

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA CANA-DE-AÇÚCAR

João Paulo Blanco Vidotti

JABOTICABAL – SP

1º Semestre/2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA CANA-DE-AÇÚCAR

JOÃO PAULO BLANCO VIDOTTI

Orientador: Prof. Dr^a. Carolina Fernandes

Coorientador: Prof. Dr^a. Luciana Cristina Souza Merlino

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP,
Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para
graduação em ENGENHARIA AGRONÔMICA.

JABOTICABAL – SP

1º Semestre/2021

V654a Vidotti, João Paulo Blanco
Adubação potássica em cana-de-açúcar / João Paulo Blanco Vidotti. --
Jaboticabal, 2021
25 p. : tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) -
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias, Jaboticabal

Orientadora: Carolina Fernandes
Coorientadora: Luciana Cristina Souza Merlino

1. Cana-de-açúcar. 2. Potássio. 3. Produtividade agrícola. 4. Cloreto de
potássio. 5. Adubos e fertilizantes. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL

DEPARTAMENTO: CIÊNCIAS DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO
TRABALHO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

TÍTULO: ADUBAÇÃO POTÁSSICA EM CANA-DE-AÇÚCAR.

ACADÊMICO: João Paulo Blanco Vidotti

CURSO: Engenharia Agrônômica

ORIENTADORA: Profa. Dra. Carolina Fernandes

COORIENTADORA: Profa. Dra. Luciana Cristina Souza Merlino

Aprovado e corrigido de acordo com as sugestões da Banca Examinadora

BANCA EXAMINADORA:

Presidente Profa. Dra. Carolina Fernandes

Membro Me. Anderson Prates Coelho

Membro Me. Gelza Carliane Marques Teixeira

Gelza Carliane Marques Teixeira

Jaboticabal 28 / 07 / 2021

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 03 / 08 / 2021 "Ad referendum"

Chefe do Departamento

Á Deus por tantas bênçãos em minha vida.

Aos meus pais José Carlos e Marina e meus irmãos Marco Antônio e Maria
Luisa que sempre foram minha base.

DEDICO !

AGRADECIMENTOS

Á Deus por tudo que fez e faz em minha vida, com fé nada é impossível.

A toda minha família, que é minha base, tudo que faço é por vocês.

A Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Jaboticabal e todo seu corpo docente, direção e administração. Minha eterna gratidão a cada um de vocês.

A minha orientadora Prof^a. Dr^a. Carolina Fernandes e a coorientadora Prof^a. Dr^a. Luciana Cristina Souza Merlino por todo suporte, atenção, incentivo e ensinamentos durante o tempo em que lhes coube.

A toda a banca que se faz presente, ao menos virtualmente, durante este momento delicado em que vivemos.

Aos meus amigos por todo o apoio e incentivo.

À nossa saudosa “República Rancho Fundo” por todo o tempo vivido e tantas histórias que levarei para toda vida. Obrigado a cada um de vocês, meus irmãos.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte e/ou contribuíram para minha formação, minha eterna gratidão.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

	PÁGINA
RESUMO.....	vii
SUMMARY.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3.1 Aspectos gerais sobre a cultura da cana-de-açúcar.....	4
3.1.1 Cana-de-açúcar: origem, história e chegada ao Brasil.....	4
3.1.2 A importância da cana-de-açúcar para a economia brasileira.....	5
3.1.3 Características ideais de clima e solo.....	7
3.2 Potássio – solo e planta.....	8
3.2.2. Fertilizantes potássicos minerais.....	11
3.3. Vinhaça.....	14
3.3.2 Técnicas e métodos para aplicação de vinhaça em canaviais, por meio de fertirrigação.....	17
3.4 Exigências nutricionais de potássio pela cana-de-açúcar na atualidade.....	20
4. CONSIDERAÇÕES.....	22
5. REFERÊNCIAS.....	23

Resumo

Diante do intenso aumento populacional ao longo dos anos, a busca pela ampliação da produção de alimentos é constante. Soma-se isso, ao engajamento cada vez mais crescente da população em relação a temas ambientais, o que dificulta à abertura de novas áreas de produção, tornando o aumento de produtividade a solução mais viável e sustentável para o suprimento da produção de alimentos. O acréscimo populacional também acarreta em um aumento no consumo de energia. Sabendo que os combustíveis fósseis ainda são a principal fonte energética mundial, o aumento na produção de alimentos traz mais uma solução para os problemas futuros, a produção de bioetanol através do processamento de culturas como: milho, beterraba e principalmente a cana-de-açúcar, no caso do Brasil. O estudo teve como objetivo a realização de um levantamento bibliográfico sobre a importância do potássio na cultura da cana-de-açúcar, analisando as alterações nas recomendações que ocorreram nos últimos anos e o que essas alterações influenciaram na qualidade do produto colhido e na produtividade alcançada em função de diversos fatores. Na análise da cana planta, houve uma diminuição da quantidade de K_2O recomendada para aplicação no sulco de plantio, corroborando outros estudos que analisam a importância do parcelamento na adubação de plantio. Elevou-se a quantidade recomendada para adubação de cobertura, tanto na cana planta quanto na cana soca. A explicação para este aumento é devido ao incremento de produtividade ao longo dos últimos anos, exigindo mais potássio não só para possibilitar a

produção, como a necessidade de reposição do potássio extraído com a colheita da cana.

Palavras-chave: cana-de-açúcar, potássio, produtividade agrícola, cloreto de potássio, adubos e fertilizantes.

Abstract

In view of the intense population increase over the years, the search for the expansion of food production is constant. In addition to this, the population's growing engagement in relation to environmental issues makes it difficult to open new production areas, making increased productivity the most viable and sustainable solution for supplying food production. The increase in population also leads to an increase in energy consumption. Knowing that fossil fuels are still the main energy source in the world, the increase in food production brings one more solution to future problems, the production of bioethanol through the processing of crops such as corn, beetroot and especially sugarcane, in the case of Brazil. This study aimed to carry out a literature review on the importance of potassium in the sugarcane crop, analyzing the changes in the recommendations that have occurred in recent years and what these changes have influenced the quality of the harvested product and productivity. Achieved as a function of several factors. In the analysis of plant cane, it was reported that there was a decrease in the amount of K_2O recommended for application in the planting furrow, corroborating other studies that analyze the importance of splitting in planting fertilization. The recommended amount for top-dressing fertilization was also increased, both for plant and ratoon sugarcane. The explanation for this increase is due to the increase in productivity over the last few years, requiring more potash not only to increase production, but also the need to replace the potash extracted with the sugarcane harvest.

Key words: sugarcane, potassium, agricultural productivity, potassium chloride, fertilizers.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é atualmente o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, com área estimada destinada a produção da cultura em 8,4 milhões de hectares, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor nacional (CONAB, 2021). Dentre os diversos setores do agronegócio, o sucroalcooleiro esteve entre os cinco principais exportadores no ano de 2020, com participação de 9,9% do total exportado pelo setor agropecuário no ano, totalizando um valor exportado de US\$ 9,99 bilhões (BRASIL, 2020).

Diante deste cenário positivo para o setor sucroalcooleiro, a demanda por novas tecnologias e soluções, visando o aumento de produtividade é cada vez mais intensa e necessária. Novas técnicas de manejo foram adotadas, como controle biológico de pragas, além de maior acompanhamento e atenção as exigências nutricionais da planta, maior frequência e análises da fertilidade do solo, o que possibilitou ganhos de produtividade nos canaviais. Atualmente, um dos maiores focos na busca por maiores produtividades e longevidade de canaviais é a busca pelo equilíbrio entre as necessidades nutricionais da planta, considerando a variação nos tipos de solo destinados para o cultivo em cada região, a forma de aplicação dos nutrientes e a viabilidade econômica.

A alta produtividade de um canavial depende de inúmeras variáveis, como as citadas no parágrafo anterior, porém uma delas é possível manejar com maior eficiência, graças a estudos e ao maior conhecimento da fisiologia das plantas atualmente, o fornecimento dos nutrientes necessários para uma

boa produtividade. Segundo Kinpara (2003): “Os solos brasileiros, em geral, apresentam carência em K. Um dos motivos é que a forma solúvel, utilizada pela planta, é facilmente lixiviada no perfil do solo [...]”. Além disso, o K é o nutriente mais absorvido pela cana-de-açúcar (OTTO et al. 2010). Devido a esse e outros estudos relacionados à deficiência de potássio em solos brasileiros, hoje sabemos a importância e as necessidades deste nutriente para uma alta produtividade, podendo ser aplicado em diferentes formas e dosagens, a depender das variações regionais do local de cultivo.

2. OBJETIVOS

Objetiva-se realizar um levantamento bibliográfico sobre o uso de fertilizantes potássicos na cultura da cana-de-açúcar, verificando as alterações nas recomendações que aconteceram nos últimos anos e o que essas alterações influenciaram na qualidade do produto colhido e produtividades alcançadas em função de diversos fatores de produção como: tipos de solo, clima, fontes de potássio, entre outros.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Para atingir os objetivos estabelecidos, realizou-se uma revisão de literaturas que possibilitou a verificação da influência da adubação potássica na cana-de-açúcar, sob um enfoque amplo. Para maior facilidade de abordagem do tema, foi feito uso de itens e subitens, que abordaram os aspectos mais importantes relacionados ao tema.

3.1. Aspectos gerais sobre a cultura da cana-de-açúcar

3.1.1 Cana-de-açúcar: origem, história e introdução no Brasil

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) teve origem na Nova Guiné, uma ilha no sudoeste do Oceano Pacífico, de clima tropical. Porém, foi na Índia onde foram encontrados os primeiros registros sobre a sua existência. Somente no ano de 1493 a cana-de-açúcar foi introduzida na América, mais precisamente na atual região da República Dominicana, pelo navegador português Cristóvão Colombo. No Brasil, o cultivo da cana-de-açúcar teve sua origem na Capitania de São Vicente, região litorânea do atual Estado de São Paulo, trazida de acordo com registros, por Martim Affonso de Souza, no ano de 1532. Na mesma região, Martim construiu o primeiro engenho de açúcar que se tem registro em solo brasileiro (MACHADO, 2003).

A partir destes acontecimentos, houve a difusão da produção de cana-de-açúcar para outras regiões do Brasil, principalmente na região nordeste, mais precisamente nas Capitanias de Pernambuco e da Bahia, onde a

multiplicação de novos engenhos de açúcar foi intensa e de extrema importância para o desenvolvimento daquelas regiões (MACHADO, 2003). Como disse Machado (2003): “Era o início de uma indústria que encontrou no Brasil, dentre todas as nações que mais tarde também se tornariam produtoras, seu campo mais fértil para uma rápida expansão e perpetuação [...]”.

Desde a introdução dos primeiros canaviais e engenhos de açúcar no Brasil, passaram-se quase quinhentos anos. Durante esse tempo sucederam incontáveis fatos históricos no Brasil e no mundo, no entanto, após quase cinco séculos, a cultura da cana-de-açúcar segue como importante setor para a economia brasileira, sendo o Brasil atualmente o maior produtor do mundo desta cultura milenar.

3.1.2 A importância da cana-de-açúcar para a economia brasileira

Desde a chegada da cultura ao Brasil, até o ano de 1822, admite-se que a arrecadação com a comercialização de açúcar tenha sido o dobro da obtida com o ouro e aproximadamente cinco vezes a obtida com todas as outras culturas agrícolas juntas (MACHADO, 2003). Fatos estes que comprovam a importância da cultura no período do Brasil império.

Atualmente o setor sucroenergético emprega mais de 261 mil pessoas de forma direta, somente no setor primário, ou seja, no campo; além de empregar mais de 175 mil trabalhadores no segmento agroindustrial, totalizando mais de 430 mil trabalhadores empregados de forma direta pelo setor canavieiro no País (CEPEA, 2021); contando com mais de 400 usinas distribuídas por todo o país, sendo os Estados de São Paulo, Minas Gerais e

Goiás os que abrigam o maior número de usinas, respectivamente (NOVA CANA, 2021). O número de empregados pelo setor vem caindo quando comparado às últimas décadas. Do ano de 2008 a 2016 houve queda de 38% no número de empregos (CEPEA, 2018). Isso se dá devido ao avanço da tecnologia no setor, que possibilitou a substituição da mão de obra braçal por maquinários eficientes e automatizados, tanto no campo quanto nas usinas. No entanto, o número de empregos formais para trabalhadores com mais de 13 anos de estudos cresceu 39% no mesmo período (CEPEA, 2018), confirmando a tendência de aumento de vagas para trabalhadores mais especializados.

Os números atuais de produção e exportação refletem o bom momento vivido pelo setor. O Brasil é atualmente o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, sendo destinada para produção da cultura uma área de 8,4 milhões de hectares. A estimativa de produção para a safra 2021/2022 é de aproximadamente 628 milhões de toneladas, resultando em uma produção estimada de 27 bilhões de litros de etanol e 38,9 milhões de toneladas de açúcar (CONAB, 2021). No ano de 2020 o setor sucroalcooleiro somou US\$ 9,9 bilhões em valores de exportação, representando 9,9% do total exportado pelo agronegócio brasileiro (BRASIL, 2020).

Outro importante produto que vem chamando a atenção nos últimos anos é a produção de energia limpa e renovável proveniente do processo de moagem da cana-de-açúcar. A bioeletricidade gerada a partir do bagaço da cana já é a 4ª fonte mais importante para a matriz elétrica brasileira, tendo produzido no ano de 2020, 22,6 mil GWh, o que representa 82% do total de geração de energia elétrica a partir de biomassa no país. Estima-se que o

Brasil tenha potencial técnico para produzir 148 mil GWh, caso ocorra o aproveitamento pleno da biomassa proveniente dos canaviais, o que representaria 30% do consumo de energia no Sistema Integrado Nacional (UNICA, 2021).

3.1.3 Características ideais de clima e solo

A cana-de-açúcar teve sua origem em regiões de clima tropical, sendo uma cultura que se adapta muito bem a climas que tenham estações quentes e úmidas, seguidas por estações frias e secas. Esta boa adaptação às condições climáticas citadas, se dão graças a sua alta taxa fotossintética, entre outras características típicas de plantas C4.

Para o bom desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar, a precipitação acumulada deve superar os 1.000 milímetros por ano, sendo que a cultura tem duas fases principais no seu ciclo de desenvolvimento, o crescimento vegetativo, fase em que é necessário um clima quente e úmido, e em seguida a fase de maturação, que é beneficiada pelo clima mais ameno e seco, o que favorece o acúmulo de sacarose pela planta (MARÍN, 2008).

Apesar de ser conhecida pela sua boa adaptabilidade a diferentes tipos e condições de solos, a cana-de-açúcar apresenta produtividades muito superiores quando cultivada em solos de alta fertilidade, bem corrigidos e com boas condições físicas. Solos profundos, com boa fertilidade e alta retenção de umidade são considerados ideais para o seu cultivo (MARÍN, 2008).

O acúmulo de nutrientes pela cana-de-açúcar é bastante elevado, sendo o potássio o elemento mais absorvido pela cultura. A ordem de absorção de

macronutrientes pela planta segue a seguinte ordem decrescente: $K > N > Ca > S > P > Mg$. Para cada tonelada de colmo produzido é absorvido pela planta, em média, 2,5 kg de N, 0,33 kg de P e 5,35 kg de K, dados que confirmam a alta demanda de potássio pela cultura. Vale ressaltar que a colheita é a maior responsável pela extração de nutrientes acumulados pela cultura, sendo responsável por 60% a 90% desta extração, justificando desta forma a alta demanda de nutrientes pela cultura a cada ciclo (SALVIANO et al., 2017).

A maior parte das variações que influenciam a eficiência da produção de cana-de-açúcar é representada por elementos climáticos, chegando a 43%, em alguns casos. Já o solo representa, em média, 15% da variabilidade total. Desse modo, solo e clima representam juntos 58% da variabilidade total de produção (ASSAD et al., 2009).

3.2. Potássio – solo e planta

O potássio (K) é um elemento químico encontrado em todas as células vivas. No solo é encontrado na forma de cátion (K^+), sendo absorvido desta mesma forma pelas plantas. Uma das funções do K é o auxílio na regulação do fluxo de água na planta, através das membranas celulares, além de ajudar na regulação de diversos processos químicos e enzimáticos (REETZ, 2017). O K não forma compostos orgânicos nas plantas, por este motivo é facilmente retornado ao solo por meio de resíduos vegetais (MELO, 2008).

É comum ouvirmos os termos “K trocável” e “K não trocável” em literaturas e trabalhos científicos, isso se dá devido aos diferentes métodos de extração do potássio em estudos de fertilidade do solo. O K trocável é

considerado a quantidade de K disponível para a planta de modo imediato, pois está retido com menor energia pelo solo, portanto é mais facilmente transferida para a solução do solo. Já o K não trocável está retido com maior energia pelo solo, mas também pode contribuir para a nutrição da planta. Ambas as formas se encontram em equilíbrio no solo, diante da absorção pela planta do K que se encontra na solução do solo, a mesma é reabastecida com o K trocável (retido com menor energia pelo solo) e à medida que as fontes de potássio diminuem o K não trocável é então liberado pelo solo, mantendo assim o equilíbrio (FLORES et al., 2020).

É importante ter cautela quanto ao entendimento da disponibilidade de K no solo, para o correto planejamento da adubação. Apesar da visão difundida de que o K não trocável são reservas de médio a longo prazo do solo para a nutrição das plantas, Kaminski et al. (2007) destacam que “A capacidade de suprimento de K às plantas depende mais do K recém-adicionado do que do seu histórico de adubação potássica no solo”.

O K, no caso do plantio da cana-de-açúcar, deve ser aplicado de forma parcelada, sendo parte do produto no sulco de plantio e a outra parcela aplicada na adubação de cobertura, pouco antes do fechamento do canavial, operação conhecida como “quebra-lombo”. O parcelamento é recomendado especialmente quando as dosagens de aplicação necessárias forem maiores que 60 kg ha^{-1} (VITTI et al., 2015). O parcelamento é recomendado devido ao alto índice salino do KCl, principal fonte de K mineral para a cana, além da alta lixiviação desse nutriente quando aplicado direto no sulco de plantio, devido ao sistema radicular da planta ser pouco desenvolvido, problema que se agrava

ainda mais quando aplicado em solos arenosos, com baixa CTC, o que potencializa a lixiviação do potássio (OTTO; VITTI; LUZ, 2010).

A importância do K na produção da cana-de-açúcar é evidenciada de diferentes formas. A deficiência deste nutriente é encontrada inicialmente em folhas velhas que apresentam clorose (amarelamento) da margem para o centro da folha e em alguns casos evoluem para necrose, os colmos ficam mais finos e no fim do ciclo os ponteiros da planta ficam em forma de leque, efeito conhecido como “topo de penca” (Figura 1) (ROSSETO e SANTIAGO, 2008).



Figura 1. Sintoma conhecido como “topo de penca”. Foto: Rafaella Rossetto

Em termos de produtividade, de acordo com Otto; Vitti e Luz (2010), que avaliaram a variação de doses de K de 0, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O “o acréscimo foi na ordem de 18 t ha⁻¹ entre a dose que proporcionou maior produtividade e o tratamento controle”. Já em relação ao ATR (Açúcar Total Recuperável), tanto nos experimentos de Castanheira (2018), como nos experimentos de Otto et. al (2010), não foram verificadas influência nas doses e modo de aplicação de potássio.

A maioria do K usado por uma planta em seu desenvolvimento não é acumulado no grão, mas sim nas folhas, colmos e palhada da cultura; sendo assim, no caso da cana-de-açúcar onde a planta inteira é colhida, a quantidade de K removido do solo é maior do que outras culturas onde somente o grão é colhido e a palhada é deixada no solo, como é o caso da soja e do milho (REETZ, 2017). Esta condição, associada com altas taxas de acúmulo de K, implica em grande exportação de K após a colheita da cana, deixando o solo com níveis abaixo do recomendado, por isso é necessária a adubação potássica com doses relativamente elevadas todos os anos na cana-de-açúcar. De acordo com Pauletti e Motta (2019) para cada tonelada de colmo produzido, é exportado 1,74 kg de potássio, uma alta quantidade quando comparado a extração de nitrogênio (1,43 kg ha⁻¹) e principalmente a extração de fósforo (0,19 kg ha⁻¹).

3.2.2 Fertilizantes potássicos minerais

Os fertilizantes potássicos podem ser encontrados em diferentes formas no mercado, sendo os mais utilizados: cloreto de potássio (60% de K₂O), sulfato de potássio (50% de K₂O), sulfato duplo de potássio e magnésio (22% de K₂O) e nitrato de potássio (44% de K₂O) (MESSIAS et al., 2008).

O cloreto de potássio (KCl), é a forma mais utilizada para adubação potássica atualmente, dissolve-se rapidamente na solução do solo, liberando K⁺ e Cl⁻, a partir disso o K liga-se aos locais de trocas catiônicas na argila e na matéria orgânica do solo. Devido ao seu alto teor salino não é recomendado o

contato direto do KCl com as raízes e gemas da planta (no caso da cana-de-açúcar) (REETZ, 2017).

O sulfato de potássio (K_2SO_4) também é uma forma muito utilizada na adubação agrícola, funcionando de forma semelhante ao KCl, porém é uma fonte importante de enxofre (18% de S), sendo utilizado, portanto, em solos que apresentam deficiência deste nutriente, além de ser aplicado, por vezes, via pulverização foliar, se K e S forem requisitados pela cultura (REETZ, 2016). As concentrações de cloreto nesta forma de material são muito baixas (<2,5%), por isso é indicado para culturas que apresentam certa sensibilidade a altas taxas de Cl (NASCIMENTO e LOUREIRO, 2004).

O sulfato de potássio e magnésio ($K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$) (21-22% de K_2O ; 21-22% de S e 10-11% de Mg), conhecido comercialmente por Sulpomag ou K-Mag, é um fertilizante muito utilizado quando há a necessidade dos três nutrientes (K, S e Mg), é solúvel em água, porém dissolve-se lentamente (REETZ, 2016).

Já o nitrato de potássio (KNO_3), que leva nitrogênio na forma de nitrato na sua composição (13% de N), é muito utilizado em culturas com alto valor agregado. É também muito utilizado em culturas com alta sensibilidade ao cloro, e que não devem receber adubação recorrente com cloreto de potássio para a reposição de potássio, sendo neste caso, o nitrato de potássio uma saída para a nutrição da cultura (REETZ, 2016).

No Brasil, a principal fonte de potássio utilizada na adubação da cana-de-açúcar é o KCl (60% de K_2O) (OTTO; VITTI; LUZ, 2010). Isso se dá por

motivos variados, dentre eles a maior concentração de K presente nesse tipo de fertilizante, menor custo quando comparado as outras fontes disponíveis no mercado, além da sua alta solubilidade no solo, fazendo com que o nutriente esteja disponível para a planta de forma rápida e em concentração adequada (REETZ, 2017).

De forma geral é comum a recomendação do parcelamento da adubação potássica na cana-planta, dividindo a dose recomendada entre o plantio e o quebra-lombo. No entanto, estudos dirigidos por Otto, Vitti e Luz (2010) demonstram que a aplicação de 130 kg ha^{-1} de K_2O aplicados de modo parcelado e 150 kg ha^{-1} aplicados de uma só vez no sulco de plantio, apresentaram, a mesma produtividade de 160 t ha^{-1} na cana-de-açúcar. Mesmo diante de tais resultados a recomendação de parcelamento da adubação é muito utilizada devido a possíveis perdas do nutriente por lixiviação, além do alto teor salino, fatores estes que podem prejudicar o desenvolvimento da cultura.

3.3. Vinhaça

A vinhaça ou vinhoto, como também é conhecido, é um subproduto da cana-de-açúcar, obtido através do processo de produção do etanol, podendo ser obtida através da destilação do caldo, do mosto misto ou do melaço. De acordo com Alves et al. (2000) “O vinhoto resultante do processo de produção do álcool é um dos pontos críticos em termos de potencial de contaminação ambiental, pois a cada litro de álcool produzido gera de dez a mais litros de vinhoto”.

Apesar do seu potencial poluente, a vinhaça quando bem utilizada, gera enormes ganhos para a cultura da cana-de-açúcar, devido á alta concentração de nutrientes presentes em sua composição, principalmente de K. A aplicação da vinhaça para adubação de cana-soca pode incrementar a produtividade em até 10,5 t ha⁻¹, em solos de textura arenosa (SILVA; BONO; PEREIRA, 2014). Em solos de textura argilosa a vinhaça aumentou, em média, 23% os teores de macronutrientes presentes no solo. O uso da vinhaça para adubação da cana-de-açúcar é um método benéfico para a cultura, independente da textura do solo, pois aumenta a fertilidade do solo por meio do incremento dos teores de macronutrientes e dos teores de carbono orgânico (CARDOSO, 2021).

Na adubação com vinhaça por meio da fertirrigação ainda que, apresente bons resultados em termos de produtividade, deve-se ter atenção, pois após aplicações durante três anos seguidos em canavial com solo classificado como Neossolo Quartzarênico, na região de Campo Grande – MS; esperava-se um efeito acumulativo do K e melhores resultados ano após ano, no entanto não foi o que ocorreu neste caso; o que demonstra que o K pode ser facilmente lixiviado neste tipo de solo, e que o potássio da vinhaça pode apresentar um baixo efeito residual, neste tipo de solo, não resultando, portanto, um efeito acumulativo (SILVA et al., 2014).

Em contraponto, estudos realizados por Cardoso (2021) concluíram que, a utilização da vinhaça como forma de adubação de canaviais em solos com textura arenosa, promove melhorias na estrutura do solo, devido ao aumento da microporosidade, melhorando assim a capacidade de armazenamento de água e conseqüentemente a sua capacidade produtiva.

Existem diferentes composições químicas de vinhaça, dependendo do tipo de material de origem (mosto) do qual ela é proveniente; a vinhaça proveniente da fermentação do melaço apresenta maior concentração de nutrientes, de forma geral, quando comparada a vinhaça proveniente da fermentação do caldo da cana (ROSSETTO e SANTIAGO, 2008), conforme os dados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Características da vinhaça advindas de diferentes tipos de mostos.

Parâmetro	Melaço	Caldo	Misto
pH	4,2 – 5,0	3,7 – 4,6	4,4 – 4,6
Nitrogênio (mg/l N)	459 – 1610	150 – 700	480 – 710
Fósforo (mg/l P ₂ O ₅)	100 – 190	10 – 210	9 – 200
Potássio (mg/l K ₂ O)	3.740 – 7.830	1.200 – 2.100	3.340 – 4.600
Cálcio (mg/l CaO)	450 – 5.180	130 – 1.540	1.330 – 4.570
Carbono (mg/l C)	11.200 – 22.900	5.700 – 13.400	8.700 – 12.100
Matéria orgânica (mg/l)	63.400	19.500	3.800

Fonte: Marques (2006).

O tipo de vinhaça dependerá da matéria prima produzida (açúcar ou etanol) por cada usina em maior quantidade, e dos processos de fermentação utilizado por cada empresa. O melaço é proveniente da sobra gerada através da produção de açúcar, enquanto o caldo é um composto que surge através do processo de produção de etanol (MARQUES, 2015), já o misto é composto pelo melaço mais o caldo.

Sabendo que a estimativa para a safra 2021/2022 é a produção de 27 bilhões de litros de etanol de cana-de-açúcar (CONAB, 2021) e tendo em vista

que para cada litro de etanol produzido, são gerados de 10 a 12 litros de vinhaça (MARQUES, 2015), pode-se estimar que a produção de vinhaça através do processo de produção de etanol será de aproximadamente 270 á 324 bilhões de litros de vinhaça no Brasil na safra 2021/2022.

3.3.2. Técnicas e métodos para aplicação de vinhaça em canaviais, por meio de fertirrigação

As técnicas utilizadas por usinas de cana-de-açúcar para possibilitar o uso da vinhaça como meio de adubação em canaviais são várias, as mais utilizadas são: sulcos de infiltração, caminhões-tanque e aspersão por meio de canhões hidráulicos ou moto-bombas (ROSSETTO e SANTIAGO, 2008).

Os sulcos de infiltração são formados por canais feitos às margens de alguns talhões (Figura 2) ou por meio de tubulações que levam a vinhaça até os pontos de captação (Figura 3). Um dos problemas deste método é a ocorrência de pontos de encharcamento, o que pode causar problemas para o tráfego de maquinários (ROSSETTO e SANTIAGO, 2008).



Figura 2. Sulcos de infiltração para escoamento da vinhaça. Foto: Rafaella Rossetto



Figura 3. Tubulações para transporte de vinhaça. Foto: Daniel Nassif.

Os caminhões-tanque (Figura 4) levam a vinhaça até o campo e a distribuem por meio de bombas acopladas ou por motores independentes. É um sistema de fácil operação, porém de custo relativamente elevado devido ao gasto com óleo diesel, operadores, maquinário, entre outros (ROSSETTO e SANTIAGO, 2008).



Figura 4. Caminhão-tanque transportando vinhaça. Foto: Rafaella Rossetto

A aspersão por meio de canhão hidráulico (Figura 5) ou com moto-bomba trata-se de uma aplicação com uma distribuição mais homogênea da vinhaça, quando comparada aos outros métodos citados, além da possibilidade de controle da quantidade de resíduo a ser aplicado. A moto-bomba bombeia a vinhaça, direto do canal principal, e a lança por meio de um aspersor setorial (tipo canhão) ao longo do canal (ROSSETTO e SANTIAGO, 2008).



Figura 5. Aspersão de vinhaça por meio de canhão hidráulico. Foto: Rafaella Rossetto

Uma das limitações para a utilização de vinhaça como fertilizante nos canaviais é a sua distribuição em áreas distantes da usina. Apesar da existência de vários métodos de aplicação, o único que atende, de forma relativamente viável a demanda de distribuição e aplicação em longas distâncias são os caminhões-tanques, porém o custo da operação é considerado elevado e o rendimento não muito satisfatório, por isso é raro a nível geral serem realizadas adubação com vinhaça em propriedades distantes de usinas.

Devido ao uso excessivo e por vezes prejudiciais ao ambiente por parte de usinas, o Estado de São Paulo estabeleceu uma legislação para o uso da vinhaça como fertilizante nos canaviais, é a Norma Técnica da CETESB P4.231, que estabelece que a dosagem máxima de vinhaça a ser aplicada em áreas de cana-de-açúcar será com base na equação: “ m^3 de vinhaça/ha = $[(0,05 \times CTC - ks) \times 3744 + 185] / kvi$ ”; onde 0,05 = 5% da CTC; ks = concentração de potássio no solo; 3744 = constante de transformação; 185 = massa em kg extraído pela cultura por hectare por ciclo; kvi = concentração de potássio na vinhaça (CETESB, 2006). Além de estabelecer as seguintes normas: especificação e caracterização das áreas para aplicação;

caracterização físico-química da vinhaça; amostragem e caracterização do solo; estabelecimento de dose a ser aplicada; entre outras. Além disso, todos os anos as usinas devem apresentar o PAV (Plano de Aplicação de Vinhaça) antes do início da safra, especificando os planos de aplicação de vinhaça pela usina na safra (VITTI et al., 2015).

3.4. Exigências nutricionais de potássio pela cana-de-açúcar na atualidade

Ao longo dos últimos anos houve um aumento expressivo da produtividade média dos canaviais brasileiros. Na safra 2011/2012, por exemplo, a produtividade média dos canaviais brasileiros foi de 68,2 t ha⁻¹ (CONAB, 2013) enquanto a safra 2020/2021 foi de 75,9 t ha⁻¹ (CONAB, 2021). Além deste aumento expressivo de produtividade, a longevidade dos canaviais também vem aumentando, melhorando assim os custos de produção. Isso se deve em suma a alguns aspectos como: novas variedades mais produtivas e resistentes, melhor manejo do solo, maior aplicação de tecnologias e também a evolução da adubação na cana-de-açúcar.

Para efeito de comparação, quando se analisam as recomendações de adubação potássica para o plantio da cana-de-açúcar, no Boletim Técnico 100 (1997) tem-se a seguinte recomendação: para produtividade esperada menor que 100 t ha⁻¹ em solos com K trocável entre 0-0,7 mmol_c/dm³, recomenda-se a aplicação de 100 kg ha⁻¹ de K₂O (SPIRONELLO et al, 1997). Já o Novo Boletim para o Estado de São Paulo (Não Publicado), faz a recomendação de 140 kg

ha⁻¹ de K₂O para o mesmo tipo de solo e produtividade citados anteriormente, um aumento de 40% em relação à recomendação feita a 24 anos atrás.

Para produtividade esperada maior que 150 t ha⁻¹ a recomendação de adubação potássica para o plantio de cana entre os boletins permaneceu a mesma para solos com teor de K trocável entre 0-0,7 mmol/dm³, sendo recomendado 200 kg ha⁻¹ de K₂O. Porém no Novo Boletim 100 (Não Publicado) foi acrescentada uma nova métrica quanto a produtividade esperada, elevando assim a dosagem para produtividades esperadas de maior que 170 t ha⁻¹ para 220 t ha⁻¹.

No caso da adubação de plantio é importante ressaltar que todos os boletins analisados recomendam o parcelamento dessa adubação, principalmente para solos de textura arenosa e média, para evitar o excesso de salinidade que o cloreto de potássio (fertilizante mais utilizado na adubação potássica) pode causar, quando aplicado em altas dosagens no sulco de plantio. A recomendação feita por Spironello et al (1997) para solos arenosos e de textura média foi de aplicar no máximo 100 kg ha⁻¹ de K₂O no sulco de plantio, aplicando o restante em cobertura. Já Pauletti e Motta (2019) recomendam a aplicação de no máximo 90 kg ha⁻¹ de K₂O no sulco de plantio, enquanto a recomendação do Novo Boletim 100 (Não Publicado) é aplicar no máximo 80 kg ha⁻¹ em solos de textura arenosa, aplicando o restante no quebra-lombo ou a lanço no pré-plantio.

Para adubação de cana-soca também houve alterações nas dosagens recomendadas entre os boletins. A produtividade esperada para cana-soca

tinha como limite a métrica de maior que 100 t ha^{-1} , sendo a dosagem máxima 150 kg ha^{-1} de K_2O para solos com teores de K trocável entre $0\text{-}1,5 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$ (SPIRONELLO et al., 1997). No Manual de Adubação para o Estado do Paraná (2019) a dosagem máxima indicada é 160 kg ha^{-1} (PAULETTI e MOTTA, 2019). Já no Novo Boletim 100 (Não Publicado), a produtividade esperada aumenta para até maior que 140 t ha^{-1} , e a dosagem máxima para 200 kg ha^{-1} de K_2O para solos com teores de K^+ trocável entre $0\text{-}0,7 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$. É importante ressaltar que, para solos com teores acima de $6,0 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$, não é recomendada a aplicação de fertilizante potássico, além disso, em canaviais adubados com vinhaça deve-se descontar todo o teor de K presente na vinhaça, pois 100% deste nutriente estará disponível para a planta (NOVO BOLETIM 100, Não Publicado).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da análise de vários estudos científicos e artigos descritos nesta revisão bibliográfica, evidencia-se a importância do K como um dos nutrientes-chave para uma boa produtividade na agricultura como um todo, principalmente na cultura da cana-de-açúcar. Torna-se claro também, a importância do parcelamento da adubação deste nutriente no momento do plantio da cana.

O aumento de produtividade obtido ao longo dos últimos anos devido aos fatores apresentados no tópico 2.5, demonstra a necessidade da continuação dos estudos referentes à nutrição potássica da cana-de-açúcar, principalmente levando em consideração a alta quantidade extraída pela cultura e que não retornam ao solo. Sendo assim, quanto maior a produtividade

obtida, maior será a extração do K pela cana, o que alerta para a necessidade de contínua atualização das dosagens necessárias, de acordo com a evolução de produtividade média dos canaviais brasileiros.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALETÉIA, P. M. S.; JOSÉ, A. M. B.; FRANCISCO, A. R. P. Aplicação de vinhaça na cultura da cana-de-açúcar: Efeito no solo e na produtividade dos colmos. Campina Grande, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.1, p.38-43, 2014. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/YSZnrzRVh39DRYz4KmpWSFg/?lang=pt#>

Acesso em: 02 jun. 2021.

ASSAD, E.D.; CARVALHO, G.L.; MARÍN F.R. Eficiência da produção agrícola de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo entre as safras 1990/1991 a 2005/2006. In: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETERELOGIA, 22 a 25 de Setembro de 2009, Belo Horizonte. **Anais eletrônicos...** Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2009. Disponível em:

<http://www.sbagro.org/files/biblioteca/2319.pdf> Acesso em: 20 mai. 2021.

BARROS, G.S.C.; GILIO, L.; CASTRO, N.R.; BELON, J.G.O.; RODRIGUES, L. Especial temático mercado de trabalho do agronegócio: a dinâmica dos empregos formais na agroindústria sucroenergética de 2000 a 2016. **Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA)**, Piracicaba, 2018.

Disponível em: <

[https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/MERCADODETRABALHO_EDICAOESPECIAL_N2\(2\).pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/MERCADODETRABALHO_EDICAOESPECIAL_N2(2).pdf) > Acesso em: 13 mai. 2021.

CARDOSO, E. N. L. **Impactos da aplicação de vinhaça por longo período em solos de textura argilosa e arenosa**. Mestre em Agronomia (Ciência do Solo) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp Campus de Jaboticabal. Jaboticabal – SP, p. 47. 2021. Disponível em: <

https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/204157/cardoso_enl_me_ja_bo.pdf?sequence=3&isAllowed=y > Acesso em: 25 jun. 2021.

CASTANHEIRA, M. A. Parcelamento da Adubação Potássica em Cana-Planta. Engenheiro Agrônomo – Universidade Estadual de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba – SP. p.22. 2018. Disponível em <

<http://gape-esalq.com.br/wp-content/uploads/2019/02/PARCELAMENTO-DA-ADUBA%C3%87%C3%83O-POT%C3%81SSICA-EM-CANA-PLANTA-Matheus-Angeli-Castanheira.pdf> > Acesso em: 12 jul. 2021.

CEPEA (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada). **Mercado de Trabalho do Agronegócio Brasileiro**. Relatório referente ao 1º trimestre de 2021. Disponível em: < https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_Mercado%20de%20Trabalho_1T2021.pdf > Acesso em: 17 jun. 2021.

CEPEA (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada). **Mercado de Trabalho do Agronegócio Brasileiro**. A dinâmica dos empregos formais na agroindústria sucroenergética de 2000 a 2016. 2018. Disponível em: < [https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/MERCADODETRABALHO_EDICAOESPECIAL_N2\(2\).pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/MERCADODETRABALHO_EDICAOESPECIAL_N2(2).pdf) > Acesso em: 17 jun. 2021.

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Vinhaça – critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola. São Paulo. 2006. Disponível em: < https://cetesb.sp.gov.br/camaras-ambientais/wp-content/uploads/sites/21/2013/12/P4_231.pdf > Acesso em: 12 jul. 2021.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). Observatório agrícola. **Acompanhamento da safra brasileira cana-de-açúcar**, V.8 – Safra 2021/22 N.1 – Primeiro levantamento, 2021. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana> > Acesso em: 17 jun. 2021.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). Perfil do Setor do Açúcar e do Álcool no Brasil. Volume 5. Safra 2011/2012. Brasília – DF. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana> > Acesso em: 25 jun. 2021.

FERRAZ, J. M. G.; PRADA, L. de S.; PAIXÃO, M. **Certificação socioambiental do setor sucroalcooleiro**. Embrapa Meio Ambiente, 2000. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/15702/certificacao-socioambiental-para-a-agricultura-desafios-para-o-setor-sucroalcooleiro> > Acesso em: 02 jun. 2021.

FLORES, J. P. M.; ALVES, L. A.; FILIPPI, D.; SCHEFFER, B. P.; PESINI, G.; TIECHER, T. **Formas de potássio no solo em um sistema integrado de produção soja-ovinos de corte**. III Consoja – Congresso online para aumento da produtividade do milho e soja, 2020. Disponível em: < <https://maissoja.com.br/formas-de-potassio-no-solo-em-um-sistema-integrado-de-producao-soja-ovinos-de-corte/> > Acesso em: 18 jun. 2021.

KAMINSKI, J.; BRUNETTO, G.; MOTERLE, D. F.; RHEINHEIMER, D. S. **Depleção de formas de potássio do solo afetada por cultivos sucessivos**. RBCS, v. 31, p. 1003-1010. 2007. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/PcWwD39QXBVdMqtFW4HXt7z/?format=pdf&lang=pt> > Acesso em: 18 jun. 2021.

MACHADO, F. B. P. Brasil, a doce terra – História do Setor. **Agência Embrapa de Informação e tecnologia**, Brasília, DF. 2003. Disponível em: < https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/historia_da_cana_000fhc62u4b02wyiv80efhb2attuk4ec.pdf > Acesso em: 12 mai. 2021

MARÍN, F.R. Árvore do conhecimento, cana-de-açúcar – características. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**. Brasília – DF. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_20_3112006152934.html Acesso em: 07 jun. 2021.

MARQUES, G. M. Vinhaça: o futuro da fertilização. Esalq, 2015. Disponível em: < <http://www.usp.br/aun/antigo/exibir?id=7108&ed=1216&f=8> > Acesso em: 25 jun. 2021.

MELO, G. W. B. Árvore do conhecimento – nutrientes. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**. Brasília – DF. Disponível em: < https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/uva_para_processamento/arvore/CONT000qr678d9z02wx5ok0id7g9o66bhp8.html >. Acesso em: 12 jun. 2021

MESSIAS, A. S.; SILVA, D. J.; FREIRE, F. J.; SILVA, M. C. L. Fertilizantes. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**. Recife: IPA, 2008. cap. 8, p. 89-103. Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/161219> > Acesso em: 31 mai. 2021.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Secretaria de Comércio e Relações Internacionais; Departamento de Negociações e Análises Comerciais; Coordenação-Geral de Estatística e Análise Comercial. **BALANÇA COMERCIAL DO AGRONEGÓCIO**. 2020. Disponível em: < <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/exportacoes-do-agro-ultrapassam-a-barreira-dos-us-100-bilhoes-pela-segunda-vez/Notaaimprensa1Dezembro20202.pdf> > Acesso em: 18 mai. 2021.

NASCIMENTO, M.; LOUREIRO, F. E. V. L. Fertilizantes e sustentabilidade: o potássio na agricultura brasileira, fontes e rotas alternativas. Rio de Janeiro: **CETEM/MCT**, Coletânea Fertilizantes – V, p. 66, 2004. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/579> Acesso em: 08 jun. 2021.

NOVO BOLETIM 100. Adubação da cana-de-açúcar. Não Publicado.

OTTO, Rafael.; VITTI, Godofredo Cesar.; LUZ, Pedro Henrique de Cerqueira. Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar. **Revista brasileira de ciência do solo**. 2010. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/qNK657xcCBsVQLZSFwTyfdR/?lang=pt#> > Acesso em 18 jun. 2021.

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. 2. ed. p. 282 -286. Curitiba. 2019.

REETZ, H. F. Jr. **Fertilizantes e o seu uso eficiente**. Tradução: Alfredo Scheid Lopes – São Paulo: ANDA, 2017. Disponível em: < <https://www.ufla.br/dcom/wp-content/uploads/2018/03/Fertilizantes-e-seu-uso-eficiente-WEB-Word-Ouubro-2017x-1.pdf> > Acesso em: 31 mai. 2021.

REVISTA NOVA CANA. As usinas de Açúcar e Etanol do Brasil. **Revista Nova Cana**, Curitiba, PR. Data de acesso: 14/05/2021. Disponível em: < https://www.novacana.com/usinas_brasil > Acesso em: 17 mai. 2021.

ROSSETO, R.; SANTIAGO, A.D. Adubação – resíduos alternativos. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**. Brasília – DF. Disponível em: < https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_39_711200516717.html > Acesso em: 02 jun. 2021.

ROSSETO, R.; SANTIAGO, A.D. Diagnose visual. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**. Brasília – DF. Disponível em: < <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONT000fhvuyvvaq02wyiv80v17a09ehcm584.html> > Acesso em: 23 jun. 2021.

SALVIANO, A.M.; MOURA, M.S.B.; SILVA, T.G.F.; CARMO, F.A.; BRANDÃO, E.O. Acúmulo e exportação de macronutrientes pela cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. **Embrapa Semiárido**. Revista Científica Intelletto. Venda Nova do Imigrante – ES. p. 16-27, v.2, n.2, 2017. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1079294/acumulo-e-exportacao-de-macronutrientes-pela-cana-de-acucar-irrigada-no-semiarido-brasileiro> > Acesso em: 17 jun. 2021.

SPIRONELLO, A.; RAIJ, B. van.; PENATTI, C. P.; CANTARELLA, H.; MORELLI, J. L.; ORLANDO FILHO, J.; LANDELL, M. G. A.; ROSSETTO, R. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1997. p. 237-239 (IAC. Boletim Técnico, 100).

UNICA (União da Indústria de Cana-de-Açúcar). Bioeletricidade. **A bioeletricidade gerada a partir da cana-de-açúcar é a 4ª fonte mais importante da matriz elétrica brasileira**. São Paulo – SP. Disponível em: < <https://unica.com.br/setor-sucroenergetico/bioeletricidade/> > Acesso em: 17 jun. 2021.

VITTI, G. C; OTTO, R; FERREIRA, L.R.P. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar. **Processos Agrícolas e Mecanização da Cana-de-Açúcar**. Editora SBEA. 1ª edição, capítulo 7, p. 177. Jaboticabal – SP.