

**Desenvolvimento de variedades de cana-de-açúcar sob aplicação foliar de Nitrogênio**

**Development of sugarcane varieties under foliar application of Nitrogen**

**Desarrollo de variedades de caña de azúcar bajo aplicación foliar de Nitrógeno**

Recebido: 06/06/2020 | Revisado: 21/06/2020 | Aceito: 23/06/2020 | Publicado: 05/07/2020

**Márcio José Pereira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9051-9129>

Instituto Federal de Pernambuco – *Campus* Vitória de Santo Antão, Brasil

E-mail: [marciojose058@gmail.com](mailto:marciojose058@gmail.com)

**Renato Lemos dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7396-1759>

Instituto Federal de Pernambuco – *Campus* Vitória de Santo Antão, Brasil

E-mail: [renato.santos@vitoria.ifpe.edu.br](mailto:renato.santos@vitoria.ifpe.edu.br)

**Cleybson José Cruz da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1065-8861>

Instituto Federal de Pernambuco – *Campus* Vitória de Santo Antão, Brasil

E-mail: [cleybsoncruz@gmail.com](mailto:cleybsoncruz@gmail.com)

**Lluan dos Santos Costa Ataíde**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7811-3529>

Instituto Federal de Pernambuco – *Campus* Vitória de Santo Antão, Brasil

E-mail: [lluan-ataide@hotmail.com](mailto:lluan-ataide@hotmail.com)

**Raul Vitor de Souza Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9558-084X>

Instituto Federal de Pernambuco – *Campus* Vitória de Santo Antão, Brasil

E-mail: [raulvitorha89@gmail.com](mailto:raulvitorha89@gmail.com)

**Ivanderson Rosa do Monte**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8375-040X>

Instituto Federal de Pernambuco – *Campus* Vitória de Santo Antão, Brasil

E-mail: [ivanderson.monte@gmail.com](mailto:ivanderson.monte@gmail.com)

**Isabel Correia da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6512-267X>

Instituto Federal de Pernambuco – *Campus* Vitória de Santo Antão, Brasil

E-mail: [correua41@gmail.com](mailto:correua41@gmail.com)

**José Anderson dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3832-4652>

Instituto Federal de Pernambuco – *Campus* Vitória de Santo Antão, Brasil

E-mail: andersonsanto1998@gmail.com

**Monalisa Barbosa da Costa Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8544-8522>

Universidade Federal de Pernambuco – Departamento de Energia Nuclear, Brasil

E-mail: monacosta21@hotmail.com

## **Resumo**

A cana-de-açúcar tem grande importância socioeconômica, devido a geração de emprego, e por ser matéria prima para diversos produtos. Portanto, é imprescindível realizar o manejo nutricional adequado, principalmente do nitrogênio (N), visando beneficiar a produtividade da cultura. O objetivo do trabalho foi avaliar o desenvolvimento de diferentes variedades de cana-de-açúcar cultivadas com fornecimento de N via solução nutritiva e foliar. O experimento foi realizado em casa de vegetação do Instituto Federal de Pernambuco - *Campus* Vitória, utilizando mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar (MPB), em delineamento em blocos casualizado, com duas variedades RB992506 e CTC961007, cultivadas em areia lavada na ausência e presença de N, com dois níveis de aplicação foliar do N (com e sem), arranjo fatorial (2 x 2 x 2), com três repetições. Aos 53 DAT foram realizadas as avaliações: diâmetro do colmo; altura da planta; massa fresca e seca da parte aérea e da raiz; clorofila; largura e comprimento, da folha +1. A solução nutritiva completa, incrementou todas as variáveis supracitada, independentemente da aplicação foliar de N. De modo geral a aplicação foliar, só apresentou incremento, quando associada a solução incompleta. O nitrogênio proporcionou melhor desenvolvimento e maior produtividade da cultura.

**Palavras-chave:** Biomassa; Produtividade; *Saccharum* spp.; Solução nutritiva.

## **Abstract**

Sugarcane has great socioeconomic importance, due to the generation of jobs, and because it is a raw material for several products. Therefore, it is essential to carry out the proper nutritional management, mainly of nitrogen (N), in order to benefit the productivity of the crop. The objective of the work was to evaluate the development of different varieties of sugarcane cultivated with supply of N via nutritive and leaf solution. The experiment was

carried out in a greenhouse at the Federal Institute of Pernambuco - *Campus* Vitória, using pre-sprouted sugarcane seedlings (MPB), in a randomized block design, with two varieties RB992506 and CTC961007, grown in washed sand in absence and presence of N, with two levels of foliar application of N (with and without), factorial arrangement (2 x 2 x 2), with three replicates. At 53 DAT, evaluations were carried out: stem diameter; plant height; fresh and dry mass of shoot and root; chlorophyll; sheet width and length +1. The complete nutrient solution increased all the variables mentioned above, regardless of the foliar application of N. In general, the foliar application only increased when associated with an incomplete solution. Nitrogen provided better development and increased crop productivity.

**Keywords:** Biomass; Productivity; *Saccharum* spp.; Nutritive solution.

### Resumen

La caña de azúcar tiene una gran importancia socioeconómica, debido a la generación de trabajos, y porque es una materia prima para varios productos. Por lo tanto, es esencial llevar a cabo el manejo nutricional adecuado, principalmente del nitrógeno (N), para beneficiar la productividad del cultivo. El objetivo del trabajo fue evaluar el desarrollo de diferentes variedades de caña de azúcar cultivadas con suministro de N vía soluciones nutritivas y foliares. El experimento se llevó a cabo en un invernadero en el Instituto Federal de Pernambuco – *Campus* Vitória, utilizando plántulas de caña de azúcar previamente germinadas (MPB), en un diseño de bloques al azar, con dos variedades RB992506 y CTC961007, cultivadas en arena lavada en ausencia y presencia de N, con dos niveles de aplicación foliar de N (con y sin), disposición factorial (2 x 2 x 2), con tres repeticiones. A los 53 DAT, se llevaron a cabo evaluaciones: diámetro del tallo; altura de planta; masa fresca y seca de brotes y raíces; clorofila; ancho, largo, de hoja +1. La solución nutritiva completa aumentó todas las variables mencionadas anteriormente, independientemente de la aplicación foliar de N. En general, la aplicación foliar solo aumentó cuando se asocia con una solución incompleta. El nitrógeno proporcionó un mejor desarrollo y aumentó la productividad de los cultivos.

**Palabras clave:** Biomasa; Productividad; *Saccharum* spp.; Solución nutricional.

### 1. Introdução

A cultura da cana-de-açúcar possui elevada importância socioeconômica para os países que a produzem, devido a gerações de emprego durante toda a sua cadeia produtiva e

também por ser matéria prima para diversos produtos como o açúcar, etanol e eletricidade (Bacchi & Caldarelli, 2015). De acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento, a produção da cana-de-açúcar no Brasil na safra 2019/20 foi de 642,7 milhões de toneladas colhidas, conferindo aumento de 3,6% em relação a 2018/19. Mas, a produtividade de alguns estados ainda é baixa, comparada ao potencial genético da cultura. Portanto, é primordial realizar estudos para promover aumento da produtividade, como aumentar a absorção de nutrientes.

Um dos nutrientes estudados para o aumento do crescimento e da produtividade da cana-de-açúcar é o nitrogênio (N). O N é constituinte de diversas proteínas e aminoácidos, sendo um dos mais extraído pela cana-de-açúcar (179 kg ha<sup>-1</sup>), ficando atrás apenas do potássio (K), 325 kg ha<sup>-1</sup> (Oliveira et al., 2011).

O N absorvido intensifica a ação meristemática da parte aérea, permitindo maior perfilhamento, índice de área foliar (IAF) e conservação das folhas da cana-de-açúcar. Dessa forma o acréscimo no IAF amplia a eficiência do uso da radiação solar, mensurada por meio da taxa de fixação de gás carbônico, conferindo maior acúmulo de massa seca (Mauro et al., 2007).

Além de ter grande importância para a molécula de clorofila, o N também influencia no metabolismo dos carboidratos e tem efeito positivo no desenvolvimento, na qualidade dos colmos, e no vigor da planta (Shekinah et al., 2012). Portanto, realizar a adubação nitrogenada de acordo com a quantidade que as plantas de cana-de-açúcar necessitam, é fundamental para prevenir não só perdas na produção devido à deficiência do nutriente, mas também, redução da qualidade do produto provocado pelo excesso de N (Santos, 2013).

A adubação tradicional do N via solo, normalmente, apresenta baixa eficiência, devido aos processos de perda (lixiviação, volatilização e desnitrificação). Desse modo, a aplicação de N via foliar pode ser uma alternativa que proporcione maior absorção do nutriente e com isso, o incremento na produtividade da cana-de-açúcar (Trivelin et al., 1988).

Para Benett et al. (2011) a adubação foliar é uma técnica eficiente para absorção de N, devido a menor dissipação dos fertilizantes e atenuação das perdas por lixiviação. Aproximadamente 50% do N da ureia aplicada via foliar é absorvido pela cana-de-açúcar em menos de 24 h (Wittwer & Teubner, 1959; Trivelin et al, 1988). Entretanto, Trivelin et al. (1988) em seu estudo verificou absorção de mais de 50% do N da ureia aplicada nas folhas de cana-de-açúcar, em muito menos tempo, cerca de 6 h após a pulverização foliar, e atingiu 68% de absorção 96 h depois da aplicação. Porém, a absorção não foi significativa nos dias

subsequentes ao da adubação, mesmo realizando simulação de orvalho com o intuito de reidratar os resíduos não absorvidos.

A ureia é apontada como melhor fonte para realizar a adubação foliar, pois apresenta alta concentração de N e maior solubilidade. Além disso, possui menor risco de provocar injúrias nas folhas, em relação às outras fontes desse nutriente (Boaretto et al., 1999; Kappes et al., 2013).

De acordo com o exposto, é de suma importância a realização de pesquisas que permitam avaliar a resposta da cana-de-açúcar à aplicação foliar de N. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de variedades de cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada foliar, cultivadas com fornecimento de solução nutritiva na ausência e presença do N.

## 2. Metodologia

O trabalho trata de uma pesquisa experimental, desenvolvido em casa de vegetação, durante um período de quatro meses. As parcelas experimentais foram submetidas às condições produzidas pela combinação de três fatores qualitativos. Variáveis quantitativas contínuas foram mensuradas, sendo avaliadas com aplicação de testes da estatística univariada (Pereira et al., 2018).

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – *Campus* Vitória de Santo Antão (IFPE – CVSA), localizado no município de Vitória de Santo Antão – PE. O município está inserido na mesorregião da Zona da Mata, a 08° 07' 05" S, 35° 17' 29" W e altitude de 156 m (Coutinho, 2015).

O estudo ocorreu entre os meses de março e julho de 2019, utilizando mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar. Foram utilizadas duas variedades RB992506 e CTC961007, cultivadas em areia lavada na ausência e presença de N, sob dois níveis de aplicação foliar de N (com e sem), compondo arranjo fatorial (2 x 2 x 2). Foram utilizadas três repetições, totalizando 24 unidades experimentais, distribuídas casualmente em três blocos.

Os colmos-sementes das variedades foram cortados em seções de 5 cm, contendo um nó e partes de entrenós, e cultivados em bandejas de plástico, contendo areia lavada. Aos 63 dias após o plantio (DAP), as mudas foram transplantadas para vasos contendo 7,6 kg de areia lavada, cada, e submetidas a solução de macro e micronutrientes com base na solução nutritiva sugerida por Hoagland e Arnon (1950), com a presença de N, em mg L<sup>-1</sup>: N = 210, P

= 31, K = 234, Ca = 200, Mg = 48 e S = 64; e na ausência do N. O pH das soluções foi corrigido para 6,0 (Hoagland & Arnon, 1950). As unidades experimentais foram colocadas em uma bancada de madeira medindo 1,33 m de largura, 2,4 m de comprimento e 0,90 m de altura, evitando interferências do contato direto com o solo.

Em dias alternados foram aplicados 200 mL da solução nutritiva e água destilada. O N foliar foi aplicado parcelado em duas vezes,  $\frac{1}{2}$  aos 14 e  $\frac{1}{2}$  aos 35 dias após o transplante (DAT). A dose correspondeu a 5 kg ha<sup>-1</sup> de N, levando em consideração a densidade de 12 plantas por metro (Schultz et al., 2012), tendo como fonte do nutriente a ureia (45% de N). As pulverizações foram direcionadas em todas as folhas das plantas e nas duas faces (abaxial e adaxial), com uso de pulverizadores manuais do tipo spray. Nas plantas que não receberam N via foliar, houve aplicação de água destilada nos mesmos moldes.

Aos 53 DAT foi realizada a avaliação do diâmetro do colmo, altura da planta, largura e comprimento da folha +1 (a primeira folha superior completamente expandida, a primeira que apresenta a aurícula visível), do índice de clorofila (ICF), e a avaliação da biomassa fresca e seca da parte aérea e da raiz.

A medição do diâmetro do colmo procedeu-se com o auxílio de um paquímetro digital, na base do colmo. Para medir altura da planta (da base até a saída da folha +1) e comprimento da folha +1 utilizou-se trena graduada de 3 m, por fim realizou-se a aferição da largura da folha +1 com o amparo de uma régua graduada.

Os ICF *a*, *b* e total foram determinados no terço médio das folhas +1, efetuando-se três leituras por folha +1/planta e posteriormente foi estimada a média. Para a análise utilizou-se o clorofilômetro portátil da empresa Falker, conhecido por clorofiLOG<sup>®</sup>, modelo CFL1030. As leituras do aparelho são adimensionais chamadas de ICF (Índice de Clorofila Falker). Esse índice é calculado de acordo com a absorção de luz em comprimentos de onda representativos da clorofila. O equipamento faz a leitura conforme a quantidade de radiação transmitida através das folhas, por intermédio da forma óptica em três faixas de frequência de luz, sendo dois na faixa do vermelho, perto do pico de absorção da clorofila, e um no infravermelho próximo (Coelho et al., 2018).

Foi efetuado o corte das plantas rente ao substrato, e logo após o material foi encaminhado ao Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do IFPE – CVSA para avaliação da matéria fresca da parte aérea (MFPA). A pesagem foi realizada em balança digital de precisão milesimal, e logo em seguida, a MFPA foi acondicionada em estufa de circulação forçada de ar forçada à 65 °C para a secagem e obtenção da massa seca da parte aérea (MSPA).

As raízes foram coletadas em água corrente, evitando quebra e removendo a areia. Após secagem ao ar do excesso de umidade promovida pela lavagem, as raízes foram pesadas antes e após secagem em estufa de circulação de ar à 65 °C, conforme descrito na avaliação da biomassa aérea, sendo obtidas a matéria fresca (MFR) e seca da raiz (MSR).

Os dados das variáveis, para cada variedade, foram submetidos à análise de variância (ANAVA) considerando o N na solução nutritiva e o N foliar. Quando observados efeitos significativos (Teste F,  $p < 0,05$ ), realizou-se o teste de comparação de médias de Tukey ( $p < 0,05$ ).

### 3. Resultados e Discussão

Altura da planta e o diâmetro do colmo das variedades de cana-de-açúcar foram influenciados pelo efeito sinérgico entre o fornecimento do N na solução nutritiva e a adubação foliar, exceto o diâmetro da CTC961007 (Tabela 1). Nesse último caso, apenas os efeitos principais foram significativos.

**Tabela 1** – Altura da planta e diâmetro do colmo em variedades de cana-de-açúcar (CTC961007 e RB992506), sob adubação nitrogenada foliar e irrigação com solução nutritiva com e sem N, aos 53 dias após o transplântio.

Fator	CTC961007						RB992506					
	Altura			Diâmetro			Altura			Diâmetro		
	N Solução		Média	N Solução		Média	N Solução		Média	N Solução		Média
	Com	Sem		Com	Sem		Com	Sem		Com	Sem	
N Foliar	----- g planta <sup>-1</sup> -----											
Com	31,1 Aa	22,8 Ab	27,0	1,5	1,2	1,4 A	28,7 Ba	26,8 Ab	22,8	1,4 Aa	1,1 Ab	1,3
Sem	33,3 Aa	19,6 Ab	26,4	1,4	1,0	1,2 A	35,6 Aa	18,3 Bb	27,0	1,4 Aa	0,8 Bb	1,1
Média	32,2	21,2		1,4 a	1,1 b		32,2	22,6		1,4	1,0	
Fator	Valor de F			Valor de F			Valor de F			Valor de F		
NS	182,5***			36,8***			4832,5***			100,3***		
NF	0,4 <sup>ns</sup>			7,9*			29,6**			4,7 <sup>ns</sup>		
NS*NF	10,5*			0,7 <sup>ns</sup>			3106,3***			8,1*		
CV (%)	5,3			7,4			0,9			6,7		

NS: Nitrogênio via solução. NF: Nitrogênio via foliar. Letras idênticas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey; <sup>ns</sup> não significativo; \*, \*\*, \*\*\* significativos, respectivamente, aos níveis de 5%, 1% e 0,1%, de probabilidade. Fonte: Autores.

Foi observado efeito positivo na altura da planta e no diâmetro do colmo nas duas variedades de cana-de-açúcar em função do fornecimento da solução nutritiva completa (Tabela 1). O N presente na solução permitiu maior crescimento tanto na altura da planta (35,6 cm, na RB992506) quanto no diâmetro do colmo (1,5 cm, na CTC961007) diferindo das



plantas que cresceram recebendo solução incompleta. Isso ocorreu devido à participação deste nutriente em funções vitais para o desenvolvimento das plantas, pois o N exerce função estrutural, participando da composição de diversos compostos orgânicos e atua de forma direta ou indiretamente nos processos fisiológicos essenciais (Prado et al., 2010; Vale et al., 2011).

A adubação foliar com N não influenciou no diâmetro e altura da variedade CTC961007 (Tabela 1). Entretanto, na RB992506 a promoveu incremento de 46% e 28% na altura e no diâmetro da planta respectivamente, quando associado a solução incompleta. A falta de resposta à aplicação foliar do N, quando também foi fornecido na solução nutritiva, pode ser atribuído ao fato da raiz ser um órgão especializado para realizar a absorção dos nutrientes, principalmente por meio dos pelos absorventes, pelos quais ocorre maior absorção de água e nutrientes (Silva, 2012). Desse modo, a solução nutritiva apresentou N suficiente para suprir a demanda inicial da planta e por isso não houve resposta à adubação foliar.

Em estudo de omissão de nutrientes, Prado et al. (2010) encontraram resultados semelhantes ao deste trabalho, em carência do N. De acordo com os autores após 56 DAP, as plantas de soja apresentaram menor altura e diâmetro do caule quando comparadas as que receberam o nutriente. Entretanto, Uribe et al. (2013) em experimento de campo avaliando o terceiro ciclo de produção da cana-de-açúcar, aos 365 dias, não observaram diferença significativa no diâmetro e altura com a aplicação de  $140 \text{ kg ha}^{-1}$  de N quando comparado a dose  $0 \text{ kg ha}^{-1}$ . Possivelmente a falta de resposta foi devido aos processos de perda do N aplicado via solo e/ou às diferenças no período de avaliação da cana-de-açúcar. Várias condições de solo e clima podem afetar o crescimento da cultura (Costa et al., 2019). Desse modo, tais efeitos podem alterar possíveis respostas ao N quando se avalia no final do ciclo de um ano. A análise das variáveis biométricas das plantas permite a identificação da capacidade produtiva de diferentes variedades e a compreensão dos efeitos do manejo da cultura (Oliveira et al., 2005; Oliveira, 2010; Silva et al., 2014).

O comprimento e a largura da folha +1 das variedades de cana-de-açúcar foram influenciados pelo efeito sinérgico entre o fornecimento do N na solução nutritiva e a adubação foliar, exceto a largura da CTC961007 (Tabela 2). Nesse último caso, apenas o efeito do N na solução nutritiva foi significativo.



**Tabela 2** – Comprimento e largura da folha +1 em variedades de cana-de-açúcar (CTC961007 e RB992506), sob adubação nitrogenada foliar e irrigação com solução nutritiva com e sem N, aos 53 dias após o transplantio.

Fator	CTC961007						RB992506					
	Comprimento da folha +1			Largura da folha +1			Comprimento da folha +1			Largura da folha +1		
	N Solução		Média	N Solução		Média	N Solução		Média	N Solução		Média
	Com	Sem		Com	Sem		Com	Sem		Com	Sem	
N Foliar	----- g planta <sup>-1</sup> -----											
Com	147,0 Aa	97,0 Ab	122,0	2,1	1,3	1,7 A	91,0 Ba	93,7Aa	92,4	1,6 Ba	1,1 Ab	1,4
Sem	149,0 Aa	81,5 Ab	115,2	2,4	1,0	1,7 A	146,5 Aa	73,2 Bb	109,8	2,3 Aa	0,9 Ab	1,6
Média	148,0	89,2		2,3 a	1,2 b		118,8	83,4		2,0	1,0	
Fator	Valor de F		Valor de F			Valor de F			Valor de F			
NS	2133,2***		116,1***			244,2***			170,2***			
NF	28,2**		0,0 <sup>ns</sup>			60,1***			16,3**			
NS*NF	47,3***		5,8 <sup>ns</sup>			281,4***			46,4***			
CV (%)	1,9		10,5			3,9			8,5			

NS: Nitrogênio via solução. NF: Nitrogênio via foliar. Letras idênticas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey; <sup>ns</sup> não significativo; \*\*, \*\*\* significativos, respectivamente, aos níveis de 1% e 0,1%, de probabilidade. Fonte: Autores.

Na variedade CTC961007, o comprimento da folha +1 foi maior quando a planta recebeu o N via solução nutritiva, independente da adubação foliar (Tabela 2). A adubação foliar promoveu incremento no comprimento apenas quando o N foi omitido na solução nutritiva. Nessa circunstância o N via foliar proporcionou aumento de 19% no comprimento da folha. O fornecimento do N na solução nutritiva promoveu aumento de 92% na largura da folha +1 da CTC961007.

Para a RB992506, o N fornecido via solução aumentou o comprimento da folha apenas na ausência da aplicação foliar (Tabela 2). Quando se aplicou o N foliar não houve diferença. A adubação foliar com N apresentou efeito inverso em função do N na solução, tendo sido positivo quando o N foi omitido na solução. Quando foi aplicado N via foliar em associação com a solução incompleta, permitiu maior desenvolvimento das mesmas variáveis com incremento de 28% e 22%, respectivamente, comprimento e largura. Esse resultado se justifica pela maior rapidez e eficiência na absorção dos nutrientes aplicados via foliar, melhorando as respostas ao nutriente e potencializando o crescimento foliar das plantas (Mortate et al., 2018).

O fornecimento do N via solução nutritiva potencializou o desenvolvimento das variáveis biométricas da folha +1 nas duas variedades, independente dos níveis do N via foliar. Oliveira et al. (2017) trabalhando com a cultura da cana-de-açúcar constataram influência do N sobre as folhas de variedades, aos 90 DAP. A máxima largura das folhas foi observada com as doses de 178 e 115 kg ha<sup>-1</sup> de N para a RB992506 (3,37 cm) e RB002754 (2,98 cm),

respectivamente. Não se observa muitos trabalhos na literatura referente às variáveis comprimento e largura das folhas de cana-de-açúcar em relação ao uso do N. Contudo, as características biométricas das folhas podem ser utilizadas como referência, visando selecionar cultivares de cana-de-açúcar mais produtivas (Carvalho et al., 2008; Pincelli & Silva, 2012). Lins et al. (2017) encontraram efeito significativo no comprimento foliar na cultura do milho, aos 60 DAP. Segundo os autores, o genótipo Nordeste apresentou aumento de 13% com a dose de 240 kg ha<sup>-1</sup> de N em relação a dose 0 kg ha<sup>-1</sup>.

O ICF *a*, *b* e total (*a* + *b*) das variedades foram influenciados apenas pelo fator solução (Tabela 3).

**Tabela 3** – ICF *a*, *b* e total (*a* + *b*) na folha +1 em variedades de cana-de-açúcar (CTC961007 e RB992506), sob adubação nitrogenada foliar e irrigação com solução nutritiva com e sem N, aos 53 dias após o transplântio.

CTC961007			RB992506			
ICF						
Fator	<i>a</i>	<i>b</i>	Total ( <i>a</i> + <i>b</i> )	<i>a</i>	<i>b</i>	Total ( <i>a</i> + <i>b</i> )
N Solução						
Com	16,7 A	11,1 A	27,8 A	16,2 A	11,0 A	27,3 A
Sem	11,8 B	6,0 B	17,8 B	11,8 B	5,7 B	17,5 B
Média	14,2	8,6	22,8	14,0	8,4	22,4
Fator	Valor de F	Valor de F	Valor de F	Valor de F	Valor de F	Valor de F
NS	31,7**	207,3***	75,1***	42,4***	299,6***	119,1***
CV (%)	10,7	7,1	8,8	8,4	6,4	6,9

NS: Nitrogênio via solução. Letras idênticas, maiúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey; \*\*, \*\*\* significativos, respectivamente, aos níveis de 1% e 0,1% de probabilidade. Fonte: Autores.

Os índices de clorofila foram maiores nas plantas cultivadas com solução completa, representando aumento médio de aproximadamente 56%. Os valores obtidos demonstram que as duas variedades possuem atividade fotossintética semelhante. O teor de clorofila presente nas folhas das plantas é diretamente ligado à quantidade de N absorvida durante seu ciclo (Matoso et al., 2020).

Aguiar (2017) em estudo de campo, testando a eficiência de diferentes fontes de fertilizantes nitrogenados na cultura da cana-de-açúcar, variedade RB855156, não encontraram diferença entre os teores de clorofila com uso do ClorofiLOG (33,1; 11,8; 44,9 ICF respectivamente, *a*, *b* e total) das plantas que receberam a aplicação de ureia convencional quando comparadas as sem aplicação de N (32,1; 11,1; 43,2 ICF respectivamente, *a*, *b* e total). Convém destacar que o N é um elemento com função estrutural e essencial para a molécula da clorofila. A clorofila apresenta relação direta na atividade

fossintética das plantas, tendo em vista que é responsável pela interceptação da luz necessária para realização das reações fotoquímicas (Houborg et al., 2015).

A MFPA e MFR das variedades de cana variaram em função do efeito sinérgico entre o N fornecido na solução e o N via foliar (Tabela 4).

**Tabela 4** – Produção de massa fresca da parte aérea e da raiz nas variedades de cana-de-açúcar (CTC961007 e RB992506), sob adubação nitrogenada foliar e irrigação com solução nutritiva com e sem N, aos 53 dias após o transplante.

Fator	CTC961007						RB992506					
	MFPA			MFR			MFPA			MFR		
	N Solução		Média	N Solução		Média	N Solução		Média	N Solução		Média
	Com	Sem	Média	Com	Sem	Média	Com	Sem	Média	Com	Sem	Média
N Foliar	g planta <sup>-1</sup>											
Com	51,7 Aa	23,1 Ab	37,4	29,8 Aa	21,5 Ab	25,6	36,4 Ba	18,5 Ab	27,4	18,6 Ba	17,3 Aa	18,0
Sem	57,6 Aa	15,5 Bb	36,6	28,8 Aa	22,9 Ab	25,8	70,8 Aa	9,8 Bb	40,3	26,6 Aa	12,9 Ab	19,8
Média	54,6	19,3	29,3	22,2	53,6	14,2	22,6	15,1				
Fator	Valor de F			Valor de F			Valor de F			Valor de F		
NS	524,9***			568,7***			9070,5***			41,1***		
NF	0,3 <sup>ns</sup>			0,7 <sup>ns</sup>			961,2***			1,1 <sup>ns</sup>		
NS*Nf	19,3**			16,1**			2710,5***			28,9**		
CV (%)	7,2			2,0			2,2			11,6		

NS: Nitrogênio via solução. NF: Nitrogênio via foliar. Letras idênticas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey; <sup>ns</sup> não significativo; \*\*, \*\*\* significativos, respectivamente, aos níveis de 1% e 0,1%, de probabilidade. Fonte: Autores.

De forma geral a MFPA e MFR, das plantas que receberam a solução nutritiva completa apresentaram maiores valores, independente da aplicação foliar (Tabela 4). A CTC961007 apresentou maiores respostas ao N via solução, com incrementos de 272% e 26%, respectivamente MFPA e MFR.

Assim como neste estudo Megda et al. (2012) também observaram aumento significativo na produção de fitomassa fresca da parte aérea pela aplicação de N. De acordo com os autores, a aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N levou ao incremento de 25% na variedade SP891115 (segunda rebrota), aos 180 dias após a adubação. Testando a omissão de macronutrientes no milho, Gondim et al. (2016) constataram que a carência de N reduziu drasticamente o desenvolvimento vegetativo. Sendo assim, é nítida a importância deste nutriente para obter boa produtividade da cana-de-açúcar.

A CTC961007 respondeu positivamente a aplicação foliar de N apenas na omissão do nutriente na solução nutritiva, apresentando incremento de 49% na MFPA (Tabela 4). Na RB992506, o fornecimento de N na solução nutritiva promoveu aumento da MFPA, sendo de 97% e 622%, respectivamente na presença e ausência da adubação foliar (Tabela 4).

A adubação foliar apresentou efeito inverso em função da presença de N na solução, reduzindo e aumentando em, respectivamente 49% e 89% a MFPA. A adubação foliar alterou a MFR apenas quando foi aplicado N na solução, reduzindo a biomassa em 30%.

Calonego et al. (2012) avaliando o efeito da aplicação foliar do N na cultura do milho, cultivar Impacto (NK), também observaram resultados negativos. A aplicação foliar de doses crescentes de N (0, 5, 10, 15 e 20 kg ha<sup>-1</sup>) causaram redução no desenvolvimento das plantas, em relação a testemunha. Os autores atribuíram esse resultado à toxicidade causada pela amônia.

Em ambas as variedades, a MSPA e a MSR foram influenciadas pelo efeito sinérgico entre o N na solução e a adubação foliar (Tabela 5). De maneira geral o fornecimento de N na solução nutritiva foi responsável pela maior produção de MSPA, sendo os incrementos de 127% e 267%, respectivamente na presença e ausência da adubação foliar. A adubação foliar não afetou a MSPA. A MSR foi maior pelo N fornecido na solução nutritiva apenas quando a CTC961007 recebeu adubação foliar, apresentando incremento de 87%.

**Tabela 5** – Produção de biomassa seca da parte aérea e da raiz das variedades de cana-de-açúcar (CTC961007 e RB992506), sob adubação nitrogenada foliar e irrigação com solução nutritiva com e sem, aos 53 dias após o transplântio.

Fator	CTC961007						RB992506					
	MSPA			MSR			MSPA			MSR		
	N Solução		Média	N Solução		Média	N Solução		Média	N Solução		Média
	Com	Sem	Média	Com	Sem	Média	Com	Sem	Média	Com	Sem	Média
N Foliar	----- g planta <sup>-1</sup> -----											
Com	10,7 Aa	4,7 Ab	7,7	2,8 Aa	1,5 Bb	2,2	6,8 Ba	3,9 Aa	5,4	1,6 Ba	1,9 Aa	1,8
Sem	11,0 Aa	3,0 Ab	7,0	2,5 Aa	2,4 Aa	2,4	10,1 Aa	2,1 Ab	6,1	2,4 Aa	1,3 Bb	1,8
Média	10,8	3,8		2,6	2,0		8,4	3,0		2,0	1,6	
Fator	Valor de F			Valor de F			Valor de F			Valor de F		
NS	307,4***			22,0**			85,0***			18,3**		
NF	3,5 <sup>ns</sup>			3,5 <sup>ns</sup>			1,7 <sup>ns</sup>			1,5 <sup>ns</sup>		
NS*NF	6,3*			13,6*			19,3**			51,6***		
CV (%)	9,4			12,2			17,7			9,3		

NS: Nitrogênio via solução. NF: Nitrogênio via foliar. Letras idênticas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey; <sup>ns</sup> não significativo; \*, \*\*, \*\*\* significativos, respectivamente, aos níveis de 5%, 1% e 0,1%, de probabilidade.

A aplicação foliar do N na CTC961007 apresentou efeito deletério na MSR quando não se aplicou o N na solução nutritiva (Tabela 5). Na RB992506, a MSPA e MSR foram maiores quando irrigadas com a solução contendo N, apenas na ausência da aplicação foliar. Os incrementos foram de 381% e 85%, respectivamente na MSPA e MSR.

A adubação foliar causou redução de 33% na MSPA e na MSR quando o N foi fornecido na solução nutritiva. Entretanto, houve aumento de 46% na MSR pela adubação foliar na ausência do N na solução. Como o N na solução deve ter atendido a demanda da cana e até mesmo ter se acumulado nos tecidos, ela não respondeu positivamente a adubação foliar, mas reduziu a biomassa seca, provavelmente por efeito tóxico (Calonego et al., 2012). No entanto, quando o N não foi fornecido na solução e houve deficiência nos tecidos da cana, ela conseguiu absorver o N aplicado via foliar e responder positivamente em produção de biomassa seca.

Para Franco et al. (2010) o N é fundamental para a cana-de-açúcar devido a planta ter metabolismo C<sub>4</sub>, que eleva a atividade fotossintética e conseqüentemente maximiza o uso da energia solar e do nitrogênio, isso explica a maior produção de biomassa com uso do N na solução nutritiva.

O resultado obtido corrobora com Vale et al. (2011), que em casa de vegetação encontraram respostas negativas no desenvolvimento da cana-de-açúcar em omissão do N na solução nutritiva. De acordo com os autores, as reduções foram de 92% da matéria seca da parte aérea, 83% das raízes e 91% da planta inteira. Megda et al. (2012) em experimento de campo, também relatou o mesmo efeito, cujo tratamento controle apresentou a menor produção de fitomassa da parte aérea quando comparado a aplicação do N-fertilizante.

Os resultados deste trabalho indicam que a adubação foliar com 5 kg ha<sup>-1</sup> de N em cana-de-açúcar apresenta resultados controversos em função da variável, da variedade e da disponibilidade de N (Tabelas 1, 2, 3, 4 e 5). De modo geral, quando a disponibilidade de N na solução nutritiva foi alta, a cana não respondeu ou respondeu negativamente. A resposta positiva aconteceu quando o N foi ausente na solução nutritiva. Desse modo, novos estudos que avaliem doses, o maior fracionamento das doses e as épocas adequadas para aplicação de N foliar em cana-de-açúcar são necessários.

#### **4. Considerações Finais**

A solução nutritiva completa proporcionou incremento no diâmetro do colmo, altura da planta, largura e comprimento da folha +1, ICF, MFPA, MSPA, MFR, MSR em ambas variedades trabalhadas.

A aplicação foliar do N proporciona incremento no diâmetro do colmo, altura da planta, MFPA, MSPA e comprimento da folha +1, na ausência do N na solução nutritiva, na variedade CTC961007. Para a variedade RB992506 a aplicação foliar do N proporciona

incremento em todas variáveis trabalhadas na ausência do N na solução nutritiva, exceto para o ICF.

A resposta da cana-de-açúcar à adubação foliar é variável, diferenciando o comportamento em função da variedade e da disponibilidade de N. Assim são necessários novos estudos que avaliem, em diferentes variedades, a dose de N foliar e o período de aplicação adequados para o maior desenvolvimento dos genótipos.

### **Agradecimentos**

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – *Campus Vitória de Santo Antão* (IFPE - CVSA) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento da bolsa de pesquisa PIBIC, e ao Grupo de Pesquisa em Fertilidade do Solo e Agroenergia por colaborar na realização do experimento.

### **Referências**

Aguiar, E. P. *Eficiência agrônômica do fertilizante ureia com diferentes tecnologias na soqueira de cana de açúcar*. (2017). 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil.

Bacchi, M. R. P., & Caldarelli, C. E. (2015). Impactos socioeconômicos da expansão do setor sucroenergético no Estado de São Paulo, entre 2005 e 2009. *Nova Economia*, 25(1), 209-224.

Benett, C. G. S., Buzetti, S., Silva, K. S., Filho, M. C. M. T., Andreotti, M., & Arf, O. (2011). Aplicação foliar e em cobertura de nitrogênio na cultura do trigo no cerrado. *Semina: Ciências Agrárias*, 32(3), 829-838.

Calonego, J. C., Palma, H. N., & Foloni, J. S. S. (2012). Adubação nitrogenada foliar com sulfato de amônio e ureia na cultura do milho. *Journal of Agronomic Sciences*, 1(1), 34-44.

Coelho, A. P., Leal, F. T., Filla, V. A., Dalri, A. B., & Faria, R. T. (2018). Estimativa da produtividade de grãos da aveia-branca cultivada sob níveis de irrigação utilizando clorofilômetro portátil. *Revista da Faculdade de Educação e Meio Ambiente*, 9(2), 662-667.

(CONAB) - Companhia nacional de abastecimento. (2020). *Acompanhamento da safra brasileira, cana-de-açúcar – safra 2019/20*, 6(4). Acesso em 30 de abril de 2020, em <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>.

Costa, D. B., Freire, F. J., Santos, R. L., Santos, H. C., Oliveira, A. C., & Andrade, P. K. B. (2019). Qualidade tecnológica da cana planta e cana soca cultivadas sob adubação fosfatada em solos de diferentes texturas. *Revista GEAMA - Ciências Ambientais e Biotecnologia*, 5(3), 40-46.

Coutinho, H. C. P. (2015). *Direito à comunicação e desenvolvimento local sustentável: O Acesso a Informações Públicas em Comunidades Rurais de Vitória de Santo Antão – PE*. (2015). Dissertação do Mestrado Profissional em Gestão do Desenvolvimento Local Sustentável, Faculdade de Ciências da Administração de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

Franco, H. C. J., Trivelin, P. C. O., Faroni, C.E., Vitti, A. C., & Otto, R. (2010). Stalk yield and technological attributes of planted cane as related to nitrogen fertilization. *Scientia Agricola*, 67(5), 579-590.

Gondim, A. R. O., Prado, R. M., Fonseca, I. M., & Alves, A. U. (2016). Crescimento inicial do milho cultivar brs 1030 sob omissão de nutrientes em solução nutritiva. *Revista Ceres*, 63(5), 706-714.

Hoagland, D. R., & Arnon, D. I. (1950). The water-culture method for growing plants without soil. Circular. *California Agricultural Experiment Station*, 2, 347.

Houborg, R., McCabe, M. F., Cescatti, A., & Gitelson, A. A. (2015). *Leaf chlorophyll constraint on model simulated gross primary productivity in agricultural systems*. *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*, 43(11), 160-176.

Kappes, C., Arf, O., Arf, M. V., Ferreira, J. P., Bem, E. A. D., Portugal, J. R., & Vilela, R. G. (2013). Inoculação de sementes com bactéria diazotrófica e aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(2), 527-538.



Lins, F. J. A., Ferreira, P. V., Assunção, M. C., Santos, D. F., Carvalho, A. P. V., & Santos, N. E. A. (2017). Crescimento de genótipos experimentais de milho em função de doses crescentes de nitrogênio. *Ciência Agrícola*, 15(2), 19-27.

Matoso, E. S., Avancini, A. R., Maciel, K. F. K., Alves, M. C., Simon, E. D. T., Silva, M. T., Dias, N. L., & Silva, S. D. A. (2020). Influência do uso de um mix de bactérias diazotróficas na biometria e no conteúdo de clorofila de plantas de cana-de-açúcar. *Brazilian Journal de Development*, 6(2), 7261-7274.

Mauro, W. S., Freire, F. M., Macêdo, G. A. R., & Ferreira, J. J. (2007). Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar. *Informe Agropecuário*, 28(239), 30-43.

Megda, M. X. V., Trivelin, P. C. O., Franco, H. C. J., Otto, R., & Vitti, A. C. (2012). Eficiência agrônômica de adubos nitrogenados em soqueira de cana-de-açúcar colhida sem queima. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(12), 1681-1690.

Mortate, R. K., Nascimento, E. F., Gonçalves, E. G. S., & Lima, M. W. P. (2018). Resposta do milho (*Zea mays* L.) à adubação foliar e via solo de nitrogênio. *Revista de Agricultura Neotropical*, 5(1), 1-6.

Oliveira, O. H., Pinto, M. C., Fernandes, E. A., Souto, L. S., & Sampaio, E. G. (2017). Variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes níveis de adubação nitrogenada. *Anais do II CONIDIS*, 1, ISSN 2526-286X. Acesso em 25 de abril de 2020, em [http://www.editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos/TRABALHO\\_EV074\\_MD1\\_SA3\\_ID205\\_02102017230748.pdf](http://www.editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos/TRABALHO_EV074_MD1_SA3_ID205_02102017230748.pdf).

Oliveira, E. C. A., Freire, F. J., Oliveira, R. I., Oliveira, A. C., & Freire, M. B. G. S. (2011). Acúmulo e alocação de nutrientes em cana-de-açúcar. *Revista Ciência Agronômica*, 42(3), 579-588.

Pereira A. S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em: [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic\\_Computacao\\_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1).

Pincelli, R. P., & Silva, M. A. (2012). Alterações morfológicas foliares em cultivares de cana-de-açúcar em resposta à deficiência hídrica. *Bioscience Journal*, 28(4), 546-556.

Prado, R. M., Franco, C. F., & Puga, A. P. (2010). Deficiências de macronutrientes em plantas de soja cv. BRSMG 68 (Vencedora) cultivada em solução nutritiva. *Comunicata Scientiae*, 1(2), 114-119.

Santos, C. L. R. *Atividade da redutase do nitrato em cana-de-açúcar*. (2013). Tese de Doutorado em Ciência do Solo, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, Brasil.

Schultz, N., Morais, R. F., Silva, J. A., Baptista, R. B., Oliveira, R. P., Leite, J. M., Pereira, W., Júnior, J. B. C., Alves, B. J. R., Baldini, J. I., Boddey, R. M., Urquiaga, S., & Reis, V. M. (2012). Avaliação agrônômica de variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(2), 261-268.

Shekinah, D. E., Sundara, B., & Rakkiyappan, P. (2012). Relative Significance of N Nutrition on Yield, Quality and Ethanol in Sugarcane (*Saccharum species hybrid*) Plant: Ratoon System. *Sugar Tech*, 14(2), 34–137.

Silva, J. P. N., & Silva, M. R. N. *Noções da cultura da cana-de-açúcar*. (2012). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, *campus* Inhumas,GO; Universidade Federal de Santa Maria, RS; Rede e-Tec Brasil, 105p.

Silva, N. F., Cunha, F. N., Oliveira, R. C., Moura, L. M. F., Moura, L. C., & Teixeira, M. B. (2014). Crescimento de cana-de-açúcar sob aplicação de nitrogênio via gotejamento subsuperficial. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 8(1), 1-11.

Trivelin, P. C. O., Carvalho, J. G., Silva, A. Q., Primavesi, A. C. P. A., Camacho, E., Eimori, I. E., & Guilherme, M. R. (1988). Adubação foliar de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*): absorção e translocação de ureia. *Energia Nuclear e Agricultura*, 9(2), 52-65.

Uribe, R. A. M., Gava, G. J. C., Saad, J. C. C., & Kölln, (2013). O. T. Ratoon sugarcane yield integrated drip-irrigation and nitrogen fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola*, 33(6), 1124-1133.

Vale, D. W. do., Prado, R. M. de., Avalhães, C. C., & Hojo, R. H. (2011). Omissão de macronutrientes na nutrição e no crescimento da cana-de-açúcar cultivada em solução nutritiva. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 6(2), 189-196.

### **Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Márcio José Pereira – 37,5%

Renato Lemos dos Santos – 22,5%

Cleybson José Cruz da Silva – 7,5%

Lluan dos Santos Costa Ataide – 7,5%

Raul Vitor de Souza Santos – 5,0%

Ivanderson Rosa do Monte – 5,0%

Isabel Correia da Silva – 5,0%

Jose Anderson dos Santos – 5,0%

Monalisa Barbosa da Costa Santos – 5,0%