

ADUBAÇÃO NITROGENADA MELHORA O VIGOR DAS SOQUEIRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR REFLETINDO EM PRODUTIVIDADE NOS CICLOS AGRÍCOLAS SUBSEQUENTES

André Cesar Vitti

PqC do Polo Regional Centro Sul/APTA

acvitti@apta.sp.gov.br

Paulo Cesar Ocheuze Trivelin

Eng. Agr., Dr., Prof. do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP)

A cana-de-açúcar, por apresentar vários ciclos agrícolas (cana planta e rebrotas) entre os plantios (reformas de canaviais), é considerada uma cultura semiperene, sendo a longevidade dos canaviais dependente de vários fatores. Assim posto, não se deve desprezar os benefícios que as adubações e mesmo a própria palha deixada na superfície do solo, após as colheitas sem queima, trarão a cultura ao longo dos ciclos agrícolas.

A fim de exemplificar o exposto serão discutidos resultados que fizeram parte da tese de doutorado do Dr. André Cesar Vitti, defendida em 2003. O estudo desenvolveu-se em um Neossolo quartzarenico (cerca de 90% de areia) no município de Pirassununga/SP.

Os resultados obtidos e que constam de Vitti (2003) e Vitti et al. (2007b) revelaram resposta linear às doses de N na produção de colmos na 2ª soca (safra 1999/2000) ou seja no 3º corte. A resposta se estendeu para a 3ª soca (safra 2000/2001- 4º corte), mesmo com a aplicação de dose única de N (100 kg ha⁻¹), após a colheita da 2ª soca (Tabela 1). Esses resultados devem-se, provavelmente, ao efeito residual da adubação feita em 1999, com reflexo no vigor da soqueira de cana-de-açúcar em seu ciclo subsequente (TRIVELIN et al., 2002; VITTI et al., 2007b).

Em relação às doses de N, observou-se que houve diferença de 100% na produção de colmos na 2ª soca (safra 1999/2000), entre a maior dose e o controle sem adubação nitrogenada, significando que os Neossolos quartzarenicos por possuírem pouca reserva de nutrientes e matéria orgânica respondem bem à adubação com N. Na safra seguinte (3ª soca), mesmo as parcelas experimentais tendo recebido dose única de N-URAN (100 kg ha⁻¹ de N) o diferencial na produção foi de 50%, mantendo-se a resposta linear às doses de N aplicadas na safra anterior (Tabela 1).

A fertilização com 100 kg ha⁻¹ de N-URAN (fertilizante nitrogenado líquido contendo 32% de N sendo 18 e 14%, respectivamente, na forma de nitrato de amônio e uréia) da 3ª soca (2010), em todas as parcelas de tratamentos implantados em 1999 (Safra1999/2000), provavelmente não supriu à exigência da cultura nas menores doses de N, e a recomposição do vigor da soqueira foi apenas parcial na 3ª soca, quando realizou-se o manejo deficiente com N no ano-safra anterior.

Esses resultados demonstraram que se a adubação nitrogenada de canaviais é realizada muito abaixo da dose recomendada, em um ano-safra pode resultar em fator na redução da produtividade da cana-de-açúcar, justificando, em parte, o que o setor canavieiro está sofrendo no ciclo agrícola 2011/2012. Nos anos 2008, 2009 e 2010, com o preço baixo da matéria prima, associado, também à elevação de preços dos fertilizantes, muitos canaviais receberam doses de adubos abaixo do que deveria ser aplicado e, em condições mais drásticas, determinadas áreas não foram adubadas e ou mesmo o solo não foi corrigido.

Nessas condições, a cana-de-açúcar ficou sendo nutrida em grande parte com as reservas existentes no solo e sistema radicular (raízes e rizomas). Com o baixo vigor nutricional que a cultura apresentou na safra 2009/2010 e, principalmente, associado à colheita tardia, por mais que se procure restabelecer a produtividade adubando adequadamente os canaviais em 2010/2011, certamente a cultura não conseguirá responder bem em curto prazo, sendo provável que volte a responder melhor no próximo ciclo agrícola (2011/2012), desde que a cultura apresente boa brotação (Tabela 1).

Tabela 1. Efeito residual das fontes e doses de N na produtividade de colmos e em açúcares e a rentabilidade (adaptado de Vitti, 2003).

Fonte	Dose de N	Produção de colmos (TCH)			Açúcar	Rentabilidade
		2 ^a soca	3 ^a soca	2 ^o +3 ^o socas		
		t ha ⁻¹				R\$ por ha
Controle	0	40,8	58,1 ¹	98,9 ²	15,6 ³	4945 ⁴
NA	35	58,8	56,2	115,0	18,1	5750
NA	70	63,3	77,5	140,8	21,6	7040
NA	105	65,5	78,1	143,6	22,8	7180
NA	140	70,8	81,2	152,0	24,8	7600
NA	175	80,4	86,3	166,8	26,3	8335
Média		63,2	72,9	136,2	21,5	----
R. L.		**	**	**	**	----
CV (%)		18,1	11,6	12,3	11,0	----
F _{Doses}		**	**	**	**	----
Aquavin	70	74,3a	96,4 a	170,8 a	26,9 a	8540
SA	70	72,8a	81,5ab	154,3 ab	24,4 a	7715
NA	70	63,3 ab	77,6 ab	140,8 abc	21,6 ab	7040
Uran	70	60,5 ab	58,0 bc	118,6 bcd	18,5 bc	5930
Uréia	70	60,0 ab	51,8 c	111,8 cd	17,8 bc	5590
Controle	0	40,8b	58,2 bc	98,9 d	15,6 c	4945
CV (%)		16,6	14,7	12,2	11,0	----
F _{Fontes}		**	**	**	**	----

¹: Produção de colmos referente à 3^a soca (safra 2000/2001), em respostas as doses e fontes aplicadas na 2^a soca (safra 1999/2000); ² e ³: produção de colmo e açúcar, respectivamente, somando a 2^a + 3^a socas (2 safras consecutivas); ⁴: produção de colmos na 2^a + 3^a socas multiplicado com o valor de 50 reais por tonelada de cana-de-açúcar (70 reais a tonelada, menos 20 reais de seu custo no corte e transporte); Valor, em reais, por kg de N: 2,21; 3,75; 2,91 e 2,60, respectivamente, das fontes ureia, sulfato de amônio (SA), nitrato de amônio (NA) e URAN (fonte nitrogenada líquida com 32% de N, sendo 18 e 14% de N, respectivamente na forma de NA e uréia), R\$ **: valor de F altamente significativo ($p < 0,01$); médias seguidas por letras distintas dentro da mesma variável diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

Somando-se as produções da 2^a e 3^a socas (safras 1999/2000 e 2000/2001) tem-se uma diferença de 67 t ha⁻¹ de colmo da maior dose em relação à testemunha, valor esse significativo em termos de rentabilidade, referente à adubação nitrogenada. Ainda na Tabela 1, considerando o valor de R\$ 70,00 para a tonelada de colmos (140 ATR/t de colmo e

R\$0,50 o valor do ATR), sendo aproximadamente R\$ 20,00 o custo para seu corte e transporte e R\$90,00 o custo de aplicação do fertilizante por hectare, tem-se um adicional de R\$2.790,00 e R\$990,00, respectivamente, do tratamento que recebeu no primeiro ano a dose de N de 175 kg ha⁻¹ em relação ao controle (sem adubação com N) e 70 kg ha⁻¹ de N-NA, considerando duas safras consecutivas.

Usando o mesmo procedimento para as fontes: aquavin (mistura de aquamônia junto a vinhaça levando em consideração a acidez titulável da mesma), sulfato de amônio (SA), nitrato de amônio (NA) e URAN, obtiveram-se, respectivamente, diferenças de R\$2.860, R\$2.017, R\$1.401 e R\$313 em relação à uréia. Ao se comparar a relação custo/benefício por unidade de N de cada fertilizante, constatou-se que não compensou, nas condições do trabalho, aplicar uréia sobre a palha, uma vez que os ganhos com as demais fontes pagaram à diferença do custo do N. Aos resultados foram aplicados os preços de julho de 2011, representando a média da região canavieira de Piracicaba.

Essa diferença em relação à uréia foi devida, principalmente, às elevadas perdas de N por volatilização, que foram de 46% (Vitti et al., 2007a). A produtividade de colmo (2ª soca) no tratamento que recebeu a dose de 70 kg ha⁻¹ de N-Uréia foi da ordem do tratamento com 35 kg ha⁻¹ de N na forma de nitrato de amônio (Tabela 1).

Pelos resultados apresentados, deve-se considerar ainda que não seja apenas a dose de N o fator primordial nas adubações, mas também o manejo e a fonte que se utiliza, motivo pelo qual nos tratamentos utilizando-se aquavin e SA, em dois anos consecutivos, a produtividade foi equivalente ao tratamento que recebeu 175 kg ha⁻¹ de N da fonte NA (105 kg ha⁻¹ a mais de N aplicado no ano anterior).

Nesse caso, não foi considerado o N presente na vinhaça. Calcino & Makepeace (1988) não observaram diferença no rendimento da cultura com aplicação de uréia na superfície e enterrada na primeira soca, em função da dose do fertilizante. Porém, observaram diminuição na produtividade da terceira soca, quando a uréia foi aplicada na superfície.

Entre as doses de 70 e 105 kg ha⁻¹ de N (Tabela 1) o aumento de produtividade não foi tão expressivo como para as maiores doses que proporcionaram, provavelmente, o aumento linear verificado. Nesse caso poderia ocorrer a falsa interpretação que a cana-de-açúcar responderia até a dose de 105 kg ha⁻¹ de N, dose essa muito recomendada nas adubações de soqueira.

Por causa desses resultados, tem-se o seguinte questionamento: não seria necessário aplicar maior dose de N no início, nas áreas de colheita sem a queima prévia, para garantir um bom vigor das socas e que seria reduzida nos ciclos futuros? Desse modo, a cultura estaria sustentada por um efeito residual, que, em parte viria do fertilizante e da própria palha deixada na superfície. Chapman et al. (1983), mesmo não observando efeito residual da adubação anterior no rendimento de açúcares no ciclo seguinte, não descartaram a hipótese de que uma aplicação contínua e abundante de N resultaria em efeito residual do nutriente aplicado para o próximo ciclo.

Ao manejar um canavial de forma não adequada em relação à adubação nitrogenada, pode resultar na redução da produtividade da cultura, como visto na safra 1999/2000 (2ª soca), propagando-se esse efeito para a safra seguinte (2000/2001), sem levar em conta a possibilidade de redução da longevidade do canavial, antecipando sua reforma. Cardoso (2002) observou que a redução da adubação nitrogenada (100 para 30 kg ha⁻¹ de N), causou uma queda drástica no rendimento de colmos. Com o retorno da adubação de 100 kg ha⁻¹ de N, na safra seguinte a produtividade aumentou, porém com ganhos não tão expressivos em comparação as que antecederam o período da redução da aplicação de N.

Para a cana-de-açúcar as melhores produtividades são obtidas nas safras que sucedem à do plantio quando deverá ser recomendada uma fertilização adequada, uma vez que nos demais anos, além do baixo vigor da soqueira, surgem e/ou se agravam outros problemas, como: nível nutricional, compactação, pragas e doenças. Orlando Filho et al. (1999) observaram queda na produtividade agrícola ao longo dos ciclos, sendo mais drástica da cana-planta (cana de ano e meio) para a primeira soca.

Concluíram que a cana-planta e as três soqueiras subseqüentes responderam linearmente a adubação nitrogenada até a dose de 120 kg ha⁻¹. Chapman et al. (1983) constataram que as soqueiras requerem maior quantidade de N para produzirem em relação à cana-planta. Isso provavelmente se deve à diminuição das reservas de N no solo ao longo do ciclo.

As fontes nitrogenadas também apresentaram diferença significativa em relação à testemunha na safra 1999/2000 (2ª soca) (Tabela 1). Porém na safra seguinte (3ª soca), houve diferença entre as fontes, justificada pelo efeito residual da adubação nitrogenada anterior, nos tratamentos que apresentaram baixa volatilização de NH₃ (NA, SA e da mistura aquamônia e vinhaça – aquavin) em relação as que mais volatilizaram (VITTI et al., 2007a).

A presença de enxofre (S) proveniente das fontes SA e aquavin no sistema radicular e no solo podem também ter influenciado na produtividade na safra seguinte, embora o solo apresentasse teor adequado de S-SO₄ na camada superficial (0-30 cm; teor médio de 10 mg dm⁻³ de S-SO₄) e elevado em subsuperfície (profundidade de 40-60 cm com teor superior a 40 mg dm⁻³ de S-SO₄). A 2ª soca (3º corte) que recebeu a fonte uréia sobre a palha, além de ter prejudicada a produtividade pelas elevadas perdas de amônia por volatilização (VITTI et al., 2007a), o efeito se prorrogou para a safra seguinte (3ª soca), não havendo tempo para recomposição do vigor da soqueira em responder, integralmente, à fertilização nitrogenada na safra posterior.

De acordo com os valores de produção obtidos na Tabela 1 e as perdas por volatilização de amônia do solo (VITTI et al., 2007a), por exemplo, da fonte uréia aplicada em faixa na dose de 70 kg ha⁻¹ de N, que foi de 32 kg ha⁻¹ de N, nesse caso permaneceu apenas uma dose efetiva de 38 kg ha⁻¹ de N, que teoricamente ficou disponível no solo para a cultura. Comparando-se os rendimentos (produção de colmos) em relação aos da dose de 35 kg ha⁻¹ de N da fonte NA, observou-se que os valores de produção mantiveram-se da mesma ordem, tanto na segunda quanto na terceira soca (4º corte) (Tabela 1). Esses resultados reforçam a existência de uma relação negativa entre a produtividade e perdas de N-NH₃ por volatilização.

A qualidade tecnológica dos colmos nos tratamentos com doses de N foi superior ao limite considerado adequado para se efetuar a colheita da cana-de-açúcar (FERNANDES, 2003). Porém, não houve variação significativa entre os tratamentos nos teores de Fibra (11,9%) e PolCana (15,8%) (VITTI, 2003). Para a produtividade de açúcar (t ha⁻¹), a diferença entre tratamentos foi devida apenas a variação na produtividade de colmo por hectare (Tabela 1). Esses resultados confirmaram os obtidos por Trivelin et al. (2002), mostrando que a adubação nitrogenada não afetou a qualidade tecnológica dos colmos.

A não ocorrência desse efeito neste trabalho, mesmo nas doses mais elevadas de N, pode ter como explicação as baixas reservas e a mineralização de N no solo. Outro fator seria as quantidades de resíduo orgânico de alta relação C:N, que permaneceram no solo após a colheita, que provavelmente, causaram imobilização microbiológica do nitrogênio adicionado e o do solo, diminuindo suas disponibilidades às plantas.

Pelo exposto os resultados apresentados indicam que o manejo da adubação nitrogenada em áreas de colheita da cana-de-açúcar sem queima prévia está passando por determinados ajustes. Sendo necessário, no início, aumentar um pouco as doses de N-

fertilizante, devido ao material orgânico de alta relação C:N depositado na superfície, que provavelmente estará imobilizando o N do solo, bem como, para auxiliar na sua decomposição. Serve como exemplo, a verificação de que houve resposta linear às doses de N aplicadas na 2ª soca na produtividade da 3ª soca, mesmo aplicando-se dose única de N nesta última. Se o N for mantido no sistema, não sendo perdido por volatilização de amônia, lixiviação e/ou desnitrificação, ele permanecerá no solo sendo estocado junto à matéria orgânica (Figura 1), podendo-se, as doses de N das adubações serem reduzidas com o tempo de implantação do sistema sem queima (cana crua).

Outra observação de interesse está relacionada às fontes nitrogenadas. O sulfato de amônio (SA), por exemplo, proporcionou aumento de produtividade em dois anos consecutivos. Mesmo considerando-se o maior custo do N-SA, ainda assim foi vantajosa sua utilização, isso sem levar em consideração o efeito residual do enxofre (S) e o benefício ao ambiente pela baixa emissão de amônia para a atmosfera.

O uso contínuo de fontes e ou formulações que não apresentam S em sua composição faz com que esse elemento, ao longo de cultivos sucessivos, vá se exaurindo do solo. Tem-se hoje muito em evidência a relação C:N, ficando esquecida a relação C:S e o uso de fontes com enxofre em sua composição.

A cana-de-açúcar, por ser considerada uma cultura semi-perene, respondeu ao N e/ou ao S residual da adubação anterior, devendo-se pensar, também, nos benefícios que o enxofre pode trazer ao longo dos cultivos. Outro ponto a ser considerado, refere-se à translocação do nutriente da parte aérea ao sistema radicular e a importância dessas reservas para o ciclo subsequente.

Referências

CALCINO, D.V.; MAKEPEACE, P.K. Fertilizer placement on green cane trash blanketed rations north Queensland. In: CONFERENCE OF THE AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 1988. **Proceedings.**, 1988. p.125-130.

CARDOSO, F.P. Plantio direto em cana-de-açúcar. **Direto no Cerrado**, v.7, n.26, p.4, 2002.

CHAPMAN, L.S.; HOGARTH, D.M.; LEVERINGTON, K.C. Does nitrogen fertilizer carry over to succeeding crops? In: AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 22., Brisbane, 1983. **Proceedings**. Brisbane: Watson Ferguson, 1983. p.109-114.

ESPIRONELLO, A.; RAIJ, B.; PENATTI, C.P.; CANTARELLA, H.; MORELLI, J.L.; ORLANDO FILHO, J.; LANDELL, M.G.A.; ROSSETTO, R. Cana-de-açúcar. In: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Fundação IAC, 1996. p. 237-239. (Boletim, 100).

FERNANDES, A. C. **Cálculos na agroindústria de cana-de-açúcar**. 2.ed. Piracicaba: STAB, 2003. 240 p.

ORLANDO FILHO, J.; RODELLA, A.A.; BELTRAME, J.A.; LAVORENTI, N.A. **Doses, fontes e formas de aplicação de nitrogênio em cana-de-açúcar**. STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos, v.17, n.4, p.39-41, 1999.

TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C.; OLIVEIRA, M.W.; GAVA, G.J.C.; SARRIÉS, G.A. Utilização de nitrogênio e produtividade da cana-de-açúcar (cana-planta) em solo arenoso com incorporação de resíduos da cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.637- 646, 2002.

VITTI, A.C. Adubação nitrogenada da cana-de-açúcar (soqueira) colhida mecanicamente sem a queima prévia: manejo e efeito na produtividade. 2003.114p. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

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 resíduos culturais em canavial sem queima. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 491-498, 2007a.

VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.C.O.; GAVA, G.J.C., PENATTI, C.P.; BOLOGNA, I.R.; FARONI, C.E., FRANCO, H.C.J.F. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada ao nitrogênio residual da adubação e do sistema radicular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 249-256, 2007b.