

CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DA CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO EM COBERTURA E VIA FOLIAR

TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF CANE SUGAR FOR EACH APPLICATION OF NITROGEN IN COVERAGE AND ROUTE LEAF

¹MONTEIRO, J.P.F.; ²JUNIOR, A.P.; ³SILVEIRA, L.M.; ⁴VICENTE, V.A.; ⁵LIMA, C.P.

^{1 a 5} Departamento de Agronomia – Faculdades Integradas de Ourinhos-FIO/FEMM

RESUMO

O gênero *Saccharum* possui grande importância econômica para o Brasil por fornecer a matéria prima para a produção de açúcar e de etanol. Para promover melhor brotação e perfilhamento, dentre os nutrientes que são mais exigidos pela cana-de-açúcar o que mais pode contribuir seria o nitrogênio (N). Os fertilizantes nitrogenados sofrem uma série de transformações químicas e microbianas quando aplicados ao solo, que podem resultar em perdas para os vegetais. A adubação foliar surge como alternativa para suprir as perdas de nitrogênio nos solos, sendo uma prática que resulta numa melhor aplicação deste material, que irá suprir as necessidades da cultura em situações onde a aplicação via solo se torna ineficiente. O objetivo deste estudo foi de avaliar a adubação via solo e adubação via foliar de nitrogênio em cana-de-açúcar, observando os aspectos tecnológicos e morfológicos das plantas. O experimento foi conduzido em uma área comercial da Usina São Luiz, localizada na região de Ourinhos, Estado de São Paulo, utilizando a variedade RB86 7514. O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados no esquema fatorial 2x4, dois modos de aplicação, N via foliar, utilizando o produto comercial Coron28[®], formulação 28-00-00 e adubação de N em cobertura utilizando como fonte de N o nitrato de amônio e quatro doses, sendo as doses de N via foliar: 0; 5; 10; e 15 L ha⁻¹ e quatro doses de N em cobertura 0; 50; 100 e 150 kg ha⁻¹. Foram realizadas avaliações de número de perfilhos e características de qualidade tecnológica da cana (Tonelada de Cana por Hectare - TCH); Açúcar Teórico Recuperável (ATR) e Produção de açúcar por Hectare que constou de 10 canas contíguas da linha central de cada parcela. As doses de N em cobertura interferiram positivamente nos parâmetros avaliados, aumentando o número de perfilhos, produzindo 10,3 perfilho por metro linear, incrementando 32% em relação ao controle, enquanto a aplicação de N via foliar produziu 10,4 perfilhos por metro linear, incrementando 33% em relação ao controle, resultando em uma dose ideal de 9,3 L ha⁻¹. A produção de colmos (TCH) em uma dose ideal de 91,2 kg ha⁻¹ de nitrato de amônio ha⁻¹ produziu 87 TCH e incrementou 50% em relação ao controle. Já a aplicação de N via foliar produziu 85 TCH e incrementando 46% em relação ao controle e resultando em uma dose ideal de 9,3 L ha⁻¹. Quanto à produção de açúcar por hectare, a adubação nitrogenada de cobertura alcançou uma dose ideal de 91,8 Kg de N ha⁻¹, produzindo 13 458 kg de açúcar ha⁻¹, incrementando 48% em relação ao controle e a aplicação de N via foliar produziu 87 de N ha⁻¹, incrementando 50% em relação ao controle, resultando em uma dose ideal de 91,2 kg de N ha⁻¹.

Palavras-chave: Nutrição de Plantas. Nitrato de Amônio. Adubação Foliar. *Saccharum officinarum* L.

ABSTRACT

The *Saccharum* genus has great economic importance to Brazil for providing the raw material for the production of sugar and ethanol. To better promote budding and tillering, among the nutrients that are most demanded by cane sugar, which can contribute would be more nitrogen (N). Nitrogen fertilizers undergo a series of chemical and microbial transformations when applied to the soil, which can result in losses for the plant. Foliar fertilization is an alternative to cover the losses of nitrogen in soils, with a practice that results in better application of this material, which will meet the needs of the culture in situations where the application using soil becomes inefficient. The aim of this study was to evaluate the soil fertilization and foliar nitrogen fertilization on cane sugar observing the technological and morphological aspects of plants. The experiment was conducted in a commercial area of Usina São Luiz, located in the region of Ourinhos, State of São Paulo, using the RB86 7514 variety. Experimental design was a randomized complete block in a 2x4 factorial design, two application modes, N foliar using Coron28[®] commercial product, formulation of 28-00-00 fertilizer and topdressing using as source of N ammonium nitrate and four doses, with doses of foliar N: 0; 5; 10; and 15 L ha⁻¹ and four

rates of N was 0; 50; 100 and 150 kg ha⁻¹. Which consisted of 10 contiguous rods of the centerline of each plot; reviews of tiller number and characteristics of technological quality of sugar cane (Theoretical recoverable sugar (TRS) and Sugar Production per Hectare ton of cane per hectare (TCH) were performed. The N topdressing interfered positively in all evaluated parameters, increasing the number of tillers, producing 10.3 tillers per meter, increasing 32% compared to control, while the application of foliar N produced 10.4 tillers per meter, increasing 33% compared to control, resulting in an optimal dose of 9.3 L ha⁻¹. Stalk yield (TCH) in an ideal dose of 91.2 kg ha⁻¹ of ammonium nitrate ha⁻¹ produced 87 TCH and increased 50% compared to control, since the application of foliar N produced 85 TCH and increasing 46% compared to control, resulting in an optimal dose of 9.3 L ha⁻¹, since the production of sugar per hectare, the nitrogen fertilization achieved an optimal dose of 91.8 kg N ha⁻¹, producing 13,458 kg ha⁻¹ of sugar, increasing 48% compared to the control and application of foliar N produced 87 N ha⁻¹, increasing 50% compared to control, resulting in an optimal dose of 91.2 kg N ha⁻¹.

Keywords: Plant nutrition. Ammonium nitrate. Leaf Fertilization. *Saccharum officinarum* L.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é caracterizada como uma cultura semi-perene, devido ao fato de possibilitar várias colheitas ou cortes depois de cada reforma realizada no canavial. Pertencente à família *Poaceae* e o gênero *Saccharum* possui grande importância econômica para o Brasil por fornecer a matéria prima para a produção de açúcar e álcool.

Diversos autores discutem em relação ao centro de origem dessas espécies. Dentre as regiões mais citadas estão a Índia, Nova Guiné e Polinésia, sendo assim, acredita-se que a cana-de-açúcar seja nativa do sudeste da Ásia, embora o exato centro de origem ainda seja incerto. (ROACH ; DANIELS, 1987).

Dentre os macronutrientes mais utilizados, o nitrogênio e potássio são os elementos mais exigidos pela cultura. O potássio exerce funções importantes em relação à abertura e fechamento dos estômatos juntamente com a assimilação de gás carbônico e fotofosforilação e atua também no metabolismo da planta, ativando várias enzimas. (FIGUEREDO, 2006).

Para promover melhor brotação e perfilhamento, dentre os nutrientes que são mais exigidos pela cana-de-açúcar o que mais pode contribuir seria o nitrogênio. (CASAGRANDE, 1991).

Os fertilizantes nitrogenados sofrem uma série de transformações químicas e microbianas quando aplicados ao solo, que podem resultar em perdas para os vegetais. O manejo incorreto ou inadequado do canavial, especialmente da adubação nitrogenada, pode acarretar em redução da produtividade da cultura e também na longevidade do canavial, reduzindo conseqüentemente, o número de colheitas ou cortes entre reformas.

Segundo Malavolta et al. (1997), a absorção do nitrogênio ocorre basicamente nas formas minerais, NO_3 (Nitrato) e/ou NH_4 , através do fluxo de massa (99%), sendo apenas 1% pela interceptação das raízes.

Dentre vários problemas que afetam o desenvolvimento das plantas, a deficiência de nitrogênio resulta em clorose nas folhas mais velhas, reduzindo assim sua atividade meristemática apical, apresentando menor perfilhamento, área foliar e longevidade das folhas. (MALAVOLTA et al, 1957; SILVEIRA, 1985, ORLANDO FILHO ; RODELLA 1996).

Segundo Harper (1984), a adubação foliar surge como alternativa para suprir as perdas de nitrogênio nos solos, sendo uma prática que resulta numa melhor aplicação deste material, que irá suprir as necessidades da cultura em situações onde a aplicação via solo se torna ineficiente.

Os primeiros relatos de absorção pelas folhas das plantas foram realizados por Mariote, em 1676, através da absorção de água e, em 1877, por Bohm ao relatar que sais minerais, como o cálcio (Ca) dissolvidos eram absorvidos pela superfície foliar e usadas no metabolismo da planta. (FRANKE, 1986).

Malavolta (1980) faz referência ao uso de líquido de esterqueiras, conhecido popularmente como chorume, como adubo foliar, durante o século XIX, assim como o uso de superfosfato (fonte de Ca, P e S) diluído em água. Mesmo sendo um mercado significativo na área de fertilizantes, a adubação foliar, historicamente, recebe uma atenção limitada da pesquisa, principalmente no Brasil.

A falta de informações básicas resulta em técnicos, agricultores e até mesmo as empresas produtoras de fertilizantes para aplicação via foliar que ficam à mercê do mercado. A fertilização foliar pode contribuir com a eficiência da adubação, pois deste modo, se pode aplicar o nutriente numa certa quantidade que realmente expresse a demanda pela planta, sem perdas via solo, seja por dessorção, lixiviação ou volatilização de elementos. (ROSOLEM, 2002).

A quelatização dos nutrientes aumenta de forma significativa a absorção dos nutrientes via foliar, minimizando as interações do nutriente com o ambiente ao redor, que deste modo é absorvido rapidamente pelas plantas, via folha. Segundo Abreu (2007), um agente quelatizante é um composto que contém átomos doadores ou grupos (ligantes) que podem combinar com um íon metálico simples para formar uma estrutura cíclica chamada de complexo quelatizado, ou quelato. Os ligantes devem possuir pares ou pares de elétrons não compartilhados, para que

estabeleçam as ligações. O objetivo deste estudo foi de avaliar a adubação via solo e adubação via foliar de nitrogênio em cana-de-açúcar observando os aspectos tecnológicos e morfológicos das plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma área pertencente à Usina São Luiz, na Fazenda Salto do Turvo situada localizada na região de Ourinhos, Estado de São Paulo.

A altitude média local é de 483 m, com latitude de 49°52'14" S e longitude 22°58'44" W. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen (1948), é do tipo *Am* (tropical chuvoso com inverno seco), A precipitação média anual é de 1 356,8 mm e temperatura média anual de 22,1°C.

A escolha e demarcação da área experimental foi na segunda quinzena do mês de julho, com a variedade RB 7514, coletando amostras de solo na profundidade de 0 a 20 e 20 a 40 cm.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados no esquema fatorial 2x4, no qual serão dois modos de aplicação, foliar e solo, e quatro doses, sendo as doses de fertilizante nitrogenado foliar (FNF) do produto comercial Coron 28-00-00® (0, 5, 10 e 15 L ha⁻¹) e quatro doses de fertilizante nitrogenado sólido (FNS) nitrato de Amônio (0, 50, 100 e 150 kg de N ha⁻¹).

As aplicações das doses de FNS foram realizadas manualmente, linha por linha, 20 dias após o corte (DAC) e as aplicações das doses de FNF foram realizadas 60 DAC, com o auxílio de um equipamento pressurizado com CO₂, munido com uma barra de 8 metros.

Foram realizadas avaliações de perfilhos, no momento da instalação, 60, 140 e 240 DAC, avaliando um metro linear das quatro linhas centrais e após aplicação dos fertilizantes foi realizado o ajuste com a % de perfilhos que permaneceram no tratamento para avaliação dos tratamentos.

Para avaliação de TCH (tonelada de cana por hectare), foi realizada a colheita de dez colmos nas quatro linhas centrais, totalizando 40 colmos industrializáveis, quantificando massa, altura, diâmetro, parâmetros tecnológicos e através da extrapolação dos dados colhidos será calculado o TCH.

Os dados foram submetidos a análise de variância por meio do programa SISVAR versão 4.2 , aplicando, teste de F, teste de T e análise de regressão, conforme Ferreira (2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Correlação de Pearson

A avaliação inicial dos resultados através da correlação de Pearson para a aplicação de nitrato de amônio e de nitrogênio via foliar, demonstrou-se significativa, sendo essa variáveis se comportando de maneira forte positiva, não havendo diferenças em TCH consideráveis entre elas (Tabela 1).

Tabela 1. Avaliação da correlação de Pearson entre a aplicação de Nitrato de amônio (matriz 1) e aplicação de nitrogênio via foliar (matriz 2).

Nitrato de Amônio (Kg de N)	TCH		Nitrogenio via foliar (L ha ⁻¹)
0	58	58	0
50	80	76	5
100	88	87	10
150	75	73	15
Correlação de Pearson= 0,99			

Os valores obtidos nas avaliações de perfilhos, TCH: Tonelada de Cana-de-Açúcar por Hectare, ATR: Açúcares Totais Recuperáveis e produtividade em função da aplicação dos tratamentos estão apresentados na Tabela 2..

Tabela 2. Número de perfilhos por metro linear aos 60, 140 e 240 dias após corte em função da aplicação de Nitrato de Amônio e nitrogênio via foliar. Ourinhos, SP, 2013.

Tratamento	Perfilhos (m linear) 60 DAC	Perfilhos (m linear) 140 DAC	Perfilhos (m linear) 240 DAC	TCH ton. ha ⁻¹	ATR	Produtividade Açúcar (Kg ha ⁻¹)
Controle	21,8	11,0	7,8 B	58 B	158	9116 B
50 kg de N ha-1	25,3	13,0	9,5 AB	80 A	158	12531 A
100 kg de N ha-1	27,5	13,5	10,0 A	88 A	155	13601 A
150 kg de N ha-1	25,5	13,8	9,5 AB	75 AB	158	11833 AB
5 L de N via foliar ha-1	20,0	13,0	10,0 A	76 AB	156	11904 AB
10 L de N via foliar ha-1	25,0	12,8	10,3 A	87 A	156	13550 A
15 L de N via foliar ha-1	23,3	12,0	9,5 AB	73 AB	159	11513 AB
C. V. %	17,3	10,3	9,2	11,1	3,1	11,1
Teste de F	n. s.	n. s.	1 %	1 %	n. s.	1 %
Regressão Nitrato	n. s.	L *	Q *	Q **	n. s.	Q **
Regressão N via foliar	n. s.	n. s.	Q **	Q **	n. s.	Q **

Letras comuns na mesma coluna, não diferem a 5% pelo teste de Tukey, em cada fator analisado.

ns = não significativo pelo teste F a 5%.

* = significativo pelo teste F a 5%.

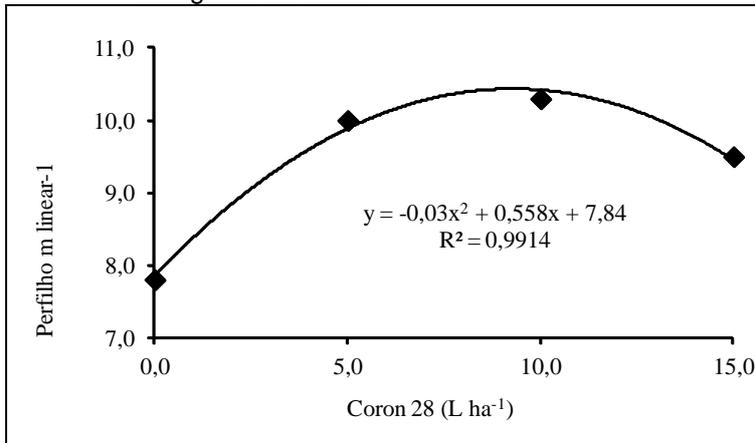
Exceto para número de perfilhos aos 60, 140 dias após o corte e ATR : Açúcares Totais Recuperáveis, todos os fatores assim como suas interações apresentaram efeito significativo pelo teste F e pela análise de regressão.

Número de Perfilho por metro linear

A aplicação de nitrogênio via foliar apresentou ajuste quadrático (Figura 1), resultando em uma dose ideal de 9,3 L ha⁻¹, produzindo 10,4 perfilho por metro linear, incrementando 33% em relação ao controle e foi igual ao padrão da USL. O perfilhamento é um dos componentes para a formação do potencial agrícola, em conjunto com a altura e o diâmetro de colmos. (LANDELL & SILVA, 2004).

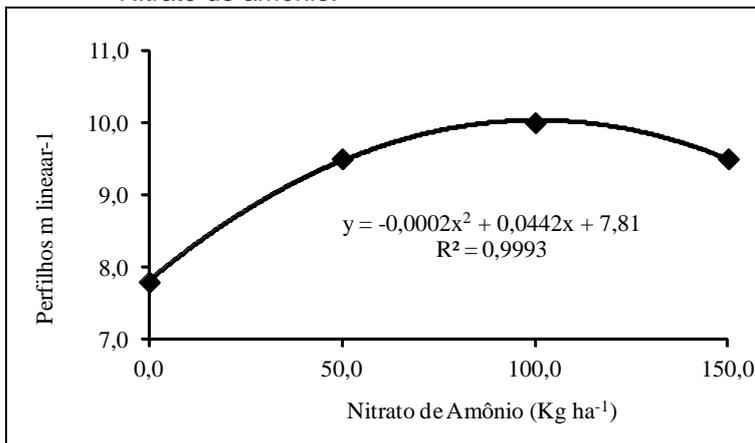
Esse aumento no perfilhamento até os seis meses de idade com posterior redução de 50%, seguida de estabilização, tanto em cana planta, quanto em cana soca, é uma característica fisiológica da planta de cana-de-açúcar, relatada por vários autores (SILVA et al., 2002; CASTRO ; CHRISTOFOLETTI, 2005; SILVA et al., 2007), apresentando uma diferença significativa de 1% entre os tratamentos apenas aos 240 DAC (Tabela 1).

Figura 1. Perfilho por metro linear em função da aplicação de nitrogênio via foliar.



A aplicação de nitrato de amônio também se comportou de forma quadrática (Figura 2), resultando em uma dose ideal de 110 kg de N ha⁻¹, produzindo 10,3 perfilho por metro linear, incrementando 32% em relação ao controle e foi igual ao padrão da USL, significando que tanto a aplicação de fertilizantes químicos ao solo ou de forma foliar possuem comportamentos pouco relevantes na cultura em relação ao modo convencionalmente empregado pela USL.

Figura 2. Perfilho por metro linear em função da aplicação de Nitrato de amônio.

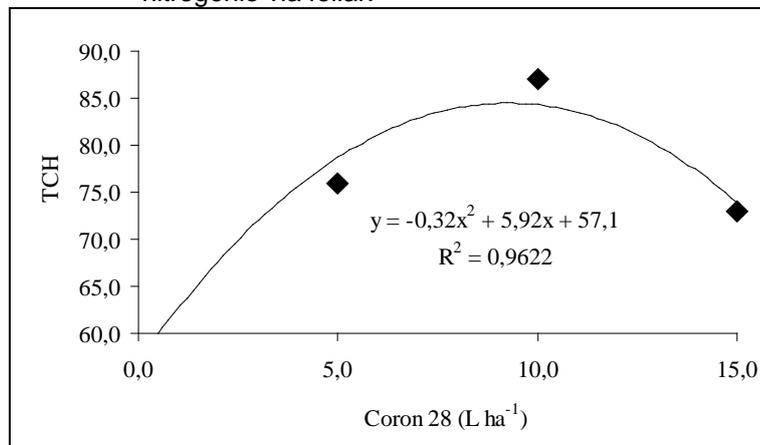


Tonelada de Cana por hectare (TCH)

Em relação a TCH, a aplicação de nitrogênio via foliar apresentou ajuste quadrático (Figura 3), resultando em uma dose ideal de 9,3 L ha⁻¹, produzindo 85 TCH, incrementando 46% em relação ao controle e 3% superior ao padrão da USL,

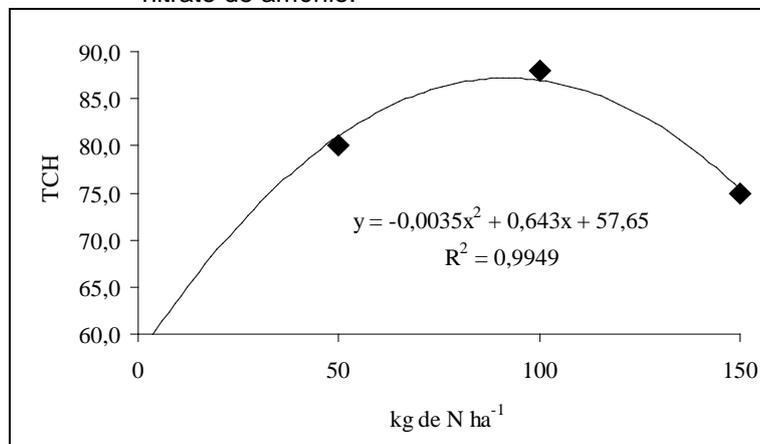
o resultado explica a importância de se adotar a fertilização na produção de colmos para a indústria, confirmando que a cana-de-açúcar é uma cultura responsiva a tecnologias empregadas. O uso exclusivo de nitrogênio via foliar apresentou um efeito satisfatório na produção de colmos industrializáveis, contrariando a lógica de Harper (1984), de que a aplicação foliar de fertilizantes vem apenas suprir as perdas de nitrogênio nos solos e suprindo as necessidades da cultura em situações onde a aplicação via solo se torna ineficiente.

Figura 3. Produtividade (TCH) em função da aplicação de nitrogênio via foliar.



A aplicação de Nitrato de Amônio apresentou ajuste quadrático (Figura 4), resultando em uma dose ideal de 91,2 kg de N. ha⁻¹, produzindo 87 TCH, incrementando 50% em relação ao controle e 5% superior ao padrão da USL, ainda se mantendo em grande proximidade com o fertilizante foliar.

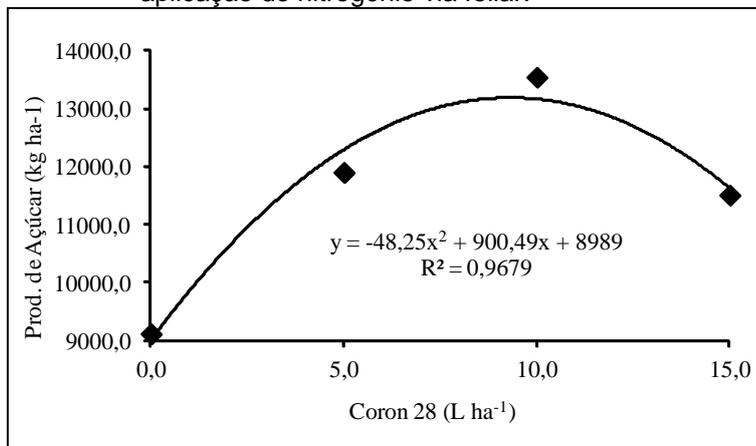
Figura 4. Produtividade (TCH) em função da aplicação de nitrato de amônio.



Produtividade de açúcar

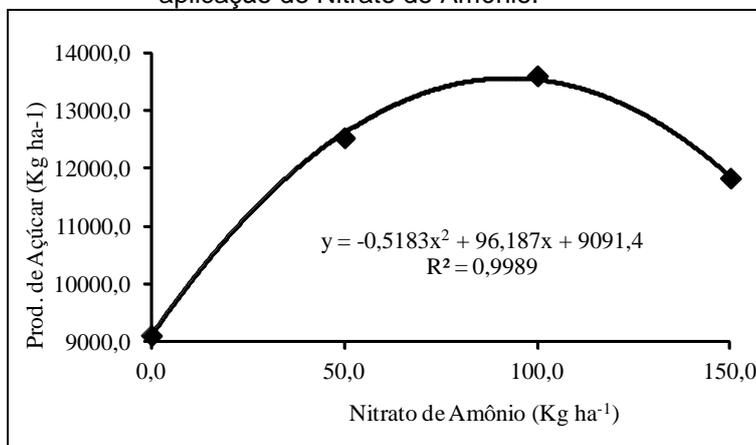
A produtividade de açúcar é uma variável de fundamental importância para se verificar a rentabilidade dos colmos. A aplicação de nitrogênio via foliar apresentou ajuste quadrático (Figura 1), resultando em uma dose ideal de 9,3 L ha⁻¹, produzindo 13 162 kg de açúcar ha⁻¹, incrementando 44% em relação ao controle e 4 % superior ao padrão da USL.

Figura 5. Produtividade estimada de açúcar em função da aplicação de nitrogênio via foliar.



A aplicação de nitrato de amônio apresentou ajuste quadrático (Figura 1), resultando em uma dose ideal de 91,8 Kg de N ha⁻¹, produzindo 13 458 kg de açúcar ha⁻¹, incrementando 48% em relação ao controle e 7 % superior ao padrão da USL, se destacando neste parâmetro, porém não tão distante do nitrogênio via foliar.

Figura 6. Produtividade estimada de açúcar em função da aplicação de Nitrato de Amônio.



CONCLUSÕES

1- A aplicação dos fertilizantes analisados, sulfato de amônio e nitrogênio via foliar, apresentaram semelhanças em produtividade, a cada litro de nitrogênio via foliar aplicado, resulta em produtividades semelhantes a aplicação de cada 10 kg de N ha⁻¹, utilizando como fonte o nitrato de amônio, verificando a correlação de Pearson como significativa.

2- Os tratamentos de nitrogênio via foliar, Sulfato de amônio e padrão da usina se comportaram de mesma maneira em todos os parâmetros estudados, independentemente das dosagens de sulfato de amônio e nitrogênio via foliar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. A.; LOPEZ, A. S.; SANTOS, G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F. et al. (ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 645-736.

CARNEIRO, A.E.V.; TRIVELIN, P.C.O.; VICTORIA, R.L. Utilização da reserva orgânica e do nitrogênio do tolete de plantio (colmo semente) no desenvolvimento da cana planta. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.53, n.2, p.199-209, 1995.

CARVALHO, M. A. C. de; PAULINO, H. B; FURLANI – JUNIOR, E; BUZETTI, S; SÁ, M.E. de; ATHAYDE, M. L. F. de. **Uso da adubação foliar nitrogenada e potássica no algodoeiro**. Campinas: Bragantia, 2001.

CASAGRANDE, A. A. **tópicos de morfologia e fisiologia da cana de açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 157p.

CASTRO, P.R.C.; CHRISTOFOLETTI, P.J. Fisiologia da cana-de-açúcar. In: MENDONÇA, A.F. **Cigarrinhas da cana-de-açúcar: controle biológico**. Maceió: Insecta, 2005. p.3-48.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para análise de variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45. São Carlos, 2000. **Anais**. São Carlos, Universidade de São Carlos, 2000. p.255-258.

FIGUEIREDO, P. A. M. Particularidades a respeito do potássio. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.24, n.6, p.25, 2006.

FRANKE, W. **The basis of foliar absorption of fertilizers with special regard to the mechanisms**. In: Alexander, A. Foliar fertilization. Dorcrecht: Martinus Nijoff, 1986. p.17-26.

HARPER, J. E. Uptake of organic nitrogen forms by roots and leaves. In: HAUCK, R. D. (Ed). **Nitrogen in crop production**. Wisconsin: American Society of Agronomy, 1984. p. 165 – 170.

LANDELL, M.G.A.; SILVA, M.A. As estratégias de seleção da cana em desenvolvimento no Brasil. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v.1, p.18-23, 2004.

MALAVOLTA, E. VITTI, G. C; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e Fósforo, 1997. 319 p.

ORLANDO FILHO, J; RODELLA, A. Doses e fracionamentos de nitrogênio e potássio em cana-planta em solo arenoso sob primeiro cultivo. **STAB**. v.15, n.1, p.34-35, 1996.

ROACH, B.T.; DANIELS, J. A review of the origin and improvement of sugarcane. In: **copersucar international sugarcane breeding workshop**, 1987. Piracicaba: Copersucar, 1987. P. 1-31.

ROSOLEM, C.A. **Recomendação e aplicação de nutrientes via foliar**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002.

SILVA, M.A. et al. Produtividade de mudas sob diferentes densidades de plantio, em viveiro oriundo de cultura de meristema. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL - STAB, 8., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 2002. p.538-543.

TRIVELIN, P. C. O; OLIVEIRA, M. W; VITTI, A. C; GAVA, G. J. C; BENDASSOLLI, J. A. Perdas de nitrogênio da uréia no sistema solo planta dois ciclos de cana-de-açúcar. **Pesq. Agropec. Bras**, Brasília, v. 37, n.2, p. 193-201, 2002.