

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

**EFEITO RESIDUAL DE ADUBAÇÃO NITROGENADA NA
SEGUNDA SOQUEIRA DE CANA-DE-AÇÚCAR
IRRIGADA EM LATOSSOLO VERMELHO**

Autor: Eduardo Sousa Cunha
Orientador: Prof. Dr. Marconi Batista Teixeira
Coorientador: Dr. Edson Cabral da Silva

RIO VERDE - GO
Agosto – 2018

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

**EFEITO RESIDUAL DE ADUBAÇÃO NITROGENADA NA
SEGUNDA SOQUEIRA DE CANA-DE-AÇÚCAR
IRRIGADA EM LATOSSOLO VERMELHO**

Autor: Eduardo Sousa Cunha
Orientador: Prof. Dr. Marconi Batista Teixeira
Coorientador: Dr. Edson Cabral da Silva

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 – 2018

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

CED24e Cunha, Eduardo Sousa
Efeito residual de adubação nitrogenada na segunda
soqueira de cana-de-açúcar irrigada em latossolo
vermelho / Eduardo Sousa Cunha; orientador Marconi
Batista Teixeira; co-orientador Edson Cabral da
Silva. -- Rio Verde, 2018.
41 p.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) -- Instituto
Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2018.

1. Saccharum officinarum L. 2. Uréia. 3. Nitrato
de amônio. 4. Adubação nitrogenada. I. Batista
Teixeira, Marconi, orient. II. Cabral da Silva,
Edson, 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

**EFEITO RESIDUAL DE ADUBAÇÃO NITROGENADA NA
SEGUNDA SOQUEIRA DE CANA-DE-AÇÚCAR
IRRIGADA EM LATOSSOLO VERMELHO**

Autor: Eduardo Sousa Cunha
Orientador: Prof. Dr. Marconi Batista Teixeira

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

APROVADA em 29 de agosto de 2018.

Fernando Nobre Cunha
Avaliador externo
IF Goiano – Campus

Frederico Antonio Loureiro Soares
Avaliador Interno
IF Goiano - Campus Rio Verde

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

Marconi Batista Teixeira
IF Goiano - Campus Rio Verde
Presidente da banca

DEDICO

Aos meus pais,

Reinaldo Cunha Silveira e Sueni Sousa Borges Cunha

OFEREÇO

À minha família,

Aos meus irmãos, Matheus e Lucas, e à minha esposa Aymee, por estar ao meu lado do princípio ao fim de mais uma etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a toda equipe do Laboratório de Hidráulica e Irrigação que contribuíram para a condução deste projeto como um todo, em especial ao Fernando Nobre Cunha, Flávio Henrique, Vitor Marques, Nelmício Furtado, Wilker Moraes, Claudio Carvalho, Fernando Cabral e Giovani Santos. Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia. Ao Prof. Dr. Marconi Batista Teixeira, Frederico Antônio Loureiro Soares e Edson Cabral, pela orientação e incentivo durante a execução do trabalho. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudo, pelo auxílio financeiro ao projeto e fomento à pesquisa. À Usina Raizen localizada em Jataí - GO, pela colaboração e fornecimento das áreas de cana-de-açúcar para execução dos experimentos.

Agradeço à minha família, pelo suporte dado nas horas fáceis e difíceis do trajeto percorrido.

Agradeço a Deus, por ter permitido que eu concluísse minhas atividades com saúde e ter me dado força para não desistir no meio do caminho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Eduardo Sousa Cunha, filho de Reinaldo Cunha Silveira e Sueni Sousa Borges Cunha, nasceu no dia 08 de maio de 1990, na cidade de Rio Verde, Goiás. No mês de fevereiro de 2013, iniciou no curso de Agronomia no Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, finalizando em março de 2017. Em abril de 2017, 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. Marconi Batista Teixeira, concluindo em agosto de 2018.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	viii
RESUMO.....	
ABSTRACT.....	
1.0 INTRODUÇÃO.....	14
2.0 OBJETIVOS.....	19
2.1 Objetivo Geral.....	19
2.2 Objetivos Específicos.....	19
3.0 CAPÍTULO I.....	20
3.1 Introdução.....	22
3.2 Materiais e Métodos.....	23
3.3 Resultado e Discussão.....	28
3.4 Conclusões	36
3.5 Referências Bibliográficas.....	37
4.0 CONCLUSÃO GERAL.....	42

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
<p>Tabela 1. Características químicas, físico-hídricas, granulometria e classificação textural do solo da área experimental, nas camadas de 0,0–0,10, 0,10-0,20 e 0,20–0,40 m de profundidade, Jataí – GO, safra 2016/17.....</p>	24
<p>Tabela 2. Resumo da análise de variância e médias para as variáveis altura de planta (AP), diâmetro de colmo (DC) e comprimento de entrenó (CE) da cultura cana-de-açúcar (var. SP95-5000) irrigada, no ciclo de segunda soca, submetida a efeito residual de diferentes fontes e doses de nitrogênio, aplicadas a cana-planta, município de Jataí, GO, Brasil, safra 2016/2017.....</p>	28
<p>Tabela 3. Resumo da análise de variância e médias para as variáveis massa seca das folhas (MSF), massa seca do colmo (MSC), massa seca do ponteiro (MSPT) e massa seca total da parte aérea (MSTPA) da cultura cana-de-açúcar (var. SP95-5000) irrigada, no ciclo de segunda soca, submetida a efeito residual de diferentes fontes e doses de nitrogênio, aplicadas em cana-planta, município de Jataí, GO, Brasil, safra 2016/2017.....</p>	30
<p>Tabela 4. Resumo da análise de variância e médias para as variáveis porcentagem de sólidos solúveis (BRIX), porcentagem de açúcar bruto contida nos colmos (POL da cana) açúcar total recuperável (ATR), produtividade de colmos (PC), rendimento bruto de açúcar (RBAC) e rendimento bruto de álcool (RBAL) da cultura cana-de-açúcar (var. SP95-5000) irrigada, no ciclo de segunda soca, submetida a efeito residual de diferentes fontes e doses de nitrogênio, aplicadas a cana-planta, município de Jataí, GO, Brasil, safra 2016/2017.....</p>	33

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Dados meteorológicos no período decorrente do experimento, Jataí – GO, safra 2016/17.....	23
Figura 2. Diâmetro de colmo da cana-de-açúcar (var. SP95-5000), no ciclo de segunda soca, em função do efeito residual das fontes de N (a) e doses de N (b), aplicado em cana-planta, município de Jataí, GO, Brasil, safra 2016/2017.....	29
Figura 3. Produtividade de colmos da cana-de-açúcar (var. SP95-5000), no ciclo de segunda soca, em função do efeito residual das fontes de N (a) e doses de N (b), aplicado em cana-planta, município de Jataí, GO, Brasil, safra 2016/2017.....	35
Figura 4. Rendimento bruto de álcool (a) e Rendimento bruto de açúcar (b) da cana-de-açúcar (var. SP95-5000), no ciclo de segunda soca, em função do efeito residual das doses de N, aplicado em cana-planta, município de Jataí, GO, Brasil, safra 2016/2017.....	36

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Al	Alumínio	$\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$
AP	Altura de planta	m
B	Boro	
Ca	Cálcio	$\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$
CE	Comprimento Entrenós	cm
Cl ₂	Dicloro	
cm	Centímetros	
CO ₂	Dióxido de Carbono	
CTC	Capacidade de troca catiônica	$\text{Mmol}_c \text{ dm}^{-3}$
CV	Coefficiente de variação	%
DAP	Dias após o plantio	
DC	Diâmetro de colmos	mm
Fe	Ferro	mg dm^{-3}
FV	Fonte de variação	
GO	Goiás	
GL	Grau de liberdade	
ha	Hectare	
H ₂ O	Água	
H+Al	Acidez Potencial	$\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$
K	Potássio	$\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$
m	Metro	
Mg	Magnésio	$\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$
mm	Milímetro	
Mn	Manganês	mg dm^{-3}
MO	Matéria Orgânica	g dm^{-3}
MSC	Massa Seca do Colmo	kg
MSF	Massa Seca das Folhas	kg
MSPT	Massa Seca do Ponteiro	kg
MSTPA	Massa Seca Total da Parte Aérea	kg
N	Nitrogênio	
NA	Nitrato de Amônio	kg ha^{-1}
P	Fósforo	mg dm^{-3}
pH	Potencial Hidrogeniônico	
PC	Produtividade de Colmo	t ha^{-1}
QM	Quadrado Médio	
RBAÇ	Rendimento Bruto de Açúcar	t ha^{-1}

RBAL	Rendimento Bruto de Álcool	$\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$
S	Enxofre	$\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$
t	Tonelada	
U	Ureia	kg ha^{-1}
V	Saturação por Bases	%
var	Variedade	
Zn	Zinco	mg dm^{-3}

RESUMO

CUNHA, EDUARDO SOUSA. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, agosto de 2018. **Efeito residual da aplicação de fontes e doses de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em um Latossolo Vermelho de Cerrado.** Orientador: Marconi Batista Teixeira. Coorientador: Frederico Antonio Loureiro Soares

A produção de cana-de-açúcar é uma atividade de elevada importância social, econômica e ambiental para o Brasil. A adubação nitrogenada destaca-se como uma das práticas culturais de maior demanda de pesquisas para a cultura da cana-de-açúcar. Buscando atingir a máxima eficiência da adubação e, conseqüentemente, produtividade, é necessário aprimoramento das técnicas de manejo. Objetivou-se determinar o efeito residual de diferentes fontes e doses de nitrogênio, aplicados no ciclo de cana-planta, sob o crescimento, acúmulo de biomassa seca, atributos tecnológicos e produtividade da cana-de-açúcar (IACSP95-5000) irrigada, no ciclo de segunda soca, cultivada em um Latossolo Vermelho 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. Foram realizadas amostragens do solo para a caracterização química e física. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema de parcela fatorial 2 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⁻¹). As variáveis avaliadas foram altura de planta (AP), diâmetro de colmos (DC),

comprimento de entrenós (CE), massa seca das folhas (MSF), massa seca do colmo (MSC), massa seca do ponteiro (MSPT), massa seca total da parte aérea (MSTPA), porcentagem de sólidos solúveis (BRIX), porcentagem de açúcar bruto contida nos colmos (POL da cana) e açúcar total recuperável (ATR), produtividade de colmo (PC), rendimento bruto de açúcar (RBÇA) e rendimento bruto de álcool (RBAL). Não foi verificado efeito residual das fontes e doses de N para as variáveis biométricas e massa seca. O efeito residual das doses de N promoveu acréscimo na produtividade de colmos, rendimento bruto de álcool e rendimento bruto de açúcar.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum* L, uréia, nitrato de amônio, adubação nitrogenada.

ABSTRACT

CUNHA, EDUARDO SOUSA. Goiano Federal Institute – Rio Verde Campus – GO, August of 2017. **Residual effect of nitrogen sources and doses on sugarcane cultivated in Cerrado Oxisol.** Advisor: Marconi Batista Teixeira. Co-advisor: Edson Cabral Silva.

The sugarcane production is an activity of great social, economic and environmental importance for Brazil. Nitrogen fertilization stands out as one of the cultural practices of higher demand for sugarcane research and for the cultivation. In order to achieve maximum efficiency, fertilization and, consequently, productivity, it is necessary to improve management techniques. The objective was to determine the residual effect of different sources and nitrogen rates, applied in the cane plant cycle, under growth, dry matter accumulation, technological attributes and productivity of irrigated sugarcane (IACSP95-5000) in the second ratoon cycle, cultivated in a Cerrado 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 oxisol. For chemical and physical characterization, there were took soil samples. The experimental design was a randomized blocks, analysed in factorial scheme of 2 x 4, with three replications, the factors analysed were two nitrogen sources (urea and ammonium nitrate) and four nitrogen doses (0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹). The parameters analysed were plant height, stalks diameter, internodes length, leaves dry mass, stalk dry mass, stem dry mass, aerial part total dry mass , juice brix, cane

sucrose contents, recoverable total sugar, stalks productivity, alcohol and sugar yield. No residual effect of N sources and doses were observed for biometric variables and dry mass. The residual effect of the N doses increased the stalk productivity and alcohol and sugar yield.

Key words: *Saccharum officinarum* L, urea, ammonium nitrate, nitrogen fertilization.

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é cultivada no Brasil desde o século XVI e expandiu-se no país, sendo utilizada na produção de açúcar para o consumo interno e exportação, gerando divisas para o país e adquiriu grande importância econômica, pela grande demanda por bioenergia, produção de combustível limpo e renovável, substituindo os combustíveis derivados do petróleo. O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e seus derivados, açúcar e álcool, favorecido por sua extensa área e pelo clima propício à produção vegetal durante todo o ano (SILVA, 2017).

A área cultivada com cana-de-açúcar que foi colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra de 2017/18 foi de 8.613,6 milhões de hectares, distribuídas em todos estados produtores. São Paulo permanece como o maior produtor com 54% (4.651,3 milhões hectares) de área plantada, seguido pelo Goiás com 10,56% (909,8 mil hectares), Minas Gerais com 9,77% (842,3 mil hectares), Mato Grosso do Sul com 6,9% (591,4 mil hectares), Paraná com 6,6% (572 mil hectares), Alagoas com 3,5% (301,7 mil hectares), Pernambuco com 2,61% (225,2 mil hectares) e Mato Grosso com 2,69% (232,1 mil hectares). Estes oito estados são responsáveis por 96,63% da produção nacional. Os demais estados produtores possuem áreas menores, com representações abaixo de 5,1% (CONAB, 2018).

A importância da cana-de-açúcar é decorrente de sua múltipla utilidade, sendo empregada *in natura*, sob a forma de forragem, para alimentação animal, ou como matéria-prima para a fabricação de rapadura, melado, aguardente, açúcar e álcool. Seus resíduos também possuem grande importância econômica – o vinhoto é transformado em adubo e o bagaço, em combustível (CAPUTO et al., 2008).

Estudar a cultura no seu ambiente de desenvolvimento pode gerar enorme quantidade de informações para adequar o melhor manejo e cultivar para os específicos ambientes (solo e

clima). Assim, é possível explorar ao máximo o local de produção para promover o melhor rendimento da cultura e conseqüentemente maior lucratividade ou competitividade para as agroindústrias da cana-de-açúcar (MARQUES & SILVA, 2008).

O nitrogênio (N) 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 (MALAVOLTA & MORAES, 2007). É um dos macronutrientes primários mais utilizado, mais absorvido e mais exportado pelas culturas. Também o nutriente de obtenção mais cara e o mais lixiviado nos solos; assim, requerendo cuidados especiais em seu manejo, pelos riscos de contaminação do lençol freático (CARVALHO & ZABOT, 2012).

Em julho de 2018 foi verificada importação de 13,4 milhões de toneladas de fertilizantes pelo Brasil, representando cerca de 59,9% do total importado no ano anterior que foi de 26,3 milhões de toneladas de fertilizantes observando-se, registro com quedas de 15,6% nos fertilizantes nitrogenados, no período analisado, em relação ao ano de 2017 (ANDA, 2018)

A adubação nitrogenada destaca-se como uma das práticas culturais de maior demanda de pesquisas e para a cultura da cana-de-açúcar estudos sobre N apresentam resultados muito variáveis (KORNDÖRFER et al., 2002). É fundamental o desenvolvimento de práticas agrícolas e a busca por fontes alternativas que visam ao melhor aproveitamento do N pela cultura da cana-de-açúcar (FRANCO et al., 2008). O acúmulo de N no solo ocorre lentamente, a adubação nitrogenada promove aumento dos estoques de N total no solo (WEBER & MIELNICZUK, 2009).

Diversos trabalhos, estudando o efeito residual da adubação nitrogenada em cana-de-açúcar, vêm sendo realizados e, observa-se que o nitrogênio imobilizado, pode ficar retido no solo, tornando uma fonte residual para a cultura nos próximos anos de cultivo da cana-de-açúcar (VITTI et al., 2007; SCHULTZ et al., 2010; MEGDA et al., 2012; BASTOS et al., 2018).

Aliado a adubação nitrogenada, a técnica de irrigação, que segundo Arantes (2012), promove benefícios para a cana-de-açúcar, por manter condições ideais de umidade do solo, condiciona maior absorção de água e nutrientes, resultando em maior produtividade.

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. A seguinte hipótese foi formulada: é possível verificar efeito residual da adubação nitrogenada no desenvolvimento, na produtividade e na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar irrigada (2ª soca).

REFERÊNCIAS

ANDA. (04 de 10 de 2018). *anda*. Fonte: anda: <http://www.anda.org.br/> Acesso em 04 de outubro de 2018.

ARANTES, M. T. **Potencial produtivo de cultivares de cana-de-açúcar sob os manejos irrigado e sequeiro**. 65f. 2012. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Campus de Botucatu, 2012.

BASTOS, A. V. S.; TEIXEIRA, M. B.; SILVA, E. C.; SANTOS, L. N. S.; CARVALHO, J. J. COSTA, C. T. S. Recovery of Residual Nitrogen (¹⁵N) from Urea in the First Ratoon of Irrigated Sugarcane. **Sugar Tech**, v. 20, n. 2, p. 143–153, 2018. DOI 10.1007/s12355-017-0544-4.

CAPUTO, M. M.; BEAUCLAIR, E. G. F.; SILVA, M. A.; PIEDADE, S. M. S. Resposta de genótipos de cana-de-açúcar à aplicação de indutores de maturação. **Bragantia**, v. 67, n. 1, p. 15-23, 2008

CARVALHO, N. L.; ZABOT, V. Nitrogênio: nutriente ou poluente?. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 6, n. 6, p. 960 – 974, 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar 2018/2019. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cana/BoletimZCanaZ4ZLevantamentoZ17-18>> Acesso em: 02 setembro. 2018.

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

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.

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.

MARQUES, T. A.; SILVA, W. H. Crescimento vegetativo e maturação em três cultivares de cana-de-açúcar. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 8, n. 1, p. 54-60, 2008.

MEGDA, M. X. V.; TRIVELIN, P. C. O.; FRANCO, H. C. J.; VITTI, A. C. Eficiência agronômica de adubos nitrogenados em soqueira de cana-de-açúcar colhida sem queima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 12, p. 1681-1690, dez. 2012.

SCHULTZ, N.; LIMA, E.; PEREIRA, M.G.; ZONTA, E. Efeito residual da adubação na cana-planta e da adubação nitrogenada e potássica na cana-soca colhidas com e sem a queima da palhada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 811-220, 2010.

SILVA, N. F. DA.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; VIDAL, V. M.; MORAIS, W. A. Reposição hídrica e adubação nitrogenada na cana-de-açúcar via gotejamento subsuperficial: cana-planta e cana-soca. **Rev. Bras. Agric. Irr.** v. 11, nº 6, Fortaleza, p. 1862 – 1875, Set - Out, 2017.

VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.C.O.; 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.

WEBER, M. A.; MIELNICZUK, J. Estoque e disponibilidade de nitrogênio no solo em experimento de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 2, p. 429-437, 2009.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Objetivou-se determinar o efeito residual de diferentes fontes e doses de nitrogênio, aplicados no ciclo de cana-planta, sobre o crescimento, acúmulo de biomassa, qualidade tecnológica e produtividade da cana-de-açúcar (IACSP95-5000) irrigada, no ciclo de segunda soca, cultivada em um Latossolo Vermelho de Cerrado.

2.2 Objetivos Específicos

a). Avaliar o crescimento, acúmulo de biomassa, produtividade da cana-de-açúcar (IACSP95-5000) irrigada, no ciclo de segunda soca, em função do efeito residual de diferentes fontes e doses de nitrogênio, aplicadas no ciclo de cana-planta, em um Latossolo Vermelho de Cerrado;

b). Determinar a melhor fonte nitrogenada para cana-de-açúcar (IACSP95-5000) irrigada, no ciclo de segunda soca, em função do efeito residual de diferentes fontes e doses de nitrogênio, aplicadas no ciclo de cana-planta, em um Latossolo Vermelho de Cerrado;

c). Determinar a melhor dose nitrogenada para cana-de-açúcar (IACSP95-5000) irrigada, no ciclo de segunda soca, em função do efeito residual de diferentes fontes e doses de nitrogênio, aplicadas no ciclo de cana-planta, em um Latossolo Vermelho de Cerrado;

d). Verificar o efeito dos atributos tecnológicos no rendimento bruto de açúcar e álcool para cana-de-açúcar (IACSP95-5000) irrigada, no ciclo de segunda soca, em função do efeito residual de diferentes fontes e doses de nitrogênio, aplicadas no ciclo de cana-planta, em um Latossolo Vermelho de Cerrado.

3. CAPÍTULO I

(Normas de acordo com o periódico Caatinga)

EFEITO RESIDUAL DE ADUBAÇÃO NITROGENADA NA SEGUNDA SOQUEIRA DE CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA EM LATOSSOLO VERMELHO

Resumo - A adubação nitrogenada destaca-se como uma das práticas culturais de maior demanda de pesquisas e para a cultura da cana-de-açúcar. Objetivou-se determinar o efeito residual de fontes e doses de nitrogênio, aplicados no ciclo de cana-planta, sobre o crescimento, acúmulo de biomassa, qualidade tecnológica e produtividade da cana-de-açúcar (IACSP95-5000) irrigada, no ciclo de segunda soca, cultivada em um Latossolo Vermelho de Cerrado. 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. Foram realizadas amostragens do solo para a caracterização química e física. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema de parcela fatorial 2 x 4, com três repetições. Os tratamentos foram duas fontes de nitrogênio (ureia e nitrato de amônio), e quatro doses de nitrogênio (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹). As variáveis avaliadas foram altura de planta (AP), diâmetro de colmos (DC), comprimento de entrenós (CE), massa seca das folhas (MSF), massa seca do colmo (MSC), massa seca do ponteiro (MSPT), massa seca total da parte aérea (MSTPA), porcentagem de sólidos solúveis (BRIX), porcentagem de açúcar bruto contida nos colmos (POL da cana) e açúcar total recuperável (ATR), produtividade de colmo (PC), rendimento bruto de açúcar (RBÇA) e rendimento bruto de álcool (RBAL). Não foi verificado efeito

residual das fontes e doses de N nas variáveis biométricas e matéria seca. O efeito residual das doses de N promoveu acréscimo na produtividade de colmos, rendimento bruto de álcool e rendimento bruto de açúcar.

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

Abstract: Nitrogen fertilization stands out as one of the cultural practices of higher demand for sugarcane research and cultivation. The objective was to determine the residual effect of nitrogen sources and doses, applied in the cane plant cycle, under growth dry matter, accumulation, technological quality and productivity of irrigated sugarcane (IACSP95-5000) in the second ratoon cycle, cultivated in a Cerrado 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 Oxisol. For chemical and physical characterization, there were taken soil samples. The experimental design was a randomized blocks, analysed a factorial scheme of 2 x 4, with three replications, the factors analysed were two nitrogen sources (urea and ammonium nitrate) and four nitrogen doses (0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹). The parameters analysed were plant height, stalks diameter, internodes length, leaves dry mass, stalk dry mass, stem dry mass, aerial part total dry mass, juice brix, cane sucrose contents, recoverable total sugar, stalks productivity, alcohol and sugar. No residual effect of N sources and doses were observed for biometric variables and dry mass. The residual effect of the N doses increased stalks productivity and sugar and alcohol yield.

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

3.1 Introdução

No Brasil, a cana-de-açúcar normalmente é cultivada em condições de sequeiro, porém, em algumas situações a irrigação está presente, traduzindo ao cultivo maiores produtividades, melhor qualidade do produto e independência de chuva em momentos de déficit hídrico (DALRI, 2008).

A produção de cana-de-açúcar é uma atividade de elevada importância social, econômica e ambiental, representando fonte de geração de diversos recursos, empregos e divisas para o país, em virtude da crescente demanda por etanol, açúcar, energia e pela produção de álcool de segunda geração a cana-de-açúcar tem assumido papel cada vez mais importante na agricultura brasileira e mundial (PEREIRA, 2015).

Pesquisas com diferentes variedades de cana-de-açúcar, têm mostrado o efeito da irrigação no aumento da produtividade, além disso, a adubação nitrogenada tem se mostrado uma das práticas culturais de maior demanda de pesquisas para a cana-de-açúcar, visto que os estudos sobre nitrogênio apresentam resultados muito variáveis, além de grande parte das vezes contraditórios (SILVA, 2017).

O nitrogênio é essencial para o correto funcionamento do metabolismo além de participar diretamente no crescimento e desenvolvimento da planta, ele é componente do RNA, DNA e proteínas, desta forma a sua disponibilidade em forma assimilável é fundamental para a continuidade da vida (GARCIA, 2013).

O manejo da adubação nitrogenada é realizado a fim de aumentar a eficiência, buscando melhores produtividades (SIMÉRIO et al., 2008) visto que, a cana-de-açúcar é uma das culturas mais importantes para a economia nacional, sendo matéria-prima para produção de açúcar e etanol (Fabris et al., 2013). É fundamental o desenvolvimento de práticas agrícolas e a busca por fontes alternativas que visam o melhor aproveitamento do N pela cultura da cana-de-açúcar (FRANCO et al., 2008).

Existem estudos em que não foram observadas respostas das soqueiras à aplicação de nitrogênio, podendo ser atribuída a perda do nitrogênio por volatilização, normalmente quando realizada sobre a palhada da cultura anterior (Prado & Pancelli, 2008).

Diversos estudos, avaliando o efeito residual da adubação nitrogenada em cana-de-açúcar, vem sendo realizados (VITTI et al., 2007; SCHULTZ et al., 2010; MEGDA et al., 2012; BASTOS et al., 2018), muitas vezes com resultados variáveis.

Chen et al. (2016) avaliaram o efeito residual fertilizantes nitrogenados em que foi verificado que o nitrogênio aplicado ao solo, apenas 31,2 a 39% é aproveitado pela cultura alvo sendo, o restante mantido no sistema, podendo ser recuperado pelas culturas subsequentes.

Santini (2018) propõe que parte do Nitrogênio aplicado em cobertura é destinado ao aumento de produtividade, mas, partes do nutriente ficam retido no sistema, na palhada da

cultura, ou fixado por microrganismos presentes no solo. Após a morte dessas bactérias, ocorre a mineralização, fator que contribui com aportes de nitrogênio adicional ao meio, evidenciando a necessidade de estudos (HUNGRIA, 2011).

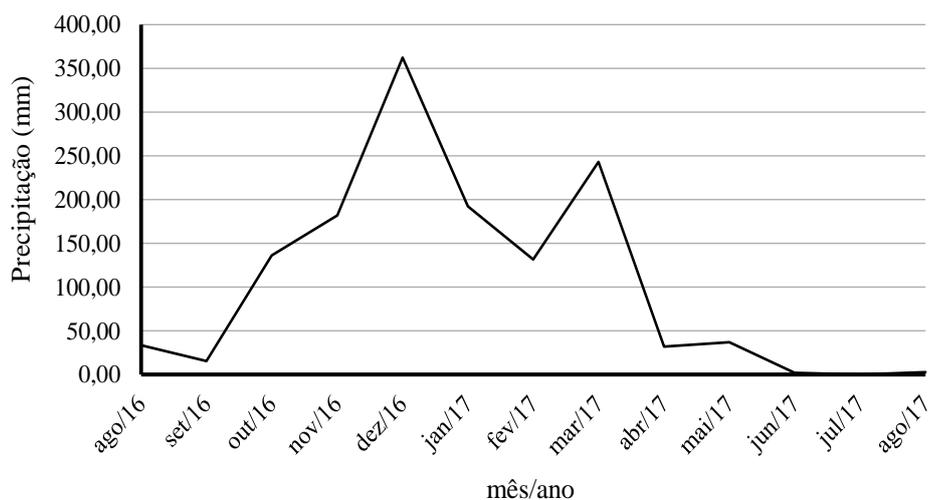
A deficiência hídrica afeta vários aspectos do metabolismo da cana-de-açúcar, em especial a fotossíntese (CHAVES et al., 2009). Manter a umidade adequada no solo durante todo o período de crescimento é importante para se obter os rendimentos potenciais da cultura, visto que o crescimento vegetativo é proporcional à água transpirada pela mesma (DALRI et al., 2008). O uso da irrigação durante a estação seca e veranicos é a alternativa para amenizar os efeitos da má distribuição da chuva e aumentar a produtividade e longevidade dos canaviais (TEODORO et al., 2013).

A rentabilidade econômica do agronegócio da cana-de-açúcar depende do custo de produção, do rendimento físico da cultura e do preço do produto (cana-de-açúcar), sendo que o custo de produção é o fator que o produtor tem controle mais efetivo. Nesse sentido, as funções de produção ou de respostas servem para orientar os agricultores nas tomadas de decisões em relação à quantidade de insumos a ser utilizada num determinado cultivo agrícola (TEODORO et al., 2013).

A fim de promover o melhor uso dos adubos nitrogenados, este trabalho teve como objetivo determinar o efeito residual de diferentes fontes e doses de nitrogênio, aplicados no ciclo de cana-planta, sobre o crescimento, acúmulo de biomassa seca, qualidade tecnológica e produtividade da cana-de-açúcar (IACSP95-5000) irrigada, no ciclo de segunda soca, cultivada em um Latossolo Vermelho de Cerrado.

3.2 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°44'2.62"S e 51°39'6.06"O, com altitude média de 907 m. 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 (KÖPPEN & GEIGER, 1928). A temperatura máxima oscila de 35 a 37°C, e a mínima de 12 a 15°C. A precipitação anual chega a 1.800 mm aproximadamente, mal distribuídas ao longo do ano, conforme os dados climáticos dispostos na Figura 1.



Fonte: Estação Normal INMET – Jataí - GO.

Figura 1. Precipitação no período decorrente do experimento, Jataí – GO, safra 2016/17.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, muito argiloso (SANTOS et al., 2014). As características químicas, físico-hídricas, granulometria e classificação textural das amostras coletadas antes da instalação do experimento, são descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas, físico-hídricas, granulometria e classificação textural do solo da área experimental, Jataí – GO, safra 2016/17.

¹ Camada	pH	M.O.	P _{Resina}	S	K	Ca	Mg	Al
m	CaCl ₂	g dm ⁻³	--- mg dm ⁻³ ---			----- mmolc dm ⁻³ -----		
0,0-0,10	6,0	89,0	39,0	4,0	2,9	50,0	23,0	<1
0,10-0,20	5,7	76,0	16,0	4,0	3,7	28,0	14,0	<1
0,20-0,40	5,5	53,0	9,0	16,0	4,0	13,0	7,0	<1
Camada	H+Al	CTC	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn
m	-- mmolc dm ⁻³ --		%		----- mg dm ⁻³ -----			
0,0-0,10	18,0	93,9	81,0	0,2	1,2	33,0	4,7	2,4
0,10-0,20	20,0	65,7	70,0	0,15	1,2	28,0	2,4	1,4
0,20-0,40	25,0	49,0	49,0	<0,2	1,0	23,0	0,9	0,4
Camada	Granulometria (g Kg ⁻¹)			Classificação textural		θ _{CC}	θ _{PMP}	
m	Areia	Silte	Argila			cm ³	cm ³	
0,0-0,10	96,0	82,0	822,0	Muito argiloso				
0,10-0,20	97,0	82,0	822,0	Muito argiloso		46,3	22,6	
0,20-0,40	85,0	71,0	845,0	Muito argiloso		45,8	22,6	

¹Manual de análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais (IAC, 2001). M.O - Matéria Orgânica; CTC - Capacidade de troca de cátions; V - Saturação da CTC por bases; θ_{CC} – capacidade de campo; θ_{PMP} – ponto de murcha permanente.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial duplo, com três repetições. Os fatores avaliados constituíram de duas fontes de N (nitrato de amônio e ureia) e quatro doses de N (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹). Os tratamentos foram aplicados no ciclo de cana-planta aos 60 dias após o plantio.

Em cana de primeira e segunda soca, a adubação nitrogenada foi de 120 kg ha⁻¹, aplicada em todas as parcelas experimentais, aos 60 dias após a colheita. Em todos dos ciclos de cultivo as parcelas foram adubadas com fósforo (100 kg ha⁻¹) na forma de superfosfato triplo (P₂O₅), potássio (80 kg ha⁻¹) na forma de cloreto de potássio (K₂O), e micronutrientes, conforme resultados das análises de solo e recomendação de Sousa e Lobato (2004).

As unidades experimentais foram constituídas por cinco linhas de cana-de-açúcar de 5 m de comprimento, espaçadas de 1,50 m entre si. Sendo as três linhas centrais de cada parcela considerada a área útil, desprezando-se 1 m em cada extremidade.

Utilizou-se a variedade de cana-de-açúcar IACSP95-5000, que se possui as seguintes características: Porte ereto; Ótima performance no plantio em colheita mecanizada; Ótima brotação de soqueira sob palha; Indicada para ambientes médios - favoráveis; Perfil Responsivo; Ótimo desempenho no plantio de inverno. 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 05/08/2014 de maneira mecanizada, conforme realizado comercialmente, e o número de gemas por metro, conforme as recomendações para a respectiva variedade.

A irrigação foi realizada por um Pivô central, modelo PC 08-64/03-647/01-646/L4 + AC, em aço galvanizado, baixa pressão, com 12 torres de sustentação, com uma área total irrigada de 139,31 ha⁻¹, velocidade de 268 m h⁻¹ na última torre, aplica uma lâmina bruta mínima para uma volta a 100% de 1,35 mm.

A lâmina de irrigação, foi conforme realizado comercialmente, através do software IRRIGER®. O software utiliza o método de Penman-Monteith, adaptado por Allen et al. (1989) para a estimativa da evapotranspiração em escala diária, com os dados

micrometeorológicos de radiação solar, temperatura do ar, velocidade do vento e umidade relativa do ar.

As avaliações biométricas foram realizadas em quatro plantas demarcadas e localizadas na área útil 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.

As avaliações de biomassa seca foram realizadas em duas plantas demarcadas e localizadas na área útil de cada parcela. Foram colhidas amostras da parte aérea da cana-de-açúcar, separando os componentes estruturais da parte aérea. Em seguida, as amostras foram submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 65°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 possibilita a determinação da massa seca total da parte aérea (MSTPA) (MARAFON, 2012).

As variáveis de massa seca analisadas foram MSF (massa seca das folhas), MSC (massa seca do colmo), MSPT (massa seca do ponteiro) e MSTPA (massa seca total de parte aérea).

A colheita do ciclo de segunda soca foi realizada no dia 17/08/2017 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 de 0,02 kg), com capacidade de 50 kg.

Foram coletadas amostras de 10 colmos por tratamento, que foram submetidos para a determinação análise tecnológica no Laboratório agroindustrial da Usina Raízen, em Jataí - GO, para obtenção dos valores de porcentagem de sólidos solúveis (BRIX), porcentagem de açúcar bruto contida nos colmos (POL da cana) e açúcar total recuperável (ATR), conforme normas do sistema Consecana (2006).

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 segundo metodologia descrita por Caldas (1998).

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, enquanto para as fontes nitrogenadas, as médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2011).

3.3 Resultados e discussão

A análise de variância mostrou efeito significativo, em relação à interação entre os fatores F x D, para as variáveis diâmetro de colmo (DC). Não foi observado efeito significativo para as variáveis altura de planta (AP) e comprimento de entrenó (CE) (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância e médias para as variáveis altura de planta (AP), diâmetro de colmo (DC) e comprimento de entrenó (CE) da cultura cana-de-açúcar (var. SP95-5000) irrigada, no ciclo de segunda soca, submetida a efeito residual de diferentes fontes e doses de nitrogênio, aplicadas em cana-planta, Jataí, GO, Brasil, safra 2016/2017.

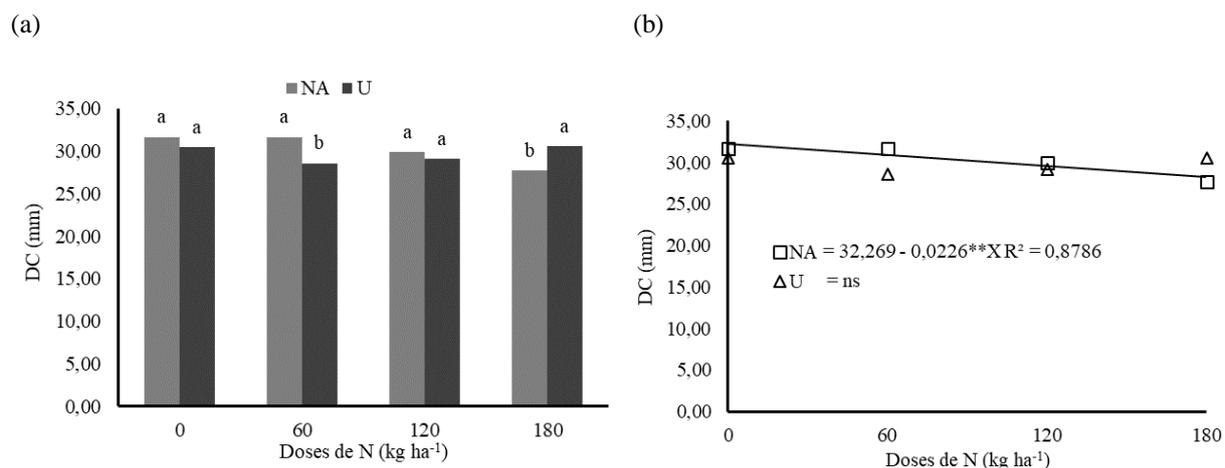
FV	GL	Quadrados Médios ¹		
		AP	DC	CE
Fontes de N (F)	1	0,007 ^{ns}	1,7821 ^{ns}	0,0975 ^{ns}
Doses de N (D)	3	0,0185 ^{ns}	4,3092 ^{ns}	0,4683 ^{ns}
F x D	3	0,0441 ^{ns}	9,1405*	1,2611 ^{ns}
Bloco	2	0,0215 ^{ns}	0,3718 ^{ns}	0,0587 ^{ns}
Resíduo (a)	14	0,0143	1,7172	0,5411
CV (a)		5,38	4,37	6,61

¹Coefficiente de variação (CV). * significativo 5% de probabilidade. ^{ns} não significativo pelo teste F.

Na Figura 2a, observa-se que a fonte de NA, na dose de 60 kg ha⁻¹ de N, para DC, foi superior em 9,70% à fonte U. Para a dose de 180 kg ha⁻¹ de N, a fonte U foi superior 9,32% em relação a fonte NA. Marcelo (2008), estudando fontes e doses de nitrogênio em cana-de-açúcar, não observou efeito significativo para os tratamentos em relação ao diâmetro de colmos.

Na Figura 2b, 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. Segundo a equação de regressão linear obtida para o NA, um DC máximo de 32,27 mm foi estimado sem a aplicação

de N. Uribe (2010), não observou aumento no diâmetro de colmos da cana-de-açúcar com a elevação da dose de N sob irrigação. Shekinah et al. (2012), estudando a adubação nitrogenada em cana-de-açúcar, no ciclo de cana-planta e cana-soca, não observaram efeito significativo para diâmetro de colmos, obtendo a média de 28,70 mm e 27,80 mm, respectivamente, nos dois ciclos de cultivo.



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

Figura 2. Diâmetro de colmo da cana-de-açúcar (var. SP95-5000), no ciclo de segunda soca, em função do efeito residual das fontes de N (a) e doses de N (b), aplicado em cana-planta, município de Jataí, GO, Brasil, safra 2016/2017.

Cunha et al. (2016), observaram que o CE aumentou 6,4% a cada 80 dias, totalizando 19,3% entre 90 e 330 DAP. Silva et al. (2016), obtiveram efeitos isolados em seus tratamentos, e aos 330 DAP observaram um CE de aproximadamente 16 cm.

A análise de variância não mostrou efeito significativo para as variáveis massa seca das folhas (MSF), massa seca do colmo (MSC), massa seca do ponteiro (MSP) e massa seca total da parte aérea (MSTPA) da cultura cana-de-açúcar (Tabela 3). Schultz et al. (2010), verificaram variações entre os tratamentos no acúmulo de palhada da cana-de-açúcar. Diferentemente, Bastos et al. (2018), observaram efeito residual da aplicação de nitrogênio à cana-planta no acúmulo de matéria seca pela primeira soqueira de cana-de-açúcar.

Tabela 3. Resumo da análise de variância e médias para as variáveis massa seca das folhas (MSF), massa seca do colmo (MSC), massa seca do ponteiro (MSPT) e massa seca total da parte aérea (MSTPA) da cultura cana-de-açúcar (var. SP95-5000) irrigada, no ciclo de segunda soca, submetida a efeito residual de fontes e doses de nitrogênio, aplicadas à cana-planta, Jataí, GO, Brasil, safra 2016/2017.

FV	GL	Quadrados Médios ¹			
		MSF	MSC	MSPT	MSTPA
Fontes de N (F)	1	0,000004 ^{ns}	0,0468 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0495 ^{ns}
Doses de N (D)	3	0,0009 ^{ns}	0,0328 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	0,0462 ^{ns}
F x D	3	0,0003 ^{ns}	0,0142 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,0091 ^{ns}
Bloco	2	0,0015 ^{ns}	0,0007 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	0,0016 ^{ns}
Resíduo (a)	14	0,0003	0,016	0,0005	0,0224
CV (a)		12,67	22,94	23,5	18,87

¹Coefficiente de variação (CV). ^{ns} não significativo pelo teste F.

Schultz et al. (2010), obtiveram a produção de matéria seca de palhada de cana-de-açúcar de 15,7 t ha⁻¹ sob efeito residual da adubação de 150 m³ ha⁻¹ de vinhaça + 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Fortes et al. (2011), contataram que a recuperação de nitrogênio da ureia, nos restos culturais e rizomas da cana-de-açúcar, após três safras, foi de 39, 23 e 17%, respectivamente, indicando que o N dos resíduos das culturas é uma importante fonte do nutriente para a cana-de-açúcar.

Boschiero (2017), conclui que o aumento das doses de N aumenta a extração de nutrientes pelas plantas de cana-de-açúcar, embora isso não reflita necessariamente no aumento da matéria seca das plantas, indicando um consumo de luxo do N pela cana-de-açúcar. De acordo com Bastos et al. (2018), uma dose residual de 120 kg ha⁻¹ de N, promoveu, aproximadamente, 22,00 t ha⁻¹ de matéria seca de cana-de-açúcar.

A análise de variância mostrou efeito significativo, em relação às doses de N (D), para as variáveis produtividade de colmos (PC), rendimento bruto de açúcar (RBAÇ) e rendimento bruto de álcool (RBAL). A interação entre os fatores F x D foi significativo para produtividade de colmos (PC). Não foi observado efeito significativo para as variáveis porcentagem de sólidos solúveis (BRIX), açúcar total recuperável (ATR) e porcentagem de açúcar bruto contida nos colmos (POL da cana) (Tabela 4). Vitti et al. (2007), verificaram efeito significativo para doses residuais de N em cana-de-açúcar de terceira soca para produtividade de colmos e POL da cana. Já Schultz et al. (2010), não verificaram efeito

residual das adubações do ciclo anterior no rendimento de colmos na cana-planta. Megda et al., (2012), também não verificaram efeito residual das fontes nitrogenadas na produtividade de colmos da terceira soqueira de cana-de-açúcar. Bastos et al., (2018), não observou efeitos das doses residuais de N para produtividade de colmo.

Tabela 4. Resumo da análise de variância e médias para as variáveis porcentagem de sólidos solúveis (BRIX), porcentagem de açúcar bruto contida nos colmos (POL da cana) açúcar total recuperável (ATR), produtividade de colmos (PC), rendimento bruto de açúcar (RBAÇ) e rendimento bruto de álcool (RBAL) da cultura cana-de-açúcar (var. SP95-5000) irrigada, no ciclo de segunda soca, submetida a efeito residual de diferentes fontes e doses de nitrogênio, aplicadas a cana-planta, município de Jataí, GO, Brasil, safra 2016/2017.

FV	GL	Quadrados Médios ¹					
		BRIX	POL cana	ATR	PC	RBAÇ	RBAL
Fontes de N (F)	1	0,033 ^{ns}	1,575 ^{ns}	0,011 ^{ns}	4,806 ^{ns}	0,222 ^{ns}	0,106 ^{ns}
Doses de N (D)	3	0,047 ^{ns}	23,275 ^{ns}	0,225 ^{ns}	129,904*	4,658*	2,308*
F x D	3	0,262 ^{ns}	15,593 ^{ns}	0,177 ^{ns}	108,224*	3,364 ^{ns}	1,677 ^{ns}
Bloco	2	0,099 ^{ns}	24,029 ^{ns}	0,285 ^{ns}	80,264 ^{ns}	0,729 ^{ns}	0,385 ^{ns}
Resíduo (a)	14	0,098	20,625	0,225	27,178	1,338	0,65
CV (a)		1,51	2,82	2,88	4,26	5,74	5,65

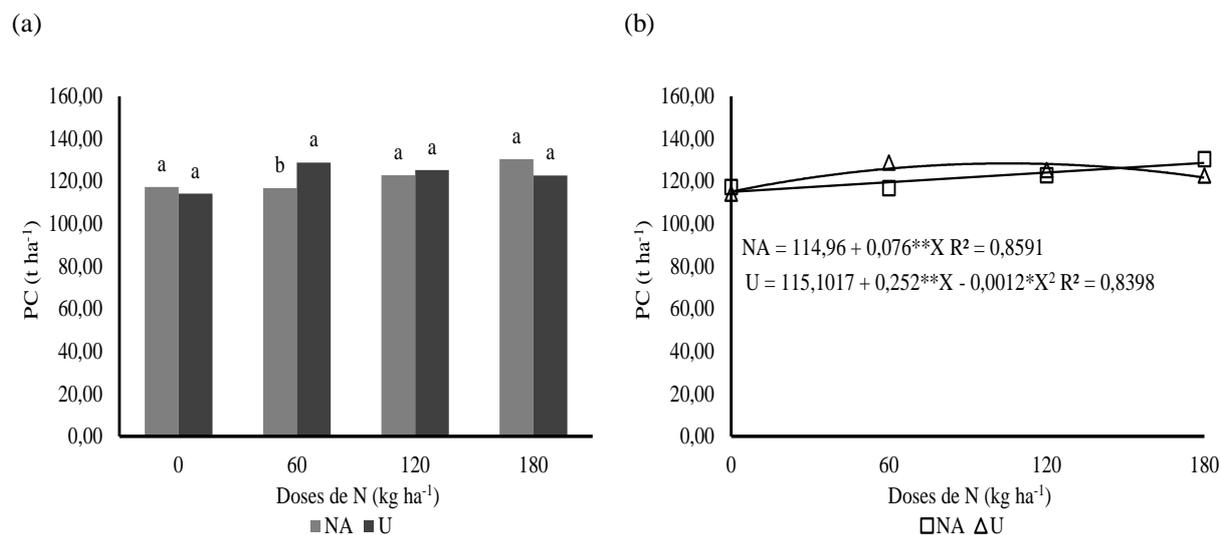
¹Coefficiente de variação (CV). * significativo 5% de probabilidade. ^{ns} não significativo pelo teste F.

A adubação nitrogenada pode reduzir o teor de sacarose e levar ao aumento do consumo de energia como resultado de um desenvolvimento vegetativo mais intenso (WIEDENFELD, 1998, 2000). Silva et al. (2009), estudando níveis de adubação de N e K, não observaram efeitos significativos para BRIX e POL da cana, contudo os valores tenderam a diminuir com aumentos dos níveis de adubação.

Na Figura 3a, observa-se que a fonte NA, na dose de 60 kg ha⁻¹ de N, proporcionou para PC o valor de 9,34% superior à fonte U.

No desdobramento dos efeitos das doses de N dentro das diferentes fontes de N, é possível constatar que para a variável PC houve efeito significativo para NA e U (Figura 3b). Segundo a equação de regressão linear obtida para o NA, uma PC máxima de 128,65 t ha⁻¹ foi estimada com a dose de 180 kg ha⁻¹ de N, e segundo a equação de regressão quadrática obtida para a U, uma PC máxima de 128,33 t ha⁻¹ foi estimada com a dose de 105,00 kg ha⁻¹ de N. Para Vitti et al. (2007), a fonte nitrato de amônio, na dose de 175 kg ha⁻¹, promoveu efeito

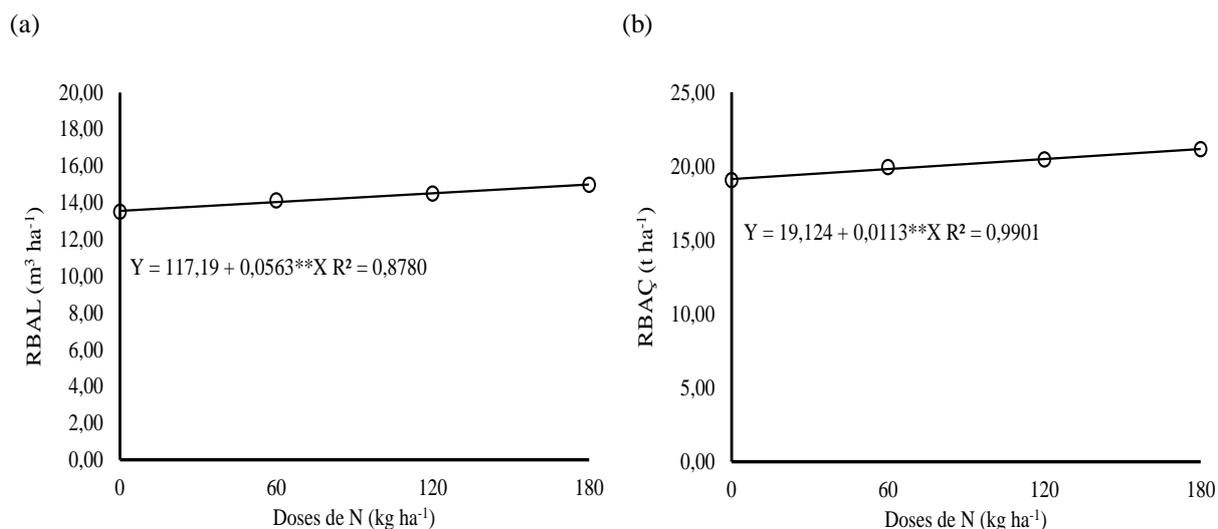
residual, gerando uma PC de 86,3 t ha⁻¹. Fortes et al. (2013), observaram que na cana-de-açúcar de terceira soqueira, maiores doses de N aplicadas nos ciclos anteriores mantiveram a produtividade de colmos TCH, sendo confirmado pela ausência de recuperação de N no tratamento controle.



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. ^{ns} não significativo pelo teste F.

Figura 3. Produtividade de colmos da cana-de-açúcar (var. SP95-5000), no ciclo de segunda soca, em função do efeito residual das fontes de N (a) e doses de N (b), aplicadas à cana-planta, município de Jataí, GO, Brasil, safra 2016/2017.

No RBAL em função das doses de N, observa-se que houve aumento linear máximo de 14,99 m³ ha⁻¹ com 180 kg ha⁻¹ de N (Figura 4a). No RBAÇ em função das doses de N, observa-se que houve aumento linear máximo de 21,16 t ha⁻¹ com 180 kg ha⁻¹ de N (Figura 4b). Para Fortes et al. (2013), independente do ciclo do cultivo e das doses de N aplicadas, não ocorreu efeito significativo para rendimento de açúcar. Os rendimentos de açúcar e álcool tendem a se elevar com o aumento dos níveis de adubação de cobertura de N e K (SILVA et al., 2009). Shekinah et al. (2012), utilizando adubação de 280 kg ha⁻¹ de N em cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta e cana-soca, constataram o rendimento bruto de álcool de 8,54 m³ ha⁻¹ e 7,56 m³ ha⁻¹, respectivamente.



** significativo a 1% de probabilidade.

Figura 4. Rendimento bruto de álcool (a) e Rendimento bruto de açúcar (b) da cana-de-açúcar (var. SP95-5000), no ciclo de segunda soca, em função do efeito residual das doses de N, aplicadas à cana-planta, município de Jataí, GO, Brasil, safra 2016/2017.

O residual de adubação pode ser aproveitado através de cultivos sucessivos, reduzindo o operacional, o desperdício de matéria-prima além de, evitar o desbalanço nutricional no perfil do solo pelo excesso de adubação promovendo assim um manejo eficiente da cultura.

3.4 Conclusão

O efeito residual da ureia, na dose de 105 kg ha⁻¹ de N e do nitrato de amônio, na dose de 180 kg ha⁻¹ de N, promoveu produtividade de colmos 10% superior em relação aos tratamentos que não receberam N no ciclo de cana-planta.

Independente da fonte de N, o efeito residual da dose de 180 kg ha⁻¹ de N promoveu rendimento bruto de açúcar de 21,16 t ha⁻¹ e rendimento bruto de álcool de 14,99 m³ ha⁻¹.

O efeito residual das doses de N promoveu acréscimo na produtividade de colmos, e na qualidade industrial, rendimento bruto de álcool e rendimento bruto de açúcar.

3.5 Referências bibliográficas

ALLEN, R.G.; JENSEN, M.E.; WRIGHT, J.L.; BURMAN, R.D. Operational estimates of reference evapotranspiration. **Agronomy Journal**, v.81, n.4, p.650-662, 1989.

BASTOS, A. V. S.; TEIXEIRA, M. B.; SILVA, E. C.; SANTOS, L. N. S.; CARVALHO, J. J. COSTA, C. T. S. Recovery of Residual Nitrogen (15N) from Urea in the First Ratoon of Irrigated Sugarcane. **Sugar Tech**, v.20, n.2, p. 143–153, 2018. DOI 10.1007/s12355-017-0544-4.

BOSCHIERO, B. N. **Adubação nitrogenada em soqueiras de cana-de-açúcar: influência do uso em longo prazo de fontes e/ou doses de nitrogênio**. 232p. 2017. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Piracicaba.

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

CHAVES, M.M; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: Regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v. 103, n. 4, p. 551-560, 2009.

CHEN, Z.; WANG, H.; LIU, X.; LIU, Y.; GAO, S.; ZHOU, J. The effect of N fertilizer placement on the fate of Urea15N and yield of winter wheat in southeast China. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 11, n. 4, p. 1-13, 2016.

CONSECANA - Conselho dos Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar, Alcool do Estado de São Paulo. **Manual de instruções**. 5.ed. Piracicaba: CONSECANA, 2006. 112p.

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.

DALRI, A. B.; CRUZ, R. L.; GARCIA, C. J. B.; DUENHAS, L. H. Irrigação por gotejamento subsuperficial na produção e qualidade de cana-de-açúcar. **Irriga**, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2008.

DALRI, A. B.; CRUZ, R. L.; GARCIA, C. J. B.; DUENHAS, L. H. Irrigação por gotejamento subsuperficial na produção e qualidade de cana-de-açúcar. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 1-11, janeiro-março, 2008.

FABRIS, L.B.; FOLONIE, J.S.S.; CALONEGO, J.C.; SANTOS, D.H.; SANTO, G.S.; SILVA, P.C.G. 2013. Produtividade e desempenho de cana soca cultivada em diferentes espaçamentos e doses de adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Agrarian** 6: 252- 258.

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

FORTES, C.; OCHEUZE TRIVELIN, P. C.; VITTI, A. C.; OTTO, R.; JUNQUEIRA FRANCO, H. C.; FARONI, C. E. Stalk and sucrose yield in response to nitrogen fertilization of sugarcane under reduced tillage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 1, p. 88-96, 2013. DOI: 10.1590/S0100-204X2013000100012.

FORTES, C.; TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C.; FERREIRA, D. A.; FRANCO, H. C. J.; OTTO, R. Recovery of Nitrogen (15N) by Sugarcane from Previous Crop Residues and Urea Fertilisation Under a Minimum Tillage System. **Sugar Tech**, v. 13, n. 1, p. 42-46, 2011. DOI 10.1007/s12355-011-0074-4

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

GARCIA, G.; ALVES, A. C. Da escassez ao estresse do planeta: um século de mudanças no ciclo do nitrogênio. *Quim. Nova*, Vol. 36, No. 9, 1468-1476, 2013.

HUNGRIA, M. **Inoculação com Azospirillum brasilense: inovação em rendimento a baixo custo.** Londrina: Embrapa Soja, 2011. 37 p. (Embrapa Soja. Documentos, 325).

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde.** Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

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>. Acesso em: 28 mar. 2018.

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.

MEGDA, M. X. V.; TRIVELIN, P. C. O.; FRANCO, H. C. J.; VITTI, A. C. Eficiência agronômica de adubos nitrogenados em soqueira de cana-de-açúcar colhida sem queima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.12, p.1681-1690, dez. 2012.

PEREIRA, G. L. **Transformações do nitrogênio no solo e a resposta da cana-planta à adubação nitrogenada em função da rotação com crotalária.** 2015. 77 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 2015.

PRADO, R.M.; PANCELLI, M.A. 2008. Resposta de soqueiras de cana-de-açúcar à aplicação de nitrogênio em sistema de colheita sem queima. **Bragantia** 67: 951-959.

SANTINI, J. M. K. **Consórcio do milho com capim-xaraés, inoculação de Azospirillum brasilense, doses nitrogênio e efeito residual na soja.** 136p. 2018. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista – Ilha Solteira.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J.

B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 4 ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2014.

SCHULTZ, N.; LIMA, E.; PEREIRA, M.G.; ZONTA, E. Efeito residual da adubação na cana-planta e da adubação nitrogenada e potássica na cana-soca colhidas com e sem a queima da palhada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 811-220, 2010.

SHEKINAH, D. E.; SUDARA, B.; RAKKIYAPPAN, P. Relative Significance of N Nutrition on Yield, Quality and Ethanolin Sugarcane (*Saccharum species hybrid*) Plant: Ratoon System. **Sugar Tech**, v.14, n.2, p.134–137, 2012. DOI 10.1007/s12355-011-0124-y.

SILVA, A. B.; DANTAS NETO, J. FARIAS, C. H. A.; AZEVEDO, C. A. V.; AZEVEDO, H. M. Rendimento e qualidade da cana-de-açúcar irrigada sob adubações de nitrogênio e potássio em cobertura. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 236 – 241, 2009.

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.

SILVA, N. F. DA.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; VIDAL, V. M.; MORAIS, W. A. Reposição hídrica e adubação nitrogenada na cana-de-açúcar via gotejamento subsuperficial: cana-planta e cana-soca. **Rev. Bras. Agric. Irr.** v. 11, nº 6, Fortaleza, p. 1862 – 1875, Set - Out, 2017.

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

TEODORO, I.; DANTAS NETO, J. SOUZA, J. L.; LYRA, G. B. BRITO, K. S.; ALMEIDA SÁ, L. SANTOS, M. A. L.; SARMENTO, P. L. V. S. Isoquantas de produtividade da cana-de-açúcar em função deníveis de irrigação e adubação nitrogenada. **Irriga**, v. 18, n. 3, p. 387-401, 2013.

URIBE, R. A M. **Produtividade e estimativa do acúmulo de biomassa em soqueira de cana-de-açúcar irrigada por gotejamento com diferentes doses de N-fertilizante**. 2010. 67 f. Tese (Doutorado em Agronomia Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2010.

VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.C.O.; 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.

WIEDENFELD, R. P. Previous-crop effects on sugarcane responses to nitrogen fertilization. **Agronomy Journal**, v. 90, p. 161-165, 1998. DOI: 10.2134/agronj1998.00021962009000020007x.

WIEDENFELD, R. P. Water stress during different sugarcane growth periods on yield and response to N fertilization. **Agricultural Water Management**, v.43, p.173-182, 2000. DOI:10.1016/S0378-3774(99)00053-0.

5.0 CONCLUSÃO GERAL

O efeito residual das doses de N de 105 kg ha⁻¹ e do nitrato de amônio, na dose de 180 kg ha⁻¹ respectivamente, aplicadas em cana-de-açúcar irrigada, no ciclo de cana-planta, promoveram acréscimo na produtividade de colmos, qualidade industrial rendimento bruto de álcool e rendimento bruto de açúcar, no ciclo de segunda soca.