

CRESCIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A DIFERENTES FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO EM UM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO

F. H. F. Gomes¹, L. C. Lopes Filho², N. F. da Silva³, W. A. Morais⁴, F. A. L. Soares⁵,
E. C. da Silva⁶

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio no crescimento da cana-de-açúcar, no ciclo de cana-planta. O experimento foi conduzido em condições de campo, em área da Fazenda Rio Paraíso II pertencente à Usina Raízen, no município de Jataí, GO. O solo coletado foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico, muito argiloso, fase cerrado. Foram realizadas amostragens do solo, nas camadas de 0,00 a 0,20; 0,20 a 0,40 e 0,40 a 0,60 m, para a caracterização química. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema de parcela sub-subdividida 2 x 4 x 4, com três repetições, os fatores analisados foram duas fontes de nitrogênio (ureia e nitrato de amônio), quatro doses de nitrogênio (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) e quatro épocas de avaliação (210, 250, 290 e 330 dias após o plantio - DAP). As variáveis analisadas foram altura de planta (AP), diâmetro de colmos (DC) e comprimento de entrenós (CE). A dose de 105 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia, proporciona maior altura de planta e comprimento de entrenós à cana-de-açúcar (cana-planta). O nitrato de amônio na dose de 180 kg ha⁻¹ de N, aos 330 DAP, proporciona o maior diâmetro de colmos à cana-de-açúcar (cana-planta).

PALAVRAS-CHAVE: *Saccharum* spp., ureia, nitrato de amônio, biometria.

GROWTH OF SUGARCANE UNDER DIFFERENT SOURCES AND DOSES OF NITROGEN IN DYSTROPHIC RED LATOSOL

ABSTRACT: The aim of this work was to evaluate the effects of the application of different sources and doses of nitrogen in the growth of sugarcane in cane plant. We conducted the experiment under field conditions, in the area of Rio Paraíso II farm belonging to the Raízen

¹ Mestrando em Ciências Agrárias - Agronomia, Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Rodovia Sul Goiana, Km 01, CEP: 75.901-170, Rio Verde – GO, e-mail: flaviohenriquefg@hotmail.com

² Mestrando em Ciências Agrárias - Agronomia, Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, e-mail: lopesfilholuizcesar@gmail.com

³ Doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: nelmiciofurtado@gmail.com

⁴ Doutor em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: wilker.alves.morais@gmail.com

⁵ Eng. Agrônomo, Prof. Dr. em Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: fredalsoares@gmail.com

⁶ Doutor em Ciências (CENA/USP), pesquisador DCR - IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: edsoncabralsilva@gmail.com

factory, in the city of Jataí, GO. The collected soil was classified as dystrophic red latosol. We took samples of the soil, in the layers of 0.00 to 0.20; 0.20 to 0.40 and 0.40 to 0.60 m, for the chemical characterization. The experimental design used was in randomized blocks, analysed in factorial scheme of 2 x 4 x 4, with three replications, the factors analysed were two sources of nitrogen (urea and ammonium nitrate), four doses of nitrogen (0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹) and four evaluation times (210, 250, 290 and 330 days after planting). The parameters analysed were plant height (PH) diameter of stalks (DS) and length of internodes (LI). Urea in the average dose of 105 kg ha⁻¹ provides the greatest plant height and length of internodes of sugarcane (cane plant). Ammonium nitrate at a dose of 180 kg ha⁻¹ showed the largest diameter of the stalks of sugarcane (cane plant) at 330 DAP.

KEYWORDS: *Saccharum* spp., urea, ammonium nitrate, biometrics.

INTRODUÇÃO

A área cultivada com cana-de-açúcar colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2016/17, no Brasil, será de aproximadamente 9.110,9 milhões de hectares, distribuídas em todos estados produtores, sendo 954,4 milhões de hectares (10,5%) localizados no estado de Goiás (CONAB, 2016).

A grande demanda da cultura por nitrogênio (N), o alto custo financeiro e energético dos fertilizantes nitrogenados, os riscos ambientais relacionados à adição de N mineral no sistema e outros questionamentos, têm originado diversos estudos sobre adubação nitrogenada na cana-de-açúcar (CANTARELLA; TRIVELIN; VITTI, 2007; ROSSETTO et al., 2010; PENATTI, 2013).

A avaliação de variáveis biométricas e de produtividade tem sido realizada por vários pesquisadores (HERNANDES et al., 2010; VITTI et al., 2011; CUNHA et al., 2016), na busca de respostas aos tratamentos aplicados, o que pode permitir o aprimoramento de técnicas para o manejo da cultura.

Com isso, o objetivo do trabalho é avaliar os efeitos da aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio no crescimento da cana-de-açúcar, no ciclo de cana-planta, cultivada em Latossolo Vermelho distrófico.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo, em área da Fazenda Rio Paraíso II pertencente à Usina Raízen, no município de Jataí, GO. As coordenadas geográficas do local são 17°43'15.23"S e 51°38'12.62"O, com altitude média de 912 m. Segundo a classificação de Köppen (2013), o clima do local é do tipo Aw, tropical, com chuva nos meses de outubro a abril, e seca nos meses de maio a setembro. A temperatura máxima oscila de 35 a 37°C, e a mínima de 12 a 15°C. A precipitação durante período da realização do experimento foi de 1676,5 mm, conforme Figura 1.

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

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

A adubação nitrogenada foi de acordo com os tratamentos, aos 60 dias após o plantio (SOUSA & LOBATO, 2004). Todos os tratamentos foram adubados no sulco de plantio com fósforo (P₂O₅), na forma de superfosfato triplo, potássio (K₂O), na forma de cloreto de potássio, e micronutrientes, conforme resultados das análises de solo para uma expectativa de rendimento superior a 120 t ha⁻¹ de colmos, segundo recomendações de Sousa & Lobato (2004).

No experimento, as unidades experimentais foram constituídas por 5 linhas de cana-de-açúcar de 5 m de comprimento, espaçadas de 1,50 m entre si. A área útil da parcela abrangeu 3 linhas centrais de cada parcela, desprezando-se 1 m em cada extremidade.

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

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

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

As avaliações biométricas foram realizadas em quatro plantas demarcadas localizadas na área útil de cada parcela. A área útil constituiu no metro linear central da linha principal de cada parcela. As variáveis analisadas foram: altura de planta (AP), mensurada do solo até a lígula da última folha completamente aberta; diâmetro de colmo (DC), mensurado na base do colmo com auxílio de um paquímetro digital e comprimento de entrenós (CE) mensurado de um entrenó a outro.

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

RESULTADO E DISCUSSÃO

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

Na Figura 2A, observa-se que a fonte ureia (U), nas doses de 60 e 120 kg ha⁻¹ de N para AP foram superiores 4,35 e 7,13% comparada à fonte nitrato de amônio (NA), respectivamente. No entanto, a fonte NA, na dose de 180 kg ha⁻¹ de N para AP foi maior 5,33% do que a fonte U. Marcelo (2008), observou efeito significativo apenas para doses na variável comprimento de colmos da cana-de-açúcar, sendo obtido um comprimento médio de colmo de 1,32 m com a dose de 160 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Goes et al. (2014), estudando fontes e doses de nitrogênio na cultura do milho, não observaram diferença estatística para AP em função das fontes aplicadas (ureia, sulfato de amônio e nitrato de amônio).

Na Figura 2B, no desdobramento dos efeitos para os tratamentos quantitativos das doses, para os diferentes níveis das fontes, constatou-se que para a variável AP houve efeito linear para NA e efeito quadrático para U. Segundo as equações de regressões obtidas para NA e U, as AP máxima de 1,39 e 1,40 m foram estimadas, respectivamente, com as doses de 180 e 110 kg ha⁻¹. Mendonça et al. (2016), verificaram que as doses de 64, 80 e 96 kg ha⁻¹ de N proporcionaram o mesmo efeito no crescimento das cultivares de cana-de-açúcar, independente de ser utilizado biofertilizante ou ureia. Já Oliveira et al. (2016), observaram

efeitos significativo do N em relação à AP, aos 300 e 330 DAP, onde obtiveram 2,84 e 3,12, m respectivamente.

Na Figura 3A, observa-se que a fonte de NA, na dose de 180 kg ha⁻¹ para DC, foi superior em 5,88% à de U. Marcelo (2008), não observou efeito significativo para doses, fontes e interação fonte x doses para diâmetro de colmos de cana-de-açúcar.

Na Figura 3B, no desdobramento dos efeitos para os tratamentos quantitativos das doses, para cada nível das fontes, é possível constatar que para a variável DC houve efeito linear para NA e quadrático para U. Segundo as equações de regressões obtidas para fonte de NA e U, os DC máximo de 29,60 e 28,94 mm foram estimados com as doses de 180 e 118,46 kg ha⁻¹. Em experimentos realizados por Silva et al. (2009), o diâmetro médio de colmo obtido no experimento foi de 23 mm, o menor de 21,6 mm (precipitação de 1065 mm e 174 kg de adubação de cobertura ha⁻¹) e o maior de 24,4 mm (precipitação de 775 mm de e 378 kg de adubação de cobertura ha⁻¹).

Foi observado diferença estatística entre as fontes para DC, aos 330 DAP, onde a fonte NA foi superior 4,17% à fonte U (Figura 3C).

Na Figura 3D, no desdobramento dos efeitos para o fator DAP, nas fontes, é possível constatar que para a variável DC da cultura houve efeito linear para as fontes NA e U. Segundo as equações de regressões obtidas para fonte de NA e U, os DC máximo de 30,24 e 29,16 mm foram estimados aos 330 DAP. Tavares & Zonta (2010), notaram que na análise da evolução do diâmetro de colmos ocorreu crescimento do diâmetro acelerado no início do ciclo da cultura, entre 163 e 232 DAP, um leve crescimento entre 232 e 296 DAP para todos os tratamentos; posteriormente, notou-se ligeira queda, entre 357 e 426 DAP. Oliveira et al. (2016), aplicando 100 kg ha⁻¹ N, na forma de ureia em cana-planta, observaram efeitos significativo para DC dos 150 até 330 DAP, obtendo aos 330 DAP um DC de 35,58 mm.

Na Figura 4^a, observa-se que a fonte U, nas doses de 60 e 120 kg ha⁻¹ de N para comprimento de entrenós (CE) foi superior 6,94 e 11,32% à fonte NA, respectivamente. A fonte NA, na dose de 180 kg ha⁻¹ para CE foi maior 5,09% do que a fonte U. Em estudos realizados por Vale et al. (2011), N e P foram os nutrientes que mais limitaram o crescimento das plantas de cana-de-açúcar, com reduções de 91 e 57%, respectivamente.

Na Figura 4B, no desdobramento dos efeitos para os tratamentos quantitativos das dose, para as fonte de N, é possível constatar que para a variável CE houve efeito linear para NA e quadrático para U. Segundo as regressões obtidas para as fontes de NA e U, os CE máximo estimados foram de 7,85 e 8,28 cm com as doses de 180 e 100,87 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Penkowski et al. (2009), estudando doses de nitrogênio em trigo, verificaram

que as doses não influenciaram o CE. 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.

CONCLUSÃO

A dose de 105 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia, proporciona a maior altura de planta e comprimento de entrenós à cana-de-açúcar (cana-planta).

O nitrato de amônio na dose de 180 kg ha⁻¹ de N proporciona o maior diâmetro de colmos a cana-de-açúcar (cana-planta), aos 330 DAP.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), ao CNPq e a CAPES pelo apoio financeiro para a condução da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar 2016/2017**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_12_27_16_30_01_boletim_cana_portugues_3o_lev_-16-17.pdf> Acesso em: 12 março. 2017.

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

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, 2016a.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. 3.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013. 353p.

- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computerstatisticalanalysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- GOES, R. J.; RODRIGUES, R. A. F.; TAKASU, A. T.; ARF, R. Fontes e doses de nitrogênio em cobertura para a cultura do milho em espaçamento reduzido. **Revista Agrarian**, v.7, n.24, p.257-263, 2014.
- HERNANDES, A.; BUZZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz. **Ciência e agrotecnologia**, v.34, n.2, p. 307-312, 2010.
- OLIVEIRA, R. C.; SILVA, N. F.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; CAMPOS, M. D. Effect of water replacement and nitrogen fertilization on productivity variables of sugar cane. **African Journal of agricultural research**, v. 11, n.8, pp. 633-643, 2016.
- 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.
- MENDONÇA, H. V.; OMETTO, J. P. H. B.; ROCHA, W. S. D.; MARTINS, C. E.; OTENIO, M. H.; BORGES, C. A. V. Crescimento de cana-de-açúcar sob aplicação de biofertilizante da bovinocultura e ureia. **Revista em agronegócio e meio ambiente**, v.9, n.4, p. 973-987, 2016.
- KÖPPEN, W. **Köppen climate classification**. Geography about. Available in: <<http://geography.about.com/library/weekly/aa011700b.htm>>. Access in: 10 Maio. 2016.
- PENATTI, C. P. **Adubação da cana-de-açúcar - 30 anos de experiência**. 1. ed. Itu, SP, Brazil: Editora Ottoni, 347p. 2013.
- PENCKOWSKI, L. H.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Nitrogênio e redutor de crescimento em trigo de alta produtividade. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.31, n.3, p. 473-479, 2009.
- ROSSETTO, R.; DIAS, F.L.F.; LANDELL, M.G.A.; CANTARELLA, H.; TAVARES, S.; VITTI, A.C.; PERECIN, D.N and K fertilisation of sugarcane ratoons harvested without burning. In: INTERNATIONAL SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 2010, 27., Vera Cruz. **Proceedings...** Vera Cruz: ISSCT, 2010. p.1-8.

SILVA, C. T. S.; AZEVEDO, H. M.; AZEVEDO, C. A. V.; DANTAS NETO, J.; CARVALHO, C. M.; GOMES FILHO, R. R. Crescimento da cana-de-açúcar com e sem irrigação complementar sob diferentes níveis de adubação de cobertura nitrogenada e potássica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.3, n.1, p.3–12, 2009.

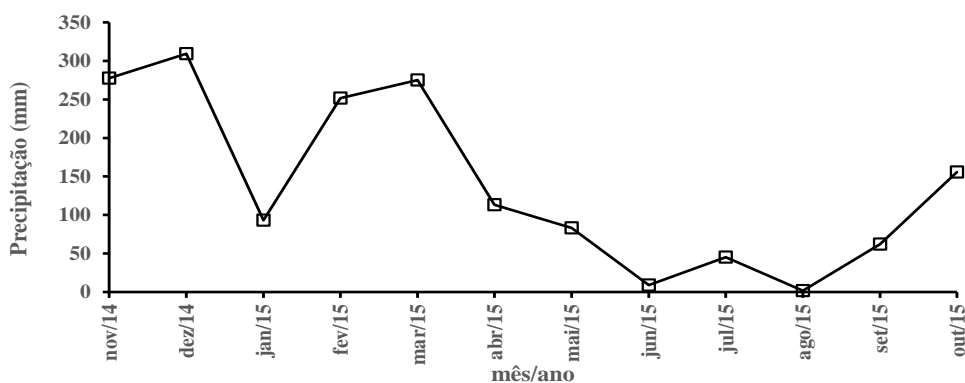
SILVA, N. F.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; SANTOS, C. C.; FILHO CABRAL, F. R.; SILVA, E. C.; MORAIS, W. A. Sugarcane cultivation submitted to water replacement via irrigation bar. **African Journal of agricultural research**, v.11 n.32, pp. 2983-2993, 2016.

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

TAVARES, O. C. H.; LIMA, E.; ZONTA, E. Crescimento e produtividade da cana planta cultivada em diferentes sistemas de preparo do solo e de colheita. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.32, n.1, p.61-68, 2010.

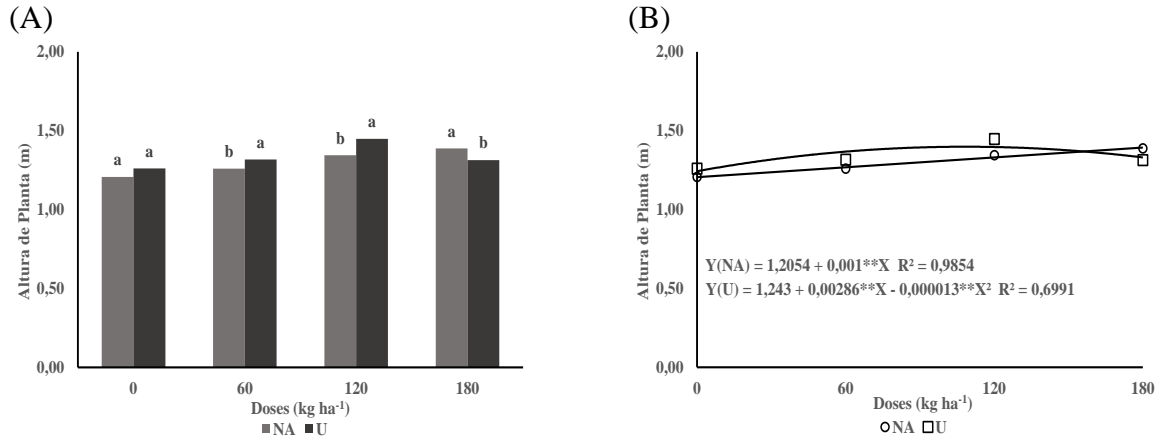
VALE, D. W.; PRADO, R. M.; AVALHÃES, C. C.; HOJO, R. H. Omissão de macronutrientes na nutrição e no crescimento da cana-de-açúcar cultivada em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.2, p.189-196, 2011.

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



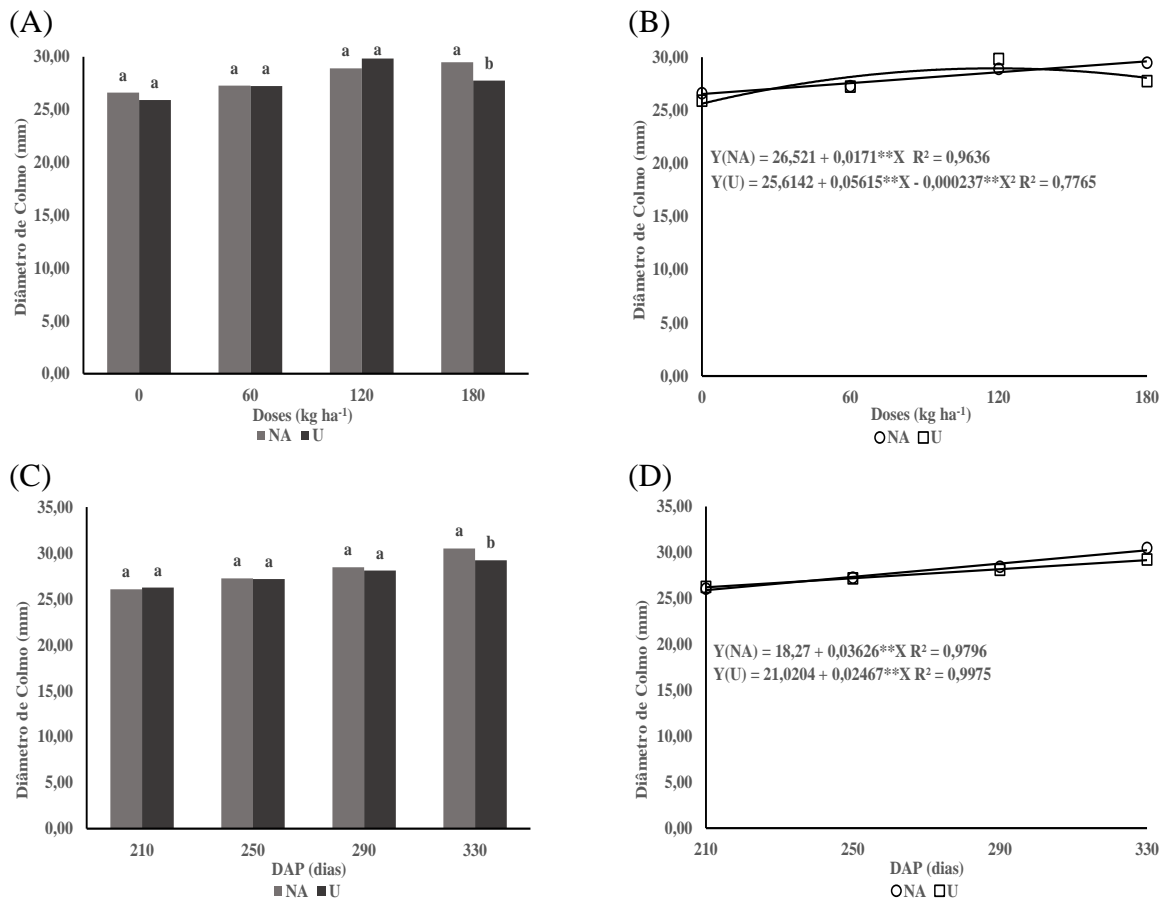
Fonte: Estação Normal INMET – Jataí - GO.

Figura 1. Precipitação no município de Jataí no período decorrente do experimento (Cana-planta safra 2014/15).



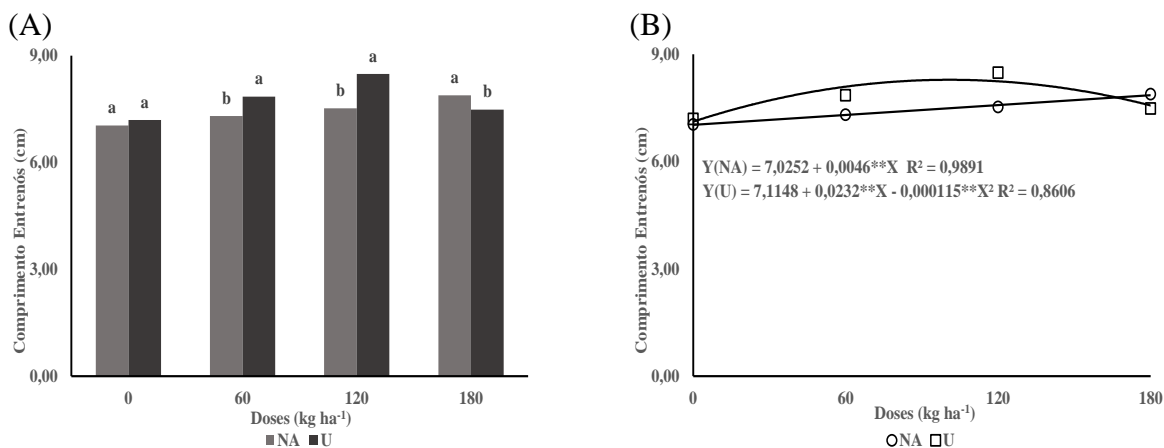
Médias seguidas das mesmas letras não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e * significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F a 5%.

Figura 2. Altura de planta da cana-de-açúcar em função das fontes de N (A) e doses de N(B).



Médias seguidas das mesmas letras não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e * significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F a 5%.

Figura 3. Diâmetro de colmo da cana-de-açúcar em função das fontes de N (A) e (C), doses de N (B) e épocas (D).



Médias seguidas das mesmas letras não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e * significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F a 5%.

Figura 4. Comprimento de entrenós da cana-de-açúcar em função das fontes de N (A) e doses de N (B).

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental.

Camada (m)	pH em H ₂ O	MO (g kg ⁻¹)	P (mg dm ⁻³)	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	CTC	V (%)
					----- (mmol dm ⁻³) -----						
0,00 - 0,20	5,80	76,00	20,00	1,10	28,00	14,00	0,00	20,00	43,10	63,10	68,00
0,20 - 0,40	5,90	80,00	14,00	1,00	29,00	15,00	0,00	20,00	45,00	65,00	69,00
0,40 - 0,60	6,50	64,00	7,00	0,60	7,00	7,00	0,00	25,00	14,60	39,60	37,00

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis altura de planta (AP), diâmetro de colmo (DC) e comprimento de entrenó (CE) da cultura cana-de-açúcar submetido a diferentes fontes e doses de nitrogênio, em diferentes épocas de avaliação.

FV	GL	Quadrados Médio ¹		
		AP	DC	CE
FONTES (F)	1	0,11711 ^{ns}	3,4420 ^{ns}	2,3785 ^{ns}
BLOCO	2	0,53137 ^{ns}	7,8835 ^{ns}	6,3141*
RESÍDUO (a)	2	0,07386	5,7119	0,1216
DOSES (D)	3	0,48466 ^{**}	46,2043 ^{**}	3,2330 ^{**}
FONTES x DOSES	3	0,13905 ^{**}	7,5777*	2,0153 ^{**}
RESÍDUO (b)	6	0,01177	1,0877	0,0827
ÉPOCA (E)	3	16,64220 ^{**}	60,0790 ^{**}	14,9585 ^{**}
INTERAÇÃO FxE	3	0,05252 ^{ns}	2,4061*	0,3467 ^{ns}
INTERAÇÃO DxE	9	0,03907 ^{ns}	1,0752 ^{ns}	0,0747 ^{ns}
INTERAÇÃO FxDxE	9	0,01720 ^{ns}	1,1369 ^{ns}	0,0740 ^{ns}
RESÍDUO (c)	54	0,02485	0,8073	0,1357
CV (a)		10,32	8,57	4,59
CV (b)		4,12	3,74	3,79
CV (c)		5,99	3,22	4,85

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