

**NITROGÊNIO E POTÁSSIO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
CANA-DE-AÇÚCAR EM MEIOSI**

Felipe Tambellini Perina

NITROGÊNIO E POTÁSSIO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM MEIOSI

Felipe Tambellini Perina

Orientadora: Profa. Dra. Mara Cristina Pessôa da Cruz
Coorientador: Me. João Gabriel Moreno Ancheschi

Trabalho apresentado à Faculdade
de Ciências Agrárias e Veterinárias –
UNESP, Campus de Jaboticabal,
para graduação em ENGENHARIA
AGRONÔMICA.

Ficha catalográfica

P445n Perina, Felipe Tambellini
Nitrogênio e potássio para produção de mudas de cana-de-açúcar em meiosi
/ Felipe Tambellini Perina. -- Jaboticabal, 2023
21 p. : tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) -
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias, Jaboticabal
Orientadora: Mara Cristina Pessoa da Cruz
Coorientador: João Gabriel Moreno Ancheschi

1. Saccharum officinarum. 2. Adubação nitrogenada. 3. Potássio. I. Título.

Certificado de aprovação

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL



DEPARTAMENTO: Ciências da Produção Agrícola

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO
TRABALHO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

TÍTULO: Nitrogênio e potássio para produção de mudas de cana-de-açúcar em Meiosi

ACADÊMICO: Felipe Tambellini Perina

CURSO: Engenharia Agrônômica

ORIENTADOR (ES): Profa. Dra. Mara Cristina Pessoa da Cruz

COORDENADOR (ES): Me. João Gabriel Moreno Ancheschi

Aprovado e corrigido de acordo com as sugestões da Banca Examinadora

BANCA EXAMINADORA:

	(Nomes)	(Assinaturas)
Presidente	Profa. Dra. Mara Cristina Pessoa da Cruz	
Membro	Me. Ana Beatriz Coelho França	
Membro	Dra. Gelza Carliane Marques Teixeira	

Jaboticabal 01 / 02 / 2023

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 03/02/2023 "Ad referendum"

Chefe do Departamento

Ao meu pai Ismael Perina Jr.,

Dedico

Ismael Perina Jr. é considerado pioneiro na adoção do sistema Meiosi + MPB e, na sua plantação de cana-de-açúcar utilizando o sistema MEIOSI, consegue alcançar taxa de desdobra de 1:44, ou seja, 1 linha de cana é capaz de fornecer cana-muda para o plantio de outras 44 linhas.

AGRADECIMENTOS

A DEUS.

Ao meu pai, Ismael Perina Júnior, por todo incentivo, pela disponibilização da Fazenda Belo Horizonte e por todo o maquinário utilizado na realização deste experimento.

À Professora orientadora Mara Cristina Pessôa da Cruz, por toda dedicação e tempo depositado neste trabalho.

À minha namorada, Gabriela Barbosa Mialichi, pela paciência e pelo tempo depositado neste trabalho.

Aos colaboradores da Fazenda Belo Horizonte, à Gelza Carliane Marques Teixeira, ao Antônio Márcio Souza e aos meus amigos que me auxiliaram na condução do experimento.

Ao Ezequias Teófilo Correia, responsável pela realização dos procedimentos estatísticos.

À banca examinadora, Me. Ana Beatriz Coelho França e Dra. Gelza Carliane Marques Teixeira, pela disponibilidade de avaliar este trabalho.

RESUMO

NITROGÊNIO E POTÁSSIO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM MEIOSI

A cultura da cana-de-açúcar tem passado por alterações no manejo que demandam ajustes na recomendação de adubação, como é o caso da produção de mudas pelo Método Interrotacional Ocorrendo Simultaneamente (Meiosi). Nesse método, as plantas, de modo geral originadas de mudas pré-brotadas, crescem por sete a oito meses em linhas isoladas, intercaladas por uma cultura comercial ou de adubo verde. Nessas linhas tem sido adotada a recomendação de adubação para cana-planta mas, muitas vezes, os produtores aumentam as doses, particularmente de N e K, para garantir maior vigor às mudas, sem garantia de resposta. Desse modo, o objetivo com esse trabalho foi avaliar o efeito das doses de N e K no número de gemas, altura e diâmetro do colmo de mudas de cana-de-açúcar produzidas em Meiosi. O experimento foi instalado em Argissolo Vermelho-Amarelo arenoso, em esquema fatorial e delineamento em blocos ao acaso, combinando quatro doses de nitrogênio (0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹) e três doses de potássio (0, 30 e 60 kg ha⁻¹ de K₂O) com quatro repetições, totalizando 48 parcelas. Foram usados ureia e cloreto de potássio como fontes de N e K, respectivamente, e as doses foram parceladas em duas aplicações em cobertura, nos dias 25/11/2019 e 04/02/2020. A cultivar avaliada foi a RB855156 e, nos dias 02/04/2020 e 03/04/2020 foi feita avaliação da altura, número de colmos por metro, e número de gemas por metro. Considerando as variáveis avaliadas, as mudas de cana não responderam às adubações com N e K em cobertura.

Palavras Chaves: *Saccharum* spp., propagação, cultivar RB855156, adubação em cobertura

SUMMARY

NITROGEN AND POTASSIUM FOR THE PRODUCTION OF SUGARCANE SEEDLINGS IN MEIOSI

The sugarcane crop has undergone changes in management that require adjustments in the fertilizer recommendation, as is the case of the production of seedlings by the Interrotational Method Occurring Simultaneously (Meiosi). In this method, the plants, generally originating from pre-sprouted seedlings, are maintained for seven to eight months in single rows, in consortium with a commercial crop or green manure. In this method it was adopted a fertilizer recommendation for plant-cane, but producers often increase doses, especially N and K, to ensure greater seedling vigor, without guaranteeing a response. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of N and K doses on the number of buds, number and height of stems of sugarcane seedlings produced in Meiosi. The experiment was installed in a Uduft sandy soil, in a factorial scheme and randomized block design, combining four nitrogen doses (0, 20, 40 and 60 kg ha⁻¹) and three potassium doses (0, 30 and 60 kg ha⁻¹ of K₂O), with four replicates, totalizing 48 plots. Urea and potassium chloride were used as sources of N and K, respectively, and the doses were split into two topdressing applications, at days 25/11/2019 and 04/02/2020. The evaluated cultivar was RB855156 and, at days 02/04/2020 and 03/04/2020, the height, number of stems per meters and the number of buds per meter were evaluated. Considering the variables, the sugarcane did not respond to fertilizations with N and K in topdressing.

Keywords: *Saccharum* spp., propagation, cultivar RB855156, topdressing fertilization

SUMÁRIO

	pág
RESUMO	vii
SUMMARY	viii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 A cana-de-açúcar	4
2.2 Meiosi	5
2.3 Suprimento de nitrogênio para a cultura da cana-de-açúcar	6
2.4 Suprimento de potássio para a cultura da cana-de-açúcar	8
3 MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 Caracterização da área experimental	11
3.2 Delineamento experimental e tratamentos	12
3.3 Instalação e condução do experimento	12
3.4 Coleta e tratamento estatístico dos dados	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
5 CONCLUSÃO	18
6 LITERATURA CITADA	19

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e essa matéria-prima é de grande relevância para o setor agroindustrial brasileiro. Ela proporciona o fornecimento de grande diversidade de produtos, entre eles: etanol, açúcar, cachaça e rapadura. Além dos produtos, têm-se também os subprodutos que são completamente reutilizados, como a vinhaça e a torta de filtro, destinados à fertirrigação e à adubação e, em maior quantidade, o bagaço e a palha, reutilizados na cogeração de energia.

A cana-de-açúcar é uma cultura de propagação vegetativa e, na produção de mudas, são empregados três métodos: plantio convencional, cantosi e Meiosi (Método Interrotacional Ocorrendo Simultaneamente). No plantio convencional é necessário determinar a extensão das áreas de reforma da empresa agrícola. Os espaços entre os sulcos de plantio são de 1,40m, mas podem ocorrer variações de acordo com o tipo de colheita; a profundidade do sulco é de 35 a 40 cm. Os colmos com idade de 10 a 12 meses são depositados no sulco, sempre cruzando pé com ponta e picando em pedaços, deixando três gemas em cada tolete. Desta forma, a densidade do plantio se estabelece em torno de 12 gemas por metro de sulco, dependendo da variedade e do desenvolvimento vegetativo das plantas usadas como mudas. Nesse sistema utilizam-se, aproximadamente, de 7 a 10 t ha⁻¹ de colmos, mas pode ocorrer um consumo maior de mudas, devido a ocorrência de falhas que poderão aparecer

dentro de 4 a 5 anos. Após serem colocados dentro dos sulcos, os toletes são cobertos com uma camada de solo, que deve ser rapidamente compactada. O plantio pode ser mecanizado ou semimecanizado, mas pode ser manual, que é menos empregado (SILVA; SILVA 2012).

Cantosi é a denominação dos viveiros cultivados em aproximadamente 20% das áreas que serão reformadas e que se encontram distantes da área de fornecimento de cana-muda (RUIZ, 2018).

Quando a propagação é por Meiosi empregam-se Mudas Pré-Brotadas (MPBs) de cana-de-açúcar. Esse método foi proposto na década de 1980, mas ficou esquecido devido à falta de tecnologia que permitisse sua implantação com eficiência (RUIZ, 2018). A partir da produção das MPBs a propagação por Meiosi foi viabilizada. As MPBs são formadas em viveiros e seu uso reduz a ocorrência de pragas e doenças na implantação do canavial, promove a introdução de novas variedades em menor tempo, diminuindo os custos de produção, seja no transporte ou na quantidade de mudas no plantio e no replantio de falhas, proporciona canaviais com elevada produtividade e viabiliza o aumento no número de cortes.

Na Meiosi, a cana-de-açúcar é plantada em uma ou duas linhas de mudas pré-brotadas na área de reforma do canavial, mantendo-se um espaço entre as linhas, no qual será estabelecida outra cultura de interesse econômico. Normalmente cultivam-se leguminosas, como soja ou amendoim, mas há também a possibilidade de cultivo de leguminosas de cobertura. Após a colheita da leguminosa, as linhas de cana serão cortadas e desdobradas nessa área adjacente, e a produção das linhas de cana resultará na multiplicação das plantas, obtendo-se taxas entre 1:14 e 1:20 (RUIZ, 2018).

No manejo das linhas de Meiosi adotam-se, de modo geral, as mesmas práticas culturais que são empregadas nas áreas de cultivo comercial, mas com cuidados adicionais para evitar mistura varietal e para obter alta produtividade de mudas bem nutridas, livres de pragas e de patógenos. Na adubação, ou são empregadas as recomendações existentes para cana-planta, ou empregam-se doses um pouco maiores de fósforo, nitrogênio e potássio, porque o crescimento das plantas é diferenciado devido à menor competição, mas também buscando crescimento mais rápido e vigoroso, com produção de mudas de melhor qualidade. No caso de N e K, em algumas situações, como solos mais arenosos, as doses são parceladas em maior número de aplicações.

O N e o K são os dois nutrientes absorvidos em maiores quantidades pelas plantas de cana-de-açúcar e a resposta a um deles depende do fornecimento do outro. Desse modo, o objetivo com esse trabalho é avaliar o efeito das doses de N e K no número de gemas, altura e diâmetro do colmo de mudas de cana-de-açúcar produzidas em sistema de Meiosi.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é uma cultura semi-perene, cuja propagação ocorre de forma vegetativa pelo uso de toletes. O setor sucroalcooleiro busca, constantemente, aumentar a produção de cana-de-açúcar (SAMPAIO et al., 2015), mas a produtividade média no Brasil está estagnada em aproximadamente 80 t ha⁻¹ há muitos anos (QUAGGIO et al., 2022).

No Brasil, a cana-de-açúcar é a principal matéria-prima para a fabricação de açúcar e álcool (etanol) e, no Estado de São Paulo, a cultura encontra-se consolidada, pois o plantio pode ser feito em diferentes épocas do ano para atender a demanda da indústria durante todo o período de safra. Em função da época, o plantio é classificado da seguinte forma: sistema de ano e meio, em que o plantio ocorre de janeiro a março; plantio de outono, que ocorre de abril a junho, desde que haja disponibilidade de água; sistema de ano inverno, em que o plantio é feito de junho a setembro, desde que seja possível irrigar; e sistema de ano convencional, no qual o plantio ocorre entre outubro e novembro (LANDELL et al., 2014).

A cana é uma planta C4 que apresenta grande necessidade de luz, e exigências nutricionais muito variáveis em função da cultivar. Há muitas cultivares de cana no mercado e a escolha, no Estado de São Paulo, é feita conforme o ambiente de produção, que é definido em função das condições físicas, hídricas, morfológicas,

químicas e mineralógicas das camadas superficial e principalmente subsuperficial dos solos, medindo o potencial de produtividade média de cinco cortes. Os ambientes de produção são simbolizados por letras e classificados em: favoráveis (A1, A2, B1, B2), médios (C1 e C2) e desfavoráveis (D1, D2, E1, E2) (LANDELL et al., 2014).

A cultivar RB855156 foi lançada em 1995 e, segundo o senso varietal 2017/2018, ainda era, na ocasião, a quinta mais cultivada no Estado de São Paulo, (RIDESA, 2023). Ela é indicada para ambientes de produção C1 a D2 (LANDELL et al., 2014), ou seja, para ambientes médios a desfavoráveis. É uma cultivar de crescimento ereto e bom perfilhamento, indicada para colheita no início de safra porque tem tendência ao florescimento (RIDESA, 2010).

2.2 MEIOSI

O Método Interrotacional Ocorrendo Simultaneamente (Meiosi), tem como objetivo formar o viveiro de cana-de-açúcar dentro do próprio campo de renovação. Posteriormente à colheita da cana na área a ser reformada, prepara-se o solo e plantam-se linhas de mudas pré-brotadas. Essas mudas serão utilizadas para replantar todo o talhão.

O método Meiosi surgiu em 1984 (Barcelos, 1984), porém era pouco empregado. Atualmente, após passar por modificações, foi denominado nova versão do método Meiosi, e vem sendo utilizado cada vez mais no meio agrícola devido às vantagens que apresenta (PERINA, 2017).

O método Meiosi é utilizado no sistema de plantio de ano e meio, onde também se espera uma maior produtividade em razão de abranger dois períodos de maior chuva.

A nova versão da Meiosi apresenta duas principais diferenças em comparação com o método original, ou seja, é utilizada apenas uma, e não duas linhas-mães de cana-de-açúcar, mais o uso de MPBs, que são plantadas em espaçamento de 0,6 m entre mudas.

Na Meiosi faz-se, então, o plantio de uma linha de cana-de-açúcar, com outra cultura interrotacional, em faixas. Seis a sete meses após o plantio da cana, a cultura intercalar é colhida, e os colmos da cana-de-açúcar serão transformados em novas mudas. Assim, essa muda nascida nas linhas da Meiosi é utilizada no plantio de toda a área da lavoura. No plantio é utilizada a chamada “quebra manual” ou “desdobra da linha mãe” da Meiosi (PERINA, 2017).

A desdobra da linha-mãe a partir de uma linha de cana-de-açúcar com seis a sete meses de idade deve ser suficiente para o plantio de 5 linhas de cana-de-açúcar, ou seja, em condições adequadas de crescimento espera-se uma taxa de desdobra de 1:5. Todavia, esta proporção pode sofrer variações para mais ou para menos em função da época de plantio, do tipo de solo, da cultivar utilizada, da qualidade da muda e da idade das canas na hora da desdobra (PERINA, 2017).

Ponciano et al. (2010) afirmam que no plantio mecanizado de cana no Brasil são consumidas, em média, 16 toneladas de colmos por hectare, enquanto o gasto de mudas na Meiosi é de aproximadamente 10 toneladas por hectare, o que gera uma economia de 60%. Outra vantagem econômica do sistema está no transporte da muda, que não tem custo algum, já que a muda da Meiosi é produzida no local do plantio.

A Meiosi apresenta como benefícios: produção de mudas de alta qualidade; redução das despesas de implantação do canavial; renda extra com a cultura de grãos; otimização da estrutura logística e, ainda, aproveitamento da área para o cultivo de leguminosas de grãos como soja e amendoim, ou que serão utilizados para cobertura do solo e adubação verde.

2.3 Suprimento de nitrogênio para a cultura da cana-de-açúcar

O nitrogênio, na forma de N_2 , representa 78,3% dos gases da atmosfera. Nessa forma ele não está diretamente assimilável às plantas, uma vez que elas absorvem, predominantemente, nitrato e amônio. Os processos de conversão da forma de N_2 que permitem sua entrada no solo nas formas assimiláveis pelas plantas, ou em formas precursoras, são a fixação atmosférica, a fixação industrial e a fixação biológica. Dentre elas, a fixação biológica é a mais eficiente e com melhor relação custo/benefício (PRADO, 2008).

No solo, 95% do N total está na forma de N orgânico, como componente da matéria orgânica. A diversidade de compostos orgânicos que contêm N, presentes na matéria orgânica, é muito grande, mas essas formas também não são diretamente assimiláveis pelas plantas e precisam passar por processos de transformação microbiana para serem convertidas em amônio e nitrato. O processo de conversão é chamado mineralização (CANTARELLA, 2007).

Quando a planta absorve amônio ele é, em sua maior parte, assimilado no próprio sistema radicular. Quando o nitrato é a forma absorvida, parte vai ser metabolizada pelo sistema radicular, parte pode ser estocada nas células, e parte vai

ser transportada para as folhas da planta na forma absorvida. A redução do nitrato, que é a primeira etapa da conversão do N absorvido em N orgânico, é feita pela enzima redutase de nitrato, e pode ocorrer tanto nas raízes quanto na parte aérea (MENGEL; KIRKBY, 1987). A maior concentração da enzima nas raízes ou na parte aérea depende da planta e, na cana-de-açúcar, a redutase concentra sua atividade, de modo geral, na parte aérea (PRADO, 2008). Embora ambas as formas, amônio e nitrato, sejam absorvidas pela cana, e apesar do nitrato ser a forma mais abundante no solo, há predileção pela absorção de amônio devido ao menor gasto de energia na conversão a N-orgânico (PENATTI, 2013).

O nitrogênio promove o crescimento vegetativo e reprodutivo das culturas. No processo de assimilação, o N mineral vai ser transformado pela planta em N orgânico, incluindo aminoácidos, proteínas e seus derivados, e clorofila (PENATTI, 2013).

Se o solo não for capaz de fornecer N para as plantas em quantidade suficiente, ou se houver excesso, a planta poderá manifestar sintomas visuais. A deficiência de N em cana-de-açúcar causa diminuição da produtividade. O sintoma inicia nas folhas mais velhas e pode se estender para toda a planta; as lâminas foliares apresentam-se uniformemente verde-claras, os colmos são mais curtos e mais finos, há atraso no desenvolvimento vegetativo, as pontas e margens das folhas tornam-se necróticas prematuramente (LUZ et al., 2017). O amarelecimento das folhas mais velhas é o sintoma mais comum, e está associado à falta de clorofila, que não será mais sintetizada na folha, ou será degradada pela própria planta. Estes processos são responsáveis por causar o amarelecimento, e ocorrem para liberar o N contido ou que estava destinado às partes velhas da planta para suprir a deficiência nas folhas mais novas (PRADO, 2008). Teores de N nas folhas variando entre 18 e 25 g kg⁻¹ são considerados adequados (QUAGGIO et al., 2022), e a deficiência de N é associada a teores menores que 15 g kg⁻¹ (LUZ et al., 2017).

Em caso de excesso de N são observados: coloração verde-escuro, folhagem exuberante, maturação atrasada, acamamento, sistema radicular pouco desenvolvido, tecidos com maior suculência. No caso da cana-de-açúcar, o excesso de N causa diminuição no teor de sacarose (PRADO, 2008).

Admite-se que a quantidade de N absorvida pela cana-de-açúcar seja, em média, de 1,5 kg por tonelada. Em áreas com produção de 120 t ha⁻¹ a quantidade absorvida pode, portanto, ultrapassar 180 kg ha⁻¹ de N (OLIVEIRA et al., 2018).

Apesar da absorção poder ultrapassar 180 kg ha^{-1} de N, são recomendados de 60 a 100 kg ha^{-1} (ROBINSON et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2018). Em outros países grandes produtores de cana-de-açúcar como Índia, China e Austrália, são mencionadas doses muito maiores e iguais, respectivamente, a $150\text{-}400 \text{ kg ha}^{-1}$, $100\text{-}755 \text{ kg ha}^{-1}$ e 160 kg ha^{-1} (ROBINSON et al., 2011).

Para o Estado de São Paulo recomendam-se 30 kg ha^{-1} de N no plantio, e de 30 a 60 kg ha^{-1} de N em cobertura para cana-planta. A adubação nitrogenada da cana-soca varia de 80 a 160 kg ha^{-1} de N, para metas de produtividade variando de <80 a $>140 \text{ t ha}^{-1}$ de colmos (QUAGGIO et al., 2022).

De acordo com Luz et al. (2017), a adubação nitrogenada é a que mais gera controvérsia no que diz respeito às doses e às diferenças de resposta entre cana-planta e cana-soca. De acordo com os autores, há na literatura grande número de relatos de menor resposta da cana-planta à adubação nitrogenada, o que estaria relacionado ao N mineralizado dos restos da própria cultura, ao N mineralizado do solo, ao N do tolete de plantio, às práticas agrícolas de preparo do solo que favorecem o crescimento radicular e, conseqüentemente, a maior absorção e maior fixação biológica de N.

Na produção de mudas de cana pode-se então admitir baixa expectativa de resposta à adubação nitrogenada, mas, ao mesmo tempo, Penatti (2013) recomenda aplicação de doses de N maiores para garantir mudas bem desenvolvidas e com maior vigor para brotação.

Não há recomendação de adubação nitrogenada específica para produção de mudas de cana, independentemente do sistema de produção. Na produção por Meiosi, as linhas de plantas crescem isoladas, com maior incidência de luz, menor competição e maior potencial de produção. É importante otimizar a adubação nesse sistema para aumentar a taxa de desdobra e garantir mudas vigorosas, que são a base para o estabelecimento do canavial.

2.4 Suprimento de potássio para a cultura da cana-de-açúcar

Nos solos o potássio é derivado de minerais silicatados, que podem ser divididos em dois grupos: (i) minerais formados em altas temperaturas, gerados a partir de processos que ocorrem nas rochas ígneas e metamórficas, como feldspatos e micas; (ii) minerais formados a partir dos processos de intemperismo (minerais de

argila, particularmente ilita). Nos solos tropicais, a reserva de K para as plantas é a fração trocável, associada à caulinita, aos óxidos de Fe e Al e à matéria orgânica. Em solos pobres em matéria orgânica, os minerais de argila e os óxidos são os principais responsáveis pelo K^+ trocável, que é avaliado na análise de solo como medida do reservatório disponível (MANNING, 2010).

A disponibilidade do K^+ trocável pode ser limitada nos solos de textura arenosa, que apresentam capacidade de troca de cátions relativamente baixa e, conseqüentemente, retêm pouco K. Esses solos são mais predispostos a perdas do nutriente para camadas mais profundas, abaixo da maior concentração do sistema radicular (MATOS Jr. et al., 2022). Apesar desse nutriente ser pouco móvel no solo, naqueles com textura muito arenosa, abaixo de 200 g kg^{-1} de argila, existe a preocupação com a lixiviação de K para camadas fora do alcance das raízes. Nestes solos, a recomendação é aplicar parte do K no sulco de plantio, pois, como eles geralmente são mais deficientes em K do que os argilosos, é necessário atender a demanda inicial da cultura. O restante do K é aplicado em cobertura. Nos solos mais argilosos essa preocupação não é tão relevante (MATOS Jr. et al., 2022).

O potássio é o nutriente absorvido em maiores quantidades pela cana-de-açúcar, em parte, devido à absorção ou consumo de luxo. Nesse processo, a quantidade absorvida é maior do que a efetivamente utilizada no metabolismo, e não reverte em aumento de produtividade (PENATTI, 2013). A exigência de potássio pela cana-de-açúcar é de aproximadamente $254 \text{ kg de K}_2\text{O}$ para cada 100 t de colmos (OTTO et al., 2019).

Na deficiência de potássio as folhas da cana-de-açúcar apresentam clorose amarelo-alaranjada nas pontas e bordas; aparecem lesões cloróticas entre as nervuras ao longo das margens e pontas das folhas; as folhas mais velhas tornam-se totalmente marrons ou queimadas; os colmos são mais finos; ocorre descoloração vermelha superficial na face superior da nervura principal, ou seja, cortando transversalmente a nervura, observam-se manchas confinadas à epiderme; as folhas mais novas se mantêm verde-escuras; o cartucho fica distorcido, podendo mostrar aparência de leque (PENATTI, 2013; LUZ et al., 2017).

O sintoma de deficiência de potássio aparece associado a teores no solo menores do que $3,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K trocável extraído com resina, e teores foliares menores que 10 g kg^{-1} (LUZ et al., 2017). Nas folhas, a faixa de teores adequados varia entre 10 e 16 g kg^{-1} (QUAGGIO et al., 2022).

No Estado de São Paulo, as doses de K_2O recomendadas para cana-planta variam entre 60 e 220 kg ha⁻¹, dependendo do teor no solo e da produtividade esperada (QUAGGIO et al., 2022).

Os colmos da cana concentram cerca de 55% do total de K extraído pela planta e a outra parte fica nos restos culturais (PENATTI, 2013). Do total que vai para a indústria, a maior parte é reciclada nas áreas de produção de cana como torta de filtro, vinhaça, fuligem e cinzas. Essas fontes, somadas ao K dos restos culturais, pode atender parte significativa da exigência da cultura. Na torta de filtro, na vinhaça e nas cinzas, o K está na forma solúvel e tem liberação rápida. A liberação dos restos culturais também ocorre rapidamente porque o K contido nos tecidos é encontrado preferencialmente no citoplasma das células (CASTRO, 2016) e não necessita passar pelo processo de mineralização para ser disponibilizado. Oliveira et al. (1999) avaliaram o processo de decomposição da palha da cana durante um ano e determinaram liberação de 85% do K contido no material, ou seja, cerca de 55 kg ha⁻¹ de K.

Apesar da reciclagem eficiente tem-se que, de modo geral, a cana responde à adubação potássica, seja cana-planta, seja cana-soca. Otto et al. (2010) avaliaram o efeito de doses de potássio para cana-planta e obtiveram produtividade máxima com a aplicação de 130 kg ha⁻¹ de K_2O parcelados em duas aplicações (metade no plantio e metade em cobertura), ou 150 kg ha⁻¹ em dose única (100% no plantio).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

A área experimental localiza-se na Fazenda Belo Horizonte, município de Jaboticabal, que se situa no Centro-Norte do Estado de São Paulo. As coordenadas do local do experimento são 21°15'47" de latitude Sul e 48°22'32" de longitude Oeste, com altitude de 676 metros.

O clima da região onde o experimento foi instalado é Aw segundo classificação de Koeppen-Geiger, ou seja, é tropical, com a estação chuvosa no verão-outono (de novembro a abril) e a estação seca no inverno-primavera (de maio a outubro). A precipitação média anual e a temperatura média anual, com base em dados coletados nos últimos cinco anos, é equivalente a 1.312 milímetros e 22,1° C, respectivamente. O solo do local é Argissolo Vermelho-Amarelo arenoso, com teor de argila de 20%, no qual é realizado o plantio de cana-de-açúcar a mais de 30 anos.

Antecedendo o início do experimento foi realizada a amostragem de solo no local, com o auxílio de enxadão. A amostra foi composta por 20 subamostras, coletadas nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm.

A análise química do solo do local onde o experimento foi instalado é apresentada na tabela 1. Os métodos utilizados estão descritos em Raij et al. (2001).

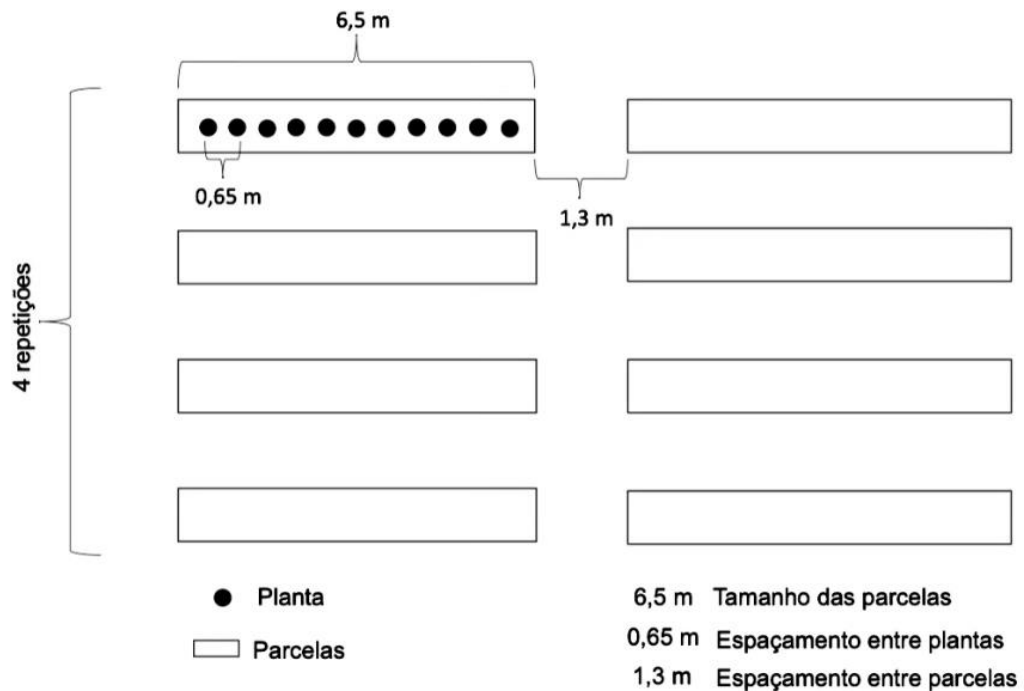
Tabela 1. Atributos químicos do solo do local onde o experimento foi instalado.

Prof.	P resina	MO ¹	pH CaCl ₂	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al ²	SB ³	CTC ⁴	V ⁵
cm	mg dm ⁻³	g dm ⁻³				mmol _c dm ⁻³				%
0-20	29	27	5,4	1,5	38	15	24	55	79	69
20-40	11	16	4,9	0,5	20	6	26	27	53	50

¹MO: matéria orgânica; ² H+Al: acidez total; ³SB: somas de bases; ⁴CTC: capacidade de troca de cátions; ⁵ V: índice de saturação por bases.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi instalado em um talhão de reforma de cana-de-açúcar, com linhas-mãe de Meiosi (uma linha), espaçadas por 20 linhas de soja (12 metros). O experimento foi composto por 12 tratamentos resultantes da combinação fatorial de quatro doses de nitrogênio (0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹) e três doses de potássio (0, 30 e 60 kg ha⁻¹ de K₂O), em blocos ao acaso e com 4 repetições. Sendo assim, havia 48 parcelas que apresentavam 6,5 metros de comprimento, com espaçamento de 65 cm entre as plantas. Entre as parcelas foi deixado espaço de 1,3 m.

Figura 1. Representação esquemática do delineamento do experimento.

3.3 Instalação e condução do experimento

Na instalação do experimento foi feita abertura dos sulcos com cerca de 35 cm de profundidade, utilizando sulcador mecânico e, na operação de abertura dos sulcos, foi feita a adubação de plantio. Foram aplicados 31,5 kg ha⁻¹ de N, 153 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 49,5 kg ha⁻¹ de K₂O (450 kg ha⁻¹ da fórmula 07-34-11). Na implantação das linhas-mãe o plantio de mudas pré-brotadas foi feito com matraca e irrigado com uma lâmina de 10 mm. O espaçamento utilizado entre as mudas foi de 65 centímetros, totalizando 10 plantas por parcela, no dia 30-09-2019. A variedade usada foi a RB855156.

A adubação com nitrogênio e potássio conforme os tratamentos foi feita manualmente, de modo a buscar a maior uniformidade possível na distribuição do adubo nas parcelas. Na primeira adubação em cobertura, feita em 25-11-2019, foi aplicado N nas doses 0, 8, 16 e 24 Kg ha⁻¹ e K₂O nas doses 0, 12 e 24 Kg ha⁻¹ equivalentes a 40% da dose total. Na segunda adubação em cobertura, feita em 02-04-2020, foi aplicado N nas doses 0, 12, 24 e 36 Kg ha⁻¹ e K₂O nas doses 0, 18 e 36 Kg ha⁻¹ equivalente a 60% da dose total. Após as adubações foi feita irrigação para controle das perdas de N por volatilização.

3.4 Coleta e tratamento estatístico dos dados

A colheita foi realizada manualmente nos dias 02/04/2020 e 03/04/2020, cortando os colmos das 6 plantas centrais da parcela a aproximadamente 5 cm da base. Deste modo, foram deixadas duas plantas em cada extremo da parcela como bordaduras. As variáveis avaliadas foram número de colmos, número de gemas e altura dos colmos. As medidas foram feitas em todos os colmos das 6 plantas da área útil.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (teste F) e, nos casos de efeitos significativos das doses de N e K, os efeitos isolados e as interações foram avaliados por regressão polinomial.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão os resultados da análise de variância para altura, número de colmos e número de gemas das mudas de cana-de-açúcar cultivadas em Meiosi, em função das doses de nitrogênio e potássio. A altura média dos colmos foi de 1,35m, e foram produzidos 13 colmos por metro e 144 gemas por metro, em média. Observa-se que para nenhuma das variáveis houve resposta das plantas, indicando que, na área em estudo, a adubação com N e K em cobertura pode ser feita apenas com o propósito de manutenção das condições de fertilidade do solo.

A resposta da cana-planta à adubação nitrogenada é, geralmente, menor que da cana-soca. Por isso, as doses para cana-planta são de 30 (plantio) mais 60 a 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura, e podem chegar a 160 kg ha⁻¹ em cana-soca, quando a expectativa de produtividade ultrapassa 140 t ha⁻¹ (QUAGGIO et al., 2022). Apesar disso, Penatti (2013) comenta que em viveiros de produção de mudas para plantio comercial, é recomendável a aplicação de doses maiores de N para garantir mudas bem desenvolvidas e com maior vigor para a brotação. No entanto, é preciso considerar que a resposta da cana-de-açúcar à adubação, como ocorre com outras espécies, depende de vários fatores associados ao solo e ao manejo, ao clima e à planta. O experimento foi conduzido em solo arenoso, com teor de matéria orgânica de 27 g dm⁻³ na camada de 0-20 cm (Tabela 1), que é considerado alto por Souza e Lobato (2004). A matéria orgânica é o principal reservatório de nitrogênio do solo, uma

vez que nela se concentram 95% do N_{total} (CANTARELLA, 2007). Desse modo, o solo em que o experimento foi instalado apresentava alto potencial de fornecimento de N e isso justifica, em parte a não resposta da planta à adubação. Franco et al. (2008) avaliaram a resposta da cana à adubação nitrogenada usando ^{15}N em dois experimentos instalados em Latossolos Vermelhos e determinaram que o N absorvido da ureia representou, em média, 11,7% do N total acumulado na planta toda. Em função desse resultado, os autores argumentaram que as principais fontes de N para a cultura de cana-de-açúcar no ciclo de cana-planta devem ter sido a mineralização do N da matéria orgânica do solo e dos resíduos culturais, e a fixação biológica do N_2 atmosférico por microrganismos.

Tabela 1. Altura, número de colmos e número de gemas de mudas de cana-de-açúcar produzidas por Meiosi em função de doses de nitrogênio e potássio.

Adubação	Altura (m)	Colmos (nº/m)	Gemas (nº/m)
N (kg ha^{-1})			
0	1,34	13,35	148,6
20	1,32	13,19	139,7
40	1,35	13,17	143,4
60	1,38	13,23	145,7
Média	1,35	13,24	144,4
K ($\text{kg ha}^{-1} \text{K}_2\text{O}$)			
0	1,35	12,80	140,7
30	1,36	13,33	146,1
60	1,33	13,58	146,3
Média	1,35	13,24	144,4
Teste F ¹			
N	1,41ns	0,07ns	1,53ns
K	0,37ns	2,21ns	1,49ns
NxK	0,87ns	1,13ns	2,07ns
CV% ²	5,24	8,04	7,27

¹ ns = não significativo; ² CV = coeficiente de variação

Na área do experimento havia condições muito favoráveis para a mineralização do N, uma vez que foi feito preparo de solo com aração, gradagem e abertura dos sulcos a aproximadamente 35 cm de profundidade, o que implica no revolvimento de um grande volume de solo, com aumento da aeração, quebra de agregados e exposição da matéria orgânica fisicamente protegida. Essas condições favorecem a atividade decompositora dos microrganismos, que resulta na conversão

do N orgânico não disponível às formas de NH_4^+ e NO_3^- , que são as formas absorvidas pelas plantas. Como ocorreu no presente trabalho, Oliveira et al. (2016) relataram ausência de resposta da cana, cultivar RB867515, cultivada em Meiosi com crotalária, a doses de N entre 40 e 160 kg ha^{-1} , e atribuíram a não resposta à mineralização de N do solo.

A imobilização de N na fase inicial de crescimento das mudas não pode ser descartada porque a relação C/N da palha é alta (60 a 100, segundo Oliveira et al., 1999 e Penatti, 2013), mas devido a incorporação dos restos culturais em época quente e úmida, deve ter sido de curta duração, e na fase de menor demanda de N pelas plantas.

A quantidade de palha que fica no solo a cada ano após a colheita da cana-de-açúcar varia de 10 a 30 t ha^{-1} de matéria seca (FRANCO et al., 2013). Menandro et al. (2017) obtiveram produção de palha equivalente a 14 t ha^{-1} (40% ponteiros e 60% folhas secas), com concentrações de N de 8,5 e 3,4 g kg^{-1} nos ponteiros e nas folhas secas de cana-de-açúcar, respectivamente, e liberação de 34,4 kg ha^{-1} de N, a partir da decomposição da palha (ponteiros + folhas secas) deixada sobre o solo, em um ano. A liberação dos nutrientes da palha que decompõe sobre o solo é lenta, mas quando incorporada ao solo, em condições adequadas de umidade, temperatura e aeração, ocorre mais rapidamente. Assim, pode-se admitir que as mudas de cana que cresceram na área do experimento receberam cerca de 30 kg ha^{-1} de N via adubação de plantio, mais, pelo menos, quantidade equivalente a partir da decomposição dos restos culturais que, no caso, incluem a palha, a soqueira e as raízes.

Ainda, nas áreas de produção de cana-de-açúcar, admite-se que parte da demanda da planta seja atendida pela fixação biológica de N_2 . Urquiaga et al. (2012) estimaram que a cultura da cana-de-açúcar pode obter no mínimo 40 kg ha^{-1} de N por ano a partir da fixação biológica.

Deste modo, pode-se admitir que o somatório das entradas naturais de N na área do experimento, mais os 30 kg ha^{-1} aplicados no plantio das mudas, foi suficiente para atender a demanda das plantas, justificando a não resposta da cultivar RB855156, que é indicada para ambientes médios a desfavoráveis e classificada como rústica em relação ao perfil de resposta (XAVIER et al., 2020), por isso, não deve apresentar alto potencial de resposta à adubação.

Se a resposta da cana-planta à adubação nitrogenada pode não ocorrer pelos fatores discutidos anteriormente, a resposta à adubação potássica é esperada, mas não ocorreu nas condições do experimento (Tabela 2), apesar dos teores baixo ($1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e muito baixo ($0,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) de K trocável existentes nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade (Tabela 1). Nesse caso, atribui-se a não resposta particularmente ao fornecimento de K dos restos culturais da cana que foi incorporado ao solo antes do plantio. Admitindo-se cerca de 60 kg ha^{-1} de K_2O dos restos culturais (OLIVEIRA et al., 1999), e somando à esta quantidade a dose de plantio (aproximadamente 50 kg ha^{-1} de K_2O), têm-se cerca de 110 kg ha^{-1} , que atenderam às necessidades das plantas.

5 CONCLUSÃO

A adubação com N e K em cobertura para mudas de cana-de-açúcar, cultivar RB855156, cultivadas em Meiosi, não resultou em aumento na altura dos colmos, no número de colmos e no número de gemas, indicando que os 30 kg ha⁻¹ de N e os 50 kg ha⁻¹ de K₂O aplicados no plantio foram suficientes para atender às necessidades das plantas.

6 LITERATURA CITADA

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (eds) **Fertilidade do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.

CASTRO, P.R.C. **Fisiologia aplicada à cana-de-açúcar**. Piracicaba: STAB, 2016. 208p.

FRANCO, H. C. J.; TRIVELIN, P. C. O.; FARONI, C. E.; VITTI, A. C.; OTTO, R. Aproveitamento pela cana-de-açúcar da adubação nitrogenada de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2763-2770, 2008.

FRANCO, H.C.J.; PIMENTA, M.T.B.; CARVALHO, J.L.N.; MAGALHÃES, P.S.G.; ROSSELL, C.E.V.; BRAUNBECK, O.A.; VITTI, A.C.; KÖLLN, O.T.; ROSSI NETO, J. Assessment of sugarcane trash for agronomic and energy purposes in Brazil. **Scientia Agricola**, v.70, p.305–312, 2013.

LANDELL, M.G.A et al. Cana-de-açúcar. In: AGUIAR, A.T.E.; GONÇALVES, C.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; TUCCI, M.L.S.; CASTRO, C.E.F. (eds) **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. 7. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 2014. p.106-113. (Boletim, 200)

XAVIER, M.A. et al. **Gemas brotadas de cana-de-açúcar**: produção sustentável e utilização experimental na formação de áreas de multiplicação. Campins: Instituto Agrônômico, 2020. 52p (Documentos IAC, 115)

LUZ, P.H.C.; QUINTINO, T.A.; SILVA, F.C. COLETI, J.T.; BET, J.A. Nutrição mineral e fertilização em cana-de-açúcar. In: SILVA, F.C.; ALVES, B.J.R.; FREITAS, P.L. (eds) **Sistema de produção mecanizada da cana-de-açúcar integrada à produção de energia e alimentos**. Brasília: Embrapa, 2017. p. 656-730.

MANNING, D.A.C. Mineral sources of potassium for plant nutrition. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v.30, p.281–294, 2010.

MATOS Jr, D.; BOARETTO, R.M.; QUAGGIO, J.A. Potássio. In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; MATOS Jr., D.; BOARETTO, R.M.; RAIJ, B. van **Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2022. p.106-112.

MENANDRO, L.M.S.; CANTARELLA, H.; FRANCO, H.C.J.; KÖLLN, O.T.; PIMENTA, M.T.B.; SANCHES, G.M.; RABELO, S.C.; CARVALHO, J.L.N. Comprehensive assessment of sugarcane straw: implications for biomass and bioenergy production. **Biofuels, Bioproducts & Biorefining**, v. 11, p.488–504, 2017.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.

OLIVEIRA, M.W.; MACÊDO, G.A.R.; MARTINS, J.A.; SILVA, V.S.G.; OLIVEIRA, A.B. Mineral nutrition and fertilization of sugarcane. **Sugarcane. Technology and Research**, v. 1, p. 169-191, 2018.

OLIVEIRA, M.W.; OLIVEIRA, T.B.A.; BEZERRA, J.D.C.; OLIVEIRA, A.S.; SILVA, V.S.G. Adubação nitrogenada na produção de mudas de cana-de-açúcar pelo sistema de Meiosi. In: Congresso Internacional de Ciências Agrárias-COINTER, PDV-Agro2016. Disponível em: [https://www.Vinhaça%20e%20cana/Oliveira%20et%0al%20\(2016\)%20ADUBACAO_NITROGENADA_NA_PRODUCAO_DE_MUDAS_DE_CANA-.pdf](https://www.Vinhaça%20e%20cana/Oliveira%20et%0al%20(2016)%20ADUBACAO_NITROGENADA_NA_PRODUCAO_DE_MUDAS_DE_CANA-.pdf). Acesso em: 19 dez 2022.

OLIVEIRA, M.W.; TRIVELIN, P.C.O.; PENATTI, C.P.; PICCOLO, M.C. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p. 2359-2362, 1999.

OTTO, R.; ALTARUGIO, L.M.; SANCHES, G.M. Atualizações sobre exigências nutricionais da cana-de-açúcar para fins de manejo da adubação. **Informações Agrônomicas NPCT**, n.3. p1-20, 2019.

OTTO, R.; VITTI, G. C.; LUZ, P. H. D. C. Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1137-1145, 2010.

PENATTI, C.P. **Adubação da cana-de-açúcar: 30 anos de experiência**. Ottoni Editora, Itu, 2013. 347p.

PERINA, O.T. **Análise de viabilidade técnica econômica de diferentes métodos de implantação de canaviais em relação ao método inter-rotacional**. Piracicaba: ESALQ, 2017. 75 p.

PINTO, A.C.P.; MORAES, E.E. **Equipamento distribuidor de toletes para plantio de cana-de-açúcar**. In: SEMINÁRIO COPERSUCAR DE TECNOLOGIA AGRÔNOMICA, 7., 1997, Piracicaba. Anais ... Piracicaba: Copersucar, 1997. P. 213-231. Prentice Hall, 6. ed., 1999. 499 p.

PONCIANO, N.J.; FERNANDES, P.G.; SOUZA, P.M.; NEY, M.G. COSTA, J.B. Avaliação econômica do cultivo de cana no sistema convencional e no sistema Meiosi. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL. Tecnologias, Desenvolvimento e Integração Social, 48., Campo Grande, MS. **Anais**. Campo Grande, 2010.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. 8. ed. São Paulo: Ed. da UNESP, 2008.

QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; RAIJ, B. VAN; OTTO, R.; PENATTI, C.P.; ROSSETTO, R.; VITTI, G.C.; KORNDÖRFER, G.H.; TRIVELIN, P.C.O.; MELLIS, E.V.; FRANCO, H.C.J.; GAVA, G.J.C.; VITTI, A.C.; DIAS, F.L. Cana-de-açúcar. In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; MATTOS JR., D.; BOARETTO, R.M.; RAIJ, B. VAN (eds) **Boletim 100**: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agronômico, 2022. p. 177-186.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 235 p.

RIDESA. **Catálogo nacional de variedades “RB” de cana-de-açúcar**. Curitiba: RIDESA, 2010. 136p.

RIDESA. **Censo varietal 2017/18**. Disponível em: https://www.ridesa.com.br/_files/ugd/097ffc_5f6c8bc9e43d418abb3b9572a2164788.pdf. Acesso em 16/jan/2023.

ROBINSON, N.; BRACKIN, R.; VINALL, K.; SOPER, F.; HOLST, J. Nitrate paradigm does not hold up for sugarcane. **Plos One**, v.6, e19045, 2011.

ROSSETTO, R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C. Fertilidade do solo, nutrição e adubação. In: MIRANDA, L. L. D.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Ed.). **Cana-de-açúcar: Cultivo e utilização**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008. 882 p.

RUIZ, L. Meiosi x Cantosi: Qual o melhor sistema de Plantio? Ribeirão Preto: 26 abr. 2018. Disponível em: <http://www.canaonline.com.br/conteudo/meiosi-x-cantosi-qual-omelhor-sistema-de-plantio.html>. Acesso em 12 dec. 2018

SAMPAIO, L. al. Emergência de plântulas de cana-de-açúcar no sistema de mudas pré brotadas. In: CONGRESSO ESTADUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IF GOIANO, 4., 2015, Goiânia. Anais.... Morrinhos: – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos - GO, 2015. v. 1, 2p. Disponível em: Acesso em: 25 jun. 2016.

SILVA, J.P.N.; SILVA, M.N. **Noções da Cultura da Cana-de-Açúcar**. Rede e-Tec Brasil, 106p, 2012.

SOUSA, D.M.G & LOBATO, E., eds. Cerrado: Correção do solo e adubação. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2004b. 416p.

URQUIAGA S.; XAVIER, R.P.; MORAIS, R.F.; BATISTA, R.B.; SCHULTZ, N.; LEITE, J.M.; SÁ, J.M.; BARBOSA, K.P.; RESENDE, A.S.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M. Evidence from field nitrogen balance and 15N natural abundance data of the contribution of biological N₂ fixation to Brazilian sugarcane varieties. **Plant Soil**, v356, p.5–21, 2012.