Mineiro, Mato Grosso do Sul e oeste do estado de São Paulo [7].

A cultura da cana-de-açúcar apresenta grande importância no agronegócio brasileiro, representando a indústria sucroalcooleira cerca de 2% das exportações nacionais, além de reunir 6% dos empregos agroindustriais brasileiros e contribuir de maneira efetiva para o crescimento do mercado interno [8].

O bagaço da cana-de-açúcar, considerado resíduo industrial, pode ser utilizado para a produção de energia elétrica através do processo de cogeração de energia [9,10]. Os resíduos da cana de açúcar são importante opção de biomassa para conversão em energia elétrica, e seu uso é predominante [11].

A expansão do setor sucroalcooleiro demonstra a busca cada vez maior do mercado mundial, bem como do esforço governamental, por fontes de energia renovável, que aliadas a questões ambientais e políticas de matriz energética limpa, colocam o setor sucroenergético numa perspectiva promissora [12].

A expansão da cultura da cana-de-açúcar foi sempre motivada por questões econômicas e políticas; mas também apresenta vantagens no ponto de vista ambiental, quando comparado com o cultivo de outras matérias-primas para bioenergia. Os principais aspectos positivos são: baixo custo de produção, alta produtividade, baixo uso de N, ótimas relações de balanço de energia renovável/energia fóssil e bom potencial de mitigação de gases efeito estufa (GEE) [13].

Para a existência da produção de etanol suficiente para suprir necessidade nacional e exportação desse combustível, grandes áreas plantadas com a cultura juntamente com tecnologias de cultivo, devem ser adotadas para melhorar a produtividade. Sendo assim, prática como irrigação e adubação, podem ser adotadas para alcançar tais objetivo [14].

Para manter o crescimento do setor em condições rentáveis, ele deverá ser apoiado pela ampliação das áreas agrícolas e aumento da produtividade. Deste modo, é de fundamental importância a aplicação de novas técnicas que visem à otimização do setor, no que diz respeito a evolução tecnológica, de forma a proporcionar contínua elevação dos índices de produtividade por área [12].

O nitrogênio é o nutriente exigido em maior quantidade pelas plantas cultivadas, é importante para o metabolismo das plantas, é constituinte de enzimas, proteínas, DNA, RNA, clorofilas e precursor de hormônios [15]. Dessa maneira, é o nutriente que mais limita a produção vegetal [16].

A produção de fertilizantes nitrogenados possibilitou produção de alimentos para saciar a fome da população [17]. Sem a fixação industrial de N seria necessário o aumento de 167% no espaço destinado ao cultivo agrícola para atender a demanda populacional atual e a expansão de 225% nesse espaço para atender uma população estimada em 9,2 bilhões para 2050 [18].

Para Cantarella et al. [19], o N é requerido em grandes quantidades para a produção de biomassa, em média 1,4 kg de N por tonelada de colmo produzido. A quantidade de nutrientes exportadas pelos colmo é igual ou menor que a quantidade de N aplicado, e acaba se tornando o nutriente mineral, aplicado em cana-de-açúcar, com o custo mais elevado [20, 21, 22].

A cana-de-açúcar é cultivada no Brasil com aplicação de doses de N fertilizante inferiores aos outros países produtores da cultura [19]. A grande demanda da cultura por N, alto custo financeiro e energético dos fertilizantes nitrogenados, riscos ambientais relacionados à adição de N mineral no sistema e outros questionamentos têm originado diversos estudos sobre adubação nitrogenada na cana-de-açúcar [19, 23, 24]

Na Austrália, Holst et al. [25], estudando a importância da adubação nitrogenada em cana-soca com aplicação de 140 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de N na primeira e segunda socas, respectivamente, utilizando a variedade Q 1117 e seis clones, observaram que a adubação nitrogenada promoveu aumento na taxa de mineralização do solo e maior produção de biomassa em relação ao tratamento sem adição do nutriente.

No Estado de Goiás, Sousa & Lobato [26] recomendam, para expectativa de produtividade superior a 120 t ha<sup>-1</sup>, 30 kg ha<sup>-1</sup> no sulco de plantio e de 20 a 60 kg de N em cobertura.

A adubação nitrogenada pode promover aumento da produtividade em ciclo de cana-planta, mas em doses baixas as respostas podem ser pequenas [27, 23].

A adubação nitrogenada destaca-se como uma das práticas culturais de maior demanda de pesquisas e para a cultura da cana-de-açúcar, é preciso atenção especial, pois os estudos sobre N apresentam resultados muito variáveis [28]. São observadas diferenças na produção de colmos e atributos tecnológicos em situações de manejo nutricional [29, 30].

Buscando atingir a máxima eficiência adubação e, conseqüentemente, produtividade, é necessário aprimoramento das técnicas de manejo. O N apresenta uma dinâmica complexa, pelas múltiplas transformações caracterizadas por sete estados de oxidação e por sua mobilidade no sistema solo-planta. Os fertilizantes nitrogenados aplicados ao solo sofrem uma série de transformações químicas e microbianas, que podem resultar em perdas para os vegetais. Nesse contexto, considerando o custo dos adubos nitrogenados, é fundamental o desenvolvimento de manejos adequados da

adubação nitrogenada que visem ao melhor aproveitamento do N pela cultura da cana-de-açúcar. Nesse contexto, é possível formular as seguintes hipóteses i) o nitrogênio causa aumento no desenvolvimento e produtividade da cana-de-açúcar (cana-planta); ii) é possível estabelecer uma dose ótima de N de distintas fontes para cana-de-açúcar (cana-planta) que maximize a produtividade de colmos integrada a qualidade tecnológica.

## REFERÊNCIAS

- [1] Fischer, G.; Teixeira, E.; Hiznsnyik, E. T.; van Velthuisen, H. Land use dynamics and sugarcane production. In: ZUURBIER, P. e VOOREN, J. V. (Org.). Sugarcane Ethanol: contributions to climate change mitigation and the environment. Laxenburg: Wageniguen Academic Publishers, 2008. p. 29-62.
- [2] Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar 2015/2016. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_04\\_14\\_09\\_06\\_31\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_-\\_4o\\_lev\\_-\\_15-16.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_14_09_06_31_boletim_cana_portugues_-_4o_lev_-_15-16.pdf)> Acesso em: 27 julho. 2017.
- [3] Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro. Disponível em :< <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>> Acesso em : 27 de jul. 2017.
- [4] Devos, K. M. Grass genome organization and evolution. *Curr Opin Plant Biol.* v.13, n.2, pp. 139-145, 2010.
- [5] Jadoski, C.J.; Toppa, B.E.V.; Julianetti, A.; Hulsbof, T.; Ono, E.O.; Rodrigues, J.D.; Fisiologia do desenvolvimento do estágio vegetativo da cana-de-açúcar. *Pesquisa aplicada e agrotecnologia*, v.3, n.2, p.15, 2010.
- [6] Gava, G. J. C.; Kölln, O. T.; Uribe, R. A. M.; Trivelin, P. C. O.; Cantarella, H. Interação entre água e nitrogênio na produtividade de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.). In: CRUSCIOL, C. A. (Org.). *Tópicos em ecofisiologia da cana-de-açúcar*. 1 ed. Botucatu: FEPAF, v.1, p.49-66. 2010.
- [7] Guimarães, A. C. R. Caracterização de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) submetidas a déficit hídrico. 2011. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

- [8] Bologna-Campbell, I. Balanço de nitrogênio e enxofre no sistema solo-cana de-açúcar no ciclo de cana-planta. Tese, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007, 112 p.
- [9] Freitas, A. S. C.; Silva, A. R. A.; Bezerra, F. M. L.; Ferreira, C. S.; Andrade, R. R. Crescimento vegetativo da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) irrigada com água de esgoto doméstico tratado. *Conexões Ciência e Tecnologia*. Fortaleza-CE, v. 6, n. 1, p. 27-43, mar. 2012.
- [10] Oliveira, E.C.A; Gava, G.J.C.; Trivelin, P.C.O.; Otto, R.; Franco, H.C.J. Determining a critical nitrogen dilution curve for sugarcane. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v.176, n.5, p.712–723, 2013.
- [11] Santos, M. A. S. O que fazer com o bagaço da cana de açúcar? Uma abordagem da teoria das opções reais aplicada a usinas de processamento de etanol e açúcar da região de Piracicaba. 51 f. (2015). Dissertação (mestrado). Escola de Economia de São Paulo – Fundação Getúlio Vargas – EESP/FGV. 51 f.
- [12] Silva, N. F. Cultivo da cana-de-açúcar submetida a diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação nitrogenada via gotejamento subsuperficial. 86 f. (2014). Dissertação (mestrado). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Rio Verde, GO. 86 f.
- [13] Cortez, L. A. B. From the sugarcane ethanol sustainability that we have to the sugarcane ethanol sustainability that we should have. In: *Sustainability of Sugarcane Bioenergy*. Brasília: CGEE, pp. 351-359, 2012
- [14] Lelis Neto, J. A. Aplicação de vinhaça via gotejamento subsuperficial e seus efeitos nos perfis de distribuição iônico e atributos físicos e químicos de um Nitossolo. 138p. 2012. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- [15] Malavolta, E; moraes, M. F. Fundamentos do nitrogênio e do enxofre na nutrição mineral das plantas cultivadas. In: YAMADA, Tsuioshi et al. Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. Piracicaba: IPNI Brasil, 2007.
- [16] Barbosa, J. Z.; Consalter, R.; Motta, A. C. V. Fixação biológica de nitrogênio em *poaceae*. *Evidência*, v.12 n.1, p.7-18, 2012.
- [17] Standage, T.; *A história comestível da humanidade*, 1st ed., Jorge Zahar: Rio de Janeiro, 2010.



- [18] Dawson, C. J.; Hilton, J. Fertiliser availability in a resource-limited world: Production and recycling of nitrogen and phosphorus. *Food Policy*, v.36, issue Supplement 1, p. S14-S22, 2011.
- [19] Cantarella, H.; Trivelin, P.C.O.; Vitti, A.C. Nitrogênio e enxofre na cultura da cana-de-açúcar. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S.; VITTI, G.C. (Ed.). Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. Piracicaba: IPNI Brasil, 2007. p.355-412.
- [20] Trivelin, P.C.O.; Rodrigues, J.C.S.; Victoria, R.L. Aproveitamento por soqueira de cana-de-açúcar de final de safra do nitrogênio da aquamônia-<sup>15</sup>N e uréia-<sup>15</sup>N aplicado ao solo em complemento à vinhaça. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.30, n.2 p.1375-1385, 1996.
- [21] Cantarella, H.; Rosseto, R.; Barbosa, W.; Penna, M.J.; Resende, L.C.L. Perdas de nitrogênio por volatilização da amônia e resposta da cana-de-açúcar à adubação nitrogenada, em sistema de colheita de cana sem queima prévia. *Congresso nacional da stab*, 7., Londrina, 1999. Anais. Álcool Subpr., Londrina, 1999. p.82-87.
- [22] Rosseto, R.; Dias, F.L.F.; Landell, M.G.A.; Cantarella, H.; Tavares, S.; Vitti, A.C.; Perecin, D. N and K fertilization of sugarcane rations harvested without burning. *Proceedings International Society of Sugar Cane Technologist*, v.27, p.1-8, 2010.
- [23] Penatti, C. P. *Adubação da cana-de-açúcar - 30 anos de experiência*. 1. ed. Itu, SP, Brazil: Editora Ottoni, 347p. 2013.
- [24] Holst, J.; Brackin, R.; Robinson, N.; Lakshmanan, P.; Schnudt, S. Soluble inorganic and organic nitrogen in two Australian soils under sugar cane cultivation. *Agriculture, Ecosystems e Environment*, v.155, p.16-26, 2012.
- [25] Guimarães, A. C. R. Caracterização de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). 66p. 2011. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. 66p.
- [26] Sousa, D.M.G.; Lobato, E. (Eds). *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica/Embrapa-CPA, 2004. 416 p.
- [27] Fortes, C.; Trivelin, P. C. O; Vitti, A. C.; Otto, R.; Franco, H. C. J; Faroni, C. E. Stalk and sucrose yield in response to nitrogen fertilization of sugarcane under reduced tillage. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, v.48, n.1, p.88–96, 2013.

- [28] Korndörfer, G.H.; Colombo, C. Chimello, M.A.; Leone, P.L.C. Desempenho de variedades de Cana-de-Açúcar cultivadas com e sem Nitrogênio. *STAB – Açúcar, Álcool e Sub-Produtos*, v.20, p.28-31, 2002.
- [29] Faroni, C. E.; Trivelin, P. C. O; Franco, H. C. J; Vitti, A. C.; Otto, R.; Cantarella, H. Nutritional status of sugar cane (planted cane) in  $(^{15}\text{N})$  experiments. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, v.33, n.6, p.1919–1927, 2009.
- [30] Franco, H. C. J.; Trivelin, P. C. O.; Faroni, C. E.; Vitti, A. C.; Otto, R. Stalk yield and technological attributes of planted cane as related to nitrogen fertilization. *Scientia Agricola*, v.67, n.5, p.579–590, 2010.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Objetivou-se com este estudo avaliar o crescimento, a produção de matéria seca e definir as doses ótimas de N de diferentes fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar, no ciclo de cana-planta, para a máxima produção de colmos, de açúcar e de álcool, em um Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Identificar a melhor fonte e dose de N, na forma de nitrato de amônio e ureia, que propicie a maior produtividade em tonelada de colmos por hectare (TCH) para a cana-de-açúcar, no ciclo de cana-planta;
- Identificar a melhor fonte e dose de N, na forma de nitrato de amônio e ureia, que propicie o maior rendimento bruto de açúcar (RBAÇ) para a cana-de-açúcar, no ciclo de cana-planta;
- Identificar a melhor fonte e dose de N, na forma de nitrato de amônio e ureia, que propicie o maior rendimento bruto de álcool (RBAL) para a cana-de-açúcar, no ciclo de cana-planta;

### 3. CAPÍTULO I

(Normas de acordo com o periódico Journal of Agricultural Science and Technology B)

#### **DESEMPENHO VEGETATIVO E PRODUTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A DIFERENTES FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO EM UM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO**

**Resumo** - Objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos de diferentes fontes e doses de nitrogênio no crescimento e na produtividade da cana-de-açúcar, (var. SP80-1816), no ciclo de cana-planta. O experimento foi conduzido em condições de campo, em área da Fazenda Rio Paraíso II, pertencente à Usina Raízen, no município de Jataí, GO. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico, muito argiloso, fase cerrado. Foram realizadas amostragens do solo, nas camadas de 0,00 a 0,20; 0,20 a 0,40 e 0,40 a 0,60 m, para a caracterização química. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema de parcela sub-subdividida 2 x 4 x 4, com três repetições. Os tratamentos foram duas fontes de nitrogênio (ureia e nitrato de amônio), quatro doses de nitrogênio (0, 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup>) e quatro épocas de avaliação (210, 250, 290 e 330 dias após o plantio - DAP). As variáveis avaliadas foram altura de planta (AP), diâmetro de colmos (DC), comprimento de entrenós (CE) e produtividade de colmos. A dose de 100 e 110,87 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de ureia, proporcionou maior altura de planta e comprimento de entrenós à cana-de-açúcar (cana-planta), respectivamente. O nitrato de amônio na dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N, aos 330 DAP, proporcionou o maior diâmetro de colmos à cana-de-açúcar (cana-planta). A

produtividade de colmos da cana-de-açúcar (cana-planta) nas doses de 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N teve incrementos mais elevados quando se utilizou o nitrato de amônio.

**Palavras-chave:** *Saccharum* spp., ureia, nitrato de amônio, rendimento, biometria.

**Abstract:** The aim of this work was to evaluate the effects of the application of different sources and doses of nitrogen in the growth and productivity of sugarcane in cane plant. The experiment was carried out under field conditions, in the area of Rio Paraiso II farm belonging to the Raízen cane plant factory, in the city of Jataí, GO, Brazil. The collected soil was classified as dystrophic red latosol. For the chemical characterization, there were taken samples of the soil, in the layers of 0.00 to 0.20; 0.20 to 0.40 and 0.40 to 0.60 m. The experimental design used was randomized blocks, in factorial scheme of 2 x 4 x 4, with three replications, the factors analysed were two sources of nitrogen (urea and ammonium nitrate), four doses of nitrogen (0, 60, 120 and 180 kg ha<sup>-1</sup>) and four evaluation times (210, 250, 290 and 330 days after planting - DAP). The parameters analysed were plant height (PH), diameter of stalks (DS), length of internodes (LI) and productivity of stalks (PS). There was observed significant difference in the sources and doses of nitrogen for the evaluated parameters in sugarcane plant. Urea in the average dose of 100 and 110.87 kg ha<sup>-1</sup> N provided the greatest plant height and length of internodes of sugarcane (cane plant), respectively. Ammonium nitrate at a dose of 180 kg ha<sup>-1</sup> presented the largest diameter of the stalks of sugarcane (cane plant) at 330 DAP. The productivity of stalks of sugarcane SP80-1816 (sugarcane plant) in doses of 60 and 120 kg ha<sup>-1</sup> has higher increments when using ammonium nitrate.

**Key words:** *Saccharum* spp., urea, ammonium nitrate, yield, biometry.

### 3.1 Introdução

Atualmente, a agroindústria canavieira mostra-se muito favorável, devido ao esgotamento das jazidas petrolíferas e ao elevado preço do petróleo. No ano de 2015 e 2016, o complexo sucroalcooleiro (açúcar e álcool) foi responsável por 9,67 e 13,36% do valor de toda a exploração de produtos do agronegócio brasileiro, respectivamente. Em 2015, os principais compradores de açúcar foram China, Bangladesh e Argélia, adquirindo aproximadamente 2,5; 2,46 e 1,62 milhões de toneladas, respectivamente. No mesmo ano, os principais compradores de álcool foram Estados Unidos, Coreia do Sul e China, adquirindo aproximadamente 629, 514 e 28 mil toneladas do produto,

respectivamente [1]. A cultura da cana-de-açúcar atualmente é considerada uma das principais commodities agrícolas [2]. Brasil é responsável por 33% de toda cana-de-açúcar produzida no mundo [3].

A cana-de-açúcar é considerada uma das grandes alternativas para o setor de biocombustíveis, pelo grande potencial na produção de etanol e aos respectivos subprodutos. A área cultivada com cana-de-açúcar, colhida e destinada à atividade sucroalcooleira, na safra 2016/17, será de aproximadamente 9.110,9 mil hectares [4].

Para que exista produção de etanol suficiente para suprir, primeiramente, a necessidade nacional, e posteriormente as exportações desse combustível, grandes áreas plantadas com a cultura, juntamente com tecnologias de cultivo, devem ser adotadas, para melhorar a produtividade. Sendo assim, práticas adequadas de manejo como irrigação e adubação, devem ser adotadas para alcançar tais objetivos. [5]. Para manter o crescimento do setor em condições rentáveis, ele deverá ser apoiado pela ampliação das áreas agrícolas e aumento da produtividade. Deste modo, é de fundamental importância a aplicação de novas técnicas que visem à otimização do setor, no que diz respeito a evolução tecnológica, de forma a proporcionar contínua elevação dos índices de produtividade por área [6].

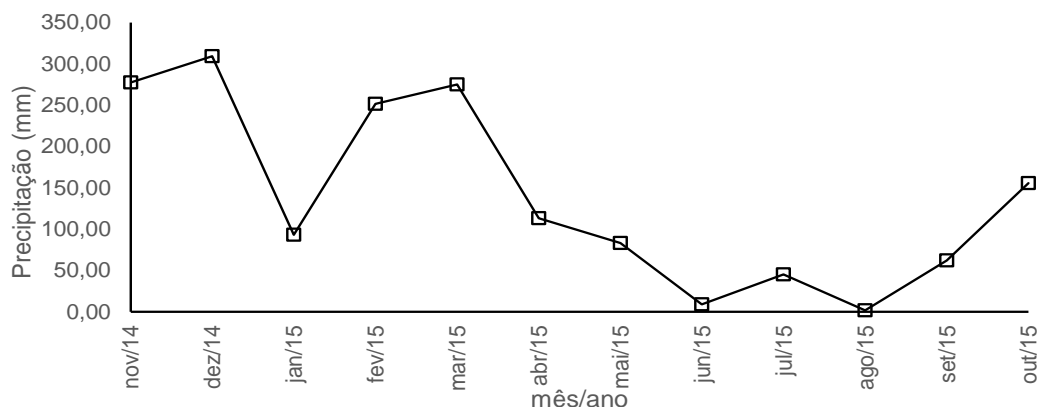
A cana-de-açúcar é cultivada no Brasil com aplicação de doses de fertilizantes nitrogenados inferiores aos outros países produtores da cultura [7]. A grande demanda da cultura por N, o alto custo financeiro e energético dos fertilizantes nitrogenados, os riscos ambientais relacionados à adição de N mineral no sistema e outros questionamentos têm originado diversos estudos sobre adubação nitrogenada na cana-de-açúcar [7, 8, 9]. O nitrogênio é o nutriente exigido em maior quantidade pelas plantas cultivadas, é importante para o metabolismo das plantas, é constituinte de enzimas, proteínas, DNA, RNA, clorofilas e precursor de hormônios [10]. Dessa maneira, é o nutriente que mais limita a produção vegetal [11].

A adubação nitrogenada destaca-se como uma das práticas culturais de maior demanda de pesquisas e para a cultura da cana-de-açúcar, é preciso atenção especial, pois os estudos sobre N apresentam resultados muito variáveis [12]. A avaliação de variáveis biométricas e da produtividade tem sido realizada por vários pesquisadores [13, 14, 15, 16], na busca de respostas aos tratamentos aplicados, e pode permitir o aprimoramento de técnicas para o manejo do solo e da cultura. Em estudo realizado por Oliveira et al. [17] não foi observado efeitos em seus tratamentos para a produtividade de colmo. Já em trabalhos realizados por Megda et al. [18] e Schultz et al. [19], foi observado incrementos na produtividade de colmo com a aplicação de nitrogênio.

Com isso, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade da cana-de-açúcar (var. SP80-1816), no ciclo de cana-planta, cultivada em um Latossolo Vermelho distrófico.

### 3.2 Materiais e Métodos

O experimento foi conduzido em condições de campo, em área da Fazenda Rio Paraíso II, pertencente à Usina Raízen, no município de Jataí, GO. As coordenadas geográficas do local são 17°43'15.23"S e 51°38'12.62"O, com altitude média de 912 m. Segundo a classificação de Köppen [20], o clima do local é do tipo Aw, tropical, com chuva nos meses de outubro a abril, e seca nos meses de maio a setembro. A temperatura máxima oscila de 35 a 37 °C, e a mínima de 12 a 15 °C. A precipitação pluvial ocorrida durante o período da realização do experimento foi de 1676,5 mm, conforme Figura 1.



Fonte: Estação Normal INMET – Jataí - GO.

**Figura 1.** Precipitação pluvial ocorrida no município de Jataí, GO, Brasil, durante a condução do experimento (cana-planta), safra 2014/15.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, muito argiloso, fase cerrado [21]. As características químicas do solo da área experimental, em amostras coletadas antes da implantação do experimento, são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Caracterização química do solo da área experimental antes da instalação do experimento, Usina Raízen, município de Jataí, GO, 2014.

Camada (m)	pH H <sub>2</sub> O	MO (g kg <sup>-1</sup> )	P (mg dm <sup>-3</sup> )	K -----	Ca	Mg	Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	H+Al -----	S -----	CTC -----	V (%)
0,00 – 0,20	5,8	76,00	20,00	1,10	28,00	14,00	0,00	20,00	43,10	63,10	68,00
0,20 – 0,40	5,9	80,00	14,00	1,00	29,00	15,00	0,00	20,00	45,00	65,00	69,00
0,40 – 0,60	6,5	64,00	7,00	0,60	7,00	7,00	0,00	25,00	14,60	39,60	37,00

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, analisado em esquema de parcela sub-subdividida 2 x 4 x 4, com quatro repetições, os fatores analisados foram duas fontes de nitrogênio (ureia e nitrato de amônio), quatro doses de nitrogênio (0, 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup>) e quatro épocas de avaliação: 210, 250, 290 e 330 dias após o plantio (DAP).

A adubação nitrogenada foi de acordo com os tratamentos, aplicada aos 60 DAP. Todos os tratamentos foram adubados no sulco de plantio com fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), na forma de superfosfato triplo, potássio (K<sub>2</sub>O), na forma de cloreto de potássio, e micronutrientes, conforme resultados das análises de solo para uma expectativa de rendimento superior a 120 t ha<sup>-1</sup> de colmos, segundo recomendações de Sousa e Lobato [22].

No experimento, as unidades experimentais foram constituídas por cinco linhas de cana-de-açúcar de 5 m de comprimento, espaçadas de 1,50 m entre si. A área útil da parcela abrangeu três linhas centrais de cada parcela, desprezando-se 1 m em cada extremidade.

Utilizou-se a variedade de cana-de-açúcar SP80-1816, desenvolvida pelo instituto Agrônomo de Campinas (IAC), que se destaca na adaptação às condições edafoclimáticas de Cerrado. O preparo do solo foi realizado pelo sistema convencional, por meio de aração e gradagem, seguido de abertura dos sulcos de plantio.

O plantio foi realizado no dia 20/11/2014 de maneira mecanizada, conforme a experiência da Usina Raízen, e o número de gemas por metro, conforme as recomendações para a respectiva variedade.

Os tratamentos culturais referentes ao uso de herbicidas, inseticidas, fungicidas e demais produtos relacionados com o controle de plantas daninhas, pragas e doenças foram utilizados conforme a necessidade e avaliação de infestação, e de acordo com a experiência da Usina Raízen.

As avaliações biométricas foram realizadas em quatro plantas demarcadas e localizadas na área útil de cada parcela. A área útil constituiu no metro linear central da linha principal de cada parcela. As variáveis analisadas foram: altura de planta (AP), mensurada do solo até a lígula da última



folha completamente aberta e diâmetro de colmo (DC), mensurado na base do colmo com auxílio de um paquímetro digital e comprimento de entrenós (CE) mensurado de um entrenó a outro.

A colheita foi realizada no dia 20/10/2015 e a produtividade de colmos (toneladas colmos por hectare – TCH) foi determinada através da pesagem total dos colmos presentes na área útil das respectivas parcelas, foram quantificados o peso dos colmos presentes nas duas linhas centrais de cada parcela. Para tanto, realizou-se o corte o mais rente possível do solo. Os colmos foram despalhados e o ponteiro destacado. Em seguida, pesadas em balança digital tipo gancho (precisão = 0,02 kg), com capacidade de 50 kg.

Os dados foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F ao nível de 5% de probabilidade e em caso de significância foi realizada análise de regressão para doses de nitrogênio e épocas de avaliação, enquanto que para as fontes nitrogenadas, as médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR® [23].

### 3.3 Resultados e discussão

A análise de variância mostrou efeito significativo, em relação às doses (D) de nitrogênio aplicadas à cana-de-açúcar para as variáveis altura de planta (AP), diâmetro de colmo (DC) e comprimento de entrenó (CE). A interação entre os fatores F x D foi significativo para as todas as variáveis analisadas. As épocas (DAP) foram significativas para todas as variáveis analisadas. Ocorreu efeito significativo em relação à interação F x DAP para diâmetro de colmo (DC) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para as variáveis altura de planta (AP), diâmetro de colmo (DC) e comprimento de entrenó (CE) da cultura cana-de-açúcar (var. SP80-1816), no ciclo de cana-planta, submetida a diferentes fontes e doses de nitrogênio, em diferentes épocas de avaliação, município de Jataí, GO, Brasil, safra 2014/2015.

FV	GL	Quadrados Médio <sup>1</sup>		
		AP	DC	CE
FONTES (F)	1	0,11711 <sup>ns</sup>	3,4420 <sup>ns</sup>	2,3785 <sup>ns</sup>
BLOCO	2	0,53137 <sup>ns</sup>	7,8835 <sup>ns</sup>	6,3141*
RESÍDUO (a)	2	0,07386	5,7119	0,1216
DOSES (D)	3	0,48466**	46,2043**	3,2330**
FONTES x DOSES	3	0,13905**	7,5777*	2,0153**
RESÍDUO (b)	6	0,01177	1,0877	0,0827
ÉPOCA (E)	3	16,64220**	60,0790**	14,9585**
INTERAÇÃO FxE	3	0,05252 <sup>ns</sup>	2,4061*	0,3467 <sup>ns</sup>

INTERAÇÃO DxE	9	0,03907 <sup>ns</sup>	1,0752 <sup>ns</sup>	0,0747 <sup>ns</sup>
INTERAÇÃO FxDxE	9	0,01720 <sup>ns</sup>	1,1369 <sup>ns</sup>	0,0740 <sup>ns</sup>
RESÍDUO (c)	54	0,02485	0,8073	0,1357
CV (a)		10,32	8,57	4,59
CV (b)		4,12	3,74	3,79
CV (c)		5,99	3,22	4,85

<sup>1</sup>Coefficiente de variação (CV). \*\* e \* significativo a 1 e a 5% de probabilidade, respectivamente. <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F.

A interação entre fontes e doses de nitrogênio em cana-de-açúcar foi significativa ( $p < 0,01$ ) para a produtividade de colmo (PC). Resultados significativos decorrentes da aplicação de N foram obtidos por Megda et al. [18]; Schultz et al. [19]; Bastos et al. [24].

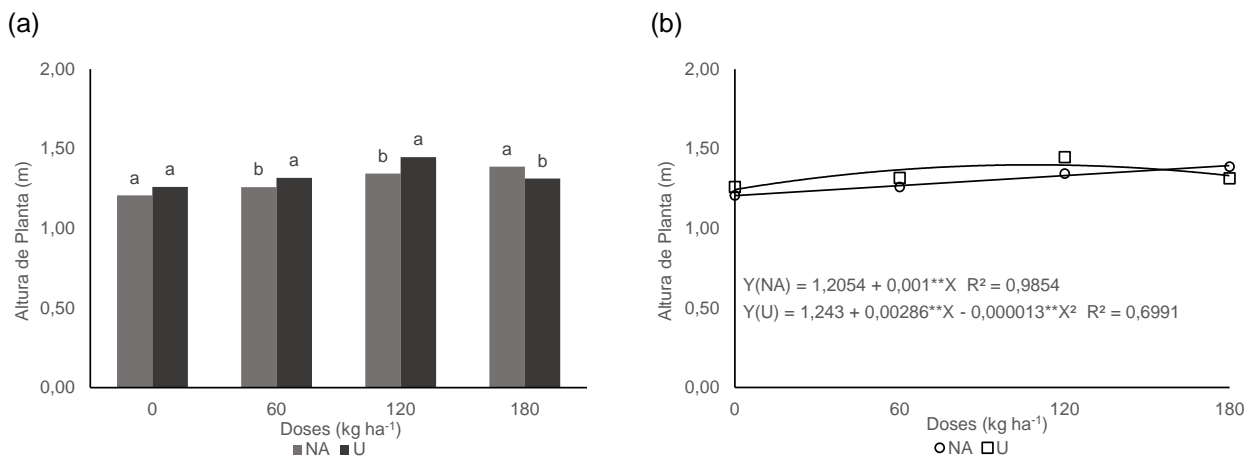
**Tabela 3.** Resumo da análise de variância para a variável produtividade de colmo (PC) da cultura cana-de-açúcar (var. SP80-1816), no ciclo de cana-planta, submetida a diferentes fontes e doses de nitrogênio, município de Jataí, GO, Brasil, safra 2014/2015.

FV	GL	Quadrados Médios <sup>1</sup>	
		PC	
FONTES (F)	1	794,1901**	
DOSES (D)	3	7545,4296**	
FONTES x DOSES	3	134,4442**	
BLOCO	2	5,9269*	
RESÍDUO	14	17,2993	
CV		3,68	

<sup>1</sup>Coefficiente de variação (CV). \*\* e \* significativo a 1 e a 5% de probabilidade, respectivamente. <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F.

Na Figura 2a, observa-se que a fonte de N ureia (U), nas doses de 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N para AP foram superiores 4,35 e 7,13% comparada à fonte nitrato de amônio (NA), respectivamente. No entanto, a fonte NA, na dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N para AP foi maior 5,33% do que a fonte de N U. Marcelo [25], observou efeito significativo apenas para doses de N para a variável comprimento de colmos da cana-de-açúcar, sendo obtido um comprimento médio de colmo de 1,32 m com a dose de 160 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. Mendonça et al. [26], verificaram que as doses 64, 80 e 96 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio proporcionaram o mesmo efeito no crescimento das cultivares, independente de ser utilizado biofertilizante ou ureia. Goes et al. [27], estudando fontes e doses de nitrogênio na cultura do milho, não observaram diferença estatística para AP em função das fontes aplicadas (ureia, sulfato de amônio e nitrato de amônio).

Na Figura 2b, no desdobramento dos efeitos das doses de N dentro das diferentes fontes de N, constatou-se que para a variável AP houve efeito para NA e U. Segundo a equação de regressão linear obtida para o NA uma AP máxima de 1,39 m foi estimada com a dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N e segundo a equação de regressão quadrática obtida para a U uma AP máxima de 1,40 m foi estimada com a dose de 110 kg ha<sup>-1</sup> de N. Para Gírio et. al. [28], a adição de N (50 kg ha<sup>-1</sup>) promoveu ganhos crescentes até os 180 dias, considerando a somatória das alturas, diâmetros, massa seca da raiz, massa seca do colmo, massa seca da parte aérea e massa seca total. Cunha et al. [29], observaram que para AP em relação à fertirrigação com N, a diferença foi significativo apenas entre 270, 300 e 330 DAC, demonstrando incrementos de 5,8, 4,3 e 4,8%, respectivamente. Já Oliveira et al. [17], observaram efeitos significativo do nitrogênio em relação a AP aos 300 e 330 DAP, e obteve 2,84 m e 3,12 m, respectivamente.



Médias seguidas das mesmas letras, dentro da mesma dose de N, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*\* e \* significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F.

**Figura 2.** Altura de planta da cana-de-açúcar (var. SP 80+1816), no ciclo de cana-planta, em função de fontes de N (a) e doses de N (b), município de Jataí, GO, Brasil, safra 2014/2015.

Na Figura 3a, observa-se que a fonte de NA, na dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N, para DC, foi superior em 5,88% à fonte U. Marcelo [25], não observou efeito significativo para doses, fontes e interação entre fonte x doses para diâmetro de colmos da cana-de-açúcar.

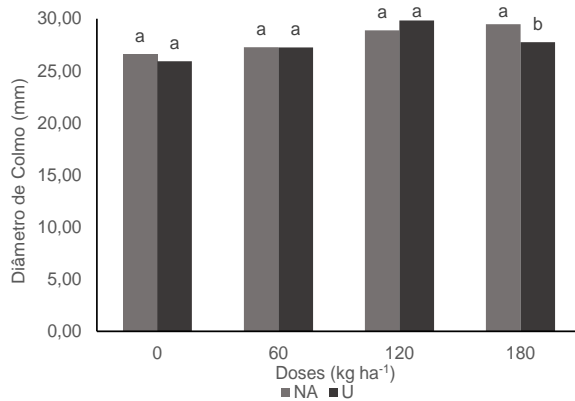
Na Figura 3b, no desdobramento dos efeitos das doses de N, para os níveis das fontes de N, é possível constatar que para a variável DC houve efeito para NA e U. Segundo a equação de regressão linear obtida para o NA, um DC máximo de 29,60 mm foi estimado com a dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N e segundo a equação de regressão quadrática obtida para a U, o DC máximo de 28,94 mm foi estimado

com uma dose de 118,46 kg ha<sup>-1</sup> de N. Em experimentos realizados por Silva et al. [30], o diâmetro médio de colmo obtido foi de 23 mm, o menor de 21,6 mm (precipitação de 1065 mm e 68 kg de N de cobertura ha<sup>-1</sup>) e o maior de 24,4 mm (precipitação de 775 mm e 156 kg de N de cobertura ha<sup>-1</sup>).

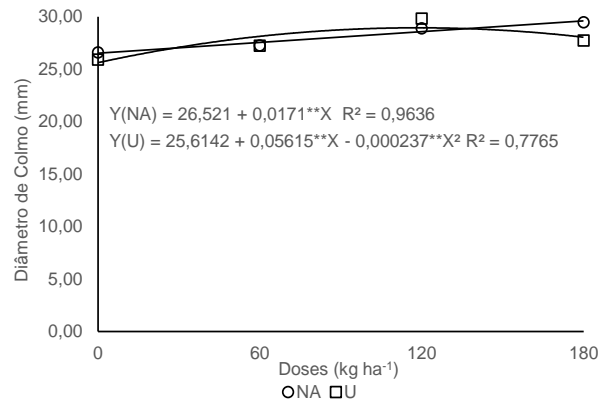
Foi observada diferença estatística entre as fontes de N para DC, aos 330 DAP, e a fonte NA foi superior 4,17% à fonte U (Figura 3c).

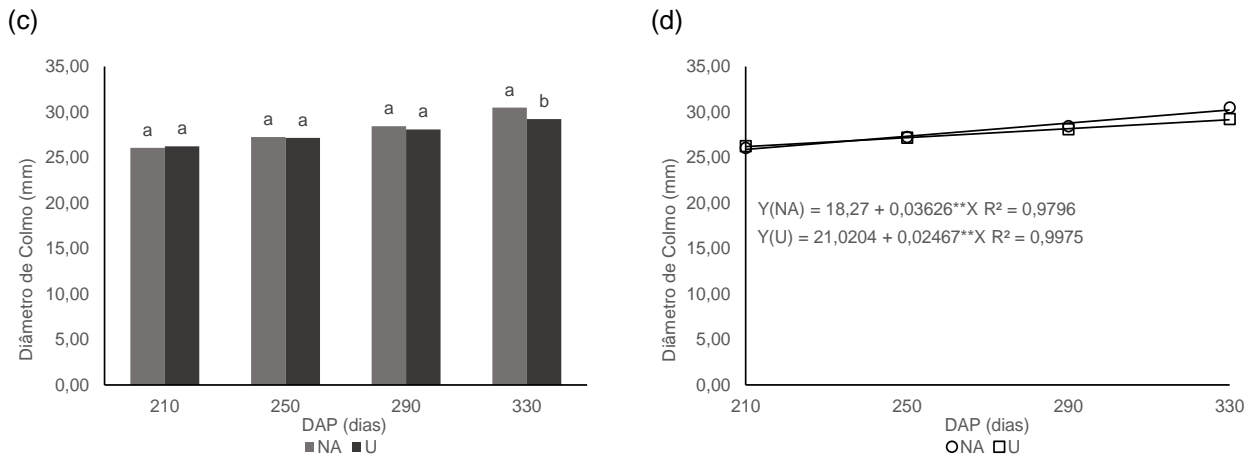
Na Figura 3d, no desdobramento dos efeitos dos DAP, para os níveis das fontes de N, é possível constatar que para a variável DC houve efeito para NA e U. Segundo as equações de regressões linear obtidas para NA e U, os DC máximo de 30,24 e 29,16 mm foram estimado aos 330 DAP. Tavares & Zonta [31], notaram que na análise da evolução do diâmetro de colmos ocorreu crescimento acelerado do diâmetro no início do ciclo da cultura entre 163 e 232 DAP, um leve crescimento entre 232 e 296 DAP para todos os tratamentos; posteriormente, nota-se ligeira queda, entre 357 e 426 DAP. Silva et al. [15], trabalhando com cana irrigada, constataram que o maior diâmetro de colmo foi de 37,9 mm, obtidos aos 330 DAP. Oliveira et al. [17], aplicando 100 kg ha<sup>-1</sup> de ureia em cana-planta, observaram efeitos significativo para DC dos 150 até 330 DAP, obtendo aos 330 DAP um DC de 35,58 mm.

(a)



(b)



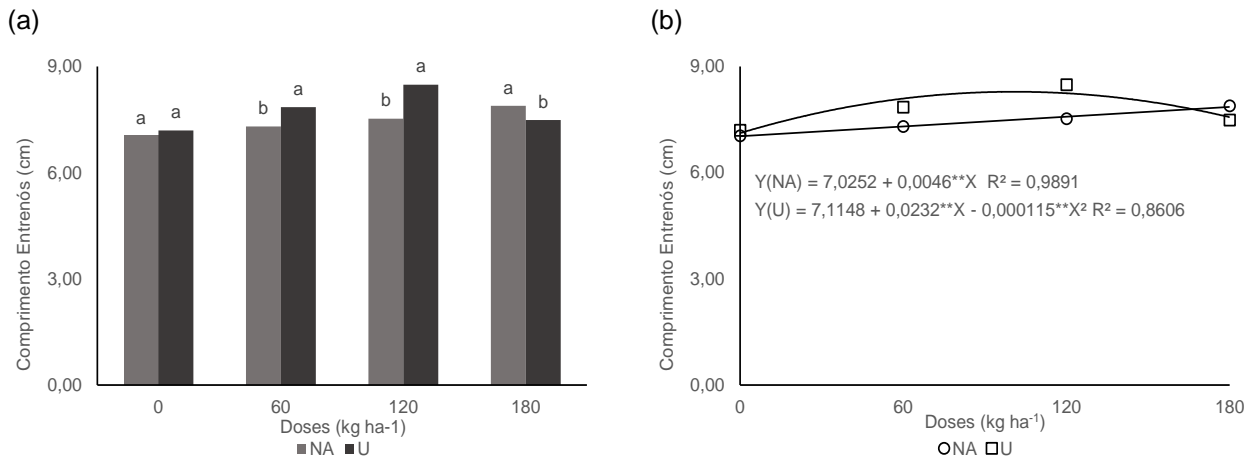


Médias seguidas das mesmas letras, dentro da mesma dose de N ou época de avaliação, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*\* e \* significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F.

**Figura 3.** Diâmetro de colmo da cana-de-açúcar (var. SP 80+1816), no ciclo de cana-planta, em função de fontes de N(a) e (c), doses de N (b) e épocas de avaliação (d), município de Jataí, GO, Brasil, safra 2014/2015.

Na Figura 4a, observa-se que a fonte U, nas doses de 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N para comprimento de entrenós (CE), foi superior 6,94 e 11,32% à fonte NA, respectivamente. A fonte NA, na dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N para CE foi maior 5,09% do que a fonte U. Em estudos realizados por Vale et al. [32], N e P foram os nutrientes que mais limitaram o crescimento das plantas de cana-de-açúcar, com reduções de 91 e 57%, respectivamente.

Na Figura 4b, no desdobramento dos efeitos das doses de N, para as fontes de N, é possível constatar que para a variável CE houve efeito significativo para NA e U. Segundo a equação de regressão linear obtida para o NA um CE máximo de 7,85 cm foi estimado com a dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N e segundo a equação de regressão quadrática obtida para a U, o CE máximo estimado foi de 8,28 cm com a dose de 100,87 kg ha<sup>-1</sup> de N. Penkowski et al. [33], estudando doses de nitrogênio em trigo, verificaram que as doses não influenciaram o CE. Cunha et al. [16], observaram que o CE aumentou 6,4% a cada 80 dias, totalizando 19,3% entre 90 e 330 DAP. Silva et al. [34], obtiveram efeitos isolados em seus tratamentos, e aos 330 DAP observaram um CE de aproximadamente 16 cm.

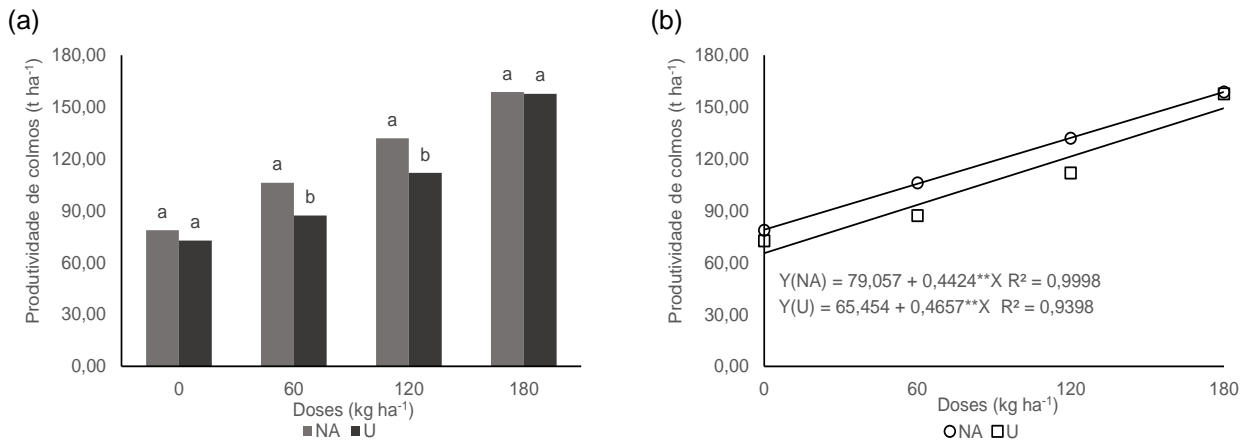


Médias seguidas das mesmas letras, dentro da mesma dose de N, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*\* e \* significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F.

**Figura 4.** Comprimento de entrenós da cana-de-açúcar (var. SP 80+1816), no ciclo de cana-planta, em função de fontes de N (a) e doses de N (b), município de Jataí, GO, Brasil, safra 2014/2015.

Na Figura 5a, observa-se que a fonte NA nas doses de 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N proporcionou para PC 17,83 e 15,21% superior à fonte U, respectivamente. Em estudos realizados por Megda et al. [11], a produtividade de colmos foi influenciada positivamente pela adubação nitrogenada pelas fontes cloreto de amônio, sulfato de amônio e ureia, produzindo, respectivamente 101,5; 106,1 e 105 t ha<sup>-1</sup>, já a fonte nitrato de amônio não diferiu do tratamento testemunha. Amaral & Molin [35], utilizando a fonte nitrato de amônio nas doses de 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de N obtiveram uma PC média de 101 t ha<sup>-1</sup>, já no tratamento testemunha foi observado uma PC média de 90,4 t ha<sup>-1</sup>.

No desdobramento dos efeitos das doses de N dentro das diferentes fontes de N, é possível constatar que para a variável PC houve efeito para NA e U (Figura 5b). Segundo as equações de regressão lineares obtidas para o NA e U, uma PC máxima de 158,69 e 149,28 t ha<sup>-1</sup> foi estimada com uma dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N. Schultz et al. [19], aplicando a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de ureia, em cana-planta, obtiveram produtividade de colmos de 177,7 t ha<sup>-1</sup> para variedade RB72454 e de 157,2 t ha<sup>-1</sup> para variedade RB867515. Bastos et al. [24], observaram efeito significativo da aplicação de nitrogênio em forma de ureia na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> e obtiveram PC média de 197,06 t ha<sup>-1</sup>, sendo esse valor superior 17,85 t ha<sup>-1</sup> aos tratamentos em que não ocorreu a aplicação de nitrogênio. Oliveira et al. [17], submetendo cana planta a tratamentos com e sem nitrogênio, não obtiveram efeito significativo para a PC.



Médias seguidas das mesmas letras, dentro da mesma dose de N, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*\* e \* significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F.

**Figura 5.** Produtividade de colmos da cana-de-açúcar (var. SP 80+1816), no ciclo de cana-planta, em função de fontes de N (a) e doses de N (b), município de Jataí, GO, Brasil, safra 2014/2015.

Em estudos realizados por Vitti et al. [14], verificaram que a cana-planta recupera  $30,3 \pm 3,7\%$ ,  $13,9 \pm 4,5\%$  e  $6,4 \pm 0,9\%$  de <sup>15</sup>N-ureia, do <sup>15</sup>N-palhada e de <sup>15</sup>N-sistema radicular, respectivamente. Costa et al. [36], concluíram que as fontes nitrogenadas ureia e ureia + sulfato de amônio apresentaram elevadas perdas de N-NH<sub>3</sub> por volatilização e ainda, produtividade da cana-de-açúcar inferior, em relação a outras fontes estudadas.

A não observância de diferença estatística entre as fontes de N na dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N para a PC pode ter ocorrido, pois nessa dose há nitrogênio suficiente para suprir a necessidade da planta. A superioridade do nitrato de amônio em relação à ureia, nas doses de 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N em relação a PC, pode ter ocorrido pela perda de N por volatilização de amônia da fonte ureia, que sofre ação da enzima urease. A urease é encontrada em microrganismos e exerce uma única função catalítica que é a hidrólise de ureia, produzindo amônia e ácido carbônico [37].

### 3.4 Conclusões

A dose de 110 e 100,87 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de ureia, proporcionou maior altura de planta e comprimento de entrenós à cana-de-açúcar (cana-planta).

O nitrato de amônio na dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N aos 330 DAP proporcionou o maior diâmetro de colmos à cana-de-açúcar (cana-planta).

A produtividade de colmos da cana-de-açúcar SP80-1816 nas doses de 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N teve incrementos mais elevados quando se utilizou nitrato de amônio. Não ocorreu diferença entre as fontes de nitrogênio na produtividade de colmos na dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N.

### 3.5 Referências bibliográficas

- [1] Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro. Disponível em :< <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>> Acesso em : 27 de jul. 2017.
- [2] Devos, K. M. Grass genome organization and evolution. *Curr Opin Plant Biol.* v.13, n.2, pp. 139-145, 2010.
- [3] Jadoski, C.J.; Toppa, B.E.V.; Julianetti, A.; Hulsbof, T.; Ono, E.O.; Rodrigues, J.D.; Fisiologia do desenvolvimento do estádio vegetativo da cana-de-açúcar. *Pesquisa aplicada e agrotecnologia*, v.3, n.2, p.15, 2010.
- [4] Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar 2016/2017. Disponível em: < [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_12\\_27\\_16\\_30\\_01\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_3o\\_lev\\_-16-17.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_12_27_16_30_01_boletim_cana_portugues_3o_lev_-16-17.pdf)> Acesso em: 12 março. 2017.
- [5] Lelis Neto, J. A. Aplicação de vinhaça via gotejamento subsuperficial e seus efeitos nos perfis de distribuição iônico e atributos físicos e químicos de um Nitossolo. 138p. 2012. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- [6] Silva, N. F. Cultivo da cana-de-açúcar submetida a diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação nitrogenada via gotejamento subsuperficial. 86 f. (2014). Dissertação (mestrado). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Rio Verde, GO. 86 f.
- [7] Cantarella, H.; Trivelin, P.C.O.; Vitti, A.C. *Nitrogênio e enxofre na cultura da cana-de-açúcar*. In: Yamada, T.; Abdalla, S.R.S.; Vitti, G.C. (Ed.). Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. Piracicaba: IPNI Brasil, 2007. p.355-412.
- [8] Rossetto, R.; Dias, F.L.F.; Landell, M.G.A.; Cantarella, H.; Tavares, S.; Vitti, A.C.; Perecin, D. N and K fertilization of sugarcane rations harvested without burning. *Proceedings International Society of Sugar Cane Technologist*, v.27, p.1-8, 2010.
- [9] Penatti, C. P. *Adubação da cana-de-açúcar - 30 anos de experiência*. 1. ed. Ituaçu, SP, Brazil: Editora Ottoni, 347p. 2013.



- [10] Barbosa, J. Z.; Consalter, R.; Motta, A. C. V. Fixação biológica de nitrogênio em *poaceae*. *Evidência*, v.12 n.1, p.7-18, 2012.
- [11] Malavolta, E; moraes, M. F. Fundamentos do nitrogênio e do enxofre na nutrição mineral das plantas cultivadas. In: YAMADA, Tsuioshi et al. Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. Piracicaba: IPNI Brasil, 2007.
- [12] Korndörfer, G.H.; Colombo, C. Chimello, M.A.; Leone, P.L.C. Desempenho de variedades de Cana-de-Açúcar cultivadas com e sem Nitrogênio. *STAB – Açúcar, Álcool e Sub-Produtos*, v.20, p.28-31, 2002.
- [13] Hernandez, A.; Buzetti, S.; Andreotti, M.; Arf, O.; Sá, M. E. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz. *Ciência e Agrotecnologia*, v.34, n.2, p.307-312, 2010.
- [14] Vitti, A. C.; Franco, H. C. J.; Trivelin, P. C. O.; Ferreira, D. A.; Otto, R.; Fortes, C.; Faroni, C. E. Nitrogênio proveniente da adubação nitrogenada e de resíduos culturais na nutrição da cana-planta. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, n.3, p.287-293, 2011.
- [15] Silva, N. F.; Cunha, F. N.; Oliveira, R. C.; Moura, L. M. F.; Moura, L. C.; Teixeira, M. B. Crescimento da cana-de-açúcar sob aplicação de nitrogênio via gotejamento subsuperficial. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*. v.8, n.1, p. 1 - 11, 2014.
- [16] Cunha, F. N.; Silva, N. F.; Teixeira, M. B.; Morais, W. A.; Vidal, V. M.; Cunha, E. S.; Gomes, F. H. F.; Araújo, A. O. Agronomic performance and industrial yield of sugarcane under water-saving irrigation in cerrado soil. *African Journal of Agricultural Research*, v.11, n.32, pp. 3056-3064, 2016.
- [17] Oliveira, R. C.; Silva, N. F.; Cunha, F. N.; Teixeira, M. B.; Soares, F. A. L.; Campos, M. D. Effect of water replacement and nitrogen fertilization on productivity variables of sugar cane. *African Journal of Agricultural Research*, v.11, n.8, pp. 633-643, 2016.
- [18] Megda, M. X. V.; Trivelin, P. C. O.; Franco, H. C. J.; Otto, R.; Vitti, A. C. Eficiência agrônômica de adubos nitrogenados em soqueira de cana-de-açúcar colhida sem queima. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, n.12, p.1681-1690, 2012.
- [19] Schultz, N.; Morais, R. F.; Silva, J. A.; Baptista, R. B.; Oliveira, R. P.; LEITE, J. M.; Pereira, W. Junior Carneiro, J. B.; Alves, B. J. R.; Baldani, J. I; Boddey, R. M.; Urquiaga, S.; Reis, V. M. Avaliação agrônômica de variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, n.2, p.261-268, 2012.
- [20] Köppen, W. *Köppen climate classification*. Geography about. Available in: <<http://geography.about.com/library/weekly/aa011700b.htm>>. Access in: 10 Maio. 2016.

- [21] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solo*. 3.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013. 353p.
- [22] Sousa, D.M.G.; Lobato, E. (Eds). *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica/Embrapa-CPA, 2004. 416 p.
- [23] Ferreira, D. F. Sisvar: a computerstatisticalanalysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- [24] Bastos, A. V. S.; Oliveira, R. C.; Silva, N. F.; Teixeira, M. B.; Soares, F. A. L.; Silva, E. C. Productivity and Dry Matter Accumulation of Sugarcane Crop under Irrigation and Nitrogen Application at Rio Verde GO, Brazil . *American Journal of Plant Sciences*, v.6, pp. 2374-2384, 2015.
- [25] Marcelo, D. N. Efeitos de fontes e doses de nitrogênio em soqueira de cana-de-açúcar, cultivar SP79-1011. 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008, 44 p.
- [26] Mendonça, H. V.; Ometto, J. P. H. B.; Rocha, W. S. D.; Martins, C. E.; Otenio, M. H.; Borges, C. A. V. Crescimento de cana-de-açúcar sob aplicação de biofertilizante da bovinocultura e ureia. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*. v.9, n.4, p.973-987, 2016.
- [27] Goes, R. J.; Rodrigues, R. A. F.; Takasu, A. T.; Arf, R. Fontes e doses de nitrogênio em cobertura para a cultura do milho em espaçamento reduzido. *Revista Agrarian*, v.7, n.24, p.257-263, 2014.
- [28] Gírio, L. A. S.; Dias, F. L. F.; Reis, V. M.; Urquiaga, S.; Schultz, N.; Bolonhezi, D.; Mutton, M. A. Bactérias promotoras de crescimento e adubação nitrogenada no crescimento inicial de cana-de-açúcar proveniente de mudas pre-brotadas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.50, n.1, p.33-43, 2015.
- [29] Cunha, F. N.; Silva, N. F.; Sousa, A. E. C.; Teixeira, M. B.; Soares, F. A. L.; Vidal, V. M. Yield of sugarcane submitted to nitrogen fertilization and water depths by subsurface drip irrigation. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.20, n.9, p.841-846, 2016.
- [30] Silva, C. T. S.; Azevedo, H. M.; Azevedo, C. A. V.; Dantas Neto, J.; Carvalho, C. M.; Gomes Filho, R. R. Crescimento da cana-de-açúcar com e sem irrigação complementar sob diferentes níveis de adubação de cobertura nitrogenada e potássica. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.3, n.1, p.3–12, 2009.
- [31] Tavares, O. C. H.; Lima, E.; Zonta, E. Crescimento e produtividade da cana planta cultivada em diferentes sistemas de preparo do solo e de colheita. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 32, n.1, p.61-68, 2010.

- [32] Vale, D. W.; Prado, R. M.; Avalhães, C. C.; Hojo, R. H. Omissão de macronutrientes na nutrição e no crescimento da cana-de-açúcar cultivada em solução nutritiva. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.6, n.2, p.189-196, 2011.
- [33] Penckowski, L. H.; Zagonel, J.; Fernandes, E. C. Nitrogênio e redutor de crescimento em trigo de alta produtividade. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.31, n.3, p. 473-479, 2009.
- [34] Silva, N. F.; Cunha, F. N.; Teixeira, M. B.; Soares, F. A. L.; Santos, C. C.; Filho Cabral, F. R.; Silva, E. C.; Morais, W. A. Sugarcane cultivation submitted to water replacement via irrigation bar. *African Journal of Agricultural Research*, v.11 n.32, p. 2983-2993, 2016.
- [35] Amaral, L. R.; Molin, J. P. Sensor óptico no auxílio à recomendação de adubação nitrogenada em cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, n.12, p.1633-1642, 2011.
- [36] Costa, M. C. G.; Vitti, G. C.; Cantarella, H. Volatilização de N-NH<sub>3</sub> de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n.4, p.631-637, 2003.
- [37] Krajewska, B. Ureases I. Functional, catalytic and kinetic properties: A review. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*. v.59, n.1-3, p.9-21, 2009.

## 4.0 CAPÍTULO II

(Normas de acordo com o Revista Caatinga)

### **ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E RENDIMENTO DE AÇÚCAR E ÁLCOOL DA CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO EM UM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO**

**RESUMO** – objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos da aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na produção de matéria seca e na produtividade de açúcar e álcool em cana-de-açúcar (var. SP80-1816), no ciclo de cana-planta, cultivada em um Latossolo Vermelho distrófico. O experimento foi conduzido em condições de campo, em área da Fazenda Rio Paraíso II, pertencente à Usina Raízen, no município de Jataí, GO. Foram realizadas amostragens do solo, nas camadas de 0,00 a 0,20; 0,20 a 0,40 e 0,40 a 0,60 m, para a caracterização química. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema de parcela sub-subdividida 2 x 4 x 4, com três repetições. Os tratamentos foram duas fontes de nitrogênio (ureia e nitrato de amônio), quatro doses de nitrogênio (0, 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup>) e quatro épocas de avaliação (210, 250, 290 e 330 dias após o plantio - DAP). As variáveis avaliadas foram massa seca das folhas verdes (MSFV), massa seca das folhas mortas (MSFM), massa seca do colmo (MSC), massa seca do ponteiro (MSPT), massa seca total da parte aérea (MSTPA), produtividade de colmo (PC), rendimento bruto de açúcar (RBÇA) e rendimento bruto de álcool (RBAL). As maiores doses de nitrogênio promoveram os maiores valores para matéria seca da cana-de-açúcar. A produtividade de colmos, rendimento

bruto de açúcar e rendimento bruto de álcool da cana-de-açúcar SP80-1816 nas doses de 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N teve incrementos mais elevados quando se utilizou o nitrato de amônio.

**Palavras-chave:** rendimento de açúcar, rendimento de álcool, ureia, nitrato de amônio.

**BIOMASS ACCUMULATION AND YIELD OF SUGAR AND ALCOHOL OF SUGAR  
CANE SUBMITTED TO SOURCES AND DOSES OF NITROGEN IN A  
DISTROPHIC RED LATOSOL**

**ABSTRACT** – The objective of this study was to evaluate the effects of the application of different sources and doses of nitrogen on the production of dry matter and yields of sugar and alcohol in sugarcane (var. SP80-1816), in the cane-plant cycle, Cultivated in a dystrophic Red Latosol. The experiment was carried out under field conditions, in the area of Rio Paraiso II farm belonging to the Raízen cane plant factory, in the city of Jataí, GO. There were took samples of the soil, in the layers of 0.00 to 0.20; 0.20 to 0.40 and 0.40 to 0.60 m, for the chemical characterization. The experimental design used was randomized blocks, in factorial scheme of 2 x 4 x 4, with three replications, the factors analysed were two sources of nitrogen (urea and ammonium nitrate), four doses of nitrogen (0, 60, 120 and 180 kg ha<sup>-1</sup>) and four evaluation times (210, 250, 290 and 330 days after planting - DAP). The variables evaluated were dry mass of green leaves (DMGL), dry mass of dead leaves (DMDL), dry mass of the stalk (DMSTALK), DMSTEM dry mass of the stem (DMSTEM), total dry mass of the aerial part (TDMAP), productivity of stalks (PS), gross yield of sugar (GYS) and gross yield of alcohol (GYAL). The highest nitrogen rates promoted the highest values for dry matter of sugarcane. The productivity of stalks, gross yield of sugar and gross yield of alcohol of sugarcane SP80-1816 at doses of 60 and 120 kg ha<sup>-1</sup> of N had higher increases when ammonium nitrate was used.

**Key words:** gross yield of sugar, gross yield of alcohol, urea, ammonium nitrate.

## 4.1 Introdução

A expansão da cultura da cana-de-açúcar foi sempre motivada por questões econômicas e políticas; mas também apresenta vantagens no ponto de vista ambiental, quando comparado com o cultivo de outras matérias-primas para bioenergia. Os principais aspectos positivos são: baixo custo de produção, alta produtividade, baixo uso de nitrogênio (N), ótimas relações de balanço de energia renovável/energia fóssil e bom potencial de mitigação de gases efeito estufa (GEE) (CORTEZ, 2012).

O etanol da cana-de-açúcar é o maior sucesso comercial dos combustíveis de biomassa em produção atualmente, possui balanço energético positivo e tem sido beneficiado pelo apoio de políticas governamentais em vários países, no Brasil, atualmente abastece aproximadamente 40% do combustível para veículos de passageiros com etanol, assim, plantas perenes, como as gramíneas ou árvores de rápido crescimento são particularmente atrativas para a produção em larga escala de biocombustíveis sustentáveis (GOLDEMBERG, 2009).

Um dos fatores principais que determinam o lucro do empreendimento agrícola é o estado nutricional adequado da cultura, então é necessário conhecer se as plantas estão ou não bem nutridas, pois é do adequado estado nutricional que depende a produção da cultura (PRADO, 2008). A deficiência de nutrientes causa desarranjos metabólicos que podem ser visíveis na planta (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

As plantas submetidas à omissão de nitrogênio apresentaram menor desenvolvimento, menor número de folhas, menor altura, menor diâmetro de caule e menor matéria seca comparado as plantas cultivadas em solução nutritiva completa, assim, a omissão promoveu a redução de 90% na matéria seca total comparada ao tratamento que recebeu a solução nutritiva completa (PRADO et al., 2010). O efeito maléfico da omissão de N no crescimento das plantas é amplamente relatado na literatura (PRADO & FRANCO, 2007; PRADO et al. 2010; VALE et al. 2011).

Em estudos realizados por Vale et al. (2011), foi constatado que o N e P foram os nutrientes que mais limitaram o crescimento das plantas de cana-de-açúcar, com reduções de 91 e 57%, respectivamente. Em relação ao crescimento das raízes, as omissões de N e Ca promoveram as maiores limitações, da ordem de 83 e 48%, respectivamente.

A massa de matéria seca da planta é afetada pelo teor de N disponível, que é constituinte de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos, fitocromos e da clorofila. (SCHRODER et al., 2000).

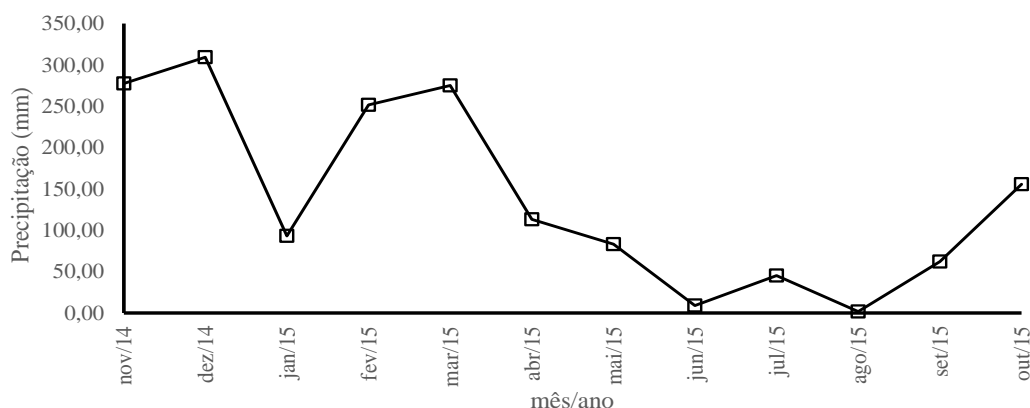
Uma das características mais precisas para predição das doses ótimas de N, a serem aplicadas em cobertura são a massa de matéria seca e o N acumulado na planta (CANTARELLA et al. 2007; RAMBO et al., 2008)

A resposta à adubação nitrogenada em cana-planta pode estar associada ao maior desenvolvimento do sistema radicular e ao maior acúmulo de nutrientes, tanto nas raízes, quanto na parte aérea (OTTO et al., 2009). Na literatura são encontrados trabalhos evidenciando a importância do N na cultura da cana-de-açúcar (GAVA et al., 2010; FRANCO et al., 2011, VITTI et al., 2011, SANCHES-ROMAN et al., 2015).

Com isso, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na produção de matéria seca e produtividades de açúcar e álcool em cana-de-açúcar (var. SP80-1816), no ciclo de cana-planta, cultivada em um Latossolo Vermelho distrófico.

## **4.2 Materiais e Métodos**

O experimento foi conduzido em condições de campo, em área da Fazenda Rio Paraiso II, pertencente à Usina Raízen, no município de Jataí, GO. As coordenadas geográficas do local são 17°43'15.23"S e 51°38'12.62"O, com altitude média de 912 m. Segundo a classificação de Köppen (2016), o clima do local é do tipo Aw, tropical, com chuva nos meses de outubro a abril, e seca nos meses de maio a setembro. A temperatura máxima oscila de 35 a 37 °C, e a mínima de 12 a 15 °C. A precipitação pluvial ocorrida durante o período da realização do experimento foi de 1676,5 mm, conforme Figura 1.



Fonte: Estação Normal INMET – Jataí - GO.

**Figura 1.** Precipitação pluvial ocorrida no município de Jataí, GO, durante a condução do experimento (cana-planta, safra 2014/15).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, muito argiloso fase cerrado (EMBRAPA. 2013). As características químicas do solo da área experimental, em amostras coletadas antes da implantação do experimento, são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Caracterização química do solo da área experimental antes da instalação do experimento, Usina Raízen, município de Jataí, GO, 2014.

Camada (m)	pH H <sub>2</sub> O	MO (g kg <sup>-1</sup> )	P (mg dm <sup>-3</sup> )	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	CTC	V
				----- (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) -----			-----			(%)	
0,00 – 0,20	5,8	76,00	20,00	1,10	28,00	14,00	0,00	20,00	43,10	63,10	68,00
0,20 – 0,40	5,9	80,00	14,00	1,00	29,00	15,00	0,00	20,00	45,00	65,00	69,00
0,40 – 0,60	6,5	64,00	7,00	0,60	7,00	7,00	0,00	25,00	14,60	39,60	37,00

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, analisado em esquema de parcela sub-subdividida 2 x 4 x 4, com quatro repetições, os fatores analisados foram duas fontes de nitrogênio (Ureia e Nitrato de amônio), quatro doses de nitrogênio (0, 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup>) e quatro épocas de avaliação: 210, 250, 290 e 330 dias após o plantio (DAP).

A adubação nitrogenada foi de acordo com os tratamentos, aos 60 DAP (SOUSA & LOBATO, 2004). Todos os tratamentos foram adubados no sulco de plantio com fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), na forma de superfosfato triplo, potássio (K<sub>2</sub>O), na forma de cloreto de potássio, e micronutrientes, caso necessário, conforme resultados das análises de solo para uma expectativa



de rendimento superior a  $120 \text{ t ha}^{-1}$  de colmos, segundo recomendações de Sousa & Lobato (2004).

No experimento, as unidades experimentais foram constituídas por cinco linhas de cana-de-açúcar de 5 m de comprimento, espaçadas de 1,50 m entre si. A área útil da parcela abrangeu três linhas centrais de cada parcela, desprezando-se 1 m em cada extremidade.

Utilizou-se a variedade de cana-de-açúcar SP80-1816, desenvolvida pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), que se destaca na adaptação às condições edafoclimáticas de Cerrado. O preparo do solo foi realizado pelo sistema convencional, por meio de aração e gradagem, seguido de abertura dos sulcos de plantio.

O plantio foi realizado de maneira mecanizada, conforme a experiência da Usina Raízen, e o número de gemas por metro, conforme as recomendações para a respectiva variedade.

Os tratamentos culturais referentes ao uso de herbicidas, inseticidas, fungicidas e demais produtos relacionados com o controle de plantas daninhas, pragas e doenças foram utilizados conforme a necessidade e avaliação de infestação, e de acordo com a experiência da Usina Raízen.

As avaliações de biomassa seca foram realizadas em duas plantas demarcadas e localizadas na área útil de cada parcela. A área útil constituiu no metro linear central da linha principal de cada parcela. Foram colhidas, aos 210, 250, 290 e 330 dias após o plantio (DAP), amostras da parte aérea da cana-de-açúcar, separando os componentes estruturais da parte aérea que compreendem as folhas verdes (FV), as bainhas (B), as folhas e bainhas mortas (FBM), o pseudocolmo (PC), o colmo (C) e a parte emergente (PE). O pseudocolmo (PC), corresponde à parte do colmo acima do ponto de quebra, em que se inicia a parte ainda em maturação, ou seja, onde há internódios em formação. A parte emergente (PE), conhecida como 'cartucho', corresponde às folhas em expansão existente acima do pseudocolmo. A soma destes dois componentes da parte aérea (PC e PE) é que se chama de 'ponteiro'. A seguida, as amostras serão submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar, a  $65^{\circ}\text{C}$  até massa constante, e determinada a massa de matéria seca de cada parte da planta. A soma dos valores correspondentes à biomassa de cada componente estrutural das plantas ( $MS_{FV} + MS_B + MS_{FBM} + MS_{PC} + MS_{PE}$ ) possibilita a determinação da biomassa seca total da parte aérea ( $MST_{PA}$ ), utilizada nos cálculos dos parâmetros de crescimento (MARAFON, 2012).

As variáveis de biomassa analisadas foram  $MS_{FV}$  (massa seca das folhas verde = massa seca das folhas verde + massa seca da bainha das folhas verde),  $MS_{FM}$  (massa seca das folhas

mortas = massa seca das folhas mortas + massa seca da bainha das folhas mortas), MSC (massa seca do colmo), MSPT (massa seca do ponteiro) e MSTPA (massa seca total de parte aérea).

A colheita foi realizada aos 330 DAP e a produtividade de colmos (toneladas colmos por hectare – TCH) foi determinada através da pesagem total dos colmos presentes na área útil das respectivas parcelas, foram quantificados o peso dos colmos presentes nas duas linhas centrais de cada parcela. Para tanto, realizou-se o corte o mais rente possível do solo. Os colmos foram despalhados e o ponteiro destacado. Em seguida, pesadas em balança digital tipo gancho (precisão = 0,02 kg), com capacidade de 50 kg.

Os rendimentos brutos de açúcar e de álcool foram calculados utilizando o valor de quantidade de açúcar bruto determinado por análise tecnológica do caldo, pela amostragem de 10 colmos por tratamento, foram calculados de acordo as Equações 1 e 2, segundo metodologia descrita por Caldas (1998):

$$RA\grave{c} = \left( \frac{PCC * PC}{100} \right) \quad (1)$$

em que:

RA $\grave{c}$  - rendimento de açúcar em kg ha<sup>-1</sup>;

PCC - quantidade de açúcar bruto em % contido nos colmos e determinada em laboratório;

PC - produtividade de colmos em t ha<sup>-1</sup>.

$$RA = ((PCC * F) + ARL) * Fg * 10 * PC \quad (2)$$

em que:

RA - rendimento de álcool bruto em litro por tonelada de cana;

PCC - quantidade de açúcar bruto em % contido nos colmos e determinada em laboratório;

F - fator de transformação estequiométrica de sacarose em uma molécula de glicose mais uma de frutose, igual a 1,052;

ARL - são os açúcares redutores livres em %, cujos valores variam de 0,7 a 0,85%, sendo que a destilaria utiliza 0,7 para PCC alto;

Fg - fator de Gay Lussac igual a 0,6475;

PC - produtividade de colmos em  $t\ ha^{-1}$ .

Os dados foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F ao nível de 5% de probabilidade e em caso de significância foi realizada análise de regressão para doses de nitrogênio e épocas, enquanto para as fontes nitrogenadas, as médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR® (FERREIRA et al., 2011).

### 4.3 Resultados e Discussão

Para as fontes de nitrogênio, não foi observado efeito significativo. No entanto houve efeito significativo das doses de nitrogênio para todas as variáveis analisadas. A interação fontes x doses foi significativa para massa seca total da parte aérea (MSTPA). Para época (DAP) ocorreu efeito significativo em todas as variáveis analisadas. A interação F x DAP foi significativa para massa seca das folhas mortas (MSFM), massa seca do colmo (MSC), massa seca do ponteiro (MSPT) e massa seca total da parte aérea (MSTPA). Ocorreu efeito significativo, em relação a interação D x DAP para massa seca das folhas verdes (MSFV), massa seca das folhas mortas (MSFM), massa seca do ponteiro (MSPT) e massa seca total da parte aérea (MSTPA). A interação F x D x DAP foi significativo para massa seca do ponteiro (MSPT) e massa seca total da parte aérea (MSTPA) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para as variáveis massa seca das folhas verdes (MSFV), massa seca das folhas mortas (MSFM), massa seca do colmo (MSC), massa seca do

ponteiro (MSPT) e massa seca total da parte aérea (MSTPA) da cultura cana-de-açúcar (var. SP80-1816), no ciclo de cana-planta, submetida a diferentes fontes e doses de nitrogênio, em diferentes épocas de avaliação, município de Jataí, GO, safra 2014/2015.

FV	GL	Quadrados Médio <sup>1</sup>				
		MSFV <sup>2</sup>	MSFM	MSC	MSPT <sup>2</sup>	MSTPA
FONTES (F)	1	0,000049 <sup>ns</sup>	0,000013 <sup>ns</sup>	0,0021 <sup>ns</sup>	0,000272 <sup>ns</sup>	0,0021 <sup>ns</sup>
BLOCO	2	0,001301 <sup>ns</sup>	0,000002 <sup>ns</sup>	0,0112 <sup>ns</sup>	0,000336 <sup>ns</sup>	0,0086 <sup>ns</sup>
RESÍDUO (a)	2	0,002488	0,000084	0,0007	0,000864	0,0020
DOSES (D)	3	0,005754 <sup>**</sup>	0,000457 <sup>**</sup>	0,0128 <sup>**</sup>	0,005342 <sup>**</sup>	0,0368 <sup>**</sup>
FONTES x DOSES	3	0,000320 <sup>ns</sup>	0,000035 <sup>ns</sup>	0,0020 <sup>*</sup>	0,000225 <sup>ns</sup>	0,0039 <sup>**</sup>
RESÍDUO (b)	6	0,000127	0,000009	0,0003	0,000316	0,0003
ÉPOCAS (DAP)	3	0,012989 <sup>**</sup>	0,008476 <sup>**</sup>	0,1439 <sup>**</sup>	0,018364 <sup>**</sup>	0,2474 <sup>**</sup>
INT. F x DAP	3	0,000335 <sup>ns</sup>	0,00003 <sup>*</sup>	0,0037 <sup>**</sup>	0,000332 <sup>*</sup>	0,0048 <sup>**</sup>
INT. D x DAP	9	0,000543 <sup>*</sup>	0,000025 <sup>*</sup>	0,0012 <sup>ns</sup>	0,000719 <sup>**</sup>	0,0033 <sup>**</sup>
INT. F x D x DAP	9	0,000219 <sup>ns</sup>	0,000016 <sup>ns</sup>	0,0011 <sup>ns</sup>	0,000262 <sup>*</sup>	0,0017 <sup>*</sup>
RESÍDUO (c)	54	0,000207	0,000010	0,0006	0,000114	0,0008
CV (a)		24,67	25,19	11,29	16,08	12,95
CV (b)		5,58	8,42	7,67	9,72	4,70
CV (c)		7,13	8,78	10,99	5,85	8,15

<sup>1</sup>Coefficiente de variação (CV). <sup>2</sup>Dados transformados em raiz de x. <sup>\*\*</sup> e <sup>\*</sup> significativo a 1 e a 5% de probabilidade, respectivamente. <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F.

A interação fontes x doses de nitrogênio em cana-de-açúcar foi significativa para produtividade de colmo (PC), rendimento bruto de açúcar (RBAÇ) e rendimento bruto de álcool (RBAL). Resultados significativos em resposta à aplicação de N foram obtidos por Resende et al. (2006), Franco et al. (2010), Sanches-Roman et al. (2015). Já Marcelo (2008), não observou efeito significativo para fonte x dose na análises químico-tecnológica de cana-de-açúcar.

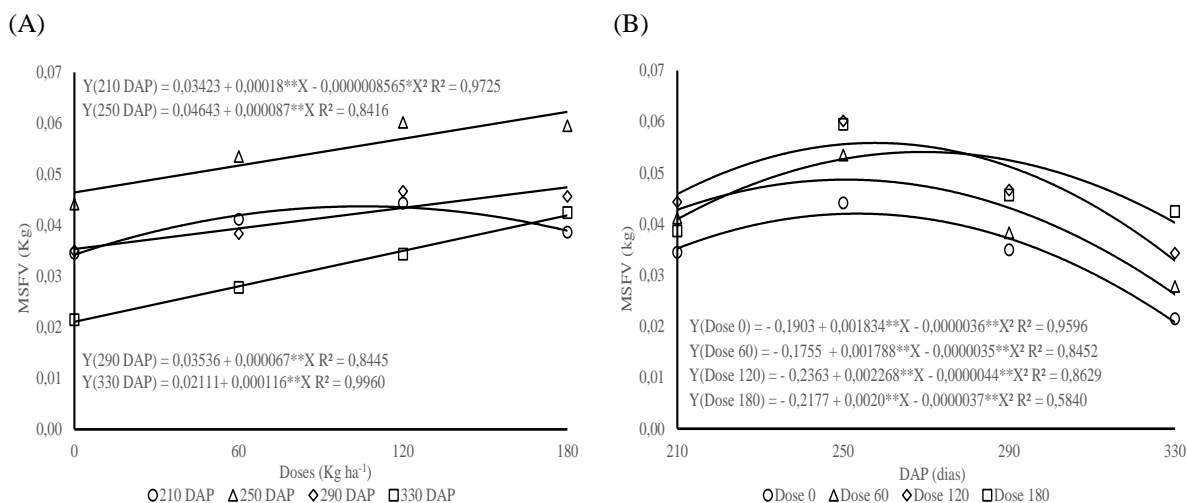
**Tabela 3.** Resumo da análise de variância para as variáveis produtividade de colmo (PC), rendimento bruto de açúcar (RBAÇ) e rendimento bruto de álcool (RBAL) da cultura cana-de-açúcar (var. SP80-1816), no ciclo de cana-planta, submetida a diferentes fontes e doses de nitrogênio, município de Jataí, GO, safra 2014/2015.

FV	GL	Quadrados Médios <sup>1</sup>		
		PC	RBAÇ	RBAL
FONTES (F)	1	794,1901 <sup>**</sup>	12,6585 <sup>**</sup>	6,5000 <sup>**</sup>
DOSES (D)	3	7545,4296 <sup>**</sup>	152,6089 <sup>**</sup>	77,6049 <sup>**</sup>
FONTES x DOSES	3	134,4442 <sup>**</sup>	8,6617 <sup>**</sup>	4,2223 <sup>**</sup>
BLOCO	2	5,9269 <sup>*</sup>	3,6986 <sup>*</sup>	1,7271 <sup>*</sup>
RESÍDUO	14	17,2993	0,7530	0,3673
CV		3,68	5,31	5,20

<sup>1</sup>Coefficiente de variação (CV). <sup>\*\*</sup> e <sup>\*</sup> significativo a 1 e a 5% de probabilidade, respectivamente. <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F.

Na Figura 2A, nota-se pelo desdobramento dos efeitos dos níveis das doses, para os níveis das épocas, constatou-se que para a variável MSFV houve efeito para 210, 250, 290 e 330 DAP. Segundo as equações de regressões linear obtidas para 250, 290 e 330 DAP, as MSFV máxima de 0,062; 0,047 e 0,042 kg foram estimadas com doses de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente, e segundo a equação de regressão quadrática obtida para 210 DAP a MSFV máxima de 0,044 kg foi estimada com a dose de 105 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Na Figura 2B, verifica-se no desdobramento dos efeitos dos níveis das épocas, para níveis das doses, constatou-se que para MSFV houve efeito para doses de 0, 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de N. Segundo as equações de regressões quadráticas obtidas para doses de 0, 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de N, as MSFV máxima de 0,042; 0,049; 0,056 e 0,054 kg foram estimadas aos 253, 251, 258 e 269 DAP, respectivamente. Silva et al. (2012), observaram que o número de folhas verde variou entre 6 e 8 folhas por colmo, apresentando redução ao final do ciclo, em decorrência da diminuição da emissão pelas plantas e do aumento da taxa de senescência, ainda verificaram que o maior valor de número de folhas verde (8 folhas colmo<sup>-1</sup>) foi verificado entre 200 e 250 dias após o corte, quando o número de folhas emergentes era máximo.



\*\* e \* significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F.

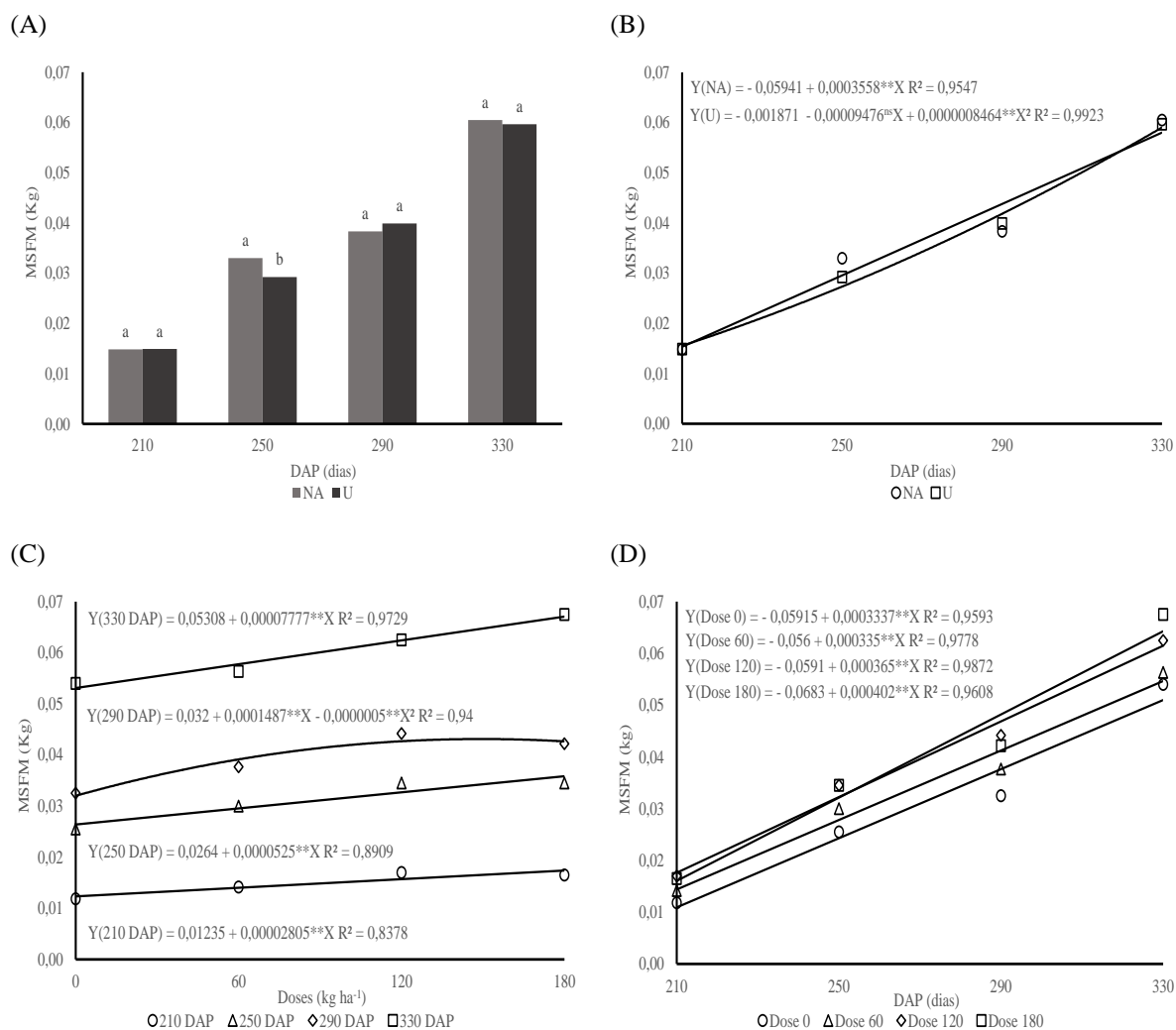
**Figura 2.** Massa seca das folhas verdes da cana-de-açúcar (var. SP 80+1816), no ciclo de cana-planta, em função das doses de N (A) e épocas de avaliação (B), município de Jataí, GO, safra 2014/2015.

Na Figura 3A, observa-se pelo desdobramento dos níveis da fonte nitrato de amônio (NA) aos 250 DAP para MSFM foi superior 11,36% em relação a fonte ureia (U). Costa et al. (2008), estudando aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio em capim-marandu, verificaram que a maior concentração de N foi verificada na maior dose de N aplicada na forma de sulfato de amônio.

Na Figura 3B, nota-se pelo desdobramento dos efeitos dos níveis das épocas, para os níveis das fontes, constatou-se que para a variável MSFM houve efeito para NA e U. Segundo as equações de regressão linear obtida para NA e quadrática para U, a MSFM máxima de 0,058 e 0,059 kg foram estimadas aos 330 DAP, respectivamente.

Na Figura 3C, no desdobramento dos efeitos dos níveis das doses, para os níveis das épocas, constatou-se que para a variável MSFM houve para 210, 250, 290 e 330 DAP. Segundo as equações de regressões linear obtidas para 210, 250 e 330 DAP, as MSFM máxima de 0,017; 0,036; 0,067 kg, respectivamente foram estimadas com dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N, e segundo a equação de regressão quadrática obtida para 290 DAP uma MSFM máxima de 0,043 kg foi estimada com a dose de 148,70 kg ha<sup>-1</sup> de N. Franco et al. (2008), concluiu que a distribuição do N proveniente do fertilizante ureia nas diversas partes da planta não variou com a dose de N empregada, sendo, em média, de: 22% desse N contida nos ponteiros.

Na Figura 3D, no desdobramento dos efeitos dos níveis das épocas, para os níveis das doses, constatou-se que para a variável MSFM houve efeito para doses de 0, 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de N. Segundo as equações de regressões linear obtidas para as doses de 0, 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de N, as MSFM máxima de 0,051; 0,055; 0,061 e 0,064 kg, respectivamente, foram estimadas aos 330 DAP. Oliveira et al. (2007), trabalhando com as cultivares RB72454, RB855113 e RB855536 observaram efeito quadrático para massa seca da folha e verificaram que o aumento de biomassa, em termos de massa seca foliar, pode ser considerado crescente durante o ciclo de desenvolvimento das cultivares, embora tenha sido registrada na colheita (497 DAP) pequena diminuição na massa seca de folhas nas cultivares RB855113 e RB855536.



Médias seguidas das mesmas letras, dentro da mesma época de avaliação, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*\* e \* significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F.

**Figura 3.** Massa seca das folhas mortas da cana-de-açúcar (var. SP 80+1816), no ciclo de cana-planta, em função das fontes de N (A), épocas de avaliação (B e D) e doses de N (C), município de Jataí, GO, safra 2014/2015.

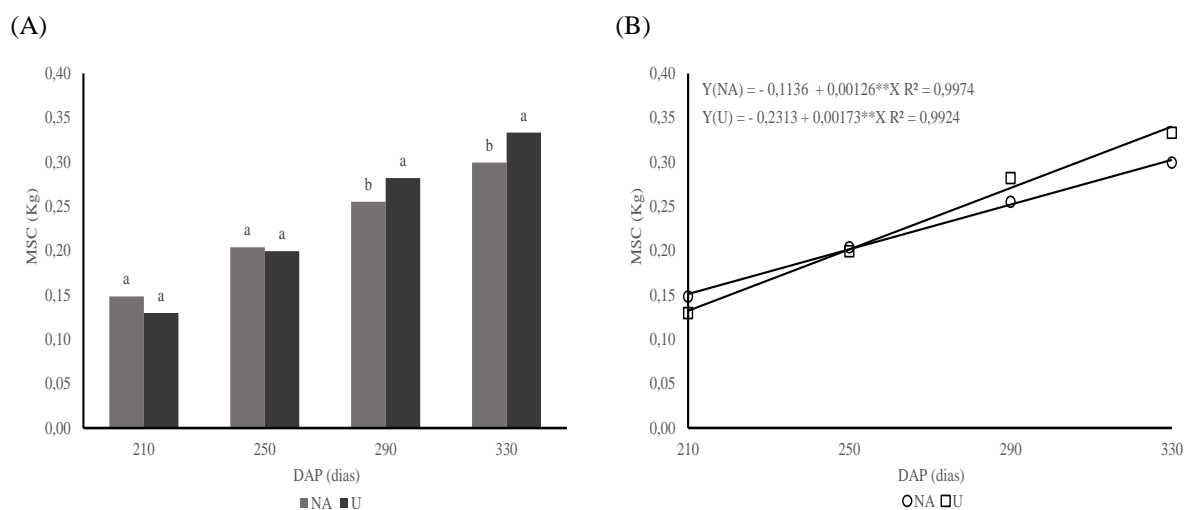
Na Figura 4A, no desdobramento dos níveis da fonte U aos 290 e 330 DAP para MSC foi superior 9,56 e 10,16% do que a fonte NA, respectivamente.

Na Figura 4B, no desdobramento dos efeitos dos níveis das épocas, para os níveis das fontes, constatou-se que para a MSC houve efeito para NA e U. Segundo as equações de regressões linear obtidas para NA e U, as MSFEM máxima de 0,30 e 0,34 kg foram estimadas aos 330 DAP. Gírio et al. (2015), utilizando sulfato de amônio na dose equivalente a 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, constataram que inoculação associada ao fornecimento de N favorece o crescimento

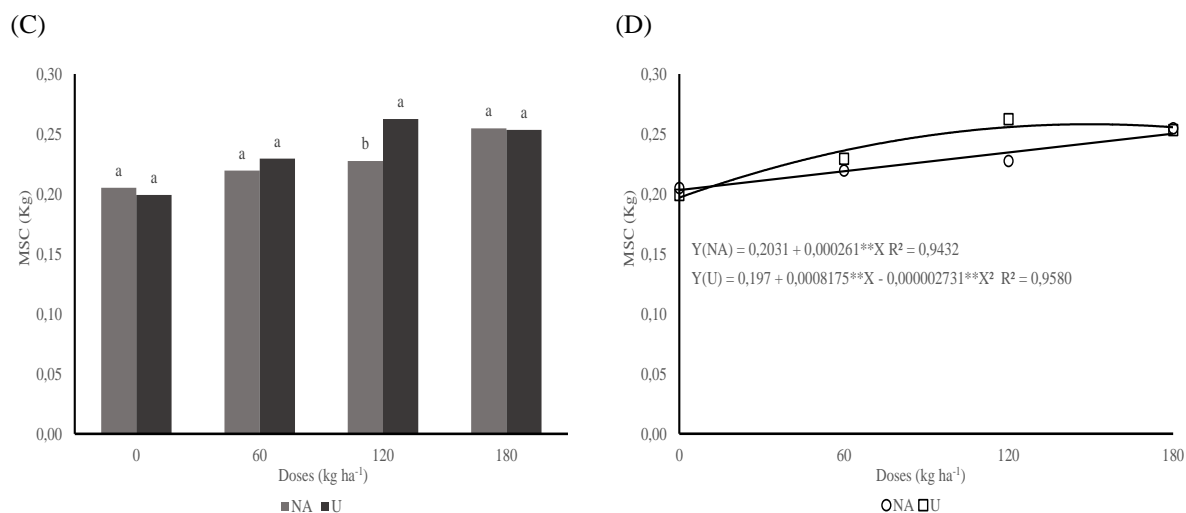
inicial da parte aérea até os 180 dias após o transplântio, ao aumentar o perfilhamento, a altura, o diâmetro e a produção das matérias secas de colmos, palha e total das plantas.

Na Figura 4C, no desdobramento dos níveis da fonte U na dose 120 kg ha<sup>-1</sup> de N para MSC foi superior 8,27% em relação a fonte NA. Franco et al. (2008), concluíram que a distribuição do N proveniente do fertilizante ureia nas diversas partes da planta não variou com a dose de N empregada, sendo, em média, de: 50 % desse N contida nos colmos.

Na Figura 4D, no desdobramento dos efeitos dos níveis das doses, para os níveis das fontes, constatou-se que para a MSC houve efeito para NA e U. Segundo a equação de regressão linear obtida para NA, a MSC máxima de 0,25 kg foi estimada para a dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N e segundo a equação de regressão quadrática obtida para U, a MSC de 0,26 kg foi estimada para a dose de 149,67 kg ha<sup>-1</sup> de N. De acordo com Franco et al. (2010), a maior massa de matéria seca dos colmos em comparação aos demais compartimentos da planta, têm como consequência o maior acúmulo de N-total. Em estudos realizados por Vitti et al. (2011), verificaram que na colheita, cerca de 75% de N da ureia acumulado na parte aérea estava nos colmos. Bastos et al. (2015), verificaram que com a aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de ureia obteve-se uma MSC média de 59,73 t ha<sup>-1</sup>.







Médias seguidas das mesmas letras, dentro da mesma dose de N ou época de avaliação, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*\* e \* significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F.

**Figura 4.** Massa seca do colmo da cana-de-açúcar (var. SP 80+1816), no ciclo de cana-planta, em função das fontes de N (A e C), das doses de N (D) e das épocas de avaliação (B), município de Jataí, GO, safra 2014/2015.

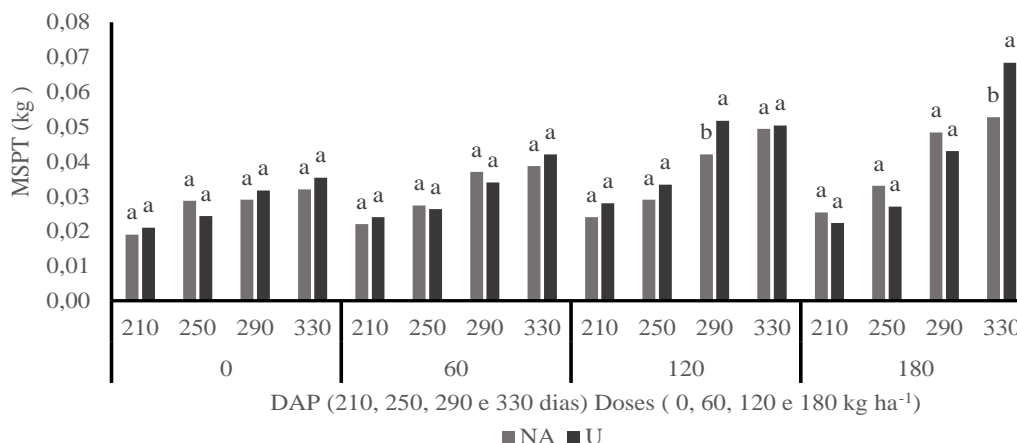
Na Figura 5A, no desdobramento dos níveis da fonte U nas doses de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N aos 290 DAP e 180 kg ha<sup>-1</sup> de N aos 330 DAP a MSPT foi superior 18,71 e 22,93% em comparação a fonte NA, respectivamente. Bastos et al. (2015), não observaram efeito significativo a aplicação de N para MSPT.

Na Figura 5B, no desdobramento dos efeitos para os níveis das doses, dentro dos níveis das fontes e épocas, constatou-se que para a variável MSPT, somente ocorreu efeito significativo para NA aos 290 e 330 DAP e para U aos 290 e 330 DAP. Segundo as equações de regressões linear para NA 290, NA 330 e U 330 DAP, as MSPT máxima de 0,05; 0,054 e 0,068 kg, respectivamente foram estimadas com a dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N, e segundo a equação de regressão quadrática para U 290 DAP uma MSPT máxima de 0,046 kg foi estimada para a dose de 146 kg ha<sup>-1</sup> de N. Franco et al. (2008), concluíram que a distribuição do N proveniente do fertilizante ureia nas diversas partes da planta não variou com a dose de N empregada, sendo, em média, de: 20% desse N contida nos ponteiros.

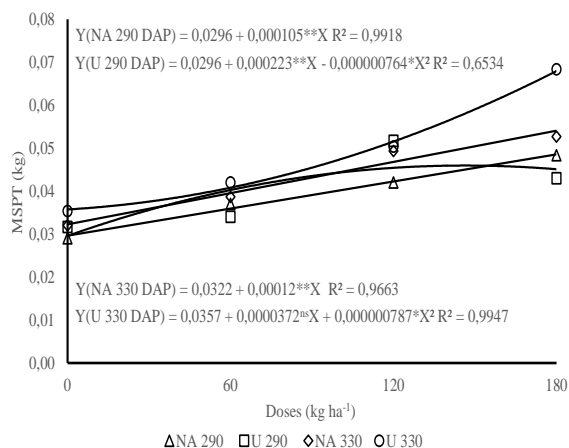
Na Figura 5C, no desdobramento dos efeitos para os níveis das épocas, dentro dos níveis das fontes e doses, constatou-se que para a variável MSPT houve efeito significativo para NA nas doses de 0, 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de N e U nas doses de 0, 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de N. Segundo as equações de regressões obtidas para NA 0, NA 60, NA 120, NA 180, U 0, U 60, U

120 e U 180 kg ha<sup>-1</sup> de N, as MSPT máxima, respectivamente, de 0,033; 0,041; 0,05; 0,053; 0,035; 0,041; 0,053 e 0,068 kg foram estimadas para 330 DAP.

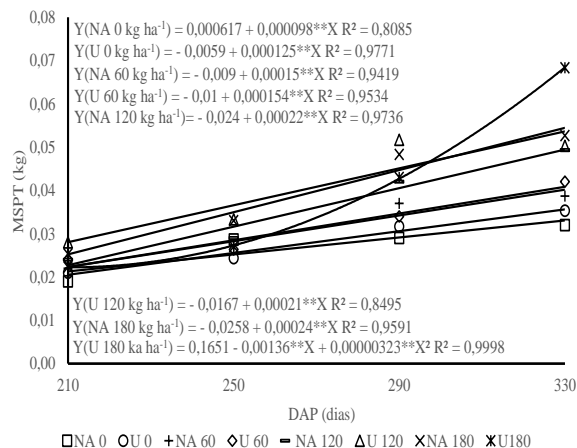
(A)



(B)



(C)



Médias seguidas das mesmas letras, dentro da mesma dose de N e época de avaliação, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*\* e \* significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F.

**Figura 5.** Massa seca do ponteiro da cana-de-açúcar (var. SP 80+1816), no ciclo de cana-planta, em função das fontes de N (A), doses de N (B) e épocas de avaliação (C), município de Jataí, GO, safra 2014/2015.

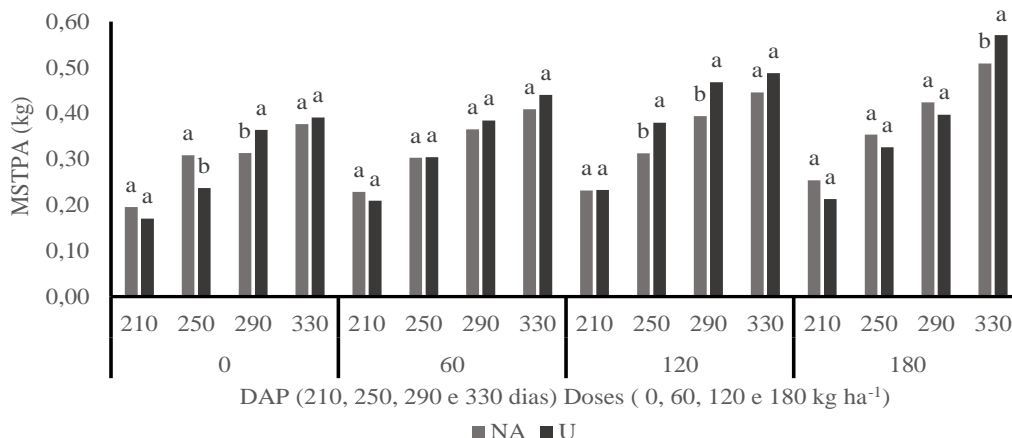
No desdobramento dos níveis da fonte NA na dose de 0 kg ha<sup>-1</sup> de N a MSTPA aos 250 DAP foi superior 23,22% em relação a fonte U. No desdobramento dos níveis da fonte U na dose de 0, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de N aos 290, 250, 290 e 330 DAP para MSTPA foi superior 13,84;

17,65; 15,82 e 10,92%, respectivamente, em comparação a fonte NA (Figura 6A). Franco et al. (2008) concluíram que o N absorvido da ureia representou em média 11,7% do N total acumulado na planta toda. Vitti et al. (2011), constataram que a cana-planta recupera  $30,3 \pm 3,7\%$  de 15N-ureia e que a contribuição de N proveniente da ureia representa 15,9% do N total acumulado pela parte aérea, na colheita da cultura. Tavian et al. (2014), concluíram que a melhor dose de nitrogênio, na forma de nitrato de amônio, em cobertura para produção de massa seca de sorgo forrageiro foi de  $116 \text{ kg ha}^{-1}$ . Bastos et al. (2015), não observaram efeito significativo a aplicação de N para MSTPA de cana-de-açúcar.

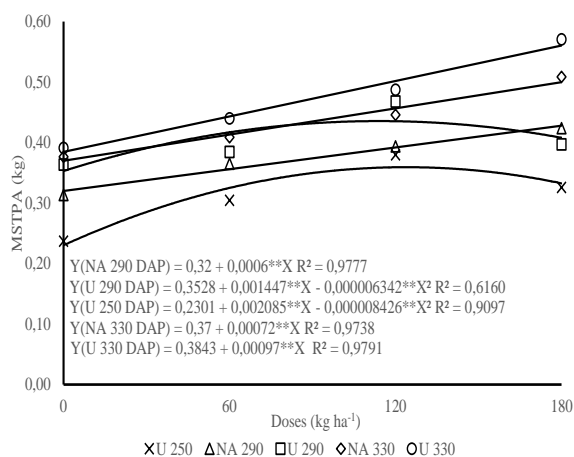
Na Figura 6B, no desdobramento dos efeitos para os níveis das doses, dentro dos níveis das fontes e épocas, constatou-se que para a variável MSTPA, somente ocorreu efeito significativo para NA aos 290 e 330 DAP e para U aos 250, 290 e 330 DAP. Segundo as equações de regressões linear para NA 290, NA 330 e U 330 DAP, as MSTPA máxima, respectivamente de 0,428; 0,500 e 0,559 kg foram estimadas para a dose de  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, e segundo as equações de regressão quadrática para U 250 e U 290 DAP uma MSTPA máxima, respectivamente de 0,359 e 0,435 kg foi estimada para as doses de 123,72 e  $114,08 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Franco et al. (2008), concluíram que a recuperação do 15N-ureia pela cana-planta (planta toda) na média dos experimentos foi de 30, 30 e 21 %, respectivamente, para as doses de 40, 80 e  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.

Na Figura 6C, no desdobramento dos efeitos para os níveis das épocas, dentro dos níveis das fontes e doses, constatou-se que para a variável MSTPA houve efeito significativo para NA nas doses de 0, 60, 120 e  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e U nas doses de 0, 60, 120 e  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Segundo as equações de regressões linear obtidas para NA 0, NA 60, NA 120, NA 180, U 0, U 60 e U  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, as MSTPA máxima, respectivamente de 0,382; 0,417; 0,454; 0,510; 0,408; 0,450 e 0,548 kg foram estimadas para 330 DAP, e segundo a equação de regressão quadrática obtida para U  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, a MDTPA máxima de 0,488 kg foi estimada para 323 DAP. Otto et al. (2009) estudando cana-de-açúcar cultivado em dois lugares diferentes, verificaram que a fertilização nitrogenada com ureia promoveu aumento significativo da massa da parte aérea aos 300 DAP, aproximadamente.

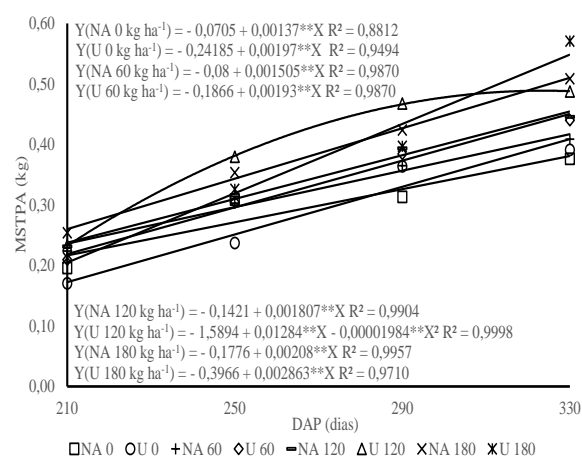
(A)



(B)



(C)

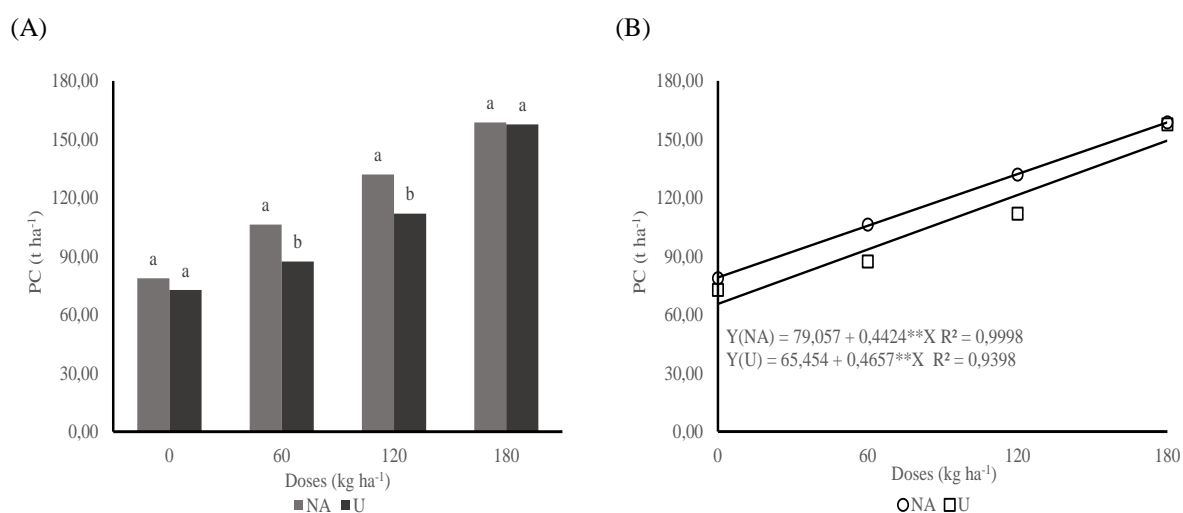


Médias seguidas das mesmas letras, dentro da mesma dose de N e época de avaliação, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*\* e \* significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F.

**Figura 6.** Massa seca total da parte aérea da cana-de-açúcar (var. SP 80+1816), no ciclo de cana-planta, em função das fontes de N (A), doses de N (B) e épocas de avaliação (C), município de Jataí, GO, safra 2014/2015.

Na Figura 7A, no desdobramento dos níveis da fonte NA nas doses de 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N para PC foi superior 17,83 e 15,21% em relação a fonte U, respectivamente. Vitti et al. (2007), observaram efeito significativo para PC na utilização de nitrato de amônio em cana de 2<sup>a</sup> soca. Marcelo (2008), não observou efeitos significativo para PC na aplicação de ureia e nitrato de amônio independente da dose utilizada.

No desdobramento dos efeitos dos níveis das doses, para os níveis das fontes, é possível constatar que para a PC houve efeito para NA e U (Figura 7B). Segundo as equações de regressão linear obtidas para as fontes NA e U, as PC máximo de 158,69 e 149,28 t ha<sup>-1</sup> foram estimados com a dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N. De acordo com Vitti et al. (2007), o nitrogênio da fertilização em doses crescentes até 175 kg ha<sup>-1</sup> resulta em aumento linear na produtividade de colmos de uma 2<sup>a</sup> soca; esse efeito se estende para a 3<sup>a</sup> soca. Kölln (2012), observou que no manejo em regime de sequeiro a adubação nitrogenada elevou a produtividade de colmos em 35 e 43% respectivamente para o 1<sup>o</sup> e 2<sup>o</sup> ciclos. Em estudo realizado por Ramon-Sanches et al. (2015), verificaram que a aplicação de nitrogênio apresentou maior efeito para produtividade de colmos, em condições de cana-planta.



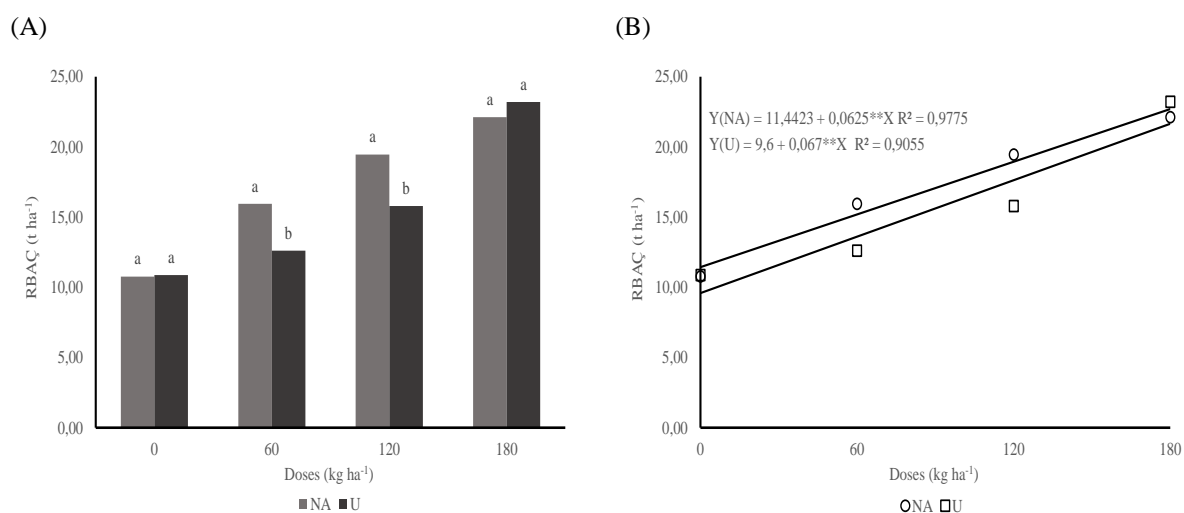
Médias seguidas das mesmas letras, dentro da mesma dose de N, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*\* e \* significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F a 5%.

**Figura 7.** Produtividade de colmos da cana-de-açúcar (var. SP 80+1816), no ciclo de cana-planta, em função de fontes de N (A) e doses de N (B), município de Jataí, GO, safra 2014/2015.

Na Figura 8<sup>a</sup>, verifica-se que no desdobramento dos níveis da fonte NA em relação as doses de 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N para RBAÇ, foi superior 20,89 e 18,86% em comparação a fonte U, respectivamente. Vitti et al. (2007), observaram respostas significativas aplicando doses crescentes de nitrato de amônio em cana de 2<sup>a</sup> soca, obtendo nas doses de 0, 35, 70, 105, 140 e 175 kg ha<sup>-1</sup> de N uma produção de açúcar de suas safras consecutivas de 15,6; 18,1; 21,6; 22,8; 24,8 e 26,3 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Marcelo (2008), obteve para a fonte U nas doses de 40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de N os RBAÇ de 12,11; 11,52; 10,75 e 12,35 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, já para

fonte de N NA nas doses 40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de N os RBAÇ de 11,94; 11,44; 10,70 e 11,66 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, esses resultados mostram que não ocorreu efeito significativo de fonte, doses e interação fonte x doses.

No desdobramento dos níveis das doses, para os diferentes níveis das fontes, é possível constatar que para RBAÇ houve efeito para NA e U (Figura 8B). Segundo as equações de regressão linear obtidas para fonte de NA e U os RBAÇ máximo de 22,69 e 21,66 t ha<sup>-1</sup> foram estimados com a dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N. Em estudo realizado por Oliveira et al. (2014), verificaram efeito significativo a aplicação de nitrogênio para RBAÇ, e foi verificado com a aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de ureia um RBAÇ de 33,36 t ha<sup>-1</sup>.



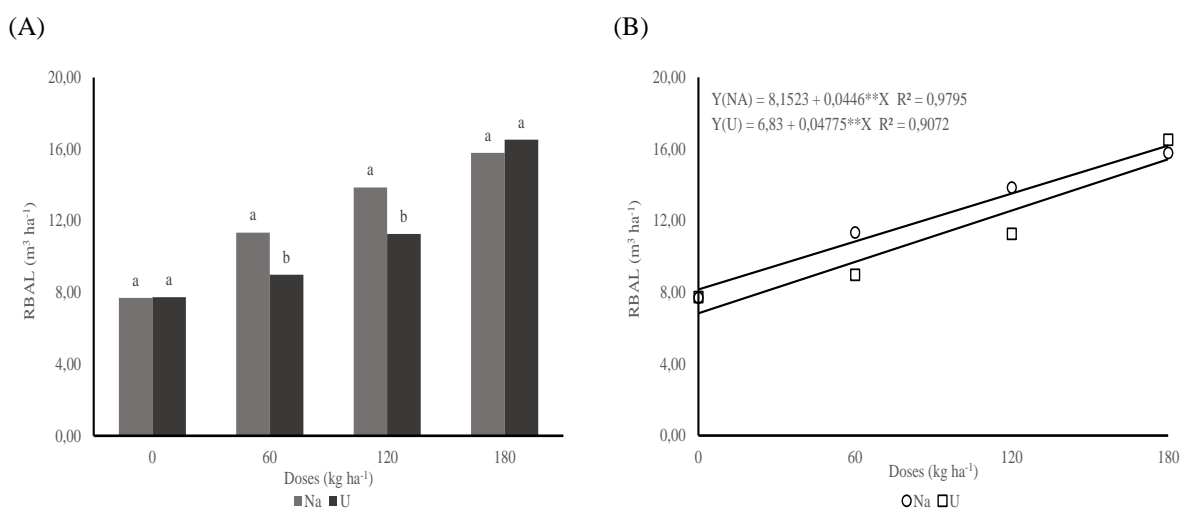
Médias seguidas das mesmas letras, dentro da mesma dose de N, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*\* e \* significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F a 5%.

**Figura 8.** Rendimento bruto de açúcar da cana-de-açúcar (var. SP 80+1816), no ciclo de cana-planta, em função de fontes de N (A) e doses de N (B), município de Jataí, GO, safra 2014/2015.

Na Figura 9A, no desdobramento dos níveis da fonte NA em relação as doses de 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N para RBAL foi superior 20,75 e 18,67% em relação a fonte U, respectivamente. De acordo com Vitti et al. (2007), em torno de 40% do amônio da fonte nitrato de amônio permanece no sistema solo-planta (raízes e rizomas) -palha como efeito residual para a safra seguinte, independentemente da dose de nitrogênio aplicada.

No desdobramento das doses para as diferentes fontes, é possível constatar que para RBAL houve efeito para NA e U (Figura 9B). Segundo as equações de regressão linear obtidas para fonte de NA e U os RBAL máximo de 16,54 e 15,43 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> foram estimados com a dose

de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N. Carvalho et al. (2009), concluíram que a adubação de cobertura (112 kg ha<sup>-1</sup> de N + 164 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) e quantidade total de água aplicada de 1.168 mm, é possível obter maior número de colmos, comprimento dos colmos, peso dos colmos, produtividade de colmos, rendimento bruto de açúcar e rendimento bruto de álcool. Em estudo realizado por Oliveira et al. (2014), verificaram efeito significativo a aplicação de nitrogênio para RBAL, e foi verificado com a aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de ureia um RBAL de 23,74 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.



Médias seguidas das mesmas letras, dentro da mesma dose de N, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*\* e \* significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F a 5%.

**Figura 9.** Rendimento bruto de álcool da cana-de-açúcar (var. SP 80+1816), no ciclo de cana-planta, em função de fontes de N (A) e doses de N (B), município de Jataí, GO, safra 2014/2015.

#### 4.4 Conclusões

O maior valor para MSFV foi obtido aos 250 DAP com a dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N.

A fonte de N ureia aos 250 DAP promoveu maior valor de MSFM do que a fonte de N nitrato de amônio. A dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N aos 330 DAP proporcionou os maiores valores de MSFM, independente da fonte.

A fonte de N ureia aos 290 e 330 DAP promoveu a maior valor de MSC do que a fonte de N nitrato de amônio. A ureia na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N forneceu o maior valor de MSC.

A fonte ureia na dose de 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de N aos 290 e 330 DAP forneceu o maiores valores de MSPT e MSTPA.

A produtividade de colmos, rendimento bruto de açúcar e rendimento bruto de álcool da cana-de-açúcar SP80-1816, no ciclo de cana-plantar, nas doses de 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N teve incrementos mais elevados quando se utilizou nitrato de amônio.

Não ocorreu diferença entre as fontes de nitrogênio na produtividade de colmos, rendimento bruto de açúcar e rendimento de álcool na dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N.

#### 4.5 Referências Bibliográficas

BASTOS, A. V. S.; OLIVEIRA, R. C.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; SILVA, E. C. Productivity and Dry Matter Accumulation of Sugarcane Crop under Irrigation and Nitrogen Application at Rio Verde GO, Brazil . **American Journal of Plant Sciences**, v.6, pp. 2374-2384, 2015.

CALDAS, C. **Manual de análises selecionadas para indústrias sucroalcooleiras**. Maceió: Sindicato da Indústria e do Álcool do Estado de Alagoas, 1998. 424p.

CARVALHO, C. M.; AZEVEDO, H. M. DE; DANTAS NETO, J.; FARIAS, C. H. A.; SILVA, C. T. S.; GOMES FILHO, R. R. Rendimento de açúcar e álcool da cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.1, pp.72-77, 2009.

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C. Nitrogênio e enxofre na cultura da cana-de-açúcar. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S.; VITTI, G.C. (Ed.). Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. Piracicaba: IPNI Brasil, 2007. p.355-412.

CORTEZ, L. A. B. From the sugarcane ethanol sustainability that we have to the sugarcane ethanol sustainability that we should have. In: **Sustainability of Sugarcane Bioenergy**. Brasília: CGEE, 2012.



COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; ARAÚJO, J. L.; RODRIGUES, R. B. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu: II - nutrição nitrogenada da planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.4, pp.1601-1607, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. 4.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013. 353p.

EPSTEIN, E., BLOOM, A.J. 2006. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. Planta, Londrina, Brasil 401p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computerstatisticalanalysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FRANCO, H. C. J.; TRIVELIN, P. C. O.; FARONI, C. E.; VITTI, A. C.; OTTOM R.. Aproveitamento pela cana-de-açúcar da adubação nitrogenada de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, edição especial, pp.2763-2770, 2008.

FRANCO, H.C.J.; TRIVELIN, P.C.O.; FARONI, C.E.; VITTI, A.C.; OTTO, R. Stalk yield and technological attributes of planted cane as related to nitrogen fertilization. **Scientia Agricola**, v.67, n.5, p.579-590, 2010.

FRANCO, H. C. J.; OTTO, R.; FARONI, C. E.; VITTI, A. C.; OLIVEIRA, E. C. A.; TRIVELIN, P. C. O. Nitrogen in sugarcane derived from fertilizer in Brazilian field conditions. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.121, issue, 1, p. 29-41, 2011.

GAVA, G. J. C.; KÖLLN, O. T.; URIBE, R. A. M.; TRIVELIN, P. C. O.; CANTARELLA, H. Interação entre água e nitrogênio na produtividade de cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*). In: CRUSCIOL, C. A. C. (Org.). **Tópicos em ecofisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: FEPAF, 2010. v. 1, p. 49-66.

GÍRIO, L. A. S.; DIAS, F. L. F.; REIS, V. M.; URQUIAGA, S.; SCHULTZ, N.; BOLONHEZI, D.; MUTTON, M. A. Bactérias promotoras de crescimento e adubação nitrogenada no

crescimento inicial de cana-de-açúcar proveniente de mudas pre-brotadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.1, p.33-43, 2015.

GOLDEMBERG, J. Biomassa e energia. **Química Nova**, v.32, n.3, pp.582-587, 2009.

KÖLLN, O. T. **Interação entre os estresses de nitrogênio e disponibilidade hídrica no fracionamento isotópico de  $^{13}\text{C}$  e na produtividade em soqueira de cana-de-açúcar.** 2012. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

KÖPPEN, W. **Köppen climate classification.** Geography about. Available in: <<http://geography.about.com/library/weekly/aa011700b.htm>>. Access in: 10 Maio. 2016.

MARAFON, A. C. **Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar:** uma Introdução ao Procedimento Prático Embrapa Tabuleiros Costeiros Aracaju, SE, 2012. 31p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1953; 168). Disponível em: [http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes\\_2012/doc\\_168.pdf](http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2012/doc_168.pdf). Acesso em: 10 maio. 2016.

MARCELO, D. N. **Efeitos de fontes e doses de nitrogênio em soqueira de cana-de-açúcar, cultivar SP79-1011.** 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008, 44 p.

OLIVEIRA, R. A.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; WEBER, H.; IDO, O. T.; BESPALHOK-FILHO, J. C.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; SILVA, D. K. T. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, n.2, pp.71-76, 2007.

OLIVEIRA, R. C.; CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; MEGGUER, C. A. Productivity of fertirrigated sugarcane in subsurface drip irrigation system. **African Journal of Agricultural Research**, v.9, n.11, pp. 993-1000, 2014.

OTTO, R.; FRANCO, H.C.J.; FARONI, C. E.; VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O. Fitomassa de raízes e da parte aérea da cana-de-açúcar relacionada à adubação nitrogenada de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.4, p.398-405, 2009.

PRADO, R.M.; FRANCO, C.F. Omissão de nutrientes no crescimento, na nutrição e nos sintomas visuais em plantas de milho variedade Al - Bandeirante. **Revista de Agricultura**, v.82, n.1, p.84-97, 2007

PRADO, R.M. **Nutrição de Plantas**. 2008. Editora Unesp, São Paulo, Brasil. 407p.

PRADO, R.M.; FRANCO, C.F.; PUGA, A.P. Deficiências de macronutrientes em plantas de soja cv. BRSMG 68 (Vencedora) cultivada em solução nutritiva. **Comunicata Scientiae**, v.1, n.2, p.114-119. 2010.

RAMBO, L.; SILVA, P. R. F.; STRIEDER, M. L.; DELATORRE, C. A.; BAYER, C.; ARGENTAL, G. Adequação de doses de nitrogênio em milho com base em indicadores de solo e de planta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.3, p.401-409, 2008.

RESENDE, A. S.; SANTOS, A.; XAVIER, A. P.; XAVIER, R. P.; COELHO H. C.; GONDIM, A.; OLIVEIRA, O. C.; ALVES, ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. Efeito da queima da palhada da cana-de-açúcar e de aplicações de vinhaça e adubo nitrogenado em características tecnológicas da cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.6, pp. 937-941, 2006.

SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; SILVA, N. F.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; RIBEIRO, P. H. P. Produtividade da cana-de-açúcar submetida a diferentes reposições hídricas e nitrogênio em dois ciclos. **Irriga**, Edição Especial, p.198-210, 2015.

SCHRÖDER, J.J.; NEETESON, J.J.; OENEMA, O.; STRUIK, P.C. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of art. **Field Crops Research**, v.66, p.151-164, 2000.

SILVA, T. G. F.; MOURA, M. S. B.; ZOLNIER, S.; CARMO, J. F. A.; SOUZA, L. S. B. Biometria da parte aérea da cana soca irrigada no Submédio do Vale do São Francisco. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.3, pp.500-509, 2012.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Eds). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica/Embrapa-CPA, 2004. 416 p.

TRAVIAN, A. F.; FERREIRA, D. D. P.; SOUZA, A. P.; RUSSO, L.; JARDIM, C. A.; GRANCO, C. F. Efeito da adubação nitrogenada no acúmulo de biomassa de sorgo forrageiro. **Ciência & Tecnologia: Fatec-JB**, v.6, n. Suplemento, p.28-32, 2014.

VALE, D. W.; PRADO, R. M.; AVALHÃES, C. C.; HOJO, R. H. Omissão de macronutrientes na nutrição e no crescimento da cana-de-açúcar cultivada em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.2, pp.189-196, 2011.

VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C.; GAVA, G. J. C.; PENATTI, C. P.; BOLOGNA, I. R.; FARONI, C. E.; FRANCO, H. C. J. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada ao nitrogênio residual da adubação e do sistema radicular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.2, p.249-256, 2007.

VITTI, A. C.; FRANCO, H. C. J.; TRIVELIN, P. C. O.; FERREIRA, D. A.; OTTO, R.; FORTES, C.; FARONI, C. E. Nitrogênio proveniente da adubação nitrogenada e de resíduos culturais na nutrição da cana-planta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.3, p.287-293, 2011.

## **5.0 CONCLUSÃO GERAL**

O crescimento e a produção de matéria seca da cana-de-açúcar (cana-planta), cultivados em solo de cerrado, foram influenciadas pelas fontes, doses de nitrogênio e épocas de avaliação.

Para se obter maior produtividade de colmos, rendimento bruto de açúcar e rendimento bruto de álcool da cana-de-açúcar (cana-planta), sugere-se utilizar 120 kg ha<sup>-1</sup> de N na fonte nitrato de amônio.