



EFEITO RESIDUAL DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NOS ATRIBUTOS TECNOLÓGICOS DA PRIMEIRA SOQUEIRA DE CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA

Giovani Santos Moraes¹, Cicero Teixeira Silva Costa², Leonardo Nazário Silva dos Santos³, Edson Cabral da Silva⁴, Frederico Antonio Loureiro Soares³, Nelmício Furtado da Silva⁵

RESUMO: A expansão dos cultivos de cana-de-açúcar para áreas marginais, no que refere à disponibilidade de água e nutrientes, tem exigido investimentos em tecnologias para aumentar a produtividade e qualidade industrial. Objetivou-se avaliar o efeito residual de fontes e doses de nitrogênio (N), aplicadas no ciclo de cana-planta (IACSP95-5000), 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 Jatai-GO, em um Latossolo Vermelho distrófico. O delineamento foi em blocos ao acaso, em fatorial 2x4, com três repetições. Os tratamentos foram duas fontes de N (ureia e nitrato de amônio) e quatro doses de N (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) aplicadas à cana-planta no ciclo precedente. Durante a primeira soqueira foi aplicado 120 kg ha⁻¹ de N nas respectivas parcelas. A irrigação foi realizada por meio de pivô central. Os maiores valores de massa seca do colmo e massa seca da parte aérea foram encontrados nas doses 118 e 108 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. As maiores quantidades de açúcar total recuperável (ATR), rendimento bruto de açúcar e rendimento bruto de álcool foram obtidas na dose de 180 kg ha⁻¹ de N aplicada à cana-planta no cultivo precedente.

PALAVRAS-CHAVE: *Sacharum officinarum* L, açúcar total recuperável, rendimento bruto de álcool.

RESIDUAL EFFECT OF NITROGEN FERTILIZATION ON FIRST IRRIGATED SUGARCANE RATOON

¹ Mestre em Agronomia, Consultor Cooperativa Comigo, Rio Verde, Goiás

² Prof. Doutor, Instituto Federal do Mato Grosso do Sul, IFMS, Campus Naviraí, Rua Hilda, 203, Boa Vista, Naviraí - MS. CEP: 79950-000, Fone: (67) 99236 8855, Email. ctsc2007@hotmail.com

³ Prof. Doutor, Depto. de Hidráulica e Irrigação, IF Goiano, Campus Rio Verde, GO

⁴ Pesquisador, Doutor, Depto. de Hidráulica e Irrigação, IF Goiano, Campus Rio Verde, GO

⁵ Prof. Doutor, Depto. de Hidráulica e Irrigação e Fitotecnia, UNIRV, Campus Rio Verde, GO

ABSTRACT: The expansion of sugarcane crops to marginal areas, with regard to the availability of water and nutrients, has required investments in technologies to increase the productivity and industrial quality of the raw forest. Therefore, the objective of this study was to evaluate the residual effect of nitrogen sources and doses applied on cane-plant (cv. IACSP95-5000) on the dry mass and technological attributes of the first ratoon irrigated sugarcane. The experiment was conducted under field conditions, in the municipality of Jataí GO, Brazil, in a very clayey dystrophic Red Latosol (Oxisol). The experimental design was a randomized block design, in a 2x4 factorial scheme, with three replications. The treatments consisted in the application of two nitrogen sources (urea and ammonium nitrate) and four N rates (0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹) applied in topdress on sugarcane in the previous cycle. During the first ratoon, 120 kg ha⁻¹ of N was applied in the respective plots. The irrigation was carried out by a central pivot. The highest values of stalk yield and dry mass shoot were found at doses 118 and 108 kg N ha⁻¹, respectively. The highest total recoverable sugar, crude sugar yield and crude ethanol yield were found at the dose of 180 kg ha⁻¹ of N applied to the sugarcane plant in the previous crop.

KEYWORDS: *Sacharum officinarum* L., total recoverable sugar, crude ethanol yield.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é a cultura mais promissora entre as produtoras de biocombustíveis renováveis e uma das que mais produzem matéria verde por unidade de área, cujas maiores limitações à produtividade estão relacionadas principalmente à disponibilidade adequada no solo de água e nutrientes minerais. A intensificação dos cultivos da cana-de-açúcar, sobretudo para áreas marginais, e os aspectos técnico-econômicos requerem maior eficiência concernente à aplicação de água e nutrientes.

O déficit hídrico causado pela irregularidade de chuvas (SILVA et al., 2014). Dessa forma, a irrigação e técnicas de manejo para aumentar a eficiência do uso da água, devem ser adotadas para se obter bons rendimentos (ORRILLO et al., 2016).

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). 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 (VITTI et al., 2007). Por ser um dos nutrientes que mais limitam o crescimento da cana-de-açúcar, o

nitrogênio se torna essencial para o desenvolvimento, qualidade tecnológica, produtividade e rendimentos de açúcar e álcool (COSTA et al., 2016).

Neste contexto, 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. Já que estudos relatam que durante três ciclos consecutivos pode haver a disponibilização de $12,7 \text{ g kg}^{-1}$ de nitrogênio por meio da mineralização da palhada, aumentando a fertilidade do solo, que contribui para o desenvolvimento da cultura (FORTES et al., 2013)

Nesse contexto, o objetivo do estudo foi avaliar o efeito residual de fontes e doses de nitrogênio, aplicadas no ciclo de cana-planta (IACSP95-5000). sobre a massa seca e atributos tecnológicos da primeira soqueira de cana-de-açúcar irrigada.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido sob condições de campo, na Usina Raízen, no município de Jataí, GO. Segundo Köppen (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 ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa (%) e precipitação diária (mm). A reposição hídrica foi realizada baseada na ETc diária da cultura como descrito na Figura 1.

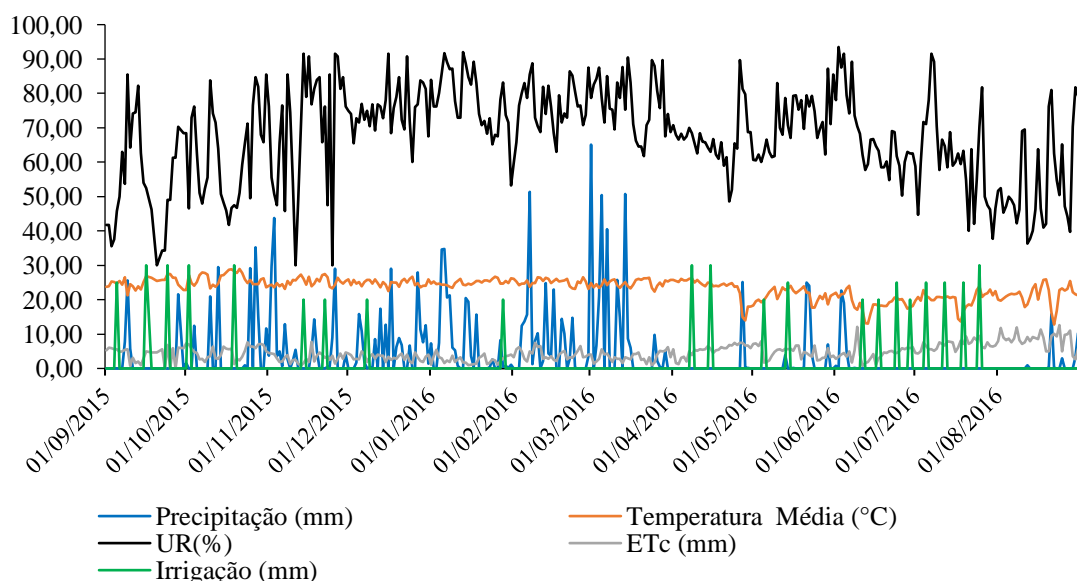


Figura 1. Dados meteorológicos diários ocorridos no período do experimento, Jataí-GO.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, muito argiloso. Após a colheita da cana, foram realizadas amostragens do solo, nas camadas de 0-10; 10-20; 20-40 cm, para a caracterização química e física do solo.

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

¹ Camada cm	pH CaCl ₂	M.O kg dm ⁻³	P _{resina} ----mg dm ⁻³ ----	S	K	Ca	Mg	Al
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 m	H+Al mmol _c dm ⁻³	CTC	V %	B	Cu	Fe	Mn	Zn
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 m	Granulometria (g kg ⁻¹)			Classificação textural		θ _{CC}	θ _{PMP}	
	Areia	Silte	Argila			cm ³ cm ⁻³		
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	

¹θ_{CC} – Capacidade de campo; θ_{PMP} – ponto de murcha permanente; P, K, Ca e Mg: Resina; S: Fosfato de cálcio 0,01 mol L⁻¹; Al: KCl 1 mol L⁻¹; H+Al: SMP; B: água quente; Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA; M.O - Matéria Orgânica; pH - em CaCl₂; CTC - Capacidade de troca de cátions; V - Saturação da CTC por bases.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, disposto em esquema fatorial 2 x 4, com três repetições. Os fatores consistiram em duas fontes de N, (ureia e nitrato de amônio) e quatro doses (00, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹), aplicados à em cana-planta.

O plantio foi realizado de forma mecanizada, com a variedade IACSP 95-5000. A adubação de correção do solo foi realizada considerando-se expectativa de rendimento da cultura de 120 t ha⁻¹ em cana-planta. Foram aplicados no sulco de plantio 100 kg ha⁻¹ de fósforo (P₂O₅), 80 kg ha⁻¹ de potássio (K₂O). Aos 60 dias após a rebrota da soqueira, foi aplicado a dose de 120 kg ha⁻¹ de N em todas as parcelas experimentais.

A irrigação foi realizada por um pivô central com velocidade de 268 m h⁻¹ na última torre, o que possibilita aplicação de uma lâmina bruta mínima para uma volta a 100% de 1,35 mm. Ao final do ciclo da cana-de-açúcar, foram coletadas 10 plantas de suas respectivas parcelas para determinação dos atributos tecnológicos do caldo. 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).

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

Em que: RA_ç = Rendimento em açúcar, kg ha⁻¹; PCC = Quantidade de açúcar bruto, %; PC = Produção de colmos, kg ha⁻¹;

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

Em que: RA = Rendimento de álcool bruto em litro por tonelada de cana; PCC = Quantidade de açúcar bruto, %; 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⁻¹.

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.

Os dados foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F ao nível de 5%. Para as variáveis quantitativas, foram ajustadas equações de regressão. As variáveis qualitativas foram comparadas pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

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 (RBAÇ) 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 (RBAÇ) quanto rendimento bruto de álcool (RBAL).

Tabela 2. Análise de variância para 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) de primeira soqueira em função do efeito residual das fontes e doses de nitrogênio, aplicadas à cana-planta.

FV	GL	QM ¹				
		MSC	MSPA	ATR	RBAÇ	RBAL
Fonte	1	21989,39**	20024,34*	33,39 ^{ns}	15,32**	7,48**
Dose	3	1313,94 ^{ns}	1429,12 ^{ns}	120,61**	78,20**	39,12**
Fonte x Dose	3	6746,71 ^{ns}	12363,37 ^{ns}	8,36 ^{ns}	3,69*	1,88*
Bloco	2	15281,89*	19109,91*	27,58 ^{ns}	28,10 ^{ns}	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

¹Massa 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 pelo teste F a 5%.

Observa-se na Figura 2, que a massa seca de colmos (MSC) adequou-se a um modelo quadrático, em função das doses de N aplicadas à cana-de-açúcar no ciclo precedente, cujo ponto de máximo acúmulo foi alcançado com a dose de 118 kg ha⁻¹, atingindo MSC máxima de 485,23 g colmo⁻¹. A MSC máxima foi 28,78, 7,06, e 7,60% maior do que a MSC observada

nas doses de N de 0, 60, e 180 kg ha⁻¹, respectivamente. Bastos et al. (2016) concluíram que a adubação nitrogenada residual proporcionou efeitos significativos a matéria seca dos colmos no cultivo subsequente de cana-de-açúcar, corroborando os resultados encontrados no presente estudo. Gomes et al. (2018), avaliando as fontes e doses de nitrogênio em cana-de-açúcar em um Latossolo Vermelho de cerrado, relataram incremento de 22,74% quando aplicada a dose de 118 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia em relação ao tratamento 0 kg (sem aplicação de N), valor esse 6,04% inferior aos encontrados neste estudo.

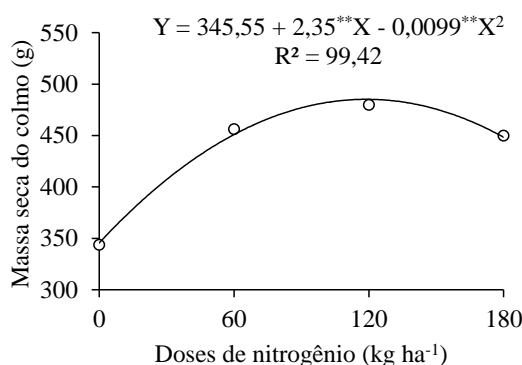


Figura 2. Massa seca do colmo, no ciclo de primeira soqueira, em função do residual das doses de N, onde ** e * significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F.

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 R² = 91,51%. Com a elevação das doses de nitrogênio, a MSPA da cana-de-açúcar aumentou até a dose de 107 kg ha⁻¹, chegando a 695,79 g. A MSPA máxima verificada na dose de nitrogênio de 107 kg ha⁻¹, foi de 18,50, 3,64, e 8,25% maior do que a MSPA observada nas doses de nitrogênio de 0, 60, e 180 kg ha⁻¹, respectivamente. Travian et al. (2014) relataram que a aplicação de 116 kg ha⁻¹ de N, na forma de nitrato de amônio em cobertura foi a que proporcionou a maior produção de massa seca. Otto et al. (2009) observaram aumento na massa da parte aérea e diminuição na massa de raízes com a aplicação de nitrogênio.

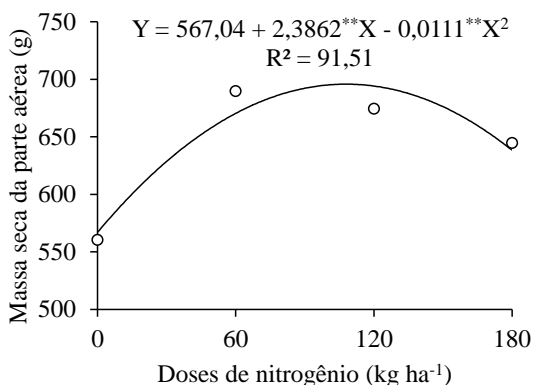


Figura 3. Massa seca da parte aérea, no ciclo de primeira soqueira, em função do residual das doses de N, onde: ** e * significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F.

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 $R^2 = 89,37\%$. O maior ATR foi encontrado na dose de 180 kg ha^{-1} , sendo este valor 7,30, 4,87 e 2,43% maior do que os observados nas doses 0, 60 e 120 kg ha^{-1} , respectivamente. De acordo com a equação de regressão obteve um acréscimo de 2,43% para cada aumento de 60 kg ha^{-1} . Silva et al. (2014) constataram incremento linear nos valores de ATR com o aumento das doses de N. Boschiero (2017) constatou que a aplicação de 100 kg ha^{-1} 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^{-1} , valores esses próximos ao encontrados no presente estudo, na dose de 180 kg ha^{-1} .

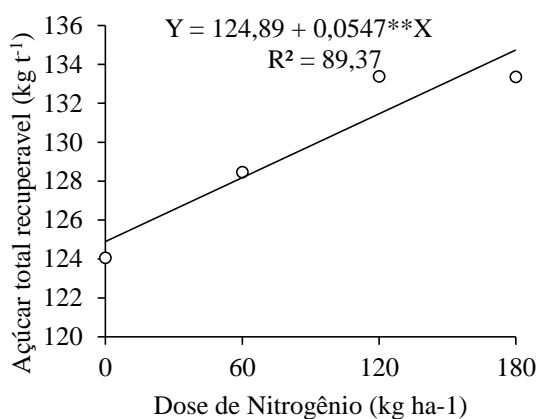


Figura 4. Açúcar total recuperável, no ciclo de primeira soqueira, em função do residual das doses de N, onde: ** e * significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F.

Na dose de 180 kg ha^{-1} , 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 2A). Vitti et al. (2007) observaram efeito significativo do N residual de para a produtividade de açúcar total, quando aplicado uma dose única de 100 kg ha^{-1} em todos os tratamentos após a colheita da safra anterior.

Houve maior rendimento bruto de açúcar na dose de 120 kg ha^{-1} de N na forma de nitrato de amônio, que 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^{-1} , não foi observado diferença significativa entre as diferentes fontes de N (Figura 5B).

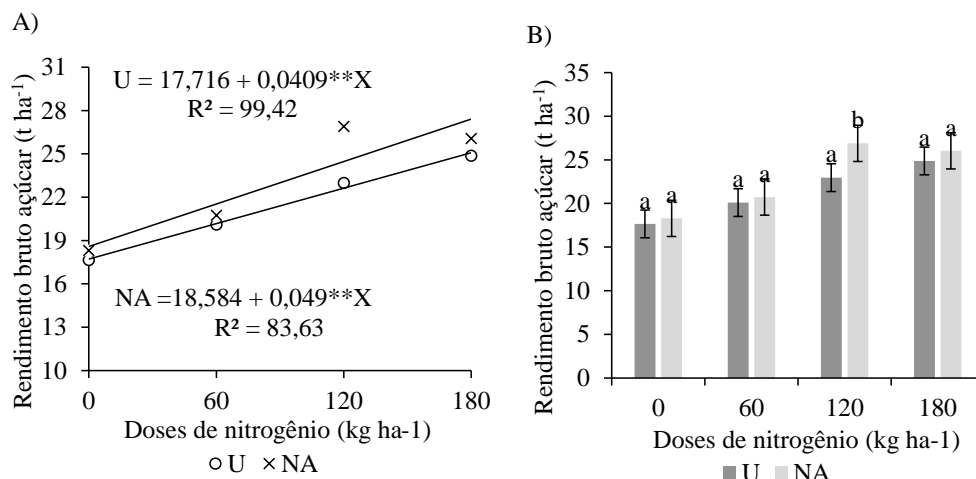


Figura 5. Rendimento bruto de açúcar, no ciclo de primeira soqueira, em função do residual das doses de N (A) e das fontes de N (B).

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⁻¹ de N-ureia e N-nitrato de amônio, respectivamente. Na dose de 180 kg ha⁻¹, 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. Bastos et al. (2016) concluíram que a reposição hídrica interagiu com o N residual em cana-planta, influenciando no rendimento bruto de álcool.

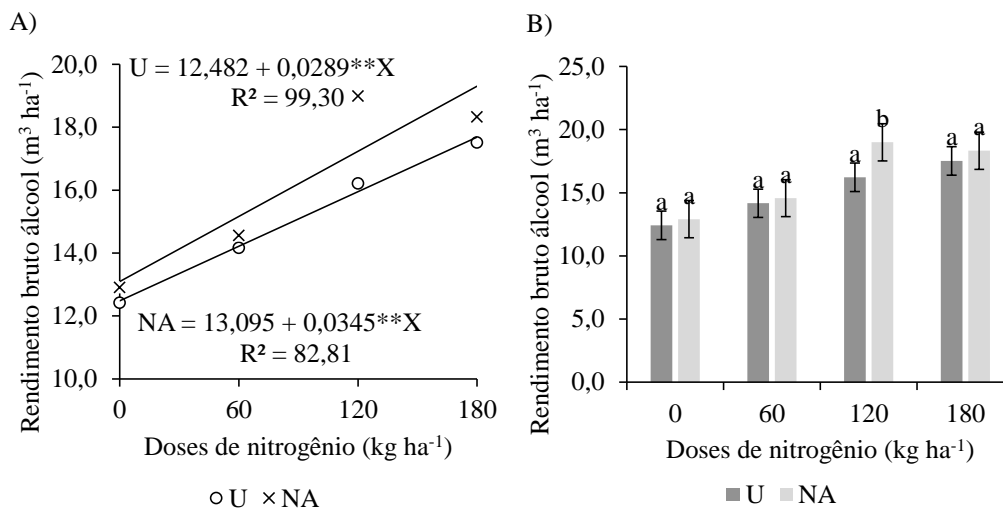


Figura 6. Rendimento bruto de álcool, no ciclo de primeira soqueira, em função do residual das doses de N (A) e das fontes de N (B).

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). Os resultados deste estudo evidenciam que parte do N

aplicado na forma de fertilizantes não é aproveitado pela cana-planta, cuja parte do remanescente provavelmente é disponibilizada para as soqueiras subsequentes, além de o N proveniente do processo de mineralização da palhada.

CONCLUSÕES

Os maiores valores de massa seca do colmo e massa seca da parte aérea da cana-de-açúcar foram encontrados nas doses 118 e 108 kg ha⁻¹ de nitrogênio, respectivamente.

A equação linear foi a que melhor ajustou a resposta do açúcar total recuperável à aplicação de nitrogênio até a dose de 180 kg ha⁻¹.

Os maiores rendimentos bruto de açúcar e de álcool foram encontrados com a aplicação de 180 kg ha⁻¹ de N, com a utilização da fonte de nitrato de amônio.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEG, ao CNPq, à CAPES e ao Instituto Federal Goiano (IF Goiano) pelo auxílio financeiro ao presente projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASTOS, 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**. v. 11(29), p. 2623-2629, 2016.

BOSCHIERO, B. N. **Adubação nitrogenada em soqueiras: influência do uso em longo prazo de fontes e/ou doses de nitrogênio**. Tese (doutorado) – USP/ Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2017.

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

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 AJCS**, 10(3):362-369, 2016.

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 – Fundação de Estudos Agrícolas e Florestais, p. 67-84, 2010.

GOMES, F. H. F.; SOARES, F. A. L.; TEIXEIRA, M. B.; DA SILVA, E. C.; DA SILVA, N. F.; CUNHA, F. N. C.; COSTA, C. T. S.; Effect of Different Sources and Doses of Nitrogen on Vegetative and Productive Performance of Sugarcane under a Dystrophic Red Latosol Condition. **Journal of Agricultural Science and Technology**. Rio Verde, v. 8, n.1, p. 50-59, 2018.

JORIS, H. A. W. **Nitrogênio na produção de cana-de-açúcar: aspectos agronômicos e ambientais**. Tese (doutorado) agricultura tropical e subtropical – Instituto Agronômico. Campinas, p. 135, 2015.

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

ORRILLO, H. M; ARAÚJO, W. F.; RODRIGUEZ, C. A.; SAKAZAKI, R. T.; VARGAS, A. R. P. Influência da cobertura morta na evapotranspiração, coeficiente de cultivo e eficiência de uso de água do milho cultivado. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 2, p. 352–364, 2016.

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, v.44, n.4, p.398-405, 2009.

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**, v.18, p.241-249, 2014.

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

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, v.42, n.2, p.249-256, 2007.