

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

A. C. O. Horschutz¹; F. H. F. Gomes²; F. A. L. Soares³; C. T. S. Costa⁴; M. B. Teixeira⁵;
E. C. da Silva⁶

RESUMO: A expansão do cultivo de cana-de-açúcar para áreas consideradas marginais, no que diz respeito à fertilidade natural do solo e à disponibilidade hídrica, e os aspectos técnico-econômicos requerem maior eficiência concernente à aplicação de água e nutrientes, em especial o nitrogênio (N). O N merece atenção não apenas pela sua influência e custo que representa na produção da cana-de-açúcar, mas também para a minimização de possíveis impactos ambientais. No presente estudo, objetivou-se avaliar as variáveis biométricas (diâmetro de colmos - DC, altura de planta - AP, área foliar - AF) e a produtividade de colmos de cana-de-açúcar (variedade SP80-1816), no ciclo de cana-planta, em função de diferentes doses e fontes de N, em um Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado. A pesquisa de campo foi conduzida na Destilaria Raízen Energia S/A, em Jataí, GO. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, analisado em esquema fatorial 4 x 2. Os tratamentos constituíram-se de quatro doses de N (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) e duas fontes de N (ureia e nitrato de amônio). Para irrigação utilizou-se um Pivô central modelo PC 08-64/03-647/01-646/L4, em aço galvanizado e com 12 torres de sustentação, que era acionado por uma bomba com vazão de 128,99 m³ h⁻¹, e pressão prevista de 63,90 mca. As variáveis biométricas de crescimento foram avaliadas aos 210, 250, 290 e 330 dias após o plantio. A dose de 120 kg ha⁻¹ de N proporcionou maior AP. As fontes e doses de N não influenciaram a AF da cana-de-açúcar. O incremento da dose de N proporcionou aumento da produtividade de colmos da cana-de-açúcar, independentemente da fonte nitrogenada utilizada. Independente da dose de N aplicada, o nitrato de amônio proporcionou maior produtividade de colmos à cana-de-açúcar.

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

¹ Doutoranda em Agronomia, IF Goiano, Campus Rio Verde - GO.

² Mestrando em Agronomia, IF Goiano, Campus Rio Verde - GO.

³ Professor, IF Goiano, Campus Rio Verde - GO.

⁴ Docente, IFMS, Campus Naviraí - MS. Email: ctsc2007@hotmail.com

⁵ Professor, IF Goiano, Campus Rio Verde - GO.

⁶ Pesquisador Científico, IF Goiano, Campus Rio Verde - GO.

NITROGEN SOURCES AND RATE IN IRRIGATED SUGARCANE IN A CERRADO OXISOL

ABSTRACT: The expansion of sugarcane grown to areas considered marginal, with respect to natural soil fertility and water availability, and the technical-economic aspects require greater efficiency concerning the water and nutrients application, especially nitrogen (N). The N deserves attention not only for its influence and share cost that it represents on the production of sugarcane, but also for the minimization of possible environmental impacts. The objective of this study was to evaluate the biometric variables (stem diameter, plant height, leaf area) and stalks yield of sugarcane (variety SP80-1816), in the cane-plant cycle, as affected by different sources and nitrogen rate, in a cerrado (savannah) Oxisol (Rhodic Hapludox). Field research was carried out the Distillery Raízen Energia S/A, in the county Jataí, GO. The experimental design was a randomized complete block design, with four replicates, analyzed in a factorial scheme 4 x 2. The treatments consisted of four N rates (0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹) and two N sources (urea and ammonium nitrate). For irrigation, a central pivot model PC 08-64/03-647/01-646/L4 was used in galvanized steel and with 12 support towers, which was driven by a pump with a flow rate of 128.99 m³ h⁻¹, and expected pressure of 63.90 mca. Biometric growth variables were evaluated at 210, 250, 290 and 330 days after planting. The N rate of 120 kg ha⁻¹ provided higher plant height. The sources and N rate did not influence the leaf area of the sugarcane. The increase of the N rate resulted in an increase of stalks yield sugarcane, regardless of the N source used. Regardless of the N rate applied, the ammonium nitrate provided higher stalks yields to sugarcane.

KEY WORDS: *Saccharum* spp., ammonium nitrate, urea, biometrics.

INTRODUÇÃO

O agronegócio canavieiro desempenha papel importante na economia brasileira e coloca o país em posição de destaque internacional em programas de substituição de combustíveis fósseis. Embora a cana-de-açúcar venha aumentando a produtividade, a produtividade média nacional está em torno de 75 t ha⁻¹, o que pode ser considerada baixa em comparação ao seu potencial genético e à produtividade de alguns outros países. Um dos fatores que contribui para essa produtividade é a expansão da cultura em áreas com solos de baixa fertilidade

natural, que exigem manejo mais aprimorado da fertilidade para a obtenção de produções viáveis.

Entre os fatores ambientais que mais influenciam na conversão de energia em açúcar na cana pode-se citar: a energia solar (intensidade, duração e qualidade); a concentração de CO₂; a temperatura; a disponibilidade de água e nutrientes, que dentre estes o nitrogênio (N) possui grande importância por ser constituinte de proteínas, entre outras biomoléculas (GAVA et al., 2010). O N é nutriente requerido em grandes quantidades para a produção de biomassa de cana-de-açúcar, em média 1,4 kg de N por tonelada de colmo produzido (CANTARELLA et al., 2007). É dentre os nutrientes minerais o mais caro, e as quantidades de N fertilizante aplicadas, geralmente são iguais ou menores do que as exportadas pelos colmos (FRANCO et al., 2011).

Para a obtenção de uma produtividade de cana-de-açúcar superior a 120 t ha⁻¹ no Estado de Goiás, são necessários 30 kg ha⁻¹ no sulco de plantio e entre 20 a 60 kg de N em cobertura (SOUSA & LOBATO, 2004). Em São Paulo, a maior dose recomendada para cana-planta é 90 kg ha⁻¹ de N (30 kg no sulco de plantio e 60 kg em cobertura), conforme a produtividade esperada (RAIJ et al., 1996).

A fonte nitrogenada mais empregada no cultivo da cana-de-açúcar no Brasil é a ureia; no entanto, com o uso desta fonte podem ocorrer perdas por volatilização de amônia, sobretudo em áreas com colheita de cana crua, decorrente da grande presença de uréase na palhada (CANTARELLA et al., 2007). Neste sentido, a presença de palha em grande quantidade também dificulta a incorporação do fertilizante nitrogenado (VITTI et al., 2007). A substituição da ureia pelo nitrato de amônio pode constituir uma boa opção, uma vez que a volatilização é minimizada, o que aumentaria a disponibilidade de N no solo, com reflexo nos teores na planta. Neste contexto, o presente estudo teve por objetivo avaliar as variáveis biométricas (diâmetro de colmos, altura de planta e área foliar) e a produtividade de colmos de cana-de-açúcar em ciclo de cana-planta, em função de diferentes doses e fontes de N, em um Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em campo, em área da Fazenda Rio Paraíso II, que pertence à Usina Raízen, no município de Jataí, GO, na safra 2014/2015. As coordenadas geográficas são 17°43'15.23"S e 51°38'12.62"W e 912 m de altitude. Segundo a classificação

de Köppen (2016), o clima do local é do tipo Aw, tropical, com chuva nos meses de outubro a abril, e seca nos meses de maio a setembro.

Durante o período experimental, as médias das temperaturas máximas e mínimas, foram de 34,5°C em outubro e 13,01°C em agosto e as precipitações pluviais no período totalizaram 1.942 mm, onde a precipitação máxima ocorreu no mês de março, com 275,2 mm e a menor em agosto com 1,5 mm. Os dados foram obtidos em uma estação meteorológica pertencente ao INMET, que está instalada no município de Jataí - GO.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, muito argiloso (Santos et al., 2013), que apresentou na camada 0 - 20 cm: pH (CaCl₂) 5,8; M.O. (g kg⁻¹) 4,6; P (mg dm⁻³) 29; K (mmol_c dm⁻³) 11; Ca (mmol_c dm⁻³) 42; Mg (mmol_c dm⁻³) 17; Al + H (mmol_c dm⁻³) 25; SB (mmol_c dm⁻³) 70; CTC (mmol_c dm⁻³) 95; V (%) 73 e uma composição (g kg⁻¹) em areia, silte e argila de 96, 82 e 822, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, em arranjo fatorial (4 x 2). Os tratamentos foram quatro doses de N (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) e duas fontes de N (ureia e nitrato de amônio). As parcelas foram constituídas por seis linhas de cana-de-açúcar, com 5 m de comprimento, espaçadas a 1,50 m entre si. A área útil da parcela foi representada por seis metros lineares nas três linhas centrais das parcelas, desprezando-se 1,0 m nas extremidades.

O preparo do solo foi realizado pelo sistema convencional, por meio de uma aração e duas gradagens, seguido de abertura dos sulcos de plantio. O plantio mecanizado ocorreu em 20/09/2014, distribuindo-se entre 12 a 15 gemas por metro linear, conforme as recomendações para a variedade SP80-1816. A adubação de plantio com P₂O₅, na forma de superfosfato triplo, e K₂O, na forma de cloreto de potássio, foi conforme a análise de solo e recomendações de Sousa e Lobato (2004), considerando-se uma expectativa de 120 t ha⁻¹ de colmos. O N foi aplicado de acordo com os tratamentos, aos 60 dias após o plantio (DAP). Para irrigação, utilizou-se um Pivô central modelo PC 08-64/03-647/01-646/L4, em aço galvanizado e com 12 torres de sustentação.

Para avaliação das variáveis biométricas foram utilizadas duas plantas nas linhas centrais em cada parcela, nas quatro épocas de avaliação (210, 250, 290 e 330 DAP). Avaliou-se altura de planta (AP), diâmetro de colmo (DC) e área foliar (AF). A altura da planta foi medida com auxílio de uma fita métrica, a partir do solo até o colarinho da folha +1. O diâmetro de colmos foi determinado com auxílio de um paquímetro digital na base da planta. A área foliar foi determinada por meio da contagem do número de folhas verdes (folha totalmente expandida e fotossinteticamente ativa com o mínimo de 20% de área verde,

contada a partir da folha +1) e pelas medições nas folhas +3, sendo obtidos o comprimento e a largura da folha na porção mediana (HERMANN & CÂMARA, 1999):

A colheita foi realizada em 20/10/2015, e a produtividade de colmos (PC) foi determinada através da pesagem total dos colmos presentes em 2 m lineares nas duas linhas centrais das parcelas. Os colmos foram cortados e o ponteiro destacado. Em seguida, foram pesados e os valores extrapolados para toneladas de colmos por hectare.

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F a 5% de probabilidade, e em casos de significância, foi realizada a comparação de médias pelo teste de Tukey para a fonte e análise de regressão para os níveis de N e épocas de avaliação, utilizando-se o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância mostrou significância para o fator dias após o plantio (DAP), em relação as variáveis altura de planta (AP), diâmetro de colmo (DC) e área foliar (AF). Para os fatores fontes de nitrogênio (FN) e doses de N (DN), foi observado efeito significativo para a produtividade de colmos (PC); no entanto, a interação não foi significativa. As interações FN x DAP teve efeito significativo para as variáveis AP e DC, cuja variável AP também apresentou efeito significativo para a interação (DN x DAP). Já a interação (FN x DN) apresentou efeito significativo para a variável PC.

Os resultados das variáveis AP e DC, para o desdobramento FN dentro dos DAP encontram-se na Tabela 1. Observa-se nesta que houve aumento significativo na AP em função das fontes nitrogenadas aplicadas, nos períodos de 290 e 330 DAP, cujas maiores médias foram com o uso de ureia. A ureia proporcionou um crescimento de 51,72% na AP dos 210 DAP aos 330 DAP, enquanto o nitrato de amônio para o mesmo período foi de 49,55%. No último período de avaliação, a ureia proporcionou um incremento na AP de 3,71% em relação ao nitrato de amônio.

O nitrato de amônio proporcionou maior diâmetro de colmo (DC), aos 330 DAP, do que a ureia; já nas demais épocas de avaliação, não houve diferença entre as fontes de N (Tabela 1). A ureia proporcionou um crescimento de 10,19% no DC dos 210 aos 330 DAP, enquanto para o mesmo período o aumento com o nitrato de amônio foi de 14,56%. Aos 330 DAP, o nitrato de amônio proporcionou um incremento no DC de 4,16% em comparação com a ureia. Maule et al. (2001), relataram que o DC seria mais uma característica genética inerente às variedades e que pode ser influenciado pelo ambiente de produção.

Observa-se na Figura 1, que para todos os períodos avaliados, a maior dose de N proporcionou maiores AP. Aos 210 DAP, nos tratamentos sem a aplicação de N, a estimativa de altura da planta foi de 1,61 m, enquanto com a aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N a estimativa foi de 1,65 m. Já com as maiores doses de N (120 e 180 kg ha⁻¹), as AP estimadas foram respectivamente 1,74 e 1,75 m, o que representa um acréscimo na AP de 8%, da menor para a maior dose de N.

Aos 290 DAP, com a dose de N de 120 kg ha⁻¹, se obteve a maior estimativa para a AP (3,14 m), enquanto que com a aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N, a estimativa foi de 2,75 m (Figura 1). Já com as doses de 60 e 180 kg ha⁻¹ de N, as AP estimadas foram de 2,88 e 3,01 m, respectivamente, o que corresponde um acréscimo de 12,42% em relação à dose de 120 kg ha⁻¹ de N para menor dose e uma redução de 4,14% da AP da dose de 180 kg ha⁻¹, quando comparada à dose de 120 kg ha⁻¹ de N.

Na última avaliação, aos 330 DAP, o acréscimo na AP foi de 13,31% da dose 0 para a dose de 120 kg ha⁻¹ de N e uma redução de 4,96% da AP da dose de 180 kg ha⁻¹ em relação à dose 120 kg ha⁻¹ de N (Figura 1). As doses de N de 0,60; 120 e 180 kg ha⁻¹, proporcionaram estimativas de 3,32, 3,49, 3,83 e 3,64 m, respectivamente.

A representação da área foliar (AF) em função dos dias após o plantio (DAP) encontra-se na Figura 2. As estimativas das AFs foram 0,356; 0,396; 0,435 e 0,455 m², respectivamente, aos 210, 250, 290 e 310 DAP. O maior incremento da AF ocorreu dos 290 aos 330 DAP, equivalente a um aumento de 11,99% da AF. O crescimento da área foliar pode ser influenciado pelas características intrínsecas de cada variedade, como largura, comprimento das folhas e senescência foliar, por cada variedade apresenta comportamento diferente ao longo do ciclo vegetativo (OLIVEIRA et al., 2007).

A capacidade de manter a área foliar por um longo período de tempo é uma capacidade que compõe um importante indicativo de materiais mais produtivos, isso significa que o aparato foliar tem um melhor desempenho fotossintético. A produtividade da cultura pode ser medida pela área foliar (AF), pois avaliam a superfície fotossinteticamente ativa da cultura (HERMANN & CÂMARA, 1999).

Conforme as condições ambientais e a idade da planta, a duração da folha ativa varia de 1 a 5 meses. A cultura aumenta o índice de área foliar até ao máximo (relação da área das folhas pela área de cobertura), para compensar a redução da taxa fotossintética. Após esse ponto, há uma contínua renovação de folhas, sendo as mais velhas substituídas por folhas novas e mais eficientes (MACHADO et al., 1982).

Independente da fonte utilizada, se observou que o crescente aumento das doses de N proporcionou aumento da produtividade de colmos (Figura 3). Com aplicação das doses de N de 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹, na forma de nitrato de amônio (NA), pode-se obter um rendimento na ordem de 79,99; 105,48; 131,97 e 158,45 t ha⁻¹, um acréscimo na produtividade de 49,5% em relação à testemunha. Com o uso da fonte ureia (U), as doses de 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ proporcionaram uma estimativa de 61,21; 86,67; 112,16 e 137,64 t ha⁻¹, um acréscimo na produtividade de 45,57%.

Independentemente da dose de N aplicada, o NA apresentou maiores estimativas de produtividade em relação à ureia. As doses de 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ proporcionaram um aumento nas estimativas de produtividade na ordem de 17,83; 15 e 13,13%, respectivamente, superior quando comparado à produtividade com a aplicação da ureia (Figura 3).

A adubação nitrogenada está diretamente relacionada com à produtividade da cana-de-açúcar, uma vez que o N é um dos nutrientes limitantes para as culturas agrícolas (CANTARELA et al., 2007; GAVA et al., 2010). Estudos realizados por Vitti et. al (2007), com diferentes fontes nitrogenadas, verificou-se que os maiores rendimentos de colmos em cana-de-açúcar foram obtidas com as fontes de sulfato e nitrato de amônio, visto que as duas fontes apresentaram baixa volatilização. Os pesquisadores também observaram menores produtividades com a ureia, devido às perdas por volatilização.

CONCLUSÃO

A dose de 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio proporciona maior altura em cana-de-açúcar;

A ureia proporciona maior altura de planta e o nitrato de amônio maior diâmetro de colmo;

O incremento da dose de nitrogênio promove aumento da produtividade de colmos em cana-de-açúcar, independente da fonte utilizada;

O nitrato de amônio proporciona maior produtividade de colmos independente da dose de N aplicada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), pela concessão de bolsas; ao CNPq, pelo apoio financeiro para condução da pesquisa; a usina Raízen, pela doação da área e ao IF Goiano, por todo apoio proferido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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. **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: IPNI Brasil, 2007. p. 355-412.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computerstatisticalanalysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FRANCO, H. C. J.; OTTO, R.; FARONI, C. E.; VITTI, A. C.; OLIVEIRA, E. C. A.; TRIVELIN, P. C. O. Nitrogen in sugarcane derived from fertilizer under Brazilian field conditions. **Field Crops Research**, v. 121, n. 1, p. 29-41, 2011.
- GAVA, G. J. C.; KÖLLN, O. T.; URIBE, R. A. M.; TRIVELIN, P. C. O.; CANTARELLA, H. Interação entre água e nitrogênio na produtividade de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). In: CRUSCIOL, C. A. C (Org.). **Tópicos em ecofisiologia da cana-de-açúcar**. 1 ed. Botucatu: FEPAF, v. 1, p. 49-66. 2010.
- HERMANN, E. R.; CÂMARA, G. M. S. Um método simples para estimar a área foliar de cana-de-açúcar. **Revista da STAB**, v. 17, n. 11, p. 32-34, 1999.
- KÖPPEN, W. **Köppen climate classification**. Geography about. Available in: <<http://geography.about.com/library/weekly/aa011700b.htm>>. Access in: 10 mai. 2016.
- MACHADO, E. C.; PEREIRA, A. R.; FAHL, J. I.; ARRUDA, H. V.; CIONE, J. Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 17, n. 9, p. 1323-1329, 1982.
- MAULE, R.; MAZZA, J. A.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 295-301, 2001.
- MAGALHAES, A. C. N. **Análise quantitativa do crescimento**. In: Ferri M. G. Fisiologia Vegetal. 2. ed. São Paulo: Editoras EPU, EDUSP, 1985. v. 1, p. 331-350.
- OLIVEIRA, R. A.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; WEBER, H.; IDO, O. T.; BESPALHOK FILHO, J. C.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; SILVA, D. K. T. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 37, n. 2, p. 71-76, 2007.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas. 1996. 285p. (Boletim técnico, 100).

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J.B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p.

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

VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; GAVA, G. J. C.; FRANCO, H. C. J.; BOLOGNA, I. R.; FARONI, C. E. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada à localização de adubos nitrogenados aplicados sobre os resíduos culturais em canavial sem queima. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. v. 31, n. 26, p. 491-498, 2007.

Tabela 1. Altura de planta e diâmetro de colmo da cana-de-açúcar, no ciclo de cana-planta, submetida a fontes de nitrogênio, em função dos DAP, no município de Jataí - GO, na safra 2014/2015.

Fonte de Nitrogênio	Altura de plantas (m)			
	210 DAP	250 DAP	290 DAP	330 DAP
Ureia	1,69 A	2,17 A	3,31A	3,50 A
Nitrato de amônio	1,70 A	2,18 A	3,14 B	3,37 B
	Diâmetro do caule (mm)			
	210 DAP	250 DAP	290 DAP	330D AP
Ureia	26,24 A	25,17 A	28,09 A	29,22 B
Nitrato de amônio	26,05 A	27,25 A	28,44 A	30,49 A

Dias após o plantio (DAP). Medias seguidas pelas mesmas letra na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade para a variedade SP80-1816.

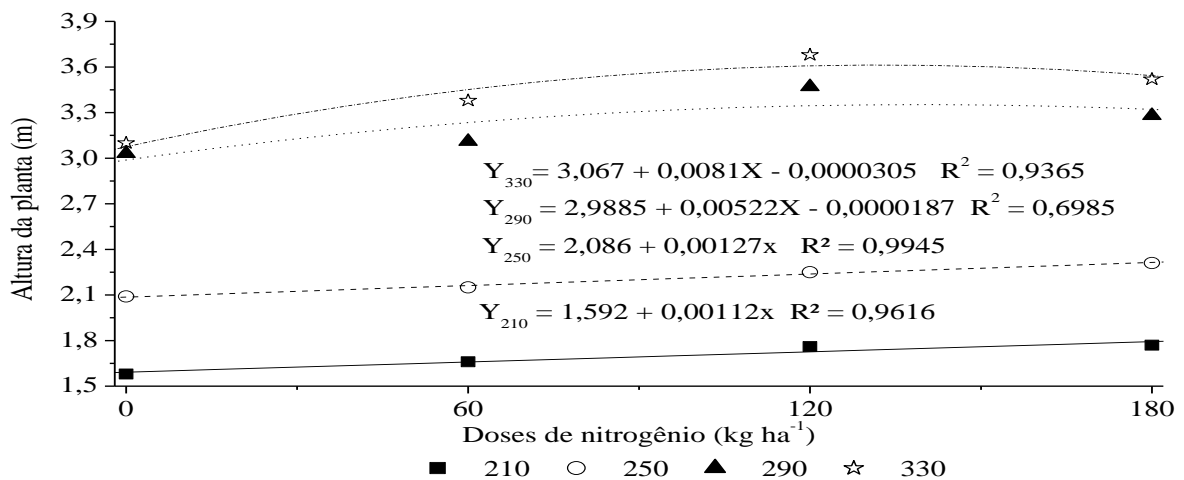


Figura 1. Altura da planta da variedade de cana-de-açúcar em função de diferentes doses de nitrogênio e épocas de avaliação, no município de Jataí - GO, na safra 2014/2015.

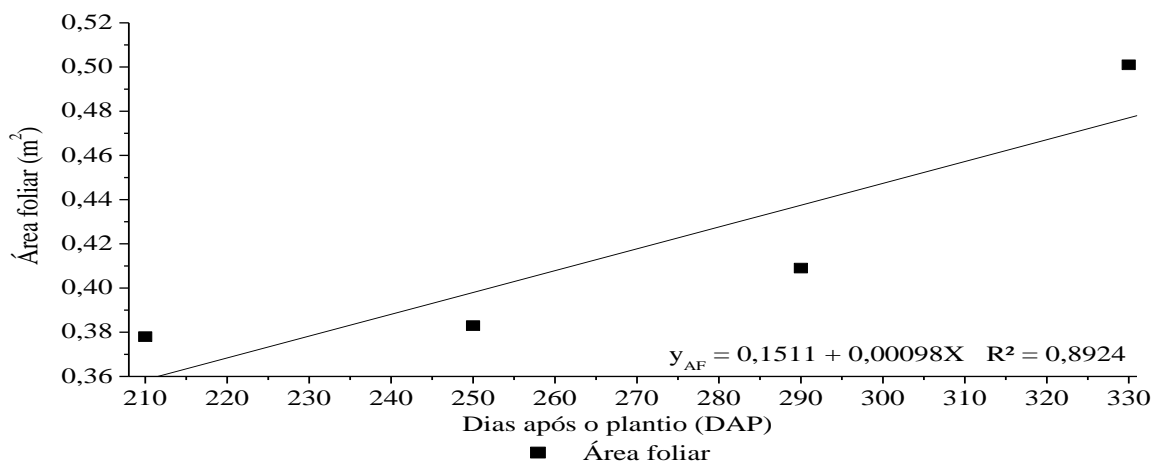


Figura 2. Área foliar da variedade de cana-de-açúcar SP80-1816, no ciclo de cana-planta, em função de dias após o plantio, no município de Jataí - GO, na safra 2014/2015.

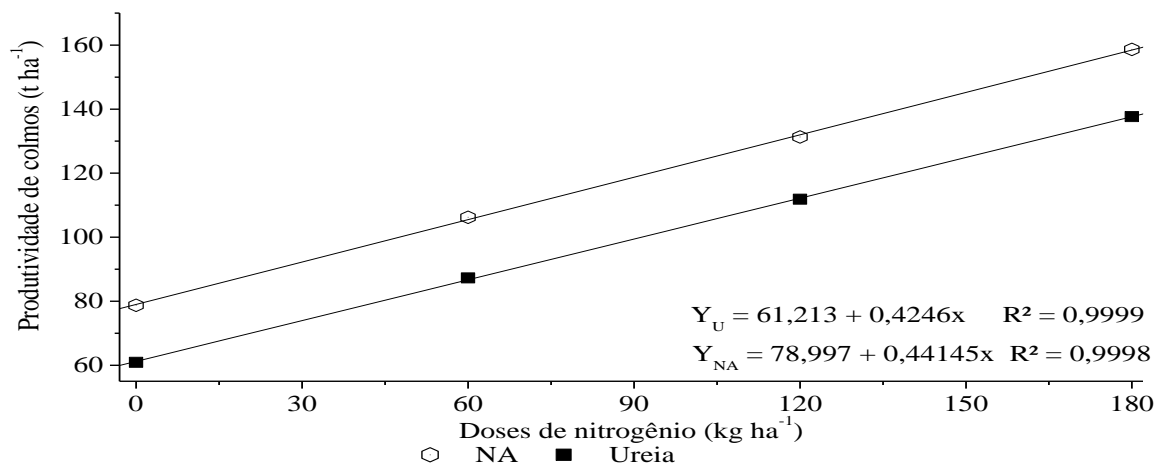


Figura 3. Produtividade de colmos da variedade de cana-de-açúcar SP80-1816, em função de doses e fontes de N, no município de Jataí - GO, na safra 2014/2015.