

## QUALIDADE TECNOLÓGICA DA CANA-SOCA SOB EFEITO RESIDUAL DE FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO

GIOVANI SANTOS MORAES<sup>1</sup>; LEONARDO NAZÁRIO SILVA DOS SANTOS<sup>1</sup>;  
FERNANDO NOBRE CUNHA<sup>1</sup>; MARCONI BATISTA TEIXEIRA<sup>1</sup>; EDSON  
CABRAL DA SILVA<sup>1</sup>; GABRIELA NOBRE CUNHA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Hidráulica e Irrigação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rodovia Sul Goiana, km 01, Zona Rural, CEP: 75.901-970, Rio Verde GO, Brasil, giovanisantosrv@gmail.com, leonardo.santos@ifgoiano.edu.br, fernandonobrecunha@hotmail.com, marconibi@gmail.com, edsoncabralsilva@gmail.com

<sup>2</sup>Departamento de Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente, UniEVANGÉLICA, Av. Universitária km 3,5 Cidade Universitária, CEP: 75083-515, Anápolis GO, Brasil, gabriela-nc@hotmail.com

### 1 RESUMO

Devido à crescente demanda no aumento na produção de cana-de-açúcar tem ocorrido incremento no investimento em tecnologias para aumentar a produtividade e qualidade industrial. Objetivou-se avaliar o efeito residual de fontes e doses de nitrogênio, aplicados no ciclo de cana-planta, sobre a massa seca e atributos tecnológicos da primeira soqueira de cana-de-açúcar irrigada. O experimento foi conduzido em condições de campo, no município de Jataí-GO em um Latossolo Vermelho distrófico, muito argiloso. O material genético utilizado foi IACSP95-5000. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial  $2 \times 4$ , com três repetições. Os tratamentos consistiram na aplicação de duas fontes de nitrogênio (ureia e nitrato de amônio) e quatro doses (0, 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup>) aplicadas á cana-planta no ciclo precedente. Durante a primeira soqueira foi aplicado 120 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio nas respectivas parcelas. No final do ciclo da primeira soqueira da cana-de-açúcar, foram avaliados a massa seca do colmo, massa seca da parte aérea, açúcar total recuperável, rendimento bruto de açúcar e rendimento bruto de álcool. Os maiores valores de massa seca do colmo e massa seca da parte aérea foram encontrados nas doses 118 e 108 kg ha<sup>-1</sup> de N.

**Palavras-chave:** *Sacharum officinarum* L, nitrato de amônio, ureia, biomassa, irrigação.

MORAES, G. S.; SANTOS, L. N. S.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; SILVA, E. C.;  
CUNHA, G. N.

TECHNOLOGICAL QUALITY OF RATOON CANE UNDER THE EFFECT OF  
RESIDUAL NITROGEN SOURCES AND DOSES

### 2 ABSTRACT

Due to the growing demand for increased sugarcane production, there has been an increase in investment in technologies to increase productivity and industrial quality. The objective of this study was to evaluate the residual effect of nitrogen sources and doses applied during the sugarcane-plant cycle on the dry mass and technological attributes of the first irrigated

sugarcane ratoon. The experiment was conducted under field conditions in the municipality of Jataí-GO in a dystrophic Red Latosol, very clayey. The genetic material used was IACSP95-5000. The experimental design was randomized blocks, analyzed in a  $2 \times 4$  factorial scheme, with three replications. The treatments consisted of the application of two nitrogen sources (urea and ammonium nitrate) and four doses (0, 60, 120 and 180 kg ha<sup>-1</sup>) applied to the sugarcane-plant in the previous cycle. During the first ratoon, 120 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen was applied to the respective plots. At the end of the first ratoon cycle of sugarcane, the dry mass of the stalk, dry mass of the aerial part, total recoverable sugar, gross sugar yield and gross alcohol yield were evaluated. The highest values of dry mass of the stalk and dry mass of the aerial part were found at doses of 118 and 108 kg ha<sup>-1</sup> of N.

**Keywords:** *Sacharum officinarum* L., ammonium nitrate, urea, biomass, irrigation.

### 3 INTRODUÇÃO

O Brasil tem se destacado no cenário sucroenergético mundial, cuja cana-de-açúcar é a principal cultura responsável, o que faz do país uma referência no cenário agroindustrial (Leite; Crusciol; Silva, 2011; Silva *et al.*, 2021). A cana-de-açúcar é uma cultura que possui alto valor econômico, sendo utilizada na produção de açúcar, energia elétrica e álcool (Silva *et al.*, 2014; Marin *et al.*, 2019). Ainda que o uso da cana-de-açúcar na produção do açúcar e do etanol sejam os mais conhecidos, a planta pode ser aproveitada, literalmente, até o bagaço, que serve para alimentar caldeiras das usinas de biomassa, gerando energia em maior parte usadas pela própria usina (CEISEBR, 2023).

Devido a sua importância socioeconômica e demanda de produção para que atenda às necessidades internas do país e ainda possa exportar esse combustível, tem-se a necessidade de grandes áreas plantadas com cana-de-açúcar (Sánchez-Román *et al.*, 2015; Silva; Mantese; Florian, 2023). O Brasil, dispõe, ainda, de terras para a expansão de cultivo da cana-de-açúcar, além de renovação na extração de etanol, um biocombustível limpo em relação aos combustíveis fósseis (Oliveira *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2021).

A área cultivada de cana-de-açúcar destinada a atividade sucroalcooleiras, deve atingir 8,33 milhões de hectares, com uma

produção de 713,2 milhões de toneladas, resultando em uma produção de 29,69 bilhões de litros de etanol e 35 milhões de toneladas de açúcar (Cana-de-açúcar, 2024).

Por ser uma cultura cultivada em diversas regiões com climas diversificados, a quantidade produzida e a qualidade tecnológica da cultura podem ser afetadas de forma significativa sem o uso da irrigação quando associado às condições climáticas do local (Correia *et al.*, 2014; Carmo *et al.*, 2017). Com isso, a prática de irrigação pode minimizar os impactos negativos decorrentes de estiagens prolongadas e aumentar a longevidade do canavial (ANA, 2017).

Outro fator que apresenta uma grande limitação à produtividade nas regiões canavieiras do Brasil, é o fornecimento de nutrientes à cana-de-açúcar (Franco; Trivelin, 2010; Marin *et al.*, 2019). Devido as suas múltiplas reações químicas e biológicas no solo, o nitrogênio é o nutriente de maior complexidade, o que torna difíceis o manejo e a recomendação desse nutriente (Mota *et al.*, 2015).

Por ser um dos nutrientes que mais limitam o crescimento da cana-de-açúcar, o nitrogênio se torna essencial para o crescimento, qualidade tecnológica, produtividade e rendimentos de açúcar e álcool (Costa *et al.*, 2016; Silva, 2017). Estima-se que para obter bons rendimentos em produção de colmo são necessários

aproximadamente 130 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (Oliveira *et al.*, 2017).

Dessa forma, uma alternativa para reduzir a necessidade de adubação mineral é a utilização do nitrogênio disponibilizado pelo processo de mineralização pela palhada no final do ciclo (Fortes *et al.*, 2013; Misra *et al.*, 2020). Já que estudos relatam que durante três ciclos consecutivos pode haver a disponibilização de 12,7 g kg de nitrogênio por meio da mineralização da palhada, aumentando a fertilidade do solo, que contribui para o desenvolvimento da cultura (Fortes, 2010; Adetoro *et al.*, 2020)

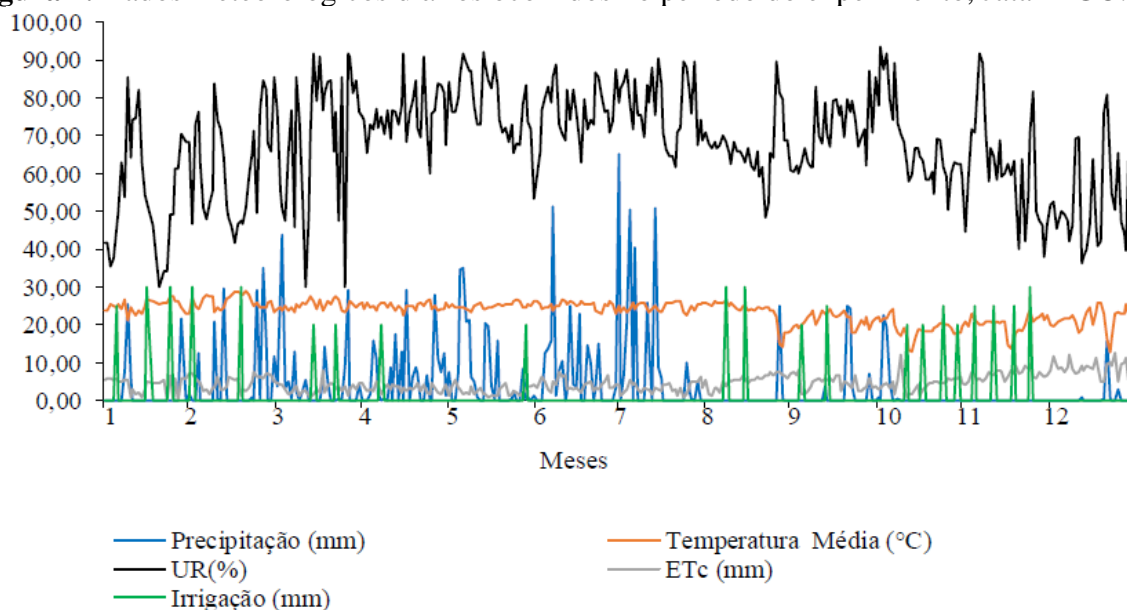
Nesse contexto, o objetivo do estudo foi avaliar o efeito residual de fontes e doses de nitrogênio, aplicados no ciclo de cana-planta, sobre a massa seca e atributos tecnológicos da primeira soqueira de cana-de-açúcar irrigada.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado na Usina Raízen, sob condições de campo, no município de Jataí, GO. Segundo Köppen e Geiger (1928), o clima do local é do tipo Aw, tropical, caracterizado por um período chuvoso nos meses de outubro a abril, e seco nos meses de maio a setembro.

Durante a condução do experimento foram coletados os dados meteorológicos diários de temperatura (°C), umidade relativa (%) e precipitação diária (mm) foram obtidos por meio de estação meteorológica, nesse período foram encontrados valores médios de temperatura de (23,44°C), umidade relativa (67,94%) e precipitação (4,11 mm). A reposição hídrica foi realizada baseada na ETc diária da cultura como descrito na Figura 1.

**Figura 1.** Dados meteorológicos diários ocorridos no período do experimento, Jataí – GO.



O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, muito argiloso (Santos *et al.*, 2018). Após a colheita da cana, foram realizadas amostragens do solo, nas camadas de 0-10; 10-20; 20-40 cm, para a caracterização química do solo, conforme

metodologia proposta pela Embrapa (2013). Para as determinações físicas do solo, foram coletadas amostras de solo deformadas e indeformadas, com o auxílio de anéis de Uhland, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 cm. Verifica-se pela Tabela 1 os resultados das características do solo.

**Tabela 1.** Características químicas, físico-hídricas, granulométricas e textural do solo da área experimental.

<sup>1</sup> Camada	pH	M.O	P <sub>resina</sub>	S	K	Ca	Mg	Al
cm	CaCl <sub>2</sub>	kg dm <sup>-3</sup>	---mg dm <sup>-3</sup> ---			-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----		
0-10	6,0	89,0	39,0	4,0	2,0	50,0	23,0	<1
10-20	5,7	76,0	16,0	4,0	3,7	28,0	14,0	<1
20-40	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	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		%			-----mg dm <sup>-3</sup> -----		
0-10	18,0	93,9	81,0	0,2	1,2	33,0	4,7	2,4
10-20	20,0	65,7	70,0	0,15	1,2	28,0	2,4	1,4
20-40	25,0	49,0	49,0	0,20	1,0	23,0	0,9	0,4
Camada	Granulometria (g kg <sup>-1</sup> )			Classificação textural			θ <sub>CC</sub>	θ <sub>PMP</sub>
m	Areia	Silte	Argila				cm <sup>3</sup>	cm <sup>-3</sup>
0-0,10	96,0	82,0	822,0	Muito argiloso			46,3	22,6
0,10-0,20	97,0	82,0	822,0	Muito argiloso				
0,20-0,40	85,0	71,0	845,0	Muito argiloso			45,8	22,6

<sup>1</sup>θ<sub>CC</sub> – Capacidade de campo; θ<sub>PMP</sub> – ponto de murcha permanente; P, K, Ca e Mg: Resina; S: Fosfato de cálcio 0,01 mol L<sup>-1</sup>; Al: KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; H+Al: SMP; B: água quente; Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA; M.O - Matéria Orgânica; pH - em CaCl<sub>2</sub>; CTC - Capacidade de troca de cátions; V - Saturação da CTC por bases.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, esquema fatorial 2 × 4, com três repetições. Os fatores consistiram em duas fontes de N, (ureia e nitrato de amônia) e quatro doses (0, 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup>), aplicados 60 dias após o plantio em cana-planta.

Os demais tratamentos culturais relacionados à adubação de correção do solo foram realizados considerando-se expectativa de rendimento da cultura de 120 t ha<sup>-1</sup> em cana plana. Foram aplicados no sulco de plantio 100 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 80 kg ha<sup>-1</sup> de potássio (K<sub>2</sub>O), e os micronutrientes, caso necessário, conforme resultados das análises de solo (Sousa; Lobato 2004), aos 60 dias após a rebrota da soqueira, foi realizada a fertirrigação com nitrogênio na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> em todas as parcelas experimentais.

A área experimental foi composta por 1200 m<sup>2</sup>, cada parcela foi constituída de cinco linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento de 1,50 m entre elas totalizando uma área de 37,50 m<sup>2</sup> por parcela experimental. Foram consideradas como área útil da parcela, as duas linhas centrais de cada parcela, desprezando-se 2 m em cada extremidade.

O plantio foi realizado de forma mecanizada, com a variedade IACSP 95-5000, desenvolvida pelo IAC, caracterizada pela ótima performance no plantio e colheita mecanizada, boa brotação de soqueira sob palha, e ótimo desempenho no plantio de inverno. Os tratamentos culturais referentes ao controle de plantas invasoras, pragas e doenças foram realizados conforme a experiência da usina.

A irrigação foi realizada por um Pivô central marca ZIMMATIC, 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<sup>-1</sup>, velocidade de 268 m h<sup>-1</sup> 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.

Ao final do ciclo da cana-de-açúcar, foram coletadas 10 plantas de suas

respectivas parcelas para determinação dos atributos tecnológicos do caldo. A partir desses atributos foram calculados o rendimento bruto de açúcar e de álcool conforme a metodologia descrita por Caldas (1998).

$$RBA\check{C} = \left( \frac{PCC \times PC}{100} \right) \quad (1)$$

Em que:

RBA $\check{C}$  - Rendimento em açúcar, kg ha<sup>-1</sup>;

PCC - Quantidade de açúcar bruto, %;

PC - Produção de colmos, kg ha<sup>-1</sup>;

$$RBAL = ((PCC \times F) + ARL) \times Fg \times 10 \times PC \quad (2)$$

Em que:

RBAL - Rendimento de álcool bruto em litro por tonelada de cana;

PCC - Quantidade de açúcar bruto, %;

F - Fator de transformação estequiométrica 1,052, adimensional;

ARL - São os açúcares redutores livres (0,7 a 0,85%);

Fg - Fator de Gay Lussac (0,6475), adimensional;

PC - Produção de colmos, kg ha<sup>-1</sup>.

Em seguida, foi determinada a massa seca deste material, onde subamostras foram submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 65°C até massa constante, para determinar 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).

Os dados foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F ao nível de 5% de probabilidade. Em caso de significância as variáveis quantitativas, foram ajustadas e submetidas equações de regressão. As variáveis qualitativas, foram comparadas pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR<sup>®</sup> (Ferreira, 2011).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se pela Tabela 2, que a análise de variância mostrou efeito significativos para o fator fonte de N nas variáveis massa seca do colmo (MSC), massa seca da parte aérea (MSPA), rendimento bruto de açúcar (RBA $\check{C}$ ) e rendimento bruto de álcool (RBAL). Já o fator doses mostrou efeito significativo para todas as variáveis analisadas. A interação mostrou significância tanto para a variável rendimento bruto de açúcar (RBA $\check{C}$ ) quanto para rendimento bruto de álcool (RBAL).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para as variáveis massa seca do colmo (MSC), massa seca da parte aérea (MSPA) açúcar total recuperável (ATR), rendimento bruto de açúcar (RBAÇ) e rendimento bruto de álcool (RBAL) da cana-de-açúcar irrigada (ciclo de primeira soqueira).

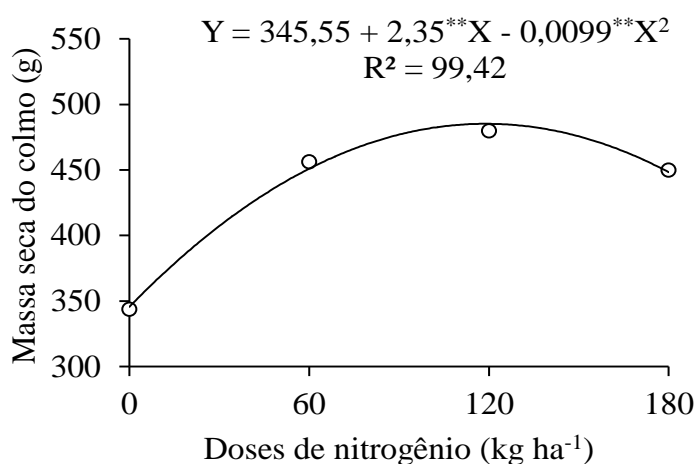
FV	GL	QM <sup>1</sup>				
		MSC	MSPA	ATR	RBAÇ	RBAL
Fonte	1	21989,39**	20024,34*	33,39 <sup>ns</sup>	15,32**	7,48**
Dose	3	1313,94 <sup>ns</sup>	1429,12 <sup>ns</sup>	120,61**	78,20**	39,12**
Fonte x Dose	3	6746,71 <sup>ns</sup>	12363,37 <sup>ns</sup>	8,36 <sup>ns</sup>	3,69*	1,88*
Bloco	2	15281,89*	19109,91*	27,58 <sup>ns</sup>	28,10 <sup>ns</sup>	13,62**
Resíduo 1	14	2821,82	4095,73	7,42	0,78	0,39
CV(%)		12,28	9,96	2,1	3,98	4,04

<sup>1</sup>Massa seca do colmo (MSC), massa seca da parte aérea (MSPA), açúcar total recuperável (ATR), rendimento bruto de açúcar (RBAÇ) e rendimento bruto de álcool (RBAL) da cana-de-açúcar; coeficiente de variação (CV) \*\* e \* significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente, <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F.

Observa-se na Figura 2, que a MSC em função das doses de nitrogênio aplicadas à cana-de-açúcar no ciclo precedente adequou-se a um modelo quadrático, com R<sup>2</sup> de 99,40%. As doses crescentes de nitrogênio elevaram a MSC da cana-de-açúcar até a dose de 118 kg ha<sup>-1</sup>, atingindo MSC máxima de 485,23 g. A MSC máxima verificada na dose de nitrogênio de 118 kg

ha<sup>-1</sup>, foi 28,78, 7,06, e 7,60% maior do que a MSC observada nas doses de nitrogênio de 0, 60, e 180 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A adubação nitrogenada residual proporciona efeitos significativos a matéria seca dos colmos no cultivo subsequente de cana-de-açúcar, corroborando os resultados encontrados no presente estudo (Bastos *et al.*, 2015; Silva; Mantese; Florian, 2023).

**Figura 2.** Massa seca do colmo da cana-de-açúcar irrigada no ciclo de primeira soqueira, em função do residual das doses de N. \*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.



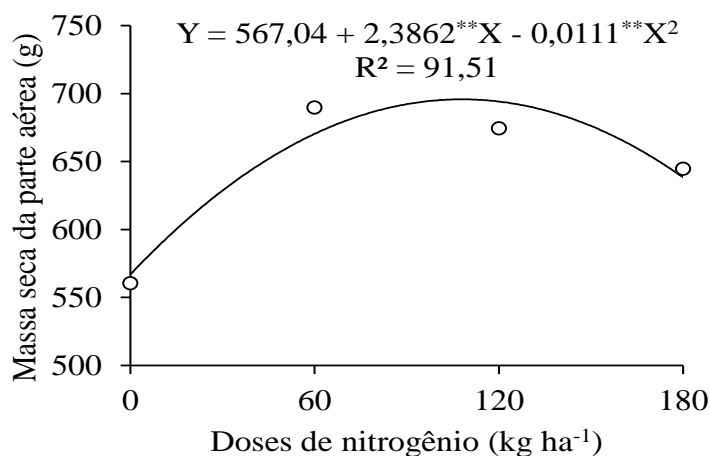
Gomes (2017), avaliando as fontes e doses de nitrogênio em cana-de-açúcar em um Latossolo Vermelho de cerrado, relatou um aumento de 22,74% quando aplicada a dose de 118 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de ureia

em relação ao tratamento 0 kg (sem aplicação de N), valor esse inferior aos encontrados neste estudo.

Verifica-se na Figura 3, que a MSPA em função das doses de nitrogênio na cana-

de-açúcar se adequou a um modelo quadrático, com  $R^2$  de 91,51%.

**Figura 3.** Massa seca da parte aérea da cana-de-açúcar irrigada, no ciclo de primeira soqueira, em função do residual das doses de N. \*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

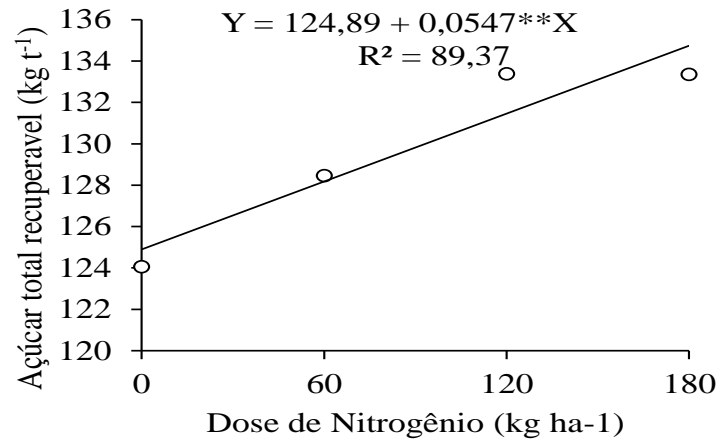


Com a elevação das doses de nitrogênio, a MSPA da cana-de-açúcar aumentou até a dose de 107 kg ha<sup>-1</sup>, chegando a 695,79 g. A MSPA máxima verificada na dose de nitrogênio de 107 kg ha<sup>-1</sup>, foi 18,50, 3,64 e 8,25% maior do que a MSPA observada nas doses de nitrogênio de 0, 60, e 180 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Travian *et al.* (2014) relataram que a aplicação de 116 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de nitrato de amônio em cobertura foi a que

proporcionou a maior produção de massa seca. Geralmente pode-se verificar aumento na massa da parte aérea e diminuição na massa de raízes com a aplicação de nitrogênio (Otto *et al.*, 2009; Misra *et al.*, 2020).

Observa-se na Figura 4 que o açúcar total recuperável (ATR) em função das doses de nitrogênio para cana-de-açúcar se adequou a um modelo linear, com  $R^2$  de 89,37%.

**Figura 4.** Açúcar total recuperável da cana-de-açúcar irrigada no ciclo de primeira soqueira, em função do residual das doses de N. \*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.



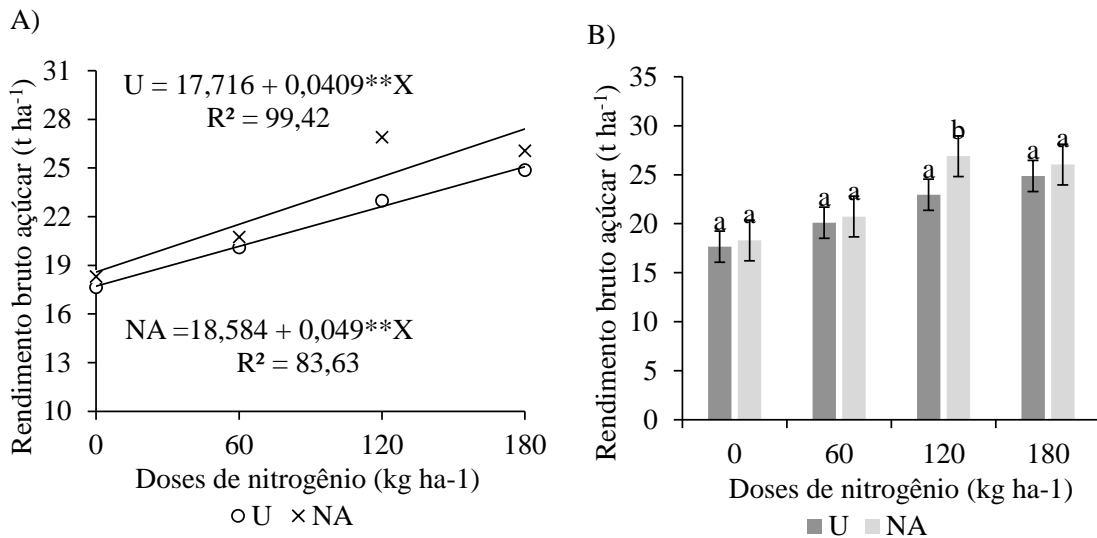
O maior ATR foi encontrado na dose de 180 kg ha<sup>-1</sup>, sendo este valor 7,30, 4,87 e 2,43% maior do que os observados nas doses 0, 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. De acordo com a equação de regressão obteve um acréscimo de 2,43% para cada aumento de 60 kg ha<sup>-1</sup>. Alguns autores verificaram incremento linear nos valores de ATR com o aumento das doses de N (Silva, 2014; Feder, 2021). Boschiero (2017) constatou que a aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de nitrato de amônio e cálcio aumentou o ATR corroborando com os resultados obtidos neste estudo. No momento da colheita, Joris

(2015) observou um ATR de 130 kg t<sup>-1</sup>, valores esses próximos ao encontrados no presente estudo, na dose de 180 kg ha<sup>-1</sup>.

No desdobramento do fator doses para cada nível de fonte, observa-se um incremento linear de 9,78 e 10,72% no rendimento bruto de açúcar para cada aumento de 60 kg ha<sup>-1</sup> de ureia e nitrato de amônio, respectivamente (Figura 5A). Na dose de 180 kg ha<sup>-1</sup>, foi observado um aumento no rendimento bruto de açúcar de 29,34 e 32,17% quando comparado com a menor dose de N, na forma de ureia e nitrato de amônio, respectivamente.



**Figura 5.** Rendimento bruto de açúcar da cana-de-açúcar irrigada, no ciclo de primeira soqueira, em função do residual das doses de N (A) e das fontes de N (B). 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 pelo teste F.



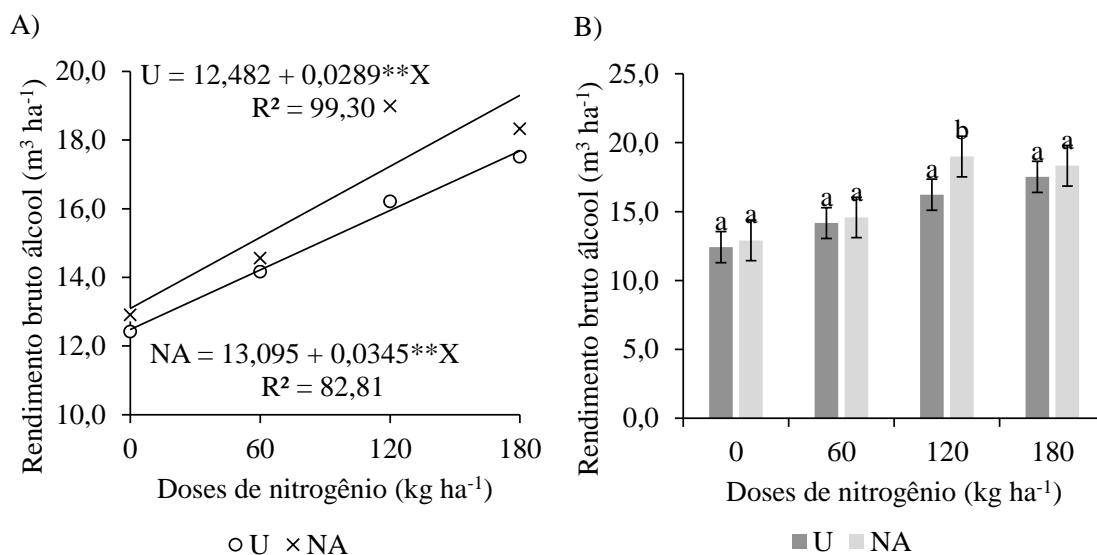
O efeito das doses de N sobre o rendimento bruto de açúcar, geralmente promove efeitos significativos em doses acima de 140 kg ha<sup>-1</sup> e valores de rendimento maiores que 22 t ha<sup>-1</sup> (Vale, 2009; Feder, 2021). Alguns autores observaram efeito significativo do N residual para a produtividade de açúcar total, quando aplicado uma dose única de 100 kg ha<sup>-1</sup> em todos os tratamentos após a colheita da safra anterior (Vitti *et al.*, 2007; Misra *et al.*, 2020).

No desdobramento das fontes para cada nível de dose, foi observado um maior rendimento bruto de açúcar na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> para o nitrato de amônio. Nessa dose, o nitrato de amônio proporcionou um incremento de 14,58% no rendimento bruto

de açúcar quando comparado com a fonte ureia. Nas doses de 0, 60 e 180 kg ha<sup>-1</sup>, não foi observado diferença significativa entre as fontes de N (Figura 5B). Boschiero (2017) constatou que a aplicação de doses de U e NA geralmente proporciona maior rendimento de colmo e açúcar para a fonte NA.

Verifica-se na Figura 6A, um incremento linear de 9,80 e 10,72% no rendimento bruto de álcool para cada aumento de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia e N-nitrato de amônio, respectivamente. Na dose de 180 kg ha<sup>-1</sup>, foi observado um aumento no rendimento bruto de álcool de 29,41 e 32,16% quando comparado com a menor dose de N-ureia e N-nitrato de amônio, respectivamente.

**Figura 6.** Rendimento bruto de álcool da cana-de-açúcar irrigada, no ciclo de primeira soqueira, em função do residual das doses de N (A) e das fontes de N (B). 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 pelo teste F.



Silva (2017) constatou efeito significativo no rendimento bruto de álcool para o fator doses de N, cuja dose de  $123,75 kg ha^{-1}$  proporcionou um rendimento de  $19,80 m^3 ha^{-1}$ . Vale (2009) observou um RBAL de  $15 m^3 ha^{-1}$  na dose de  $133 kg ha^{-1}$ . A reposição hídrica pode interagir com o N residual em cana-planta, influenciando no rendimento bruto de álcool (Bastos *et al.*, 2016; Adetoro *et al.*, 2020).

No desdobramento das fontes para cada nível de dose, foi observado um maior rendimento bruto de açúcar na dose de  $120 kg ha^{-1}$  para o nitrato de amônio. Nessa dose, o nitrato de amônio apresentou um incremento de 14,61% no rendimento bruto de álcool quando comparado com a fonte ureia. Nas doses de 0, 60 e  $180 kg ha^{-1}$ , não foi observado diferença significativa entre as fontes (Figura 6B). Gomes (2017) observou diferença significativa entre nitrato de amônio e ureia nas doses de 60 e  $120 kg ha^{-1}$  de N, nas respectivas doses o nitrato de amônio proporcionou um incremento 20,75 e 18,67% quando comparado com a ureia.

A adubação nitrogenada de cana-plana resulta no aumento da produtividade e

maior vigor vegetativo da primeira soqueira, o que mostra a importância da avaliação do residual de N na rebrota da cana-de-açúcar.

## 6 CONCLUSÕES

Os melhores valores de massa seca do colmo e massa seca da parte aérea da cana-de-açúcar é encontrado na dose de aproximadamente  $120 kg ha^{-1}$  de nitrogênio.

O máximo açúcar total recuperável (ATR) da cana-de-açúcar irrigada no ciclo de primeira soqueira é verificado na dose de  $180 kg ha^{-1}$  de nitrogênio.

A fonte de nitrato de amônio na dose de  $120 kg ha^{-1}$  de N proporciona maiores rendimentos brutos de açúcar e de álcool que a fonte ureia, indicando incrementos acima de 14,50%, já para as doses de N de 0, 60 e  $180 kg ha^{-1}$  não há diferença significativa entre as fontes de nitrogênio.

## 7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Centro de Excelência em Agricultura Exponencial (CEAGRE) e ao Instituto Federal Goiano (IF Goiano) pelo auxílio financeiro ao presente projeto de pesquisa.

## 8 REFERÊNCIAS

- ADETORO, A. A.; ABRAHAM, S.; PARASKEVOPOULOS, A. L.; OWUSU-SEKYERE, E.; JORDAAN, H.; ORIMOLOYE, I.R. Alleviating water shortages by decreasing water footprint in sugarcane production: the impacts of different soil mulching and irrigation systems in South Africa. **Groundwater for Sustainable Development**, Amsterdã, v. 11, article 100464, p. 1-7, 2020.
- ALLEN, R. G.; JENSEN, M. E.; WRIGHT, J. L.; BURMAN, R. D. Operational estimates of reference evapotranspiration. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, p. 650-662, 1989.
- ANA. **Levantamento da Cana-de-Açúcar Irrigada na Região Centro-Sul do Brasil**. Rio de Janeiro: Agência Nacional de Águas, 2017.
- BASTO, A. V. S.; SILVA, M. V.; SILVA, E. C.; TEIXEIRA, M. B. MURAOKA, T.; SOARES, F. A. L.; COELHO, R. D. Agroindustrial yield of sugarcane grown under different levels of water replacement and nitrogen fertilization. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 11, n. 29, p. 2623-2629, 2016.
- 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**, Glendale, v. 6, p. 2374-2384, 2015.
- BOSCHIERO, B. N. **Adubação nitrogenada em soqueiras: influência do uso em longo prazo de fontes e/ou doses de nitrogênio**. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, p.1-233, 2017.
- CALDAS, C. **Manual de análises selecionadas para indústrias sucroalcooleiras**. Maceió: Sindicato da Indústria e do Alcool do Estado de Alagoas, 1998.
- CANA-DE-AÇÚCAR. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar**. Safra 2024/25. Quarto levantamento, Brasília, DF, v. 12, n. 2, p. 1-60, 2024. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar/item/download/54629\\_f46a335aef1ed0fd731b7c75dc750ba9](https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar/item/download/54629_f46a335aef1ed0fd731b7c75dc750ba9). Acesso em: 10 fev. 2024.
- CARMO, J. F. A.; MOURA, M. S. B.; SILVA, T. G. F.; SOUZA, L. S. B.; LEITAO, M. D. V. B. R. Balanço de radiação da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial no submédio do Vale São Francisco. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 25, n. 1, p. 91-100, 2017.
- CEISEBR. **Produção de alimentos e geração de energia**. Sertãozinho: Ceisebr,

2023. Disponível em: <https://ceisebr.com.br/>. Acesso em: 20 abr. 2023.
- CORREIA, C. B. G.; AZEVEDO, H. M.; DANTAS NETO, J.; CARVALHO, C. M.; SILVA, L. L.; FEITOSA, S. O. Cana-de-açúcar: parâmetros tecnológicos em função de diferentes lâminas de irrigação e adubação de cobertura. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 8, n. 1, p. 26-37, 2014.
- COSTA, A. R. F. C.; ROLIM, M. M.; BONFIM-SILVA, E. M.; SIMÕES NETO, D. E.; PEDROSA, E. R. M.; SILVA, Ê. F. F. Accumulation of nitrogen, phosphorus and potassium in sugarcane cultivated under different types of water management and doses of nitrogen. **Australian Journal of Crop Science**, Kenmore, v. 10, n. 3, p. 362-369, 2016.
- EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise do Solo**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.
- FEDER, F. Irrigation with treated wastewater in humid regions: effects on Nitisols, sugarcane yield and quality. **Agricultural Water Management**, Amsterdã, v. 247, article 106733, p. 1-11, 2021.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FORTES, C.; VITTI, A. C.; OTTO, R.; FERREIRA, D. A.; FRANCO, H. C. J.; TRIVELIN, P. C. O. Contribution of nitrogen from sugarcane harvest residues and urea for crop nutrition. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 70, n. 5, p. 313-320, 2013.
- FRANCO, H. C. J.; TRIVELIN, P. C. O. Adubação nitrogenada em cana-de-açúcar: reflexos do plantio à colheita. In: CRUSCIOL, C. A. C.; SILVA, M. A.; ROSSETTO, R.; SORATO, R. P. (ed.). **Tópicos em ecofisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: FEPAF, 2010. p. 67-84.
- GOMES, F. H. F. **Fontes e doses de nitrogênio em cana-de-açúcar em um latossolo vermelho de cerrado**. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Ciências Agrárias) – Instituto Federal Goiano, Rio Verde, 2017.
- JORIS, H. A. W. **Nitrogênio na produção de cana-de-açúcar: aspectos agrônômicos e ambientais**. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônomo Campinas, Campinas, 2015.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.
- LEITE, G. H. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; SILVA, M. A. Development and yield of sugarcane after application of plant growth regulators in the middle of crop season. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 129-138, 2011.
- MARAFON, A. C. **Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012.
- MARIN, F. R.; EDREIRA, J. I. R.; ANDRADE, J.; GRASSINI, P. On-farm sugarcane yield and yield components as influenced by number of harvests. **Field Crops Research**, Amsterdã, v. 240, n. 1, p. 134-142, 2019.
- MISRA, V.; SOLOMON, S.; HASHEM, A.; ABD-ALLAH, E. F.; AL-ARJANI, A. F.; MALL, A. K.; PRAJAPATI, C. P.;

ANSARI, M. I. Minimization of post-harvest sucrose losses in drought affected sugarcane using chemical formulation. **Saudi Journal of Biological Sciences**, Amsterdã, v. 27, n. 1, p. 309-317, 2020.

MOTA, M. R.; SANGOI, L.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; NONIATTI, C. M.; DALL'IGNA, L. Fontes estabilizadoras de nitrogênio como alternativa para aumentar o rendimento de grãos e eficiência de uso do nitrogênio pelo milho. **Revista brasileira de ciência do solo**. Viçosa, v. 39, n. 2, p. 512-522, 2015.

OLIVEIRA, A. P. P.; ALVES, B. J. R.; ANJOS, L. H. C.; LIMA, E.; ZONTA, E.; PEREIRA, W.; SOARES, P. F. C. Agronomic performance of green cane fertilized with ammonium sulfate in a coastal tableland soil. **Bragantia**, Campinas, v. 76, n. 2, p. 246-256, 2017.

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

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**, Brasília, DF, v. 44, n. 4, p. 398-405, 2009.

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**, Botucatu, v. 1, n. 1, edição especial, p. 198-210, 2015.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. **F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SILVA, D. L. G.; BATISTI, D. L. S.; GIACOMELLI FERREIRA, M. J.; MERLINI, F. B.; CAMARGO, R. B.; BARROS, B. C. B. Sugarcane: Economic, social, environmental, by-products and sustainability. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 7, p. e44410714163, 2021.

SILVA, G. P. **Resposta da soqueira da cana-de-açúcar à aplicação de nitrogênio na ausência e na presença de silício**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, p.1-55, 2014.

SILVA, M. A.; ARANTES, M. T.; RHEIN, A. F. L.; GAVA, G. J. C.; KOLLN, O. T. Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedades e ciclos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 3, p. 241-249, 2014.

SILVA, N. F. **Otimização de fontes e doses nitrogênio (15n) na cana-de-açúcar irrigada no cerrado**. Teses (Doutorado em Ciências Agrárias/Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Rio Verde, 2017.

SILVA; R. B.; MANTESE, M. A.; FLORIAN, F. O bagaço da cana-de-açúcar na geração de energia. **Revista Científica Multidisciplinar**, Jundiá, v. 4, n. 1, p. e414526, 2023.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado:** Correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 1-420, 2004.

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, Rio Claro, v. 6, n. Suplemento, p. 28-32, 2014.

VALE, D. W. **Efeito da aplicação de nitrogênio nos atributos químicos do**

**solo, na nutrição e na produção de cana-de-açúcar.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, p. 1-132, 2009.

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,** Brasília, DF, v. 42, n. 2, p. 249-256, 2007.