

## Qualidade e Produtividade de Cana-de-açúcar Inoculada com Bactérias Diazotróficas e Adubada com Nitrogênio<sup>(1)</sup>

**Jailson Silva Sousa<sup>(2)</sup>; Nivaldo Schultz<sup>(3)</sup>; Rafael Cassador Monteiro<sup>(4)</sup>; Danilo de Oliveira Machado<sup>(4)</sup>; Segundo Urquiaga<sup>(5)</sup>; Veronica Massena Reis<sup>(5)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da EMBRAPA AGROBIOLOGIA e da FAPERJ.

<sup>(2)</sup> Bolsista de Iniciação Científica FAPERJ/Estudante de Agronomia/UFRRJ; Embrapa Agrobiologia, Rodovia BR 465, Km 07, Bairro Ecologia, Seropédica, RJ, CEP: 23890-000, [jailson\\_ufrj@hotmail.com](mailto:jailson_ufrj@hotmail.com); <sup>(3)</sup> Pós-Doutorando em Agronomia – Ciência do Solo; Grupo de Ciclagem de Nutrientes; Embrapa Agrobiologia; Rodovia BR 465, km 07, Bairro Ecologia, Seropédica, RJ, CEP: 23890-000, [nsufrj@yahoo.com.br](mailto:nsufrj@yahoo.com.br); <sup>(4)</sup> Estudantes de Agronomia/UFRRJ e bolsistas de iniciação científica da Embrapa Agrobiologia, Rodovia BR 465, Km 07, Bairro Ecologia, Seropédica, RJ, CEP: 23890-000, [cassadormonteiro@hotmail.com](mailto:cassadormonteiro@hotmail.com); [daniilo.machado2@hotmail.com](mailto:daniilo.machado2@hotmail.com); <sup>(5)</sup> Pesquisador – Embrapa Agrobiologia, Rodovia BR 465, km 07, Bairro Ecologia, Seropédica, RJ, CEP: 23890-000, [segundo.urquiaga@embrapa.br](mailto:segundo.urquiaga@embrapa.br); [veronica.massena@embrapa.br](mailto:veronica.massena@embrapa.br)

**RESUMO:** Os estudos preliminares realizados em condições de campo sugerem que o inoculante para cana-de-açúcar é uma tecnologia promissora, que vai ao encontro dos novos conceitos de agricultura sustentável, uma vez que pode proporcionar a eliminação, redução ou até mesmo o melhor aproveitamento do N fertilizante aplicado na cana-de-açúcar. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do inoculante e da adubação nitrogenada na produtividade e na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar, variedade RB867515. O experimento foi conduzido na usina Cruz Alta, do grupo Guarani, no município de Olímpia, SP. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com 6 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram adubação com 40 kg ha<sup>-1</sup> de N; 80 kg ha<sup>-1</sup> de N; 40 kg ha<sup>-1</sup> de N + inoculação; 80 kg ha<sup>-1</sup> de N + inoculação; inoculação e o controle absoluto. As parcelas foram constituídas de 6 linhas, com 10 m de comprimento, espaçadas a 1,5 m. Foram avaliados a produtividade de colmos, acúmulo de massa seca e N total da parte aérea das plantas e a qualidade tecnológica, no ciclo de cana de primeira soca. A adubação com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N e 40 kg ha<sup>-1</sup> de N associado à inoculação proporcionou os maiores valores de produtividade de colmos, matéria seca e N total. Quanto à qualidade tecnológica, a associação da inoculação à 40 kg ha<sup>-1</sup> de N promoveu incrementos no rendimento de Pol, Brix e ATR de forma similar a adubação com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N.

**Termos de indexação:** análise tecnológica, inoculante, N-fertilizante.

### INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil lidera a lista dos 80 países produtores de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). Nos últimos anos foi uma das culturas que mais cresceu no País avançando sobre novas fronteiras, influenciando de forma decisiva no desenvolvimento

econômico, social e cultural das regiões onde novas unidades são instaladas. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE - 2013) a previsão para a safra 2013 é de 9,8 milhões de hectares plantados, com previsão de colheita de 736,78 milhões de toneladas de cana-de-açúcar.

O nitrogênio (N) é um elemento essencial para a produção vegetal e a absorção deste nutriente pela cana-de-açúcar varia de 100 a 300 kg ha<sup>-1</sup> para a produção de 100 Mg ha<sup>-1</sup> de colmos, entretanto a recomendação de adubação nitrogenada é relativamente baixa, com recomendações de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N na cana-planta e 70 kg ha<sup>-1</sup> de N nas soqueiras (Cantarella; Trivelin; Vitti, 2007). Apesar de sua essencialidade aos vegetais, o N apresenta alto potencial poluente de corpos d'água e da atmosfera, se não for utilizado adequadamente na agricultura (Galdos; Cerri; Cerri, 2009).

Com a utilização de inoculantes contendo bactérias diazotróficas promotoras de crescimento, espera-se reduzir ou melhorar a utilização de fertilizantes nitrogenados e conseqüentemente, reduzir o custo de produção e os impactos ambientais com a produção de cana-de-açúcar. As bactérias diazotróficas podem promover o crescimento vegetal tanto pela FBN como pela produção de substâncias que auxiliam o crescimento radicular, como o ácido indol acético (AIA), entre outros (Spaepen et al. 2007).

Este trabalho teve por objetivo avaliar a influência do inoculante e da adubação nitrogenada na produtividade, acúmulo de matéria seca e N total da parte aérea e na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado em setembro de 2011, em área de cultivo comercial de cana-de-açúcar na usina Cruz Alta, do grupo Guarani, localizada no município de Olímpia, SP (20°44'13"S e 48°54'54"W, a 506 m de altitude). O solo da área

experimental foi classificado como Argissolo Vermelho, com as seguintes características na camada de 0 a 20 cm de profundidade: pH 5,96; Al, Ca e Mg, 0,05; 1,25 e 0,41 ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), respectivamente; P e K, 1 e 64 ( $\text{mg dm}^{-3}$ ), respectivamente. Na camada de 20 a 40 cm de profundidade: pH 4,92; Al, Ca e Mg, 0,78; 0,43 e 0,13 ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), respectivamente; P e K, 3 e 18 ( $\text{mg dm}^{-3}$ ), respectivamente. O clima da região é do tipo tropical Aw, segundo classificação de Köppen, com temperatura média anual de 23,3°C. Os dados climáticos durante a condução dos experimentos são apresentados na **Figura 1**.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com 6 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram adubação com 40  $\text{kg ha}^{-1}$  de N; 80  $\text{kg ha}^{-1}$  de N; 40  $\text{kg ha}^{-1}$  de N + inoculação; 80  $\text{kg ha}^{-1}$  de N + inoculação; inoculação e o controle absoluto. As parcelas foram constituídas de 6 linhas, com 10 m de comprimento, espaçadas a 1,5 m. A fonte de N utilizada foi o sulfato de amônio, aplicado em superfície em dose única, nas linhas de plantio. A variedade estudada foi a RB867515, no ciclo de primeira soca. Adubação com os demais nutrientes foi realizada com base na análise de solo e na exigência nutricional da cultura seguindo a recomendação de Rajj et al. (1996).

O inoculante bacteriano utilizado é composto por cinco estirpes de bactérias diazotróficas, sendo elas: *Gluconacetobacter diazotrophicus* (estirpe Pal5<sup>T</sup>); *Herbaspirillum seropedicae* (estirpe Cbamc); *Herbaspirillum rubrisubalbicans* (estirpe HRC54); *Azospirillum amazonense* (estirpe HCC103) e *Bulkholderia tropica* (estirpe PPe8<sup>T</sup>). O inoculante foi preparado diluindo uma dose (5 estirpes de bactérias) em 100 L de água limpa. A aplicação do mesmo foi realizada cortando-se a soqueira com o auxílio do implemento utilizado para o controle de cupins e nematóides, três semanas após o corte da cana-planta. A dose aplicada foi de 250 L  $\text{ha}^{-1}$ , correspondendo a 25 mL por metro linear de sulco.

A colheita do experimento foi realizada 12 meses após o corte. As avaliações agrônomicas foram realizadas com a determinação dos pesos frescos dos colmos, palha e folhas-bandeira nas linhas úteis de cada parcela, sendo descartadas duas linhas de bordadura de cada parcela. Após a pesagem das frações colmos, palha e folhas-bandeira foram retiradas subamostras, as quais foram secadas em estufa de circulação de ar forçado a 65 °C até atingirem peso constante. Com base nos pesos frescos determinados no campo e na porcentagem de matéria seca foram estimadas a produtividade de colmos frescos e a massa de matéria seca total da parte aérea por hectare. Após a secagem as subamostras foram passadas em moinho tipo Wiley

(2 mm). Em seguida foram realizadas as determinações de N segundo o método semimicro-Kjeldahl (Nogueira & Souza, 2005). A qualidade tecnológica, (sacarose aparente - Pol, sólidos solúveis totais - Brix e açúcares totais recuperáveis - ATR), foi realizada segundo a metodologia preconizada por Fernandes (2000) e o Manual de Instruções do CONSECANA (2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade de colmos, matéria seca e N total obtidos mostram que a cultura não expressou seu potencial produtivo, uma vez que os valores observados foram baixos para o ciclo de cana de primeira soca (**Tabela 1**). A baixa produtividade verificada pode ser resultado da baixa fertilidade do solo e do baixo volume de chuva no período de colheita da cana planta e implantação do experimento na cana de primeira soca (**Figura 1**). Apesar das condições adversas, a produtividade de colmos, matéria seca e N total foram influenciadas pela adubação com 80  $\text{kg ha}^{-1}$  de N e pela associação da dose de 40  $\text{kg ha}^{-1}$  de N com o inoculante. A associação da dose de 40  $\text{kg ha}^{-1}$  de N + inoculante promoveu aumento de produtividade de colmos, matéria seca e N total de forma similar à adubação com 80  $\text{kg ha}^{-1}$  de N. Estes resultados podem ser parcialmente explicados à maior eficiência no aproveitamento de água e nutrientes do solo, sugerindo que o uso do inoculante para a cana-de-açúcar pode possibilitar a redução de 40  $\text{kg ha}^{-1}$  de N, mantendo os mesmos níveis de produtividade. Spaepen et al. (2007) afirmaram que a associação de bactérias promotoras de crescimento vegetal com plantas pode resultar em alongamento e desenvolvimento de raízes laterais e pelos radiculares, além de estimular a síntese de auxina. Tais efeitos podem ter contribuído para potencializar as respostas à adubação. Silva et al. (2009) e Schultz et al. (2012), observaram aumentos significativos na produtividade da variedade RB 867515 quando inoculada com o mesmo inoculante avaliado neste estudo.

A qualidade tecnológica da cana-de-açúcar foi afetada pelos tratamentos com inoculação e adubação nitrogenada (**Tabela 2**). O rendimento de sacarose aparente (Pol) e açúcar total recuperável (ATR) apresentaram aumentos significativos com a adubação e inoculação aplicadas juntas. Os sólidos solúveis totais (Brix) também foram significativamente afetados pela adubação com 80  $\text{kg ha}^{-1}$  de N e 40  $\text{kg ha}^{-1}$  de N + inoculação. Em valores absolutos o tratamento que recebeu a adubação com 40  $\text{kg ha}^{-1}$  de N + inoculação foi superior aos tratamentos que foram somente

adubados com 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de N em 2,3 e 2,4 kg de ATR por tonelada de cana, respectivamente. Estes resultados indicam que as vias de síntese de açúcares foram influenciadas pelos tratamentos com inoculação e adubação nitrogenada.

Uma vez que o rendimento de ATR é atualmente utilizado para definir o pagamento da cana-de-açúcar aos fornecedores nas usinas, estes resultados mostram que a adubação com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N acarretou um prejuízo para o produtor de cana-de-açúcar e que o uso do inoculante associado à adubação com a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N pode elevar o potencial produtivo da cana-de-açúcar, melhorar o balanço energético da cultura e consequentemente melhorar a rentabilidade do produtor. Além disso, do ponto de vista ambiental, a redução das doses de fertilizantes nitrogenados na cultura da cana-de-açúcar minimiza a emissão de gases de efeito estufa e a contaminação de águas subterrâneas.

Na literatura há um consenso quanto aos efeitos da adição de N na produção de açúcar por área, ou seja, o teor de açúcar no colmo diminui com a adubação nitrogenada, porém a quantidade total de açúcar produzido por hectare é maior como decorrência da maior produtividade de TCH (BOLOGNA-CAMPBELL, 2007).

A produtividade e a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar são determinadas pela interação de diversos fatores de produção. Neste estudo o inoculante foi um dos fatores de produção, sendo determinante para elevação do potencial produtivo e do rendimento de açúcares com da variedade em estudo.

## CONCLUSÕES

A inoculação de bactérias diazotróficas associada à adubação de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N promove aumento de produtividade de colmos de forma similar à adubação com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N.

A inoculação de bactérias diazotróficas associada à adubação de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N promove aumento no rendimento de Pol, Brix e ATR superior ao controle e de forma similar à adubação com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à equipe técnica da usina Cruz Alta, do grupo Guarani, pela disponibilização da área e a colaboração no desenvolvimento deste trabalho; à FAPERJ, CNPq e a Embrapa Agrobiologia pelo apoio financeiro, concessão de bolsas de pesquisa e orientação científica.

## REFERÊNCIAS

BOLOGNA-CAMPBELL, I. **Balanço de nitrogênio e enxofre no sistema solo-cana-de-açúcar no ciclo de cana-planta**. 2007. 112 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

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. cap. 12, p. 407- 464.

CONSECANA. Conselho dos Produtores de Cana de açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo. **Manual de Instruções**. Edição: CONSECANA-SP, Piracicaba – SP, 2006. 112p.

FERNANDES, A. C. **Cálculos na Agroindústria da Cana de açúcar**. Piracicaba - SP, STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos, 2000. 193p

GALDOS, M.V.; CERRI, C.C.; CERRI, C.E.P. Soil carbon stocks under burned and unburned sugarcane in Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 153, p. 347-352, 2009a.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores IBGE**. Estatística da produção agrícola, Março/2013. <http://www.ibge.gov.br/>, acesso em 23/04/2013.

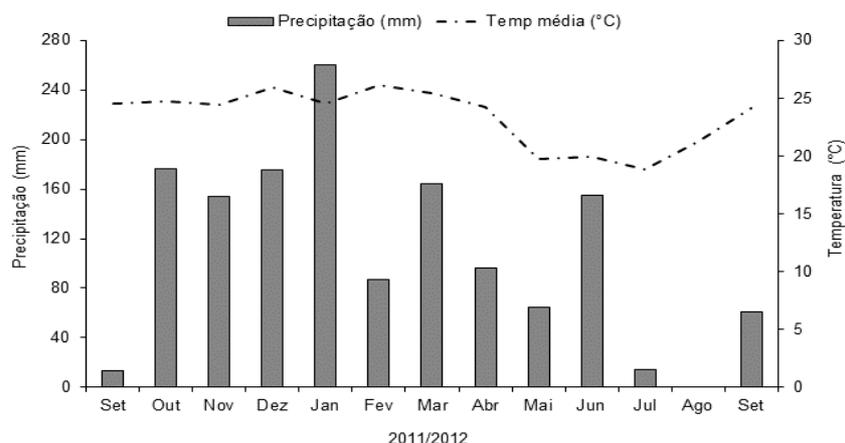
NOGUEIRA, A. R. A & SOUZA, G. B. **Manual de laboratório: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos-SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 313p

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 & Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim técnico 100).

SCHULTZ, N.; MORAIS, R. F.; SILVA, J. A.; BAPTISTA, R. B.; OLIVEIRA, R. P.; LEITE, J. M.; PEREIRA, W.; CARNEIRO JÚNIOR, J. B.; ALVES, B. J. R.; BALDANI, J. I.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; REIS, V. M. Avaliação agrônômica de duas variedades de cana de açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.2, p.261-268, 2012.

SILVA, M. F.; OLIVEIRA, P. J.; XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G.; REIS, V. M. Inoculantes formulados com polímeros e bactérias endofíticas para a cultura da cana de açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1437-1443, 2009.

SPAEPEN, S.; VANDERLEYDEN, J.; ROSELINE REMANS, R. Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling. **Federation of European Microbiological Societies**, v. 31, p. 425-448, 2007.



**Figura 1.** Precipitação mensal e temperatura média registrada no campo experimental da usina Cruz Alta – Grupo Guarani, durante a condução do experimento de 2011 a 2012.

**Tabela 1:** Produtividade de colmos, acúmulo de matéria seca e N total da parte aérea da variedade de cana-de-açúcar RB867515, cultivada em Argissolo Vermelho com adubação nitrogenada, inoculação com bactérias diazotróficas e o controle na usina Cruz Alta, grupo Guarani, Olímpia, SP.

Tratamento	Colmos (Mg ha <sup>-1</sup> )	Matéria seca total (Mg ha <sup>-1</sup> )	N-total (kg ha <sup>-1</sup> )
Controle	55,8 ab	24,3 cd	45,8 c
Inoculado	53,4 b	24,8 bcd	54,0 ab
40 kg ha <sup>-1</sup> N	53,0 b	23,5 d	49,7 bc
80 kg ha <sup>-1</sup> N	63,1 a	28,6 a	60,9 a
40 kg ha <sup>-1</sup> N + Inoculado	62,4 a	27,6 ab	54,1 ab
80 kg ha <sup>-1</sup> N + Inoculado	59,0 ab	26,9 abc	52,0 bc
C.V. (%)	11,4	10,1	12,3

C.V.: coeficiente de variação. Valores seguidos de letras distintas, nas colunas, diferem entre si. Teste t (LSD) com 10% de significância

**Tabela 2:** Avaliação dos atributos tecnológicos da variedade de cana-de-açúcar RB867515, cultivada em Argissolo Vermelho com adubação nitrogenada, inoculação com bactérias diazotróficas e o controle na usina Cruz Alta, grupo Guarani, Olímpia, SP.

Tratamento	Pol	Brix	ATR
Controle	16,4 b	23,0 b	163,3 b
Inoculado	16,9 ab	23,5 ab	168,3 ab
40 kg ha <sup>-1</sup> N	17,3 a	23,6 ab	171,6 a
80 kg ha <sup>-1</sup> N	17,3 a	23,7 a	171,7 a
40 kg ha <sup>-1</sup> N + Inoculado	17,6 a	23,7 a	174,0 a
80 kg ha <sup>-1</sup> N + Inoculado	16,9 ab	23,4 ab	167,6 ab
C.V. (%)	3,9	2,3	3,5

C.V.: coeficiente de variação. Valores seguidos de letras distintas, nas colunas, diferem entre si. Teste t (LSD) com 10% de significância