

GABRIEL HENRIQUE GERMINO

**TEOR NUTRICIONAL DAS FOLHAS E DO PONTEIRO DA CANA-DE-AÇÚCAR
SOB EFEITO DE MATURADORES**

Botucatu

2018

GABRIEL HENRIQUE GERMINO

**TEOR NUTRICIONAL DAS FOLHAS E DO PONTEIRO DA CANA-DE-AÇÚCAR
SOB EFEITO DE MATURADORES**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agricultura.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Almeida Silva

Botucatu

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

G374t	Germino, Gabriel Henrique, 1989- Teor nutricional das folhas e do ponteiro da cana-de-açúcar sob efeito de maturadores / Gabriel Henrique Germino. - Botucatu: [s.n.], 2018 67 p.: fots. color., grafs., ils. color., tabs. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2018 Orientador: Marcelo de Almeida Silva Inclui bibliografia 1. Cana-de-açúcar - Nutrição. 2. Maturação. 3. Plantas - Reguladores. I. Silva, Marcelo de Almeida. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.
-------	--

Elaborada por Ana Lucia G. Kempinas - CRB-8:7310

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "TEOR NUTRICIONAL DAS FOLHAS E DO PONTEIRO DA CANA-DE-AÇÚCAR SOB EFEITO DE MATURADORES"

AUTOR: GABRIEL HENRIQUE GERMINO

ORIENTADOR: MARCELO DE ALMEIDA SILVA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. MARCELO DE ALMEIDA SILVA
Depto de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu - UNESP


Prof. Dr. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES
Depto de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu

Prof. Dr. PAULO ALEXANDRE MONTEIRO DE FIGUEIREDO
Diretoria Geral da FCAT / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena

Botucatu, 31 de julho de 2018.

Aos meus amados avós,
Ana Celestino e João Alves Camargo "in
memorian", que me são exemplos de caráter, fé,
bondade e humildade,
dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todas as bênçãos concedidas e a possibilidade da realização de mais esse sonho.

Ao Prof. Dr. Marcelo de Almeida Silva, pela sua orientação, auxílio, conselhos e amizade.

À Prof.^a Dr.^a Maria Márcia Pereira Sartori, pela disponibilidade, ajuda e atenção.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas, pelo acolhimento, suporte e conhecimento compartilhado.

Aos colegas do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal.

Aos funcionários do Laboratório Solo-Planta, principalmente Júlia e Vinicius, por toda ajuda e suporte.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida.

À minha minha mãe Leonilda e meus irmãos Breno e Ana Beatriz, que estiveram ao meu lado em todos os momentos, pelo incentivo, amor e suporte.

À minha avó Ana Celestino, por todo amor, carinho, suporte e incentivo.

Aos meus tios Shigeo e Leonice, por todo incentivo e suporte.

Aos meus grandes amigos Davi Oliveira, Leandro Bianchi, Daniel Martins, Renato Pereira e Samara Perissato, pelos conselhos, ajuda, amizade e companheirismo.

Aos amigos da República Xilindró, pelos momentos de descontração e amizade.

Aos colegas do Laboratório de Ecofisiologia Aplicada à Agricultura - LECA, em especial Melina Carnietto, Isabella Willmersdorf, Nicholas Christensen, Mariana Sab e Victor Carminatti, por toda a ajuda e apoio.

Aos amigos que Botucatu me proporcionou.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho, **muito obrigado!**

“Não busque obter conhecimento para discutir com os outros, mas com o desejo de glorificar a Deus e alimentar a sua alma.”

Jonathan Edwards

RESUMO

Com a finalidade de melhorar a qualidade da matéria-prima da cana-de-açúcar é recomendado o uso de produtos químicos como maturadores, os quais podem acelerar o processo de maturação e inibir o florescimento. Com a busca de uma agricultura mais sustentável, ocorreu uma mudança na prática da colheita, passando de colheita com queima prévia da cana-de-açúcar para colheita sem queima. Devido a essa mudança, houve aumento nas quantidades de palha e de ponteiro da cana-de-açúcar deixadas na superfície do solo, as quais podem trazer benefícios para o ecossistema, destacando-se a reciclagem dos nutrientes. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a aplicação de diferentes produtos químicos como maturadores e seus efeitos na composição nutricional em diferentes porções da parte aérea remanescentes da colheita. A variedade utilizada foi a RB966928, e o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de testemunha, dose de 0,5 L ha⁻¹ de glifosato, 0,02 kg ha⁻¹ de sulfometurom-metílico e 0,80 L ha⁻¹ de trinexapaque-etílico. As amostras foram separadas em folha +1, copa foliar e ponteiro, sendo realizada a análise química para se determinar os teores dos nutrientes. As variáveis nutricionais foram avaliadas em função do tempo, aos 0, 15, 30, 45 e 60 dias após a aplicação dos tratamentos até a colheita. Tanto para os macro quanto para os micronutrientes o trinexapaque-etílico manteve o teor da maioria dos nutrientes próximo ou até mesmo superior ao da testemunha. No geral, o melhor desempenho foi do trinexapaque-etílico, seguido pelo sulfometurom-metílico e o glifosato, nas análises da folha +1. Em relação à copa foliar e ao ponteiro, os tratamentos com maturadores alteraram a composição nutricional nos componentes avaliados, no qual foi possível observar valores significativamente maiores na copa foliar do que no ponteiro. O uso de trinexapaque-etílico como maturador, e em alguns casos o glifosato, pode manter os teores de macronutrientes na parte aérea remanescente da colheita. Entretanto, o sulfometurom-metílico reduziu os teores da maioria dos macronutrientes. Para os micronutrientes, o maturador que mais contribuiu para a manutenção dos teores nutricionais nos componentes avaliados foi o sulfometurom-metílico, seguido do trinexapaque-etílico e glifosato.

Palavras-chave: *Saccharum* spp., Maturação, Teor Nutricional, Regulador Vegetal.

ABSTRACT

In order to improve the quality of the raw material of sugarcane, it is recommended to use chemical products as ripeners, which can accelerate the ripeness process and inhibit flowering. With the search for a more sustainable agriculture, a change occurred in the practice of the harvest, passing from harvest with previous burning of the sugarcane to harvest without burning. Due to this change, there was an increase in the amount of sugarcane straw and pointer left on the soil surface, which can bring benefits to the ecosystem, with emphasis on recycling of nutrients. The objective of this work was to evaluate the application of different chemical products as ripeners and their effects on nutritional composition in different portions of the remaining shoots of the harvest. The variety used was RB966928, and the experimental design was a randomized block with four replicates. The treatments consisted of control, dose of 0.5 L ha⁻¹ glyphosate, 0.02 kg ha⁻¹ of sulfometuron-methyl and 0.80 L ha⁻¹ of trinexapac-ethyl. The samples were separated in leaf +1, leaf canopy and pointer, being carried out the chemical analysis to determine the contents of the nutrients. The nutritional variables were evaluated as a function of time after application of the treatments until harvest at 0, 15, 30, 45 and 60 days. For both macro and micronutrients, trinexapac-ethyl kept the content of most nutrients close or even higher than the control. In general, the best performance was trinexapac-ethyl, followed by sulfometuron-methyl and glyphosate, in the analyzes of leaf +1. In relation to leaf canopy and pointer, treatments with ripeners altered the nutritional composition in the evaluated components, in which it is possible to observe values significantly higher in the leaf canopy than in the pointer. The use of trinexapac-ethyl is indicated for the maintenance of macronutrient contents, and in some cases glyphosate can be used. However, sulfometuron-methyl reduced the contents of most of the macronutrients in both evaluated parts. For the micronutrients, the nutrient content of the components evaluated was the sulfometuron-methyl, followed by trinexapac-ethyl and glyphosate.

Keywords: *Saccharum* spp., Ripening, Nutrition Content, Plant Regulator.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	17
CAPÍTULO 1 - FOLHA +1 COMO REFERÊNCIA DO COMPORTAMENTO NUTRICIONAL DA COPA FOLIAR DA CANA-DE-AÇÚCAR APÓS APLICAÇÃO DE MATURADORES	22
RESUMO	22
ABSTRACT	24
_ 1.1 INTRODUÇÃO	25
_ 1.2 MATERIAL E MÉTODOS	26
_ 1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
CONCLUSÕES	40
REFERÊNCIAS	41
CAPÍTULO 2 - CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NO PALHIÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM RESPOSTA À APLICAÇÃO DE MATURADORES	45
RESUMO	45
ABSTRACT	46
_ 2.1 INTRODUÇÃO	47
_ 2.2 MATERIAL E MÉTODOS	48
_ 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
_ 2.4 CONCLUSÃO	62
REFERÊNCIAS	63
CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS	65

INTRODUÇÃO GERAL

A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil teve início na metade do século XVI, e desde então assumiu papel de destaque na economia agrícola, sendo considerada uma das primeiras culturas introduzidas no país visando fins lucrativos (LUCCHESI, 2001).

Considerada como uma das melhores opções de fonte de energia renovável, a cana-de-açúcar tem grande importância mundial, e no Brasil compõem o ranking das três principais culturas produzidas, também constituído pela soja e milho, sendo cultivada na maioria das regiões, em diversas condições edafoclimáticas, ocasionando uma variabilidade na adaptação das cultivares (QUEIROZ, 2006). Através dos avanços tecnológicos, é possível destacar a produtividade e os menores custos de produção em relação aos concorrentes internacionais, viabilizando ainda mais o cultivo.

O Brasil é atualmente o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com produção de 633,26 milhões de toneladas na safra 2017/18, concentrando-se nas regiões Centro-Sul e Nordeste, com destaque para os estados de São Paulo (349.200,5 mil t), Goiás (70.622,0 mil t) e Minas Gerais (65.017,4 mil t) de acordo com CONAB (2018). No mundo, a cana-de-açúcar é cultivada predominantemente em áreas subtropicais na faixa de 15° a 30° de latitude, entretanto pode se estender até 35° de latitude, tanto norte como sul, sendo produzida comercialmente em mais de 90 países e territórios, dos quais, os principais produtores são Brasil, Índia e China (FAO, 2008).

A anatomia e a morfologia da cana-de-açúcar contribuem para a sua capacidade especializada em acumular grandes quantidades de sacarose (RAE et al., 2014). Por ser uma planta C4, possui um ótimo desempenho em utilizar o máximo de luz solar para a realização da fotossíntese.

Devido ao seu grande potencial na produção de etanol e seus subprodutos, a cana-de-açúcar é uma alternativa para o setor de biocombustíveis. Além da produção de etanol e de açúcar, as unidades sucroenergéticas têm buscado operar com maior eficiência, por meio da geração de energia elétrica, reduzindo os custos de produção e contribuindo para a sustentabilidade da atividade (CONAB, 2018).

Os objetivos primordiais do processo produtivo canavieiro são produtividade, qualidade e longevidade do canavial, e para se obter sucesso nessa atividade é

necessário o conhecimento do ciclo da cana-de-açúcar, tal como a importância da interação dos fatores planta, ambiente de produção e manejo da cultura, a qual interfere diretamente na produtividade econômica (SIQUEIRA, 2009).

Dentre as atividades de manejo encontra-se a aplicação de maturadores químicos na cana-de-açúcar, a qual tem por objetivo melhorar a qualidade da matéria-prima e seus derivados ou subprodutos.

A cana-de-açúcar possui um processo de maturação natural, que está associada à queda de temperatura e redução das precipitações. De acordo com Fernandes (1982), a maturação é um processo fisiológico que envolve a síntese de açúcar na folhas, translocação e armazenamento do produto formado no colmo. Esse acúmulo de sacarose ocorre de forma gradativa, iniciando na parte basal do colmo e terminando na parte apical, até alcançar um valor comum ou ótimo para a colheita (ALEXANDER, 1973).

Outro aspecto importante na produção de cana-de-açúcar é o processo de florescimento, o qual implica em alterações morfo-fisiológicas na planta. Com exceção para fins de melhoramento genético da cana-de-açúcar, o processo de florescimento é altamente indesejável, principalmente quando é acompanhado de intensa "isoporização", também conhecido como chochamento do colmo, o qual pode modificar a qualidade da matéria-prima sob o ponto de vista tecnológico.

Tendo em vista a importância do processo de maturação da cana-de-açúcar, a falta de cultivares de maturação precoce e produtiva, e a possibilidade de suprir as usinas com cana madura durante o ano todo, um dos métodos adotados para acelerar e melhorar a maturação e consequentemente a qualidade da matéria-prima é o emprego dos maturadores químicos (CASTRO, 1992).

Maturadores ou reguladores de crescimento vegetal são compostos que em doses baixas podem inibir, promover ou modificar processos fisiológicos da planta (ALMEIDA et al., 2003; LAVANHOLI et al., 2002), e o seu uso no sistema de produção da cana-de-açúcar permite melhor flexibilidade e determinação dos períodos mais propícios para a colheita, tal fato é altamente relevante para o planejamento da produtividade da cultura, além de promover modificações qualitativas e quantitativas na produção, influenciando no teor de sacarose dos colmos e também no estado nutricional das plantas.

Dentre os principais reguladores de crescimento, relacionados a compostos hormonais na planta, tem-se o etefom e o trinexapaque-etílico, já, como inibidores

de crescimento tem-se o glifosato, o sulfometurom-metílico, o fluazifob-p-butílico, o cletodim, o ortosulfamurom e o bispiribaque-sódico. E, ainda, há os maturadores que são baseados em nutrientes como o boro, o silício, o fósforo e o potássio (CRUSCIOL, et al., 2010; LI et al., 2000; SILVA; CAPUTO, 2012; SIQUEIRA, 2014). Existem também outros produtos herbicidas utilizados como maturadores, tais como imazapyr, paraquat e hidrazida maleica (DALLEY; RICHARD JUNIOR, 2010; SILVA; CAPUTO, 2012).

Os maturadores podem promover a diminuição do crescimento da planta, possibilitando incrementos no teor de sacarose nos colmos, gerar precocidade de maturação, aumento na produtividade, e também atuar sobre as enzimas (invertases), que catalisam o acúmulo de sacarose nos colmos.

Entretanto, a viabilidade do uso de maturadores depende de uma série de fatores, sejam eles climáticos, técnicos, econômicos e, sobretudo, das respostas que cada variedade de cana-de-açúcar possa gerar. Dentre essas respostas está o estado nutricional da cultura, o qual é muito importante para proporcionar bom desempenho em todo o ciclo e processos que compõem a fenologia da cana-de-açúcar.

De acordo com Vitti e Mazza (2002), o planejamento das atividades envolvidas desde o plantio até a colheita da cana-de-açúcar é uma etapa extremamente importante para a exploração econômica dessa cultura. Considerando que a nutrição da cana-de-açúcar está inserida nesse contexto, pode-se dizer que sua eficiência no incremento da produtividade será proporcional ao ajuste dos fatores de produtividade.

A recuperação máxima da sacarose da cana-de-açúcar ao menor custo possível é o principal objetivo da agroindústria sucroenergética. Assim sendo, devido à demanda por matéria-prima de qualidade, o entendimento dos mecanismos fisiológicos de translocação de nutrientes e acúmulo de sacarose nos colmos contribuirá para melhorar o manejo da cultura e obter maiores produtividades.

Os nutrientes vegetais podem ser definidos como aqueles imprescindíveis para que as plantas completem o seu ciclo de vida, insubstituíveis por outros, e diretamente envolvidos no metabolismo vegetal (BECARI, 2010). Dependendo da quantidade requerida pela planta, os nutrientes são divididos em macro e micronutrientes, na qual, os macronutrientes são exigidos em quantidades maiores e os micronutrientes em menores (MORTVEDT, 2000).

São conhecidos como macronutrientes o nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), e como micronutrientes o boro (B), cobre (Cu), cloro (Cl), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn). Tanto as exigências minerais da cana-de-açúcar quanto a quantidade de nutrientes removidos pela cultura são conhecimentos fundamentais para se realizar o estudo da adubação, indicando as quantidades de nutrientes que serão fornecidos (COLETI et al., 2002).

Em relação aos micronutrientes, a cana-de-açúcar pode apresentar um fenômeno chamado de "fome oculta", ou seja, a deficiência existe, limitando economicamente a produtividade, mas a planta não aparenta os sintomas característicos da deficiência (ORLANDO FILHO et al., 2001).

As diversas variedades de cana-de-açúcar possuem respostas variadas referente ao efeito do nutriente na produção total. A nutrição da cultura é importante para se alcançar uma excelente produção econômica por meio da nutrição balanceada, rendimento e qualidade da produção (CASTRO, 2016). Ainda segundo o mesmo autor, a produção econômica do cultivo depende de uma nutrição balanceada, na qual os efeitos da deficiência e do excesso dos nutrientes devem ser verificados. Além do mais, a qualidade do produto colhido decorre do manejo adequado dos nutrientes, os quais afetam tanto a qualidade da cana, quanto do açúcar e do álcool, abrangendo a demanda do mercado e também o preço.

Castro (2016) ressalta a importância da sustentabilidade da fertilidade do solo para a cana-de-açúcar, pois ao estudar a redução nas reservas de nutrientes, verificou-se que 50% dos nutrientes estão na biomassa da cana colhida, desta forma a colheita afeta a taxa de exportação de nutrientes.

Com a mudança do sistema de colheita da cana-de-açúcar, passando de colheita com queima prévia para colheita sem queima, mantém-se sobre a superfície do solo uma quantidade considerável de resíduos vegetais, composto de folhas secas e ponteiros. O aumento da deposição de palha na superfície do solo nos canaviais influencia na dinâmica da produção em diversos aspectos, tais como rendimento da cultura, reciclagem de nutrientes, estoque de carbono no solo, controle da erosão e biologia do solo (CARVALHO et al., 2016).

A compreensão sobre a influência da aplicação de maturadores no teor nutricional do palhicho, contribuirá para o bom gerenciamento desse sistema produtivo, em relação à ciclagem de nutrientes para as safras seguintes.

Diante desse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a aplicação de diferentes produtos químicos como maturadores e seus efeitos na composição nutricional da palhiço da cana-de-açúcar, por meio da folha +1, e análise de diferentes porções da parte aérea remanescentes da colheita.

CAPÍTULO 1 - FOLHA +1 COMO REFERÊNCIA DO COMPORTAMENTO NUTRICIONAL DA COPA FOLIAR DA CANA-DE-AÇÚCAR APÓS APLICAÇÃO DE MATURADORES

Gabriel Henrique Germino⁽¹⁾, Marcelo de Almeida Silva⁽¹⁾

⁽¹⁾UNESP - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Avenida Universitária, nº 3780, Altos do Paraíso, CEP 18610-034 Botucatu, SP, Brasil. E-mail: gabegermino@hotmail.com, marcelosilva@fca.unesp.br

RESUMO

A cana-de-açúcar é considerada uma cultura de grande importância na economia agrícola do Brasil, e possui destaque tanto pela produção de açúcar e etanol quanto pela produção de diversos subprodutos. A utilização de maturadores na cultura busca, principalmente, amenizar os efeitos de condições climáticas desfavoráveis à maturação, garantindo planejamento de safra e melhor qualidade do produto final. Novas abordagens para o manejo da palha nos canaviais brasileiros têm sido adotadas, passando de um sistema de colheita com queima prévia para um sistema de colheita sem queima. Com isso a palha remanescente da colheita fica sobre a superfície do solo, podendo ser recolhida para produzir bioenergia, ou permanecer nos canaviais para reciclagem dos nutrientes. A diagnose nutricional da lâmina foliar é um método de avaliação do estado nutricional das culturas. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a folha +1 como referência para saber como a copa foliar da cana-de-açúcar se comporta sob efeito dos maturadores. A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a RB966928, e o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de testemunha, glifosato na dose de 0,5 L ha⁻¹, sulfometurom-metílico na dose de 0,02 kg ha⁻¹ e trinexapaque-etílico na dose de 0,80 L ha⁻¹. As variáveis nutricionais foram avaliadas em função do tempo após a aplicação dos tratamentos até a colheita, aos 15, 30, 45 e 60 DAA. Na maior parte do período avaliado, o trinexapaque-etílico foi o maturador que mais contribuiu para a manutenção ou incremento dos teores de macro e micronutrientes, portanto, seu uso não reduz os teores desses nutrientes

na palhada, exceto para fósforo. O sulfometurom-metílico contribuiu, na maior parte do tempo, para a manutenção de S e Fe. Incrementou os teores de Mg, B e Mn, porém reduziu os teores de N, P, K e Zn. Já o glifosato se destacou apenas para a manutenção de K, Ca, Mg, S e Fe, sendo o maturador que reduziu o maior número de nutrientes. Tais como, N, P, B, Mn e Zn.

Termos para indexação: *Saccharum* spp., reguladores vegetais, diagnose nutricional, nutrientes

ABSTRACT

Sugarcane is considered to be a crop of great importance in Brazil's agricultural economy, and is notable for both sugar and ethanol production and the production of various by-products. The use of ripeners in the crop mainly seeks to soften the effects of unfavorable climatic conditions to maturation, guaranteeing crop planning and better quality of the final product. New approaches to straw management in Brazilian sugar cane plantations have been adopted, from a pre-burning harvesting system to a non-burning harvesting system. Thus the remaining straw from the crop is on the surface of the soil, which can be collected to produce bioenergy, or remain in the sugarcane fields to recycle the nutrients. The nutritional diagnosis of the leaf blade contributes to guarantee an adequate management of the fertilization. The objective of the present work was to evaluate the effects of different chemical products as ripeners on the nutritional composition of leaf +1 of sugarcane. The sugarcane variety used was RB966928, and the experimental design was a randomized block with four replicates. The treatments consisted of control, glyphosate at a dose of 0.5 L ha⁻¹, sulphometuron-methyl at the dose of 0.02 kg ha⁻¹ and trinexapac-ethyl at the dose of 0.80 L ha⁻¹. The nutritional variables were evaluated as a function of the time after the application of the treatments until the harvest, at 15, 30, 45 and 60 DAA. In most of the evaluated period, trinexapac-ethyl was the ripener that contributed the most to the maintenance or increase of the macro and micronutrients contents, therefore, its use does not reduce the nutrient contents in straw, except for phosphorus. The sulfometuron-methyl most of the time contributed to the maintenance of S and Fe. It increased the Mg, B and Mn contents, but reduced N, P, K and Zn contents. Glyphosate was only highlighted for the maintenance of K, Ca, Mg, S and Fe, being the ripener that reduced the number of nutrients. Such as, N, P, B, Mn and Zn.

Index terms: *Saccharum* spp., plant regulators, nutritional diagnosis, nutrients.

1.1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas de importância econômica para a agroindústria brasileira, fazendo com que o Brasil se destaque como maior produtor mundial na atualidade. Devido ao seu grande potencial na produção de etanol e seus subprodutos, a cana-de-açúcar é uma alternativa para o setor de biocombustíveis. Além da produção de etanol e de açúcar, as usinas têm buscado operar com maior eficiência, por meio da geração de energia elétrica, reduzindo os custos de produção e contribuindo para a sustentabilidade da atividade (CONAB, 2018).

Para se obter sucesso na atividade canavieira, é necessário o conhecimento do ciclo da cultura, tal como a importância da interação dos fatores planta, ambiente de produção e manejo da cultura, a qual interfere diretamente na produtividade econômica (SIQUEIRA, 2009).

Uso de maturadores químicos tem por objetivo aumentar a produtividade de açúcar e antecipar o corte da cana-de-açúcar. Um dos efeitos dos maturadores químicos na cana-de-açúcar é restringir o crescimento, visto que estes produtos alteram a rota metabólica da planta, podendo modificar o processo de absorção e translocação de nutrientes, e em vista disso, podem afetar o acúmulo de sacarose nos colmos (FRANZÉ, 2010).

Devido à grande demanda de bioenergia, novas abordagens para o manejo da palha nos canaviais brasileiros foram adotadas, ocorrendo mudança de um sistema de colheita com queima prévia para um sistema de colheita sem queima. Com a mudança progressiva do sistema de colheita, a maior parte da palha retida na superfície do solo torna-se matéria-prima economicamente viável para a produção de bioenergia. Porém, os resíduos de colheitas remanescentes no canavial fornecem benefícios ao ecossistema, incluindo reciclagem de nutrientes, conservação da biodiversidade do solo, armazenamento de água, acúmulo de carbono, controle da erosão e infestação de plantas daninhas (CARVALHO et al., 2017).

Pelo fato da cana-de-açúcar ser considerada uma cultura semiperene, por possibilitar vários cortes antes da reforma do canavial, faz-se necessário analisar os reais benefícios que a palha deixada na superfície do solo poderá proporcionar em relação ao manejo da adubação da cultura. Para isso é necessário a realização da diagnose foliar, que consiste na determinação do teor dos nutrientes em amostras de folhas diagnósticas. Ao analisar quimicamente os elementos que estão contidos em uma folha ou em parte dela, e considerando a fase fenológica da planta, é possível obter um diagnóstico nutricional da mesma (EMBRAPA, 2018).

Pesquisas que visem a interpretação de resultados nutricionais para a cana-de-açúcar são necessárias, as quais poderão fornecer informações acerca da ciclagem de nutrientes nos canaviais (OTTO et al., 2010). Essas informações auxiliarão a agroindústria sucroalcooleira, que poderá introduzir métodos de adubação mais eficientes, com menores desperdícios e economicamente mais viáveis (SANTOS et al., 2013).

Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a aplicação de diferentes produtos químicos como maturadores e seus efeitos na composição nutricional da folha +1, tomando-a como referência para entender o comportamento da copa foliar remanescente da colheita da cana-de-açúcar.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi constituído de duas fases, sendo a primeira realizada a campo com a aplicação dos produtos químicos e a segunda realizada em laboratório, para a determinação dos nutrientes nas amostras coletadas.

A primeira fase do experimento foi instalada em maio de 2014, e a aplicação dos maturadores químicos foi realizada em cana-planta no dia 23 de março de 2015, sendo as amostras coletadas aos 0, 15, 30, 45 e 60 dias após a aplicação (DAA).

O experimento foi instalado e conduzido em uma área pertencente à Usina Da Barra (Grupo Raízen), localizada na fazenda Santo Antônio, no município de Igaraçu do Tietê - SP, constando as seguintes coordenadas geográficas: Latitude 22°28'43"S e Longitude 48°31'59"W, em altitude de 509 m acima do nível do mar. O clima predominante da região, segundo a classificação de Köppen, é o Aw, caracterizado por clima seco definido, temperatura média anual de 21,6°C, umidade relativa média de 70%, com extremos de 77% em fevereiro e 59% em agosto e média pluvial de 1.344 mm. O solo da área experimental é classificado como Latossolo vermelho distroférico, textura argilosa, com ambiente de produção tipo A (EMBRAPA, 2013).

Antes da instalação do experimento foi feita a caracterização da área, na qual foram coletadas amostras de solo para a realização da análise química, nas profundidades de 0-0,25 m e 0,25-0,50 m (Tabela 01). Os demais manejos agrícolas, referentes ao controle de plantas daninhas, pragas e adubação foram realizados de acordo com as necessidades da área.

Tabela 01 - Atributos químicos do solo antes da implantação do experimento na usina Da Barra (Grupo Raízen), no município de Igaraçu do Tietê - SP, 2014.

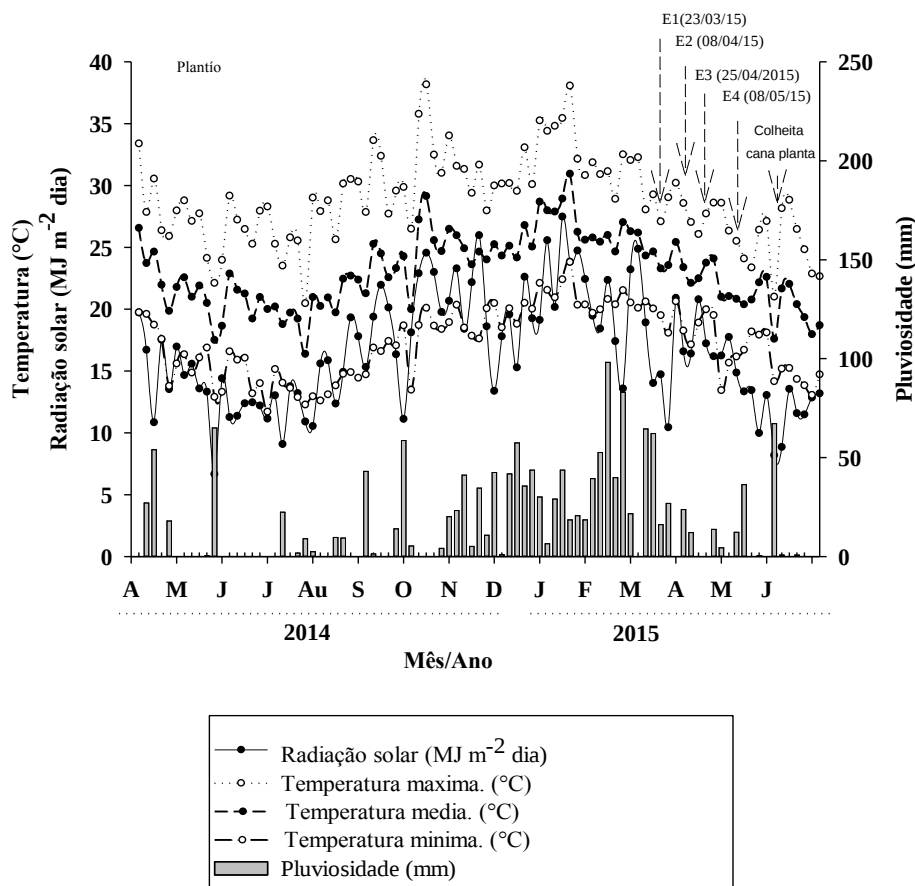
Prof. ⁽¹⁾	pH (CaCl ₂)	M.O. ⁽²⁾	P _{resina}	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB ⁽³⁾	CTC ⁽⁴⁾	V ⁽⁵⁾	K/CTC
Igaraçu do Tietê												
(m)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)					(mmolc dm ⁻³)					%
0 - 0,25	5,50	24	17	1,18	40,40	25,39	22	0,06	66,97	89	75	1,33
0,25-0,50	5,50	22	14	0,75	30,84	21,25	24	0,14	52,84	77	68	0,97

⁽¹⁾ Prof.: profundidade. ⁽²⁾ MO: Matéria orgânica. ⁽³⁾ SB: somas das bases. ⁽⁴⁾ CTC: capacidade de troca catiônica.

⁽⁵⁾ V: saturação de base.

Durante a condução do experimento foram coletados os dados climáticos na Estação Meteorológica Automatizada do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do município de Barra Bonita - SP nos anos de 2014 e 2015 (Figura 01).

Figura 01 - Pluviosidade (mm), temperatura média, máxima, mínima e radiação solar, registrados na Estação Meteorológica INMET, durante 2014/2015



A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a RB966928, considerada a mais plantada no Brasil na safra 2014/2015 e a segunda mais cultivada em área total (RIDESA - UFSCAR, 2015).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram definidos de acordo com os três principais maturadores químicos utilizados na cultura da cana-de-açúcar, glifosato, sulfometurom-metílico e trinexapaque-etílico. As doses utilizadas foram definidas conforme a indicação da bula ou a recomendação comercial, entretanto a dose de glifosato, inferior à recomendação comercial foi definida segundo a necessidade da usina (Tabela 02).

Tabela 02 - Produtos e doses de maturadores (tratamentos) aplicados na variedade RB966928, cana planta, em início da safra 2014/2015.

Tratamento	Produto Comercial g ia L ⁻¹ ou kg ⁻¹	Ingrediente Ativo	Quantidade de ingrediente ativo (L ou kg)	Dose (L ou kg de produto comercial)
T1	Testemunha	Sem aplicação	-----	-----
T2	Roundup SC, 480	Glifosato	0,180 ea	0,50
T3	Curavial, 750	Sulfometurom-metílico	0,015	0,02
T4	Moddus, 250	Trinexapaque-etílico	0,200	0,80

ea =equivalente ácido (glifosato). Para sulfometurom-metílico foi adicionado 1 mL/L de água de adjuvante (Tensor Plus®)

As parcelas foram constituídas de duas linhas duplas de 10 m de comprimento e uma linha simples em cada lado utilizada como bordadura. O espaçamento foi de 1,50 m entre cada linha dupla e entre cada linha simples a 0,90 m, perfazendo uma área total de 63 m². A aplicação dos maturadores foi realizada nas duas linhas duplas. Para a colheita das amostras para a segunda fase do experimento foram utilizadas as duas linhas duplas centrais desprezando dois metros de cada extremidade com o propósito de garantir uma melhor amostragem.

A aplicação dos tratamentos foi realizada no período da manhã, por meio de equipamento costal pressurizado (CO₂), com barra de 3 m de comprimento em forma de “T”, adaptada ao sistema de plantio, contendo seis bicos de pulverização TT 110015, plástico (Spraying Systems), regulados para volume de calda de 166,00 L ha⁻¹ (Figura 02).

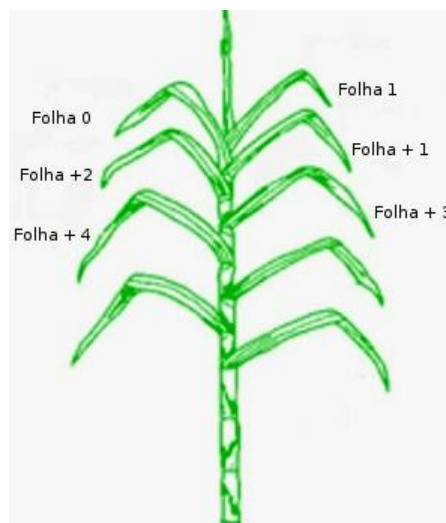
Figura 02 - Equipamento costal CO₂ e bico TT 110015 na aplicação dos maturadores



As análises laboratoriais para o diagnóstico nutricional da planta foram realizadas através das folhas coletadas no campo, as quais foram secas em estufa (60°C) até peso constante e trituradas em moinho tipo Willey no Departamento de Melhoramento e Produção Vegetal - FCA/UNESP, Campus Botucatu.

As amostras foram compostas pela folha +1, que é constituída pela primeira folha da haste ou barbela da bainha, que possui a lígula totalmente aberta (Figura 03), também conhecida como folha TVD (Top Visible Dewlap). Essas amostras foram obtidas em pré-colheita, isto é, na época de aplicação aos 60 DAC (dias antes da colheita), e em intervalos de 15 DAA até o momento da colheita (60 DAA).

Figura 03 - Esquema de numeração de folhas pelo sistema de Kuijper.



Fonte: Dillewijn (1952), adaptado Embrapa.

As avaliações para a determinação nutricional foram realizadas no Laboratório de Relação Solo-Planta do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal da FCA/UNESP, Campus Botucatu, seguindo as metodologias descritas por Malavolta (1997).

As variáveis nutricionais foram avaliadas em função do tempo da aplicação dos tratamentos até a colheita, aos 0, 15, 30, 45 e 60 DAA. As variáveis foram avaliadas com relação à normalidade e homocedasticidade. Para aquelas que supriram essas exigências foi aplicada a análise de variância e complementada com o teste de Tukey. Considerou-se significativo quando $p < 0,05$. O software utilizado foi o minitab 16.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral os produtos glifosato, sulfometurom-metílico, trinexapaque-etílico afetaram diferentemente os teores de nutrientes da folha +1 da cana-de-açúcar, em comparação com a testemunha, indicando que o modo e o período de ação dos produtos influenciam esses teores.

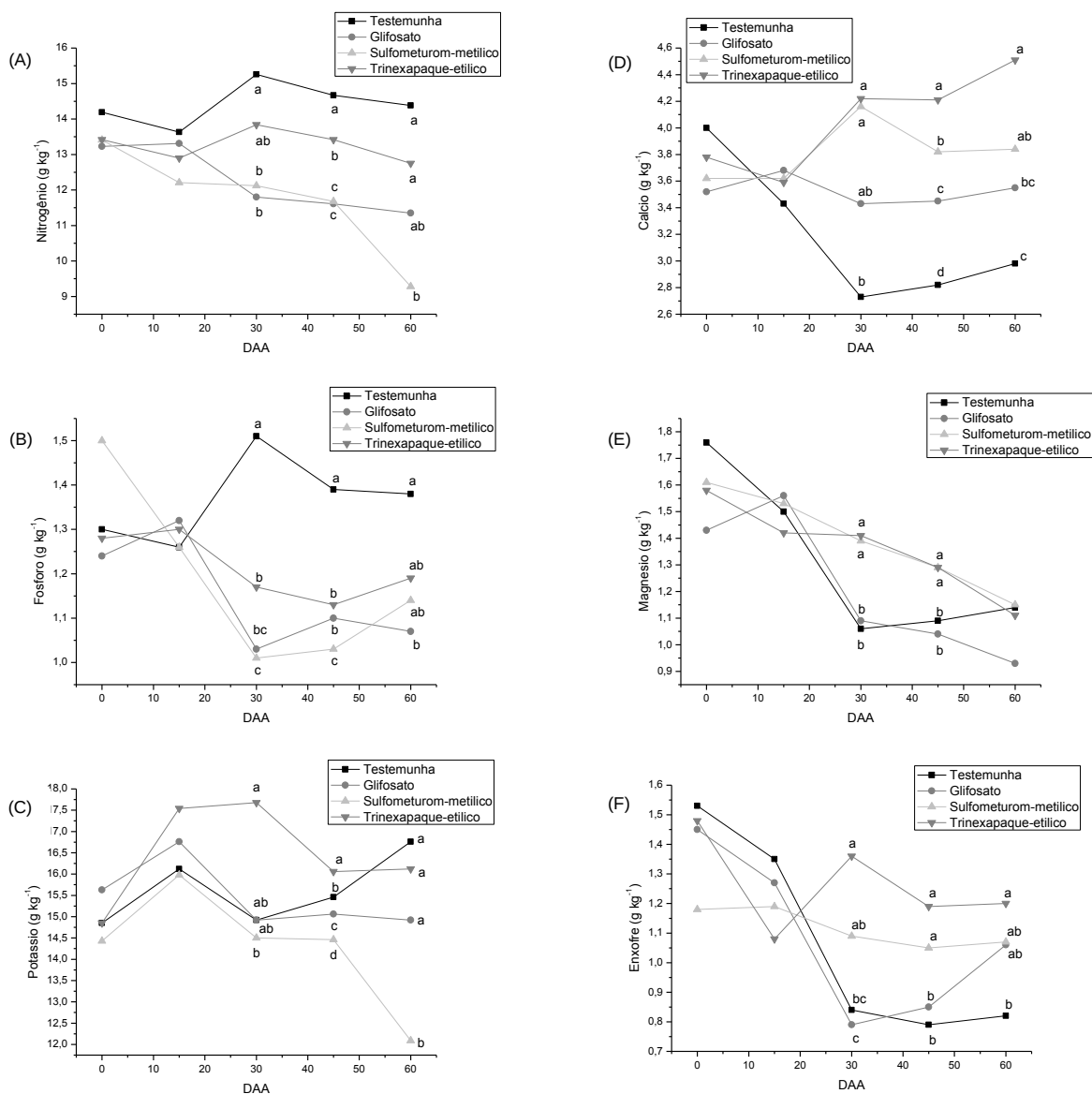
Trinexapaque-etílico manteve os teores de nitrogênio (N) semelhante aos da testemunha até 30 DAA (Figura 4A). Aos 45 DAA a maturação natural manteve o maior

valor de N ($14,7 \text{ g kg}^{-1}$), enquanto trinexapaque-etílico foi o maturador que menos reduziu esse teor ($13,4 \text{ g kg}^{-1}$). Glifosato e o sulfometurom-metílico promoveram os menores teores de N, $11,6$ e $11,7 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente, no mesmo período. Já aos 60 DAA, os teores de N na folha +1 foram semelhantes entre testemunha ($14,4 \text{ g kg}^{-1}$), trinexapaque-etílico ($12,8 \text{ g kg}^{-1}$) e glifosato ($11,4 \text{ g kg}^{-1}$), enquanto sulfometurom-metílico manteve redução nos teores de N desde a aplicação, atingindo $9,3 \text{ g kg}^{-1}$.

As maiores diferenças terem sido encontradas aos 45 DAA podem ser explicadas por este ser o período de maior ação dos produtos químicos sobre as folhas, havendo diminuição dos efeitos a partir dos 60 DAA. No entanto, ainda foi verificada redução do teor de N devido à aplicação de sulfometurom-metílico. De fato, segundo Meschede (2009), o período de maior ação de sulfometurom-metílico como maturador sobre a cultura da cana-de-açúcar está entre 40 e 60 dias após a aplicação.

O glifosato inibe a síntese proteica de compostos aromáticos e produtos secundários importantes, e o sulfometurom-metílico inibe, de maneira irreversível, a ação da enzima acetolactato sintetase (ALS) ou acetohidroxi sintetase (AHAS), bloqueando a síntese de aminoácidos de cadeia ramificada (valina, leucina e isoleucina) a partir dos substratos piruvato e α -cetobutarato (RIZZARDI et al., 2004). Ambos os produtos atuam na maturação por estímulo de produção de etileno, devido ao efeito estressante causado pela fitotoxidez, contribuindo para a redução de nitrogênio na planta, pois tal nutriente participa na composição dos aminoácidos e proteínas, como também contribui estruturalmente em bases nitrogenadas e ácidos nucleicos, enzimas e coenzimas, vitaminas, glico e lipoproteínas, pigmentos e produtos secundários e de processos bioquímicos envolvidos na absorção iônica, na fotossíntese, na respiração, na síntese, multiplicação e diferenciação celulares e como constituinte essencial da molécula de clorofila (MALAVOLTA, 1989).

Figura 04 - Teores de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e enxofre (F) na folha +1 de cana-de-açúcar em função da aplicação de maturadores.



DAA: dias após a aplicação.

Letras minúsculas entre tratamentos, diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A aplicação de trinexapaque-etílico, sulfometurom-metilico e glifosato afetou significativamente a concentração de fósforo (P) na folha +1, reduzindo em relação à testemunha a partir de 15 DAA (Figura 4B). Aos 30 DAA o maior teor de P foi verificado nas folhas +1 sob maturação natural ($1,5 \text{ g kg}^{-1}$), diferenciando de trinexapaque-etílico ($1,2 \text{ g kg}^{-1}$) e glifosato ($1,03 \text{ g kg}^{-1}$), que superaram os teores verificados sob aplicação de sulfometurom-

metílico ($1,0 \text{ g kg}^{-1}$). Essa tendência manteve-se aos 45 DAA, onde a maturação natural ($1,4 \text{ g kg}^{-1}$) apresentou maior teor de P, seguida pelo trinexapaque-etílico ($1,1 \text{ g kg}^{-1}$), glifosato ($1,1 \text{ g kg}^{-1}$) e sulfometurom-metílico ($1,0 \text{ g kg}^{-1}$). Aos 60 DAA foi observado aumento nos teores de P nos tratamentos trinexapaque-etílico ($1,2 \text{ g kg}^{-1}$) e sulfometurom-metílico ($1,1 \text{ g kg}^{-1}$), equivalendo-se significativamente à maturação natural ($1,4 \text{ g kg}^{-1}$), possivelmente ocasionado pela diminuição dos efeitos dos maturadores. No entanto, glifosato levou ao menor teor de P, $1,1 \text{ g kg}^{-1}$, diferenciando da testemunha, mas não de trinexapaque-etílico e sulfometurom-metílico.

Com relação ao teor de potássio (K), não houve diferença estatística entre trinexapaque-etílico, testemunha e glifosato (Figura 4C) até 15 DAA. Aos 30 DAA foi observada redução nos teores de K sob efeito de sulfometurom-metílico. Aos 45 DAA houve diferença significativa entre todos os tratamentos, em que o trinexapaque-etílico elevou os teores de K ($16,1 \text{ g kg}^{-1}$) acima ao da maturação natural ($15,5 \text{ g kg}^{-1}$), a qual superou glifosato ($15,1 \text{ g kg}^{-1}$) e trinexapaque-etílico ($14,5 \text{ g kg}^{-1}$). Aos 60 DAA não ocorreu diferença entre a testemunha, trinexapaque-etílico e glifosato (média $15,9 \text{ g kg}^{-1}$), os quais superaram o teor de K sob aplicação de sulfometurom-metílico ($12,1 \text{ g kg}^{-1}$), que teve queda acentuada nessa data de avaliação.

De acordo com Orlando Filho (1992), devido à cana-de-açúcar apresentar alta demanda por potássio, faz com que no resultado da análise foliar, este nutriente apareça em grandes proporções. Na cana-de-açúcar o potássio atua bioquimicamente no metabolismo de hexoses e transporte de sacarose, ocorrendo uma relação entre o nível de potássio e a síntese protéica nas folhas e nos colmos (FRANZÉ, 2010). Essencial ao desenvolvimento das plantas, o potássio é muito exigido durante as fases de crescimento, tanto na fase vegetativa quanto na fase reprodutiva, devido ao fato de sua atuação na regulação osmótica, no mecanismo estomático, na fotossíntese, na ativação enzimática e no crescimento meristemático. Diante

disto, é indicado o uso de trinexapaque-etílico como maturador a fim de proporcionar a manutenção ou até mesmo aumento de K nas folhas.

A maturação natural da cana-de-açúcar fez a concentração de cálcio (Ca) diminuir, e por outro lado os produtos químicos aplicados elevaram a concentração desse nutriente a partir dos 30 DAA (Figura 4D). Trinexapaque-etílico e sulfometurom-metílico aumentaram significativamente os teores de Ca, 4,2 e 4,2 g kg⁻¹, respectivamente, acima da testemunha (2,7 g kg⁻¹) aos 30 DAA, e o glifosato proporcionou valores intermediários (3,4 g kg⁻¹), não diferindo dos demais tratamentos.

Aos 45 DAA houve diferença significativa entre os tratamentos. Trinexapaque-etílico foi o maturador que promoveu o maior teor de Ca (4,2 g kg⁻¹) nas folhas, também aos 60 DAA. Sulfometurom-metílico (3,8 g kg⁻¹) e glifosato (3,5 g kg⁻¹) foram inferiores ao trinexapaque-etílico, porém superiores à testemunha (2,8 g kg⁻¹). Essa tendência e sequência dos resultados manteve-se aos 60 DAA.

Com alta concentração de cálcio nas folhas provenientes da colheita sem queima prévia do canavial, possivelmente ocorrerá benefícios na brotação da soqueira seguinte, proveniente da mineralização do nutriente presente no palhicho. O cálcio estimula o desenvolvimento das raízes, aumenta a resistência a pragas e doenças e auxilia na fixação simbiótica de nitrogênio (VITTI; OTTO, 2003).

Para o magnésio (Mg) foi observado queda pronunciada nos teores das folhas +1 da testemunha e do glifosato até 30 DAA, apresentando valores de 1,1 e 1,1 g kg⁻¹, respectivamente, enquanto trinexapaque-etílico e sulfometurom-metílico mantiveram os teores de Mg mais elevados (1,4 e 1,4 g kg⁻¹, respectivamente), apesar da queda observada no decorrer do período de avaliação (Figura 4E). Tal fato também pode ser observado aos 45 DAA em que os tratamentos testemunha, glifosato, sulfometurom-metílico e trinexapaque-etílico apresentaram os teores de 1,1, 1,0, 1,3 e 1,3 g kg⁻¹, respectivamente.

Quanto ao enxofre (S), houve queda pronunciada até 30 DAA dos teores nos tratamentos testemunha e glifosato, e em contrapartida sulfometurom-metílico praticamente manteve os teores (média $1,1 \text{ g kg}^{-1}$) pelos 60 dias de avaliação, enquanto o trinexapaque-etílico promoveu aumento dos teores de S dos 30 ($1,4 \text{ g kg}^{-1}$) aos 60 DAA ($1,2 \text{ g kg}^{-1}$), valores significativamente maiores que os da testemunha, $0,8 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 4F). Ainda, aos 60 DAA houve elevação dos teores de S em folhas tratadas com glifosato ($1,1 \text{ g kg}^{-1}$), não diferindo tanto da testemunha quanto dos demais maturadores. Dessa maneira, trinexapaque-etílico foi o único maturador que promoveu aumento significativo de S nas folhas em relação a testemunha, podendo ser um indicativo de benefício de fornecimento desse elemento à brotação da soqueira após a colheita da cana-crua.

O enxofre é constituinte de aminoácidos e coenzimas, e a ação do trinexapaque-etílico como maturador é inibir a síntese de ACCase (acetil-CoA carboxilase) (LÓPEZ-OVEJERO; BELCHIOR; MAYMONE, 2016), e a do sulfometurom-metílico é inibir a síntese de ALS (acetolactato sintetase) (VARGAS et al., 2016), assim ambos contribuem para que o enxofre permaneça nas folhas, pelo fato do nutriente não se ligar as estruturas moleculares, não ocorrendo a síntese de aminoácidos essenciais para a planta, como exemplo a biotina.

A dinâmica da decomposição dos resíduos vegetais e das taxas de liberação de nutrientes é fundamental para o gerenciamento do canavial. Estudos apontam que após a colheita os canaviais apresentam em média de 8 a 30 t ha^{-1} de massa seca de palha (TRIVELIN et al., 1995; HASSUANI et al., 2005; VITTI et al., 2008; CARVALHO et al., 2013), contudo sua produção varia segundo a variedade, estágio vegetativo, condições edafoclimáticas e práticas de manejo (HAMES et al., 2003; SANTOS et al., 2014).

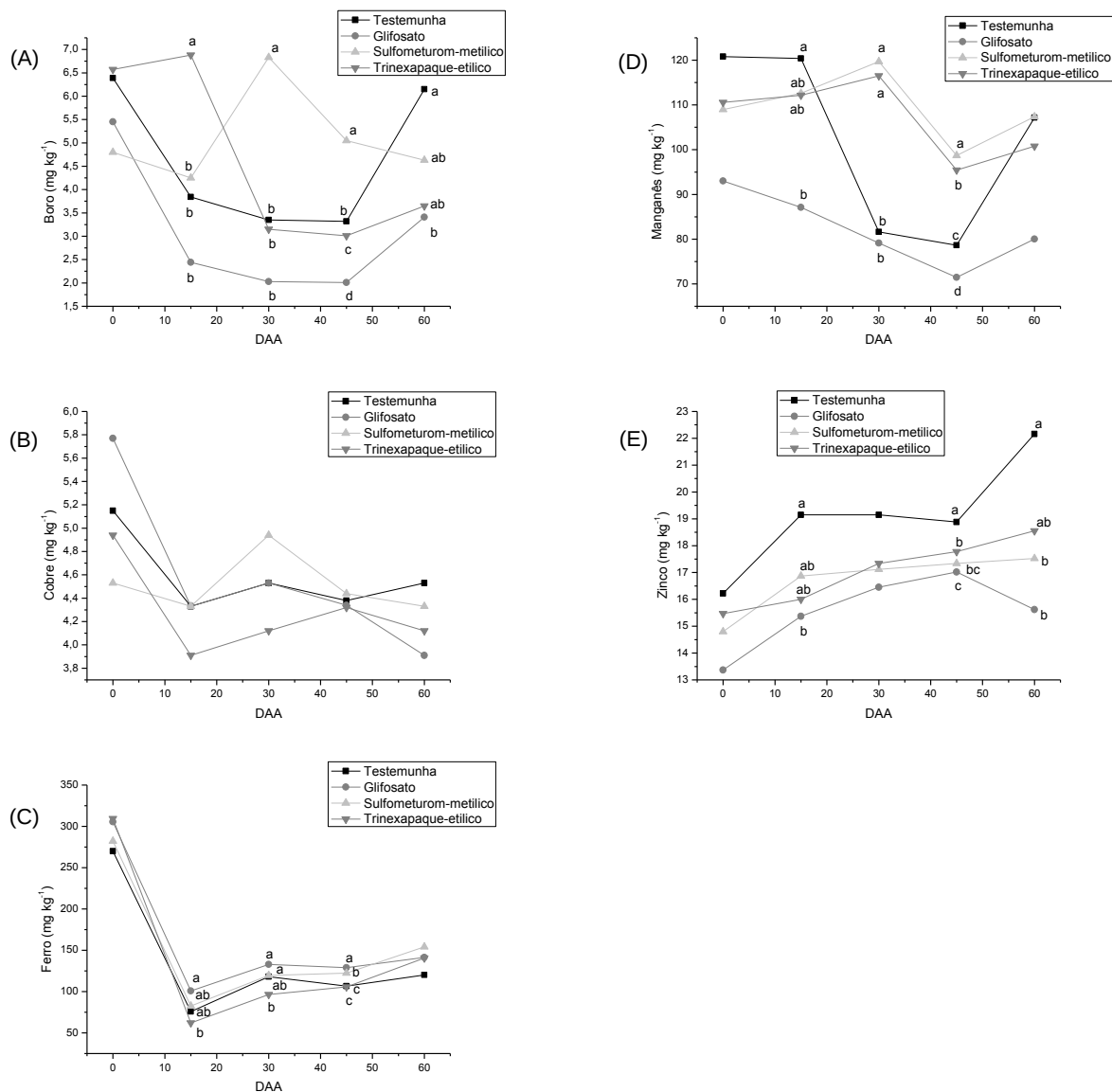
Os nutrientes da palha ficam disponíveis para a cultura através do processo de mineralização, que ocorre por ação dos microrganismos do solo (PENATTI, 2013). A palha da cana-de-açúcar apresenta concentrações em torno de $4,4$ a $5,4 \text{ g kg}^{-1}$ de N, $0,1$ a $0,7 \text{ g kg}^{-1}$

de P, e 2,8 a 10,8 g kg⁻¹ de K (OLIVEIRA et al., 2002; FORTES et al., 2012; TREVELIN et al., 2013; ANDREOTTI et al., 2015), ou seja, os valores encontrados no presente estudo estão acima das faixas indicadas.

Aos 15 DAA foi possível observar que o trinexapaque-etílico contribuiu para a manutenção do teor de boro (B), obtendo teor de 6,9 mg kg⁻¹, diferindo-se estatisticamente dos demais tratamentos (Figura 5A). Já, aos 30 DAA sulfometurom-metílico diferiu dos demais tratamentos com o maior teor de B (6,8 mg kg⁻¹), mantendo-se assim aos 45 DAA (5,1 mg kg⁻¹). Entretanto, aos 45 DAA, trinexapaque-etílico (3,0 mg kg⁻¹) e glifosato (2,0 mg kg⁻¹) reduziram os teores de B abaixo da testemunha (3,3 mg kg⁻¹). Houve aumento do teor de B na testemunha dos 45 para os 60 DAA (6,2 mg kg⁻¹), significando diferença estatística apenas em relação ao glifosato (3,4 mg kg⁻¹).

O boro contribui para o processo de maturação da cana-de-açúcar, pois o íon borato pode complexar açúcares, indicando sua possível participação no transporte de carboidratos das folhas para os órgãos, e também no metabolismo da cana-de-açúcar, assumindo funções primordiais para a produção de colmos e desenvolvimento vegetal. Sendo assim, a aplicação de trinexapaque-etílico e sulfometurom-metílico contribuiu para o efeito da maturação da cana-de-açúcar, aos 15 DAA e dos 30 aos 45 DAA, respectivamente.

Figura 05 - Teores de boro (A), cobre (B), ferro (C), manganês (D) e zinco (E) na folha +1 de cana-de-açúcar em função da aplicação de maturadores.



DAA: dias após a aplicação.

Letras minúsculas entre tratamentos, diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Para o cobre (Cu) não houve diferença estatística entre os tratamentos (Figura 5B).

Indicando que nenhum dos produtos tem efeito sobre esse micronutriente.

Foi observado uma queda pronunciada do teor de ferro (Fe) para todos os tratamentos a partir da aplicação dos produtos até 15 DAA (Figura 5C). O glifosato, sulfometurom-metílico e o trinexapaque-etílico apresentaram teores de Fe semelhantes ao da testemunha,

contribuindo assim, para a manutenção do teor do nutriente na folha, tanto aos 15 quanto aos 30 DAA. Entretanto, aos 45 DAA o glifosato ($129,0 \text{ mg kg}^{-1}$) e o sulfometurom-metílico ($122,3 \text{ mg kg}^{-1}$) apresentaram teores de Fe superiores ao trinexapaque-etílico ($105,7 \text{ mg kg}^{-1}$) e testemunha ($106,6 \text{ mg kg}^{-1}$), diferindo estatisticamente dos mesmos. O trinexapaque-etílico também contribuiu para a manutenção do teor de Fe na folha, obtendo valores semelhantes ao da testemunha.

O comportamento antagônico do trinexapaque-etílico em relação aos teores de potássio e ferro pode ser explicado pelo excesso de potássio (Figura 4C), que pode influenciar negativamente na absorção de outros nutrientes, como o ferro, e pode até levar ao aumento da salinidade dos solos, o qual prejudica o acúmulo de sacarose da cana-de-açúcar e diminui os rendimentos (ORLANDO FILHO, 1992).

O ferro é considerado importante na biossíntese de clorofila e de proteínas, e também atua como ativador de enzimas como heme-peroxidase, catalase, oxidase de sulfito, assim como atua na fotossíntese, respiração, fixação biológica de nitrogênio e assimilação de nitrogênio e enxofre (MALAVOLTA et al., 1989).

Em um estudo Franzé (2010) relatou que a aplicação de glifosato acumulou maiores teores de ferro nas lâminas foliares do que os demais produtos testados, tal resultado foi semelhante ao relatado no presente estudo. Quantidades ótimas de ferro nas folhas das plantas proporcionam uma melhor biossíntese de clorofila (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Para o manganês (Mn) aos 15 DAA o sulfometurom-metílico e o trinexapaque-etílico mantiveram os teores do nutriente semelhantes ao da testemunha $112,6 \text{ mg kg}^{-1}$, $112,2 \text{ mg kg}^{-1}$ e $120,4 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente, porém, o glifosato diminuiu o teor de Mn na folha, $87,1 \text{ mg kg}^{-1}$, (Figura 5D).

Pode-se observar queda pronunciada da testemunha dos 15 ($120,4 \text{ mg kg}^{-1}$) aos 30 DAA ($81,6 \text{ mg kg}^{-1}$), no qual o sulfometurom-metílico ($119,7 \text{ mg kg}^{-1}$) e trinexapaque-etílico

(116,5 mg kg⁻¹) mantiveram os teores de Mn superiores ao da testemunha, e o glifosato (79,1 mg kg⁻¹) manteve o teor semelhante ao da testemunha.

Aos 45 DAA as diferenças se mantiveram, permanecendo o sulfometurom-metílico (98,9 mg kg⁻¹) e trinexapaque-etílico (95,4 mg kg⁻¹) com teores acima do obtido pela testemunha (78,6 mg kg⁻¹) e o glifosato (71,5 mg kg⁻¹) com teor abaixo da testemunha. Assim sendo, o sulfometurom-metílico é o maturador mais indicado para a manutenção do teor de Mn na folha.

Para o zinco (Zn), é possível observar aos 15 DAA que o sulfometurom-metílico (16,9 mg kg⁻¹) e trinexapaque-etílico (16,0 mg kg⁻¹) contribuíram para a manutenção do teor de Zn semelhantemente ao do processo de maturação natural, obtendo valores próximos ao da testemunha (19,2 mg kg⁻¹). Por outro lado, o glifosato (15,4 mg kg⁻¹) obteve o teor de Zn abaixo ao da testemunha (Figura 5E).

Aos 45 DAA os maturadores apresentaram valores de Zn abaixo da testemunha (18,9 mg kg⁻¹), ocorrendo diferença estatística. Ocorreu um aumento pronunciado do teor de Zn para a maturação natural dos 45 (18,9 mg kg⁻¹) aos 60 DAA (22,2 mg kg⁻¹), no qual apenas o trinexapaque-etílico (18,6 mg kg⁻¹) obteve valores semelhantes ao da testemunha (22,2 mg kg⁻¹), contribuindo, assim, para a manutenção do teor de Zn na folha.

Ao contrário da maioria dos nutrientes estudados, observa-se para o zinco aumento do teor do nutriente no decorrer do período. Tal fato é porque o zinco colabora diretamente para o processo de maturação, pois o zinco pode atuar em diversas enzimas como componente catalítico, coativador e também como componente estrutural, atuando também na síntese de proteínas e no metabolismo de carboidratos.

CONCLUSÕES

A aplicação de maturadores na cana-de-açúcar influencia os teores nutricionais da folha +1, tanto para macro quanto para micronutrientes.

O glifosato contribuiu para a manutenção dos teores de potássio, cálcio, magnésio, enxofre e ferro na maior parte dos períodos avaliados. Entretanto, reduziu os teores de nitrogênio, fósforo, boro, manganês e zinco.

O sulfometurom-metílico contribuiu para a manutenção dos teores de enxofre e ferro, incrementou os teores de magnésio, boro e manganês na maior parte dos períodos avaliados. Porém, reduziu os teores de nitrogênio, fósforo, potássio e zinco.

O uso de trinexapaque-etílico como maturador contribuiu para a manutenção dos teores de nitrogênio, potássio, boro, ferro e zinco, e incrementou os teores de cálcio, magnésio, enxofre e manganês na maior parte dos períodos avaliados. Por outro lado, reduziu o teor de fósforo.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

A Usina da Barra (Grupo Raízen), pela disposição da área e suporte na condução do experimento.

Ao Laboratório de Relação Solo-Planta, pela disponibilidade e suporte na realização das análises químicas.

REFERÊNCIAS

ANDREOTTI, M.; SORIA, J. E.; COSTA, N. R.; GAMEIRO, R. D. A.; REBONATTI, M. D. Acúmulo de nutrientes e decomposição do palhço de cana em função de doses de vinhaça. **Bioscience Journal**, 02, 563–576. 2015.

CARVALHO, J.L.N.; NOGUEIROL R.C.; MENANDRO, L.M.; BORDONAL, R. De O.; BORGES, C.D.; CANTARELLA, H.; FRANCO, H.J.F. 2017. **Implicações agronômicas e ambientais da remoção da palha de cana-de-açúcar: uma revisão importante**. *GCB Bioenergy* 9: 1181-1195.

CARVALHO, J. L. N.; OTTO, R.; FRANCO, H. C. J.; TRIVELIN, P. C. O. Input of sugarcane post-harvest residues into the soil. **Scientia Agricola**, 70, 336–344. 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: Cana-de-açúcar**, 2018/2019: Primeiro levantamento. Brasília, 2018. Disponível em:

<https://www.conab.gov.br/.../safras/...safra.../17727_4e54c5103a0ab4a15529e35307c...%20>. Acesso em: 28 de Maio de 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, 2006, 412 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Árvore do conhecimento da cana-de-açúcar**. Disponível em:

<<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONT000fkch7tf302wyiv80sq98yqk1vc13r.html>>. Acesso em: 28 de Maio de 2018.

FRANZÉ, R.V. **Qualidade tecnológica e teores de nutrientes da cana-de-açúcar sob efeito de maturadores**. 2010. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia /Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010. Disponível em: <<http://www.fcav.unesp.br/download/pgtrabs/pv/m/78289.pdf>>. Acesso em 12 maio 2018.

FORTES, C.; TRIVELIN, P. C. O.; VITTI A. C. Long-term decomposition of sugarcane harvest residues in Sao Paulo state, Brazil. **Biomass and Bioenergy**, 42, 189–198. 2012.

HAMES, B. R.; THOMAS, S. R.; SLUITER, A. D.; ROTH, C. J.; TEMPLETON, D.W. Rapid biomass analysis. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, 105, 5–16. 2003.

HASSUANI S. J.; LEAL, M. R. L. V.; MACEDO, I. C. Biomass Power Generation: Sugar Cane, Bagasse and Trash. **Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e Centro de Tecnologia Canavieira (CTC)**, Piracicaba, 2005.

LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; BELCHIOR, G. G.; MAYMONE, G. P. L. Resistência de Plantas Daninhas aos Herbicidas Inibidores da ACCase (Grupo A). In: CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. **Aspectos de Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas**. 4. ed. Piracicaba: ESALQ, 2016. 77-97.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 201 p.

MESCHED, D., K. **Efeito do glyphosate e sulfometuron-metil na fisiologia da cana-de-açúcar**. 2009. 77 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

OLIVEIRA, M. W.; TRIVELIN, P. C. O.; KINGSTON, G.; BARBOSA M. H. P.; VITTI, A. C. **Decomposition and release of nutrients from sugarcane trash in two agricultural**

environments in Brazil: Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists. Queensland: PK Editorial Services Pty Ltd, 2002. v. 24, p. 290–296.

ORLANDO FILHO, J. **Nutrição da cana-de-açúcar.** In: ANDRESON, D. L.A; Bowen, J.E.. In: FLORIDA AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION JORNAL SERIES, Potafos, Piracicaba-SP, 1992. 40 p.

OTTO, R.; VITTI, G.C.; LUZ, P.H.C. **Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar.** R. Bras. Ci. Solo, 34:1137-1145, 2010.

PENATTI, C. P. **Adubação da cana-de-açúcar: 30 anos de experiência.** 1. ed. Itui: Ottoni, 2013. 347 p.

RIDESA/UFSCAR, Roberto Chapola. Censo Varietal 2015, **Grande Encontro de Variedades de Cana-de-açúcar**, 9, 2015, Ribeirão Preto. Censo varietal, 2015, Ribeirão Preto: Grupo IDEIA. Setembro, 2015.

RIZZARDI, M. A.; KARAM, D.; MICHELLE, B. C. Manejo e Controle de plantas daninhas em milho e sorgo. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Ed.). **Manual de manejo e Controle de plantas daninhas.** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004, p. 571-594.

SANTOS, E.F.; DONHA, R.M.A.; ARAÚJO, C.M.M.; LAVRES JUNIOR, J.; CAMACHO M.A. **Faixas normais de nutrientes em cana-de-açúcar pelos métodos ChM, DRIS e CND e nível crítico pela distribuição normal reduzida.** Revista Brasileira de Ciências do Solo. 2013;37:1651-1658.

SANTOS, F. A.; QUEIROZ, J. D.; COLODETTE, J. L.; MANFREDI, M.; QUEIROZ, M. E. L. R.; CALDAS, C. S.; SOARES, F. E. Otimização do pré-tratamento hidrotérmico da palha de cana-de-açúcar visando a produção de etanol celulósico. **Química Nova**, 37, 56–62. 2014.

SIQUEIRA, G.F. **Eficácia da mistura de glifosato a outros maturadores na cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*).** 2009. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2009.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TRIVELIN, P. C. O.; VICTORIA, R. L.; RODRIGUES, J. C. S. Aproveitamento por soqueira de cana-de-açúcar de final de safra do nitrogênio da aquamônia-¹⁵N e uréia-¹⁵N aplicado ao solo em complemento à vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.1375-1385, 1995.

TRIVELIN, P. C. O.; FRANCO, H. C. J.; OTTO, R. Impact of sugarcane trash on fertilizer requirements for São Paulo, Brazil. **Scientia Agricola**, 70, 345–352. 2013.

VARGAS, L.; ADEGAS, F.; NETTO, A. G.; BORGATO, E. A.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Resistência de Plantas Daninhas aos Herbicidas Inibidores da Acetolactato Sintase (ALS) (Grupo B). In: CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. **Aspectos de Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas.** 4. ed. Piracicaba: ESALQ, 2016. 77-97.

VITTI, G. C., OTTO, R. Nutrição e adubação em cana-de-açúcar. In: Curso agrícola **“Uso eficiente de fertilizantes na cana-de-açúcar”**. Departamento de Solos e Nutrição de Plantas. ESALQ-USP. 28 p. Araçatuba, 2003.

VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; CANTARELLA, H. Mineralização da palhada e crescimento de raízes de cana-de-açúcar relacionados com a adubação nitrogenada de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, 2757–2762. 2008.

CAPÍTULO 2 - CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NO PALHIÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM RESPOSTA À APLICAÇÃO DE MATURADORES

Gabriel Henrique Germino⁽¹⁾, Marcelo de Almeida Silva⁽¹⁾

⁽¹⁾UNESP - Faculdade de Ciências Agronômicas, Avenida Universitária, n° 3780, Altos do Paraíso, CEP 18610-034 Botucatu, SP, Brasil. E-mail: gabegermino@hotmail.com, (014) 9 97333027; marcelosilva@fca.unesp.br

RESUMO

O uso de maturadores químicos na cana-de-açúcar é indicado principalmente para aumentar o teor de sacarose nos colmos. Buscando uma prática mais sustentável do setor canavieiro, adotou-se nos últimos anos o manejo da colheita sem queima, e os resíduos foliares que ficam sobre a superfície do solo apresentam benefícios ao ecossistema, destacando-se a reciclagem de nutrientes. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o acúmulo e alocação de nutrientes nos componentes da parte aérea (ponteiro e folhas) da cana-de-açúcar sob a aplicação de diferentes maturadores. A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a RB966928, e o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de testemunha, 0,5 L ha⁻¹ de glifosato, 0,02 kg ha⁻¹ de sulfometurom-metílico e 0,80 L ha⁻¹ de trinexapaque-etílico. Foram realizadas análises de macro e micronutrientes na copa foliar, separando-se em folhas e ponteiros, em função do tempo após a aplicação dos tratamentos até a colheita, determinando-se a área para cada tratamento e repetição, como também a comparação pontual dos tratamentos aos 15, 30, 45 e 60 DAA. A aplicação de maturadores alterou o teor de nutrientes tanto na copa foliar quanto no ponteiro. A aplicação de trinexapaque-etílico é indicada para a manutenção nos teores de N, P, K, Mg, S, Mn e Zn, enquanto que o sulfometurom-metílico é indicado para a manutenção de B, Cu e Fe na copa foliar. Já, o glifosato contribuiu apenas para a manutenção do teor de K no ponteiro. Todos os maturadores reduziram o teor de K em ambas as partes avaliadas.

PALAVRAS-CHAVE: *Saccharum* spp., teor nutricional, macronutrientes, micronutrientes

ABSTRACT

The use of chemical ripeners in sugarcane is mainly indicated to increase the sucrose content in the stalks. A more sustainable practice in the sugarcane industry has been adopted in the last years to manage the harvest without burning, and the foliar residues that remain on the surface of the soil present benefits to the ecosystem, with emphasis on the recycling of nutrients. The objective of this work was to evaluate the accumulation and allocation of nutrients in the components of the aerial part (pointer and leaves) of the sugarcane under different ripeners agent. The sugarcane variety used was RB966928, and the experimental design was a randomized block with four replicates. The treatments consisted of control, dose of 0.5 L ha⁻¹ of glyphosate, 0.02 kg ha⁻¹ of sulfometuron-methyl and 0.80 L ha⁻¹ of trinexapac-ethyl. Macro and micronutrient analyzes were performed in the leaf canopy, separating into leaves and pointers, as a function of the time after the application of the treatments until harvest, determining the area for each treatment and repetition, as well as the point comparison of the treatments at 15, 30, 45 and 60 DAA. The application of ripeners altered the nutrient content in both leaf canopy and pointer. The application of trinexapac-ethyl is indicated for the maintenance of N, P, K, Mg, S, Mn and Zn contents, while sulfometuron-methyl is indicated for the maintenance of B, Cu and Fe in the leaf canopy. Already, glyphosate contributed only to the maintenance of the K content in the pointer. All ripeners reduced K content in both evaluated parts.

KEYWORDS: *Saccharum* spp., Nutritional content, Macronutrients, Micronutrients.

2.1 INTRODUÇÃO

Introduzida no Brasil na metade do século XVI, a cana-de-açúcar obteve destaque na economia agroindustrial brasileira, pois com o início da colonização portuguesa, foi considerada como uma das primeiras culturas introduzidas no país visando fins lucrativos (LUCCHESI, 2001).

Considerada como uma das melhores opções de fonte de energia renovável, a cana-de-açúcar tem grande importância mundial, e no Brasil compõem o ranking das três principais culturas produzidas, sendo cultivada na maioria das regiões, em diversas condições edafoclimáticas, ocasionando uma variabilidade na adaptação das cultivares (QUEIROZ, 2006).

Devido ao seu grande potencial na produção de etanol e seus subprodutos, a cana-de-açúcar é uma alternativa para o setor de biocombustíveis. Diante do contexto dos efeitos indesejáveis provenientes do uso de combustíveis fósseis no balanço de carbono na atmosfera, influenciando no aquecimento global, a agroindústria sucroalcooleira mostra-se favorável para a diminuição do impacto ambiental, pois o etanol é considerado um combustível ecologicamente correto, obtido de fonte renovável, e que não afeta a camada de ozônio.

Através dos avanços tecnológicos, é possível destacar a produtividade e os menores custos de produção em relação aos concorrentes internacionais, viabilizando ainda mais o cultivo.

Com o propósito de aumentar o teor de sacarose nos colmos da cana-de-açúcar, é recomendado o uso de maturadores químicos. Pelo fato de restringirem o crescimento da cana-de-açúcar, podendo inibir ou bloquear o florescimento, estes produtos alteram a rota metabólica da planta, e desta maneira modificam o processo de absorção e translocação de nutrientes, e consequentemente, afetam positivamente o acúmulo de sacarose nos colmos, possibilitando um melhor manejo da colheita.

Atualmente, com a demanda de bioenergia e a busca por uma prática mais sustentável do setor canavieiro, no qual possibilite benefícios ao meio ambiente e a saúde da população circunjacentes as usinas e aos canaviais, novas abordagens para o manejo da palha foram adotadas, ocorrendo mudança de um sistema de colheita com queima prévia da cana-de-açúcar para um sistema de colheita sem queima. Os resíduos da colheita da cana-de-açúcar sem queima, que ficam sobre a superfície do solo, apresentam benefícios ao ecossistema, destacando-se a reciclagem de nutrientes, conservação da biodiversidade do solo, armazenamento de água, acúmulo de carbono, controle da erosão e infestação de plantas daninhas (CARVALHO et al., 2017).

A adubação da cana-de-açúcar é um dos fatores de grande importância para a produtividade da cultura, representando até 30% dos custos de produção (ZAMBELLO JR et al., 1981). As variedades utilizadas, as condições edafoclimáticas, o ciclo da cultura e a quantidade de fertilizantes aplicados são considerados fatores importantes que influenciam na composição mineral da planta (FRANCO et al., 2007).

Pelo fato da cana-de-açúcar ser considerada uma cultura semiperene, possibilitando vários cortes antes da reforma do canavial, a busca por estratégia para determinar a quantidade necessária de fertilizantes que serão fornecidos nos ciclos subsequentes se faz necessário, como também a análise dos reais benefícios da parte aérea (ponteiro e folhas) deixada na superfície do solo poderão proporcionar para o melhor manejo da adubação da cultura.

Contudo, existem poucos estudos sobre a influência dos maturadores químicos na composição nutricional da palha da cana-de-açúcar. Pesquisas que visem a quantificação e a alocação de nutrientes nos compartimentos da parte aérea da cana-de-açúcar são necessárias, fornecendo informações sobre a ciclagem de nutrientes nos canaviais (COLETI et al., 2006). Essas informações auxiliarão a agroindústria sucroalcooleira,

que poderá introduzir métodos de adubação mais eficientes, com menores desperdícios e economicamente mais viáveis (SANTOS et al., 2013).

Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o acúmulo e alocação de nutrientes nos componentes da parte aérea (ponteiro e folhas) da cana-de-açúcar sob a aplicação de diferentes produtos químicos como maturadores.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento constituiu-se de duas fases, sendo a primeira realizada a campo com a aplicação dos produtos químicos e a segunda foi realizada em laboratório, para a determinação dos nutrientes nas amostras coletadas.

A primeira fase do experimento foi instalada em maio de 2014. O experimento foi instalado e conduzido em uma área pertencente a Usina Da Barra (Grupo Raízen), localizada na fazenda Santo Antônio, no município de Igarau do Tietê - SP, constando as seguintes coordenadas geográficas: Latitude 22°28'43"S e Longitude 48°31'59"W, em altitude de 509 m acima do nível do mar. O clima predominante da região, segundo a classificação de Köppen, é o Aw, caracterizado por clima seco definido, temperatura média anual de 21,6°C, umidade relativa média de 70%, com extremos de 77% em fevereiro e 59% em agosto e média pluvial de 1.344 mm. O solo da área experimental é classificado como Latossolo roxo eutrófico, textura argilosa, com ambiente de produção tipo A (EMBRAPA, 2006).

Antes da instalação do experimento foi feita a caracterização da área, na qual foram coletadas amostras de solo para a realização da análise química, nas profundidades de 0-0,25 m e 0, 25-0,50 m (Tabela 01). Os demais manejos agrícolas, referentes ao controle de plantas daninhas, pragas e adubação foram realizados de acordo com as necessidades da área.

Tabela 01 - Atributos químicos do solo antes da implantação do experimento na usina Da Barra (Grupo Raízen), no município de Igarau do Tietê - SP, 2014.

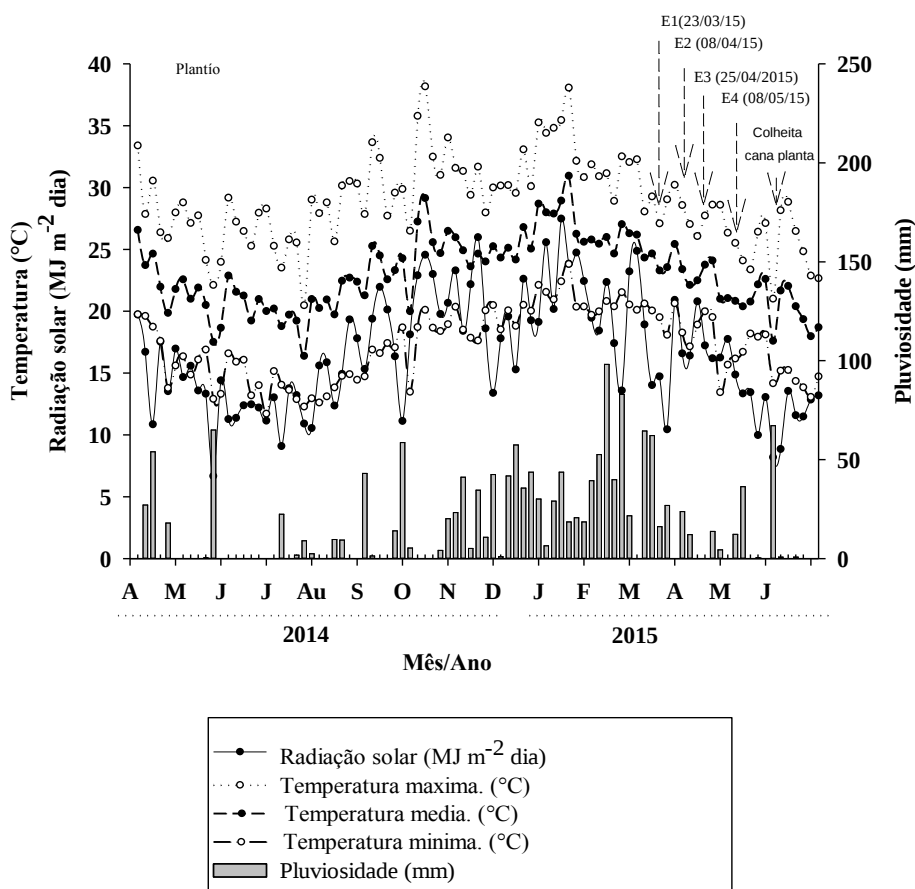
Prof. ⁽¹⁾	pH (CaCl ₂)	M.O. ⁽²⁾	P _{resina}	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB ⁽³⁾	CTC ⁽⁴⁾	V ⁽⁵⁾	K/CTC
Igarau do Tietê												
(m)	(g dm ⁻³)		(mg dm ⁻³)			(mmolc dm ⁻³)						%
0 - 0,25	5,50	24	17	1,18	40,40	25,39	22	0,06	66,97	89	75	1,33
0,25-0,50	5,50	22	14	0,75	30,84	21,25	24	0,14	52,84	77	68	0,97

⁽¹⁾ Prof.: profundidade. ⁽²⁾ MO: Matéria orgânica. ⁽³⁾ SB: somas das bases. ⁽⁴⁾ CTC: capacidade de troca catiônica.

⁽⁵⁾ V: saturação de base.

Durante a condução do experimento foram coletados os dados climáticos na Estação Meteorológica Automatizada do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do município de Barra Bonita - SP durante a safra 2014/2015 (Figura 01).

Figura 01 - Pluviosidade (mm), temperatura média, máxima, mínima e radiação solar, registrados na Estação Meteorológica INMET, durante 2014/2015



A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a RB966928, considerada a mais plantada no Brasil na safra 2014/2015 e a segunda mais cultivada em área total (RIDESA - UFSCAR, 2015). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram definidos de acordo com os três principais maturadores químicos utilizados na cultura da cana-de-açúcar, glifosato, sulfometurom-metílico e trinexapaque-etílico. As doses utilizadas desses produtos químicos foram definidas conforme a indicação da bula ou à recomendação comercial, entretanto a dose de glifosato, inferior à recomendação comercial foi definida segundo a necessidade da usina (Tabela 02).

Tabela 02 - Produtos e Doses de maturadores (Tratamentos) aplicados na variedade RB966928, cana planta, em início da safra 2014/2015.

Tratamento	Produto Comercial g ia L ⁻¹ ou kg ⁻¹	Ingrediente Ativo	Quantidade de ingrediente ativo (L ou kg)	Dose (L ou kg de produto comercial)
T1	Testemunha	Sem aplicação	-----	-----
T2	Roundup SC, 480	Glyphosate	0,180 ea	0,50
T3	Curavial, 750	Sulfometurom-metílico	0,015	0,02
T4	Moddus, 250	Trinexapaque-etílico	0,200	0,80

ea =equivalente ácido (glifosato). Para sulfometurom-metílico foi adicionado 1 mL/L de água de adjuvante (Tensor Plus®)

As parcelas foram constituídas de duas linhas duplas de 10 m de comprimento e uma linha simples em cada lado utilizada como bordadura. O espaçamento foi de 1,50 m entre cada linha dupla e entre cada linha simples a 0,90 m, perfazendo uma área total de 63 m². A aplicação dos maturadores foi realizada nas duas linhas duplas. Para a colheita das amostras para a segunda fase do experimento foram utilizadas as duas linhas duplas centrais desprezando dois metros de cada extremidade com o propósito de garantir uma melhor amostragem.

A aplicação dos tratamentos foi realizada no dia 24 de março de 2015, no período da manhã, por meio de equipamento costal pressurizado (CO₂), com barra de 3 m de comprimento em forma de “T”, adaptada ao sistema de plantio, contendo seis pontas de pulverização TT 110015, plástico (Spraying Systems), regulados para volume de calda de 166,00 L ha⁻¹ (Figura 02).

Figura 02 - Equipamento costal CO₂ e bico TT 110015 na aplicação dos maturadores



A segunda fase do experimento compreendeu as análises laboratoriais para o diagnóstico nutricional da planta, e para isso, as amostras colhidas no campo foram secas em estufa (60°C) e trituradas em moínho no Departamento de Melhoramento e Produção Vegetal - FCA/UNESP, Campus Botucatu.

As amostras foram compostas pelo ponteiro, considerado a parte do colmo acima do ponte de quebra natural (palmito), e a copa foliar, que é constituída pelas folhas retiradas do cartucho e as demais folhas presentes no colmo. Essas amostras foram obtidas em pré-colheita, isto é, no diaanterior ao da aplicação (23/03/2015), e em intervalos de 15 dias até o momento da colheita, isto é 60 dias após a aplicação.

As avaliações para a determinação nutricional, tanto de macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) quanto para os micronutrientes (boro, cobre, ferro, manganês e zinco) foram realizadas no Laboratório de Relação Solo-Planta do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal da FCA/UNESP, Campus Botucatu, seguindo as metodologias descritas por Malavolta (1997).

As variáveis nutricionais foram avaliadas em função do tempo da aplicação dos tratamentos até a colheita, aos 0, 15, 30, 45 e 60 DAA. As variáveis foram avaliadas com relação à normalidade e homocedastidade. Para aquelas que supriram essas exigências foi aplicada a análise de variância e complementada com o teste de Tukey. Considerou-se significativo quando $p < 0,05$. O software utilizado foi o minitab 16.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da determinação do teor mineral da massa da matéria seca do ponteiro e da copa foliar podemos analisar o comportamento nutricional da cana-de-açúcar e sua resposta em relação aos produtos químicos aplicados, comparando os tratamentos com os maturadores (glifosato, sulfometurom-metilico, e

trinexapaque-etílico) em relação à testemunha. A análise pontual de macronutrientes aos 0, 15, 30, 45 e 60 DAA estão representadas na Tabela 03 para copa foliar e Tabela 04 para ponteiro.

Foram verificados os maiores valores de nitrogênio (N) para os tratamentos na copa foliar do que no ponteiro. Foi observado que o trinexapaque-etílico contribuiu para a manutenção do teor de N, com valores semelhantes aos da testemunha, aos 15, 30, 45 e 60 DAA. Entretanto, aos 30 e 45 DAA não houve diferença estatística entre os maturadores. Aos 60 DAA apenas o sulfometurom-metílico reduziu o teor de N na copa foliar (Figura 3A).

Tabela 03 - Teor de macronutrientes na copa foliar de cana-de-açúcar após a aplicação de maturadores.

Tratamentos	Médias (g kg ⁻¹)				
	Nitrogênio				
	0 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
Testemunha	11,4 a	10,0 ab	10,8 a	11,0 a	9,7 a
Glifosato	8,6 c	8,7 b	8,3 b	9,0 ab	8,1 a
Sulfometurom-metílico	10,5 b	8,9 b	8,6 b	8,2 b	5,3 b
Trinexapaque-etílico	11,1 ab	10,7 a	9,3 ab	9,4 ab	8,5 a
	Fósforo				
	0 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
Testemunha	1,2	1,1 a	1,1 ab	1,4 a	1,3 a
Glifosato	1,1	1,0 ab	1,0 b	1,1 ab	1,1 a
Sulfometurom-metílico	1,2	0,9 b	1,0 b	1,0 b	0,5 b
Trinexapaque-etílico	1,2	1,0 ab	1,3 a	1,3 ab	1,1 a
	Potássio				
	0 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
Testemunha	62,1 a	58,9 a	46,7	30,5 a	33,9 a
Glifosato	58,2 ab	44,1 b	42,6	19,5 b	14,4 bc
Sulfometurom-metílico	56,7 b	52,4 a	35,0	18,1 b	13,8 c
Trinexapaque-etílico	61,4 a	56,6 a	45,4	17,8 b	18,7 b
	Cálcio				
	0 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
Testemunha	7,9 a	7,6 a	8,1 a	5,4 a	6,7 a
Glifosato	7,0 d	5,1 b	6,0 b	3,3 b	3,0 c
Sulfometurom-metílico	7,6 b	6,9 a	5,8 b	3,4 b	4,7 b
Trinexapaque-etílico	7,2 c	6,7 a	6,2 ab	3,3 b	3,3 bc
	Magnésio				
	0 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
Testemunha	5,0 a	4,9 a	4,2 a	3,0 a	3,9 a
Glifosato	4,8 b	2,9 b	1,6 c	1,2 b	1,3 c
Sulfometurom-metílico	4,8 b	4,0 ab	2,9 b	1,6 b	2,3 b
Trinexapaque-etílico	5,0 a	4,2 a	3,3 ab	1,6 b	1,6 c
	Enxofre				
	0 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
Testemunha	2,6 a	1,8 a	1,6	1,2 bc	1,6
Glifosato	2,2 b	1,5 ab	1,4	1,0 c	1,5
Sulfometurom-metílico	1,9 c	1,6 ab	1,6	1,5 ab	1,4
Trinexapaque-etílico	1,9 c	1,4 b	1,6	1,8 a	1,7

DAA: dias após a aplicação.

Letras minúsculas entre tratamentos, diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

Já no ponteiro (Tabela 4 e Figura 3B), os maturadores glifosato e trinexapaque-etílico foram os que contribuíram para a manutenção do teor de N com valores semelhantes ao da testemunha, ocorrendo diferença estatística entre eles apenas aos 45 DAA. O sulfometurom-metílico reduziu o teor de N diferindo-se dos demais tratamentos aos 45 e 60 DAA no ponteiro.

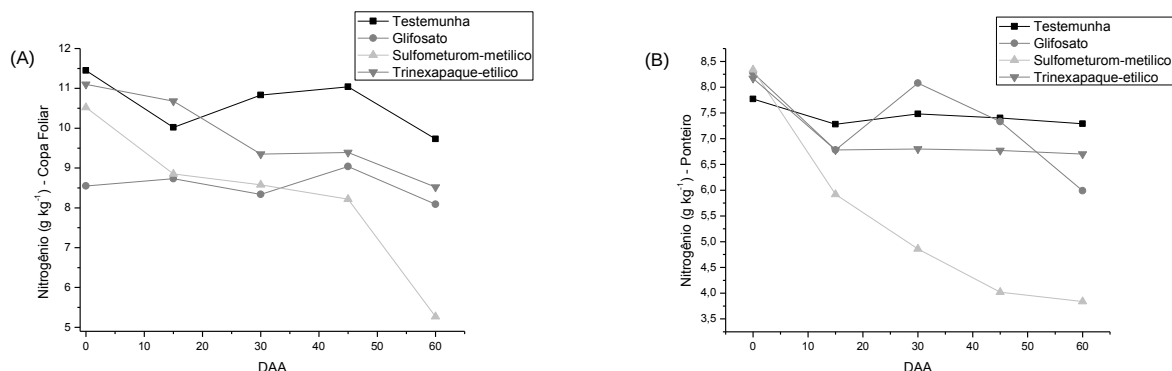
Tabela 4 - Teor de macronutrientes no ponteiro de cana-de-açúcar após a aplicação de maturadores.

Tratamentos	Médias (g kg ⁻¹)				
	Nitrogênio				
	0 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
Testemunha	7,8	7,3 a	7,5 a	7,4 a	7,3 a
Glifosato	8,3	6,8 ab	8,1 a	7,3 a	6,0 a
Sulfometurom-metílico	8,3	5,9 b	4,9 b	4,0 c	3,8 b
Trinexapaque-etílico	8,2	6,8 ab	6,8 ab	6,8 b	6,7 a
	Fósforo				
	0 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
Testemunha	1,0	1,2 a	1,1	1,2 a	1,4 a
Glifosato	1,2	1,2 ab	1,0	1,1 a	1,1 a
Sulfometurom-metílico	1,0	0,9 b	0,7	0,5 b	0,4 b
Trinexapaque-etílico	0,9	1,1 ab	1,1	1,1 a	1,2 a
	Potássio				
	0 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
Testemunha	48,2	30,2 ab	25,2 a	23,9 a	23,7 a
Glifosato	37,4	38,7 a	16,6 b	17,9 c	20,1 a
Sulfometurom-metílico	45,8	24,0 b	17,0 b	15,0 d	12,9 b
Trinexapaque-etílico	37,5	27,7 ab	18,5 b	19,5 b	22,4 a
	Cálcio				
	0 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
Testemunha	3,9	2,4	2,5	2,5 a	2,4
Glifosato	3,4	3,6	2,1	2,1 b	2,0
Sulfometurom-metílico	3,6	2,2	2,3	2,2 b	2,2
Trinexapaque-etílico	3,3	2,4	2,4	2,2 b	2,4
	Magnésio				
	0 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
Testemunha	3,5 a	1,8 b	1,4 a	1,4 a	1,5
Glifosato	2,8 b	2,7 a	1,0 b	1,2 b	1,2
Sulfometurom-metílico	2,9 ab	1,5 b	1,4 ab	1,3 ab	1,5
Trinexapaque-etílico	3,4 a	1,6 b	1,3 ab	1,4 ab	1,4
	Enxofre				
	0 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
Testemunha	2,2	2,3 a	1,3 ab	1,4 b	1,4 b
Glifosato	2,3	1,6 b	0,9 b	1,1 c	1,3 b
Sulfometurom-metílico	1,9	2,0 ab	1,6 a	1,6 a	1,7 ab
Trinexapaque-etílico	1,8	2,3 a	1,4 a	1,5 a	2,0 a

DAA: dias após a aplicação.

Letras minúsculas entre tratamentos, diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

Figura 3 - Área da somatória dos teores de nitrogênio para a copa foliar (A) e Ponteiro (B).



DAA: dias após a aplicação.

Letras minúsculas entre tratamentos diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Segundo Stupiello (2001), a cana-de-açúcar não amadurece em condições de excesso hídrico e de nitrogênio, por ser um nutriente móvel na planta é possível observar o efeito da maturação nos componentes avaliados.

O sulfometurom-metílico inibe, de maneira irreversível, a ação da enzima acetolactato sintetase (ALS) ou acetohidroxi sintetase (AHAS), bloqueando a síntese de aminoácidos de cadeia ramificada (valina, leucina e isoleucina) a partir dos substratos piruvato e α -cetobutarato (RIZZARDI et al., 2004). Tal produto atua na maturação por estímulo de produção de etileno, devido ao efeito estressante causado pela fitotoxidez, contribuindo para a redução de nitrogênio na planta, pois esse nutriente participa na composição dos aminoácidos e proteínas, como também contribui estruturalmente em bases nitrogenadas e ácidos nucleicos, enzimas e coenzimas, glico e lipoproteínas, pigmentos e produtos secundários e de processos bioquímicos envolvidos na absorção iônica, na fotossíntese, na respiração, na síntese, multiplicação e diferenciação celulares e como constituinte essencial da molécula de clorofila (MALAVOLTA, 1989).

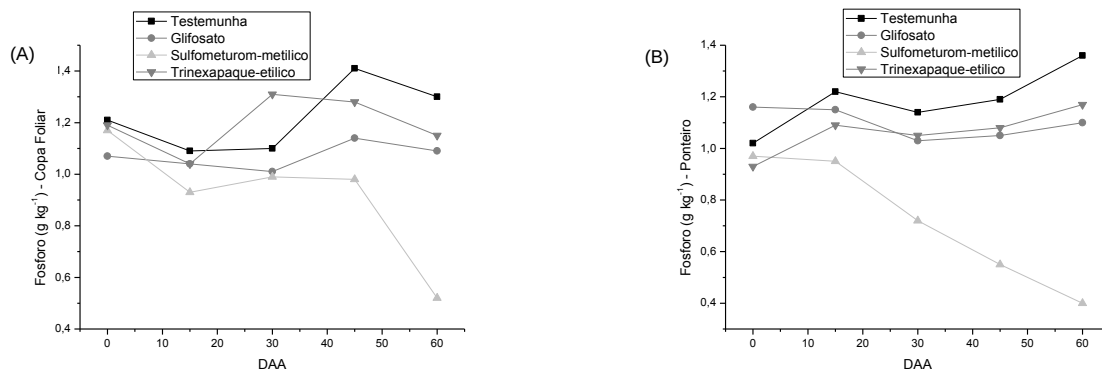
Os maturadores trazem benefícios para a maturação da cana-de-açúcar, entretanto podem reduzir o teor de nutrientes no resíduo vegetal, como foi observado que o sulfometurom-metílico prejudicou a manutenção do teor do nutriente tanto na copa foliar quanto no ponteiro, e, conseqüentemente, reduzirá a quantidade de nitrogênio no resíduo que ficará sobre o solo após a colheita.

Para o fósforo (P) na copa foliar, foi observado aos 15 DAA diferença estatística apenas para o sulfometurom-metílico, o qual reduziu o teor de fósforo (Tabela 3). Aos 30 DAA o trinexapaque-etílico foi o maturador que mais contribuiu para a manutenção do teor de P, diferindo estatisticamente dos demais maturadores. Porém, aos 45 e 60 DAA, tanto o trinexapaque-etílico quanto o glifosato obtiveram valores semelhantes ao da testemunha, contribuindo assim, para a manutenção do teor de P na copa foliar. Aos 60 DAA o sulfometurom-metílico reduziu o teor de P, diferindo-se estatisticamente dos demais tratamentos (Figura 4A), observando queda pronunciada aos 45 DAA, atingindo $0,52 \text{ g kg}^{-1}$.

No ponteiro (Tabela 4 e Figura 4B), os maturadores glifosato e trinexapaque-etílico não reduziram os teores de fósforo após a aplicação, equivalendo-se aos valores da testemunha, principalmente aos 45 e 60 DAA. Entretanto, sulfometurom-metílico causou redução de $0,97 \text{ g kg}^{-1}$ dos 0 DAA para $0,40 \text{ g kg}^{-1}$ aos 60 DAA, sendo que aos 15 DAA ele não diferiu dos demais maturadores. Sulfometurom-metílico não contribuiu com a

manutenção do teor do nutriente tanto na copa foliar quanto no ponteiro, reduzindo, provavelmente, a quantidade de fósforo no resíduo sobre o solo.

Figura 4 - Área da somatória dos teores de fósforo para a copa foliar (A) e ponteiro (B).



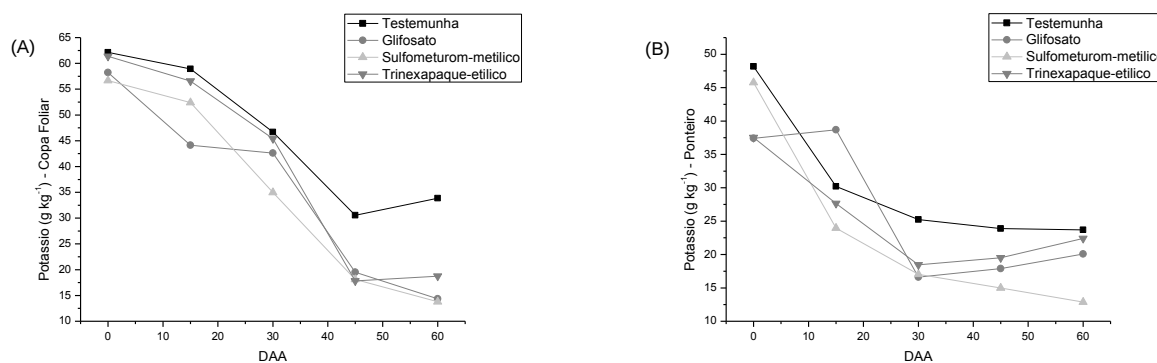
DAA: dias após a aplicação.

Letras minúsculas entre tratamentos diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Para o teor de potássio (K) observa-se na copa foliar que aos 15 DAA apenas o glifosato reduziu o teor do nutriente, diferindo-se dos demais tratamentos (Tabela 3 e Figura 5A). Em contrapartida o trinexapaque-etílico e o sulfometurom-metílico contribuíram para a manutenção do teor de K na copa foliar, obtendo valores semelhantes ao da testemunha. Tanto aos 45 DAA quanto aos 60 DAA, os maturadores reduziram o teor de K nas folhas, comparando-os com a maturação natural.

No ponteiro (Tabela 4 e Figura 5B) pode-se observar esse mesmo efeito aos 30 e 45 DAA, sendo que aos 60 DAA apenas o sulfometurom-metílico reduziu o teor de K no ponteiro.

Figura 5 - Área da somatória dos teores de potássio para a copa foliar (A) e ponteiro (B).



DAA: dias após a aplicação.

Letras minúsculas entre tratamentos diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

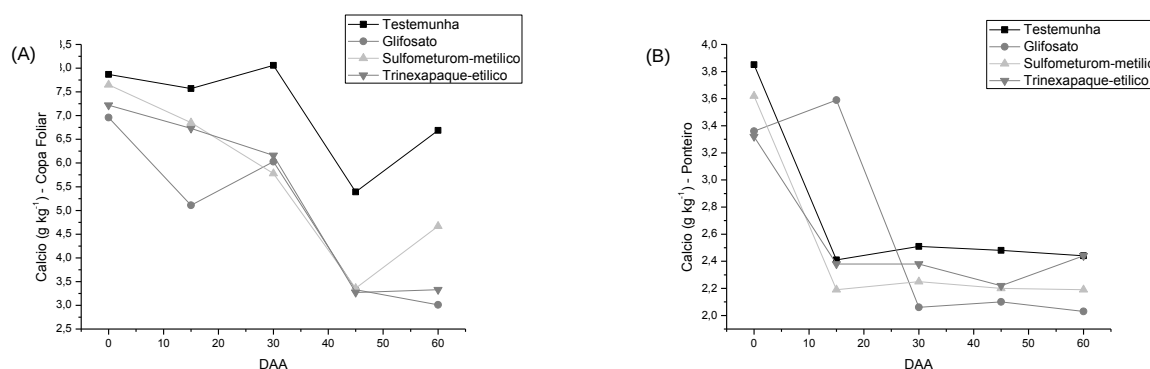
Na cana-de-açúcar o potássio atua bioquimicamente no metabolismo de hexoses e transporte de sacarose, ocorrendo relação positiva entre o nível de potássio e a síntese protéica nas folhas e nos colmos, assim como diminuição da fotossíntese em plantas deficientes desse nutriente. No entanto, a deficiência de potássio ocasiona o fechamento estomático, consequentemente menor entrada de CO₂, restrição da fotossíntese e menor

acúmulo de massa da matéria seca e sacarose (FRANZÉ, 2010). Em vista disso, o fato dos maturadores reduzirem o teor de potássio na copa foliar e no ponteiro pode acarretar em prejuízos no desenvolvimento da planta na brotação da soqueira, pela redução na quantidade de potássio presente no resíduo sobre o solo, porém pode beneficiar a maturação, pois sendo o K móvel na planta pode estar presente em maior quantidade nos colmos, contribuindo para o acúmulo de sacarose.

Para o teor de cálcio (Ca) na copa foliar, é observado que o trinexapaque-etílico e o sulfometurom-metílico contribuíram para a manutenção do teor de Ca aos 15 DAA, com valores semelhantes ao da testemunha (Tabela 3 e Figura 6A). Já aos 30 DAA, apenas o trinexapaque-etílico manteve o valor próximo ao da testemunha, entretanto não se diferiu estatisticamente dos demais maturadores. Tanto aos 45 DAA quanto aos 60 DAA observa-se o efeito dos maturadores em reduzir o teor de Ca na copa foliar.

No ponteiro (Tabela 4 e Figura 6B), os maturadores contribuíram para a manutenção nos teores de cálcio, equivalendo-se aos valores da testemunha, ocorrendo diferença estatística apenas aos 45 DAA, com efeito dos maturadores em reduzir o teor de Ca no ponteiro.

Figura 6 - Área da somatória dos teores de cálcio para a copa foliar (A) e ponteiro (B).



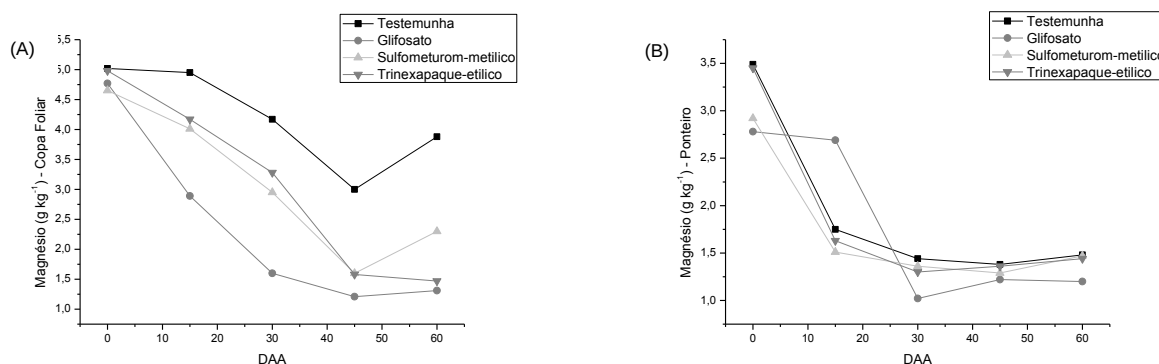
DAA: dias após a aplicação.

Letras minúsculas entre tratamentos diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Para o magnésio (Mg) na copa foliar pode-se observar que aos 15 e aos 30 DAA apenas o glifosato reduziu o teor do nutriente, diferindo-se estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 3 e Figura 7A). Entretanto, aos 45 e 60 DAA observou-se os efeitos dos maturadores em reduzir o teor de Mg na copa foliar.

No ponteiro, pode-se observar que aos 15 DAA o glifosato foi o maturador que mais contribuiu com a manutenção de Mg, diferindo-se estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 4 e Figura 7B). Porém aos 30 e 45 DAA foi o único maturador que diferiu dos demais, reduzindo o teor de Mg no ponteiro.

Figura 7 - Área da somatória dos teores de magnésio para a copa foliar (A) e ponteiro (B).



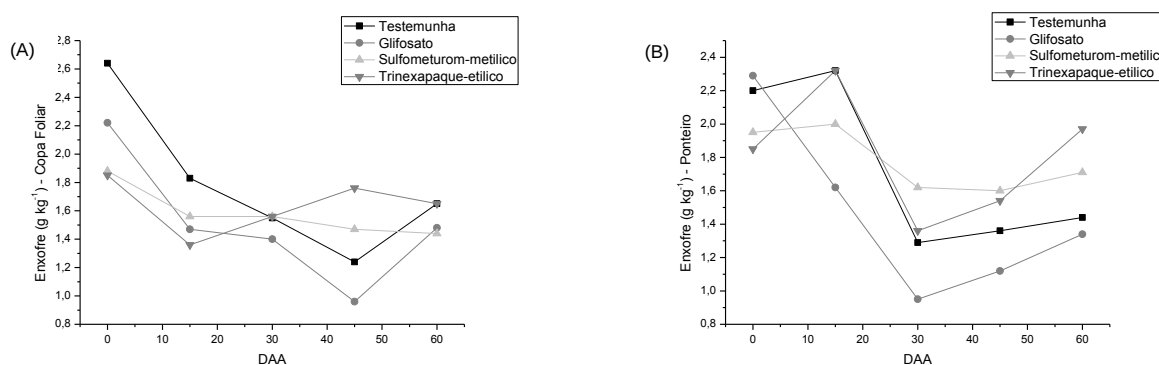
DAA: dias após a aplicação.

Letras minúsculas entre tratamentos diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Na copa foliar, os maturadores glifosato e sulfometurom-metílico contribuíram para a manutenção do teor de enxofre (S), apresentando valores próximos aos da testemunha (Tabela 3 e Figura 8A) aos 15 DAA. Entretanto, aos 45 DAA o trinexapaque-etílico foi o tratamento que mais contribuiu para a manutenção do teor de S, diferindo-se estatisticamente da testemunha e do glifosato.

No ponteiro, apenas o glifosato diferiu da testemunha aos 15 DAA (Tabela 4 e Figura 8B). Já aos 30 DAA o glifosato diferiu dos demais maturadores, reduzindo o teor de S no ponteiro. Aos 45 DAA tanto o trinexapaque-etílico quanto o sulfometurom-metílico contribuíram para a manutenção do teor de S apresentando valores acima do encontrado para a testemunha e glifosato. Contudo, aos 60 DAA apenas o trinexapaque-etílico diferiu da testemunha e do glifosato.

Figura 8 - Área da somatória dos teores de enxofre para a copa foliar (A) e ponteiro (B).



DAA: dias após a aplicação.

Letras minúsculas entre tratamentos diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

A análise pontual de micronutrientes aos 0, 15, 30, 45 e 60 DAA estão representadas nas Tabela 05 para copa foliar e Tabela 06 para ponteiro.

Na copa foliar foi verificado um aumento no valor de boro (B) para o sulfometurom-metílico, aos 15 e 30 DAA, sendo o maturador que mais contribuiu para a manutenção no teor de B na copa foliar, diferindo-se da testemunha (Tabela 5 e Figura 9A). Do mesmo modo, o glifosato e trinexapaque-etílico também contribuíram para a manutenção do teor de B nos mesmos períodos citados, equivalendo-se ao valor da testemunha.

Tabela 05 - Teor de micronutrientes na copa foliar de cana-de-açúcar após a aplicação de maturadores.

Tratamentos	Médias (mg kg ⁻¹)				
	Boro				
	0 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
Testemunha	4,0 d	3,5 b	4,3 b	3,8	4,5
Glifosato	4,6 c	5,2 ab	4,7 b	4,3	4,2
Sulfometurom-metilico	5,0 b	6,9 a	10,1 a	3,4	3,8
Trinexapaque-etílico	5,7 a	5,2 ab	4,1 b	3,5	3,0
	Cobre				
	0 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
Testemunha	6,5	3,0 a	1,6	4,9	3,7 b
Glifosato	5,8	2,3 ab	1,2	4,3	4,3 b
Sulfometurom-metilico	6,2	1,9 b	1,0	4,7	9,3 a
Trinexapaque-etílico	5,9	1,4 b	1,3	4,7	3,5 b
	Ferro				
	0 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
Testemunha	111,1 c	83,8 a	130,5	179,7	113,6 c
Glifosato	117,5 a	77,0 ab	94,6	159,2	194,2 b
Sulfometurom-metilico	115,7 b	55,8 ab	122,5	156,7	211,1 ab
Trinexapaque-etílico	108,6 d	50,0 b	112,8	166,8	251,0 a
	Manganês				
	0 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
Testemunha	202,6 c	186,0	153,4 ab	179,0 ab	182,2 a
Glifosato	197,9 d	144,1	106,4 b	135,0 b	121,3 b
Sulfometurom-metilico	205,8 b	188,8	161,9 a	216,4 a	186,9 a
Trinexapaque-etílico	208,2 a	153,4	132,5 ab	182,8 ab	172,8 a
	Zinco				
	0 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
Testemunha	31,1 a	31,9	25,5	31,5 ab	35,2
Glifosato	26,7 c	28,6	27,8	22,8 b	27,5
Sulfometurom-metilico	27,8 b	26,7	26,0	28,8 ab	29,5
Trinexapaque-etílico	27,8 b	27,3	24,8	34,2 a	29,5

DAA: dias após a aplicação.

Letras minúsculas entre tratamentos diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

No ponteiro, o maturador trinexapaque-etílico foi o que mais contribuiu com a manutenção do teor de B aos 30 DAA, com valor acima da testemunha (Tabela 6 e Figura 9B). Tanto aos 45 quanto aos 60 DAA observou-se o efeito dos maturadores em reduzir o teor de B no ponteiro, comparado à maturação natural.

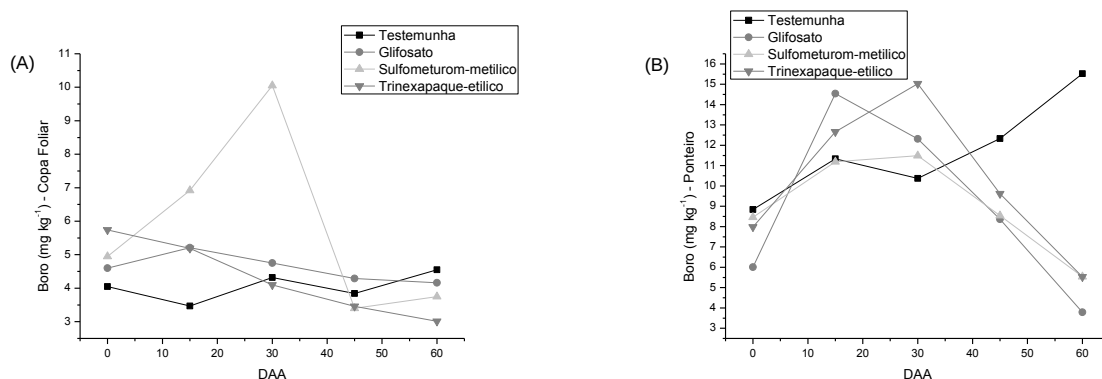
Tabela 06 - Teor de micronutrientes no ponteiro de cana-de-açúcar após a aplicação de maturadores.

Tratamentos	Médias (mg kg ⁻¹)				
	Boro				
	0 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
Testemunha	8,8 a	11,3	10,4 b	12,3 a	15,5 a
Glifosato	6,0 b	14,5	12,3 ab	8,4 d	3,8 b
Sulfometurom-metilico	8,5 a	11,2	11,5 ab	8,5 c	5,5 b
Trinexapaque-etílico	8,0 a	12,7	15,0 a	9,6 b	5,5 b
Tratamentos	Cobre				
	0 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
	0 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
Testemunha	3,3	4,3	5,4	5,5 a	5,6
Glifosato	3,9	5,2	3,9	4,8 c	5,4
Sulfometurom-metilico	3,3	4,5	4,3	5,0 b	5,8
Trinexapaque-etílico	3,5	4,5	3,7	4,9 bc	5,8
Tratamentos	Ferro				
	0 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
	0 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
Testemunha	135,0	54,8 ab	65,3 b	63,4 d	62,5 c
Glifosato	131,4	43,9 b	90,3 a	103,4 a	127,7 a
Sulfometurom-metilico	135,8	80,6 a	85,0 ab	96,7 c	103,6 b
Trinexapaque-etílico	105,5	54,8 ab	103,1 a	101,2 b	99,9 b
Tratamentos	Manganês				
	0 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
	0 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
Testemunha	193,3	177,7 ab	167,6 bc	182,3 c	217,0 a
Glifosato	181,0	137,0 b	139,8 c	148,9 d	155,7 b
Sulfometurom-metilico	194,5	185,1 a	227,1 a	222,5 a	233,9 a
Trinexapaque-etílico	174,8	165,1 ab	186,7 b	189,7 b	210,7 a
Tratamentos	Zinco				
	0 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
	0 DAA	15 DAA	30 DAA	45 DAA	60 DAA
Testemunha	27,9	40,5 a	41,3 a	43,4 a	44,8 a
Glifosato	32,9	29,9 b	31,7 ab	33,6 c	37,9 ab
Sulfometurom-metilico	27,9	32,4 ab	28,2 b	31,2 d	29,9 b
Trinexapaque-etílico	28,2	38,0 ab	37,3 ab	38,2 b	43,1 a

DAA: dias após a aplicação.

Letras minúsculas entre tratamentos diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Figura 9 - Área da somatória dos teores de Boro para a copa foliar (A) e ponteiro (B).



DAA: dias após a aplicação.

Letras minúsculas entre tratamentos diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

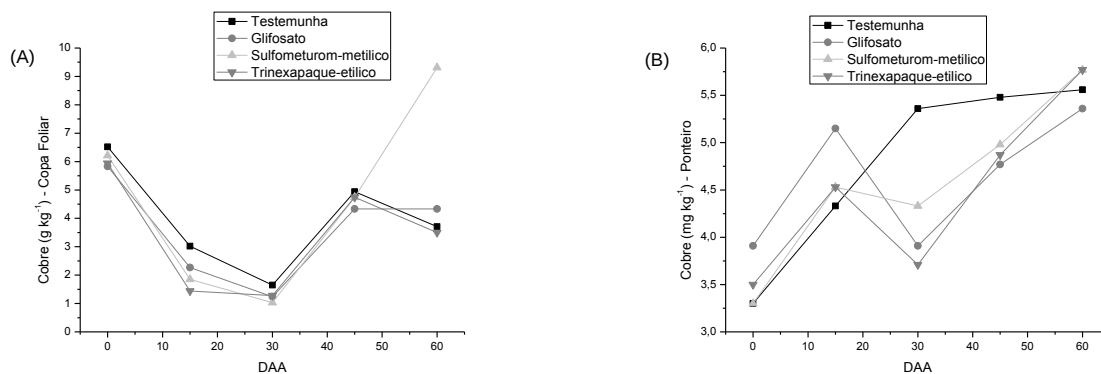
O boro contribui para o processo de maturação da cana-de-açúcar, pois o íon borato pode complexar açúcares, indicando sua possível participação no transporte de carboidratos das folhas para os órgãos, e também no metabolismo da cana-de-açúcar, assumindo funções primordiais para a produção de colmos e desenvolvimento vegetal.

Para o cobre (Cu) na copa foliar foi observado que o glifosato contribuiu para a manutenção do teor do nutriente aos 15 DAA, com valores semelhantes ao da testemunha, porém ele não diferiu estatisticamente dos

demais maturadores (Tabela 5 e Figura 10A). Aos 60 DAA o sulfometurom-metílico foi o que mais contribuiu para a manutenção do teor de Cu na copa foliar, diferindo-se dos demais tratamentos.

Já no ponteiro, os maturadores promoveram redução nos teores de Cu aos 45 DAA (Tabela 6 e Figura 10B).

Figura 10 - Área da somatória dos teores de cobre para a copa foliar (A) e ponteiro (B).



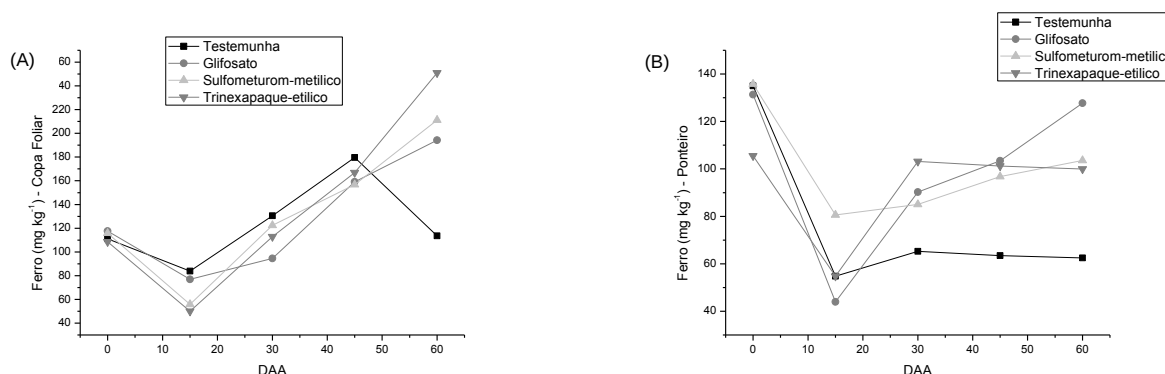
DAA: dias após a aplicação.

Letras minúsculas entre tratamentos diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Na copa foliar a aplicação dos maturadores contribuiu para a manutenção nos teores de ferro (Fe), no qual aos 15 DAA apenas o trinexapaque-etílico diferiu da testemunha, reduzindo o teor de Fe na copa foliar (Tabela 5 e Figura 11A). Entretanto, aos 45 DAA ocorreu queda no valor para a testemunha, enquanto que os tratamentos com maturadores mantiveram os teores, permanecendo aos 60 DAA com valores acima da testemunha, contribuindo assim, para a manutenção de Fe na copa foliar.

No ponteiro, os maturadores contribuíram para o aumento nos teores de ferro, superando o valor encontrado para a testemunha aos 30, 45 e 60 DAA, com exceção do sulfometurom-metílico que obteve valor semelhante ao da testemunha aos 30 DAA (Tabela 6 e Figura 11B).

Figura 11 - Área da somatória dos teores de ferro para a copa foliar (A) e ponteiro (B).



DAA: dias após a aplicação.

Letras minúsculas entre tratamentos diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

O teor de ferro pode ser influenciado pelo excesso de potássio, como podemos observar no ponteiro, o comportamento inverso tanto para a testemunha quanto para o sulfometurom-metílico. O ferro é considerado

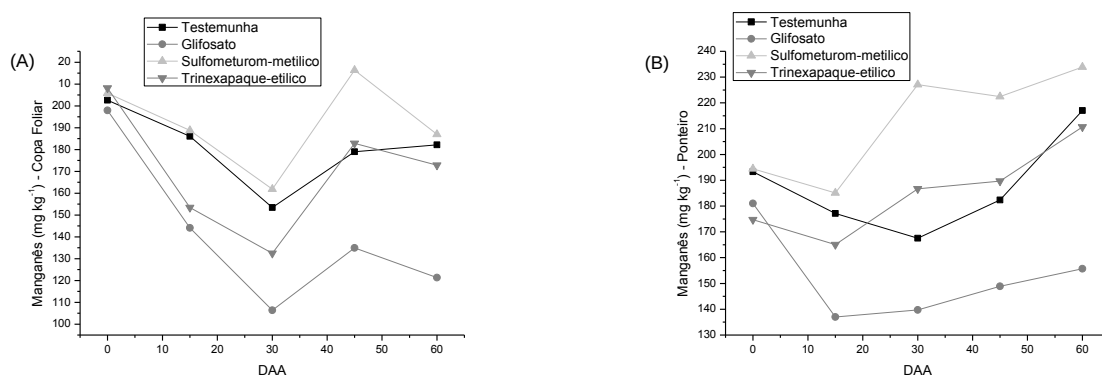
importante na biossíntese de clorofila e de proteínas, e também atua como ativador de enzimas como hemeperoxidase, catalase, oxidase de sulfito, assim como atua na fotossíntese, respiração, fixação biológica de nitrogênio e assimilação de nitrogênio e enxofre (MALAVOLTA et al., 1989).

Em estudo realizado por Franzé (2010), a aplicação de glifosato acumulou maiores teores de ferro nas lâminas foliares do que os demais produtos testados. Quantidades ótimas de ferro nas folhas das plantas proporcionam uma melhor biossíntese de clorofila (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Na copa foliar o sulfometurom-metílico e trinexapaque-etílico contribuíram para a manutenção do teor de manganês (Mn), equivalendo-se aos valores da testemunha aos 30 DAA (Tabela 5 e Figura 12A). Por outro lado, o glifosato causou redução no teor de Mn diferindo-se da testemunha no mesmo período citado. Tal fato também pode ser observado aos 45 e aos 60 DAA.

Já no ponteiro, aos 15 DAA o sulfometurom-metílico e o trinexapaque-etílico contribuíram para a manutenção do nutriente, equiparando-se aos valores da testemunha (Tabela 6 e Figura 12B). Entretanto, o glifosato causou redução no teor de manganês, ocorrendo queda pronunciada de 181,01 mg kg⁻¹ aos 0 DAA para 137,01 mg kg⁻¹ aos 15 DAA, e manteve os menores valores de Mn aos 30, 45 e 60 DAA. Contudo, o sulfometurom-metílico foi o maturador que mais contribuiu para a manutenção de Mn no ponteiro, apresentando valores acima da testemunha e dos demais maturadores aos 30 e 45 DAA.

Figura 12 - Área da somatória dos teores de manganês para a copa foliar (A) e ponteiro (B).



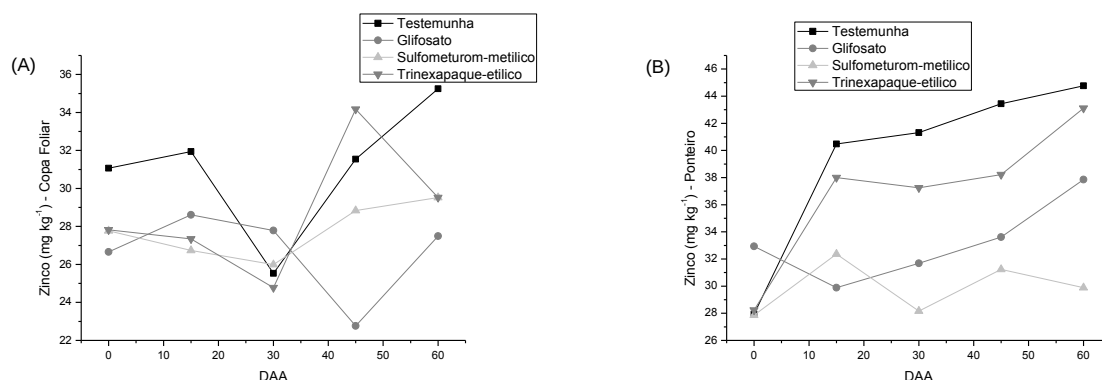
DAA: dias após a aplicação.

Letras minúsculas entre tratamentos diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Para o zinco (Zn) na copa foliar foi observado aos 45 DAA que tanto o trinexapaque-etílico quanto o sulfometurom-metílico contribuíram para a manutenção do teor do nutriente, apresentando valores semelhantes aos da testemunha. Entretanto, no mesmo período o glifosato reduziu o teor de Zn na copa foliar (Tabela 5 e Figura 13A).

No ponteiro, aos 15 DAA, o trinexapaque-etílico e o sulfometurom-metílico contribuíram para a manutenção do Zn, apresentando valores semelhantes ao da testemunha (Tabela 6 e Figura 13B). Entretanto, o sulfometurom-metílico reduziu o teor de Zn aos 30, 45 e 60 DAA, diferindo-se da testemunha.

Figura 13 - Área da somatória dos teores de zinco para a copa foliar (A) e ponteiro (B).



DAA: dias após a aplicação.

Letras minúsculas entre tratamentos diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

O zinco colabora diretamente para o processo de maturação, podendo atuar em diversas enzimas como componente catalítico, coativador e também como componente estrutural, atuando também na síntese de proteínas e no metabolismo de carboidratos, contribuindo para um bom desenvolvimento da cana-de-açúcar.

2.4 CONCLUSÃO

A aplicação de maturadores alterou os teores de nutrientes tanto na copa foliar quanto no ponteiro da cana-de-açúcar.

Após a aplicação de trinexapaque-etílico há manutenção nos teores de N, P, K, Mg, S, Mn e Zn na copa foliar e no ponteiro.

Após a aplicação de sulfometurom-metilico há manutenção dos teores dos micronutrientes B, Cu e Fe na copa foliar.

Após a aplicação de glifosato há a manutenção do teor de K no ponteiro.

Todos os maturadores reduziram os teores de Ca em ambas as partes avaliadas.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

A Usina da Barra (Grupo Raízen), pela disposição da área e suporte na condução do experimento.

Ao Laboratório de Relação Solo-Planta, pela disponibilidade e suporte na realização das análises químicas.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, J.L.N.; NOGUEIROL R.C.; MENANDRO, L.M.; BORDONAL, R. De O.; BORGES, C.D.; CANTARELLA, H.; FRANCO, H.J.F. 2017. **Implicações agronômicas e ambientais da remoção da palha de cana-de-açúcar: uma revisão importante.** *GCB Bioenergy* 9: 1181-1195.
- COLETI, J. T. et al. **Remoção de macronutrientes pela cana planta e cana soca, em argissolos, variedades RB83486 e SP81- 3250.** Revista STAB, v. 24, n. 05, p. 32-36, 2006.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, 2006, 412 p.
- FRANCO, H. C. J. et al. **Acúmulo de macronutrientes em cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e dos resíduos culturais incorporados ao solo no plantio.** Bragantia, v. 66, n. 04, p. 669-674, 2007.
- FRANZÉ, R.V. **Qualidade tecnológica e teores de nutrientes da cana-de-açúcar sob efeito de maturadores.** 2010. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia /Produção Vegetal) -Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010. Disponível em: <<http://www.fcav.unesp.br/download/pgtrabs/pv/m/78289.pdf>>. Acesso em 12 de maio de 2018.
- LUCCHESI, A. A. Cana-de-açúcar (*Saccharum* ssp.). In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. **Ecofisiologia de Culturas Extrativas: Cana-de-açúcar; Seringueira; Coqueiro; Dendezeiro e Oliveira.** Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2001. 138p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações.** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações.** 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 201 p.
- QUEIROZ, R. J. B. **Quantificação da trealose e da prolina livre em cana-de-açúcar sob efeito da disponibilidade hídrica do solo.** 2006. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de Concentração em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.
- RIDES/UFSCAR, Roberto Chapola. Censo Varietal 2015, **Grande Encontro de Variedades de Cana-de-açúcar**, 9, 2015, Ribeirão Preto. Censo vareital, 2015, Ribeirão Preto: Grupo IDEIA. Setembro, 2015.
- RIZZARDI, M. A.; KARAM, D.; MICHELLE, B. C. Manejo e Controle de plantas daninhas em milho e sorgo. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Ed.). **Manual de manejo e Controle de plantas daninhas.** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004, p. 571-594.
- SANTOS E.F.; DONHA, R.M.A.; ARAÚJO, C.M.M.; LAVRES JUNIOR, J.; CAMACHO M.A. **Faixas normais de nutrientes em cana-de-açúcar pelos métodos ChM, DRIS e CND e nível crítico pela distribuição normal reduzida.** Revista Brasileira de Ciências do Solo. 2013;37:1651-1658.
- STUPIELLO, J. P. **Nitrogênio qualidade da matéria prima e efeitos na fabrica.** STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba, v. 19, n. 4, p. 13, 2001.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.
- ZAMBELLO Jr., E.; HAAG, H.P. & ORLANDO FILHO, J. **Aplicação do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) em soqueiras de cana-de-açúcar para diferentes épocas de amostragem foliar.** Piracicaba, PLANALSUCAR, 1981. p.32. (Boletim Técnico, 3).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A diagnose foliar é uma ótima ferramenta para o sucesso da avaliação nutricional da cana-de-açúcar, possibilitando estimar o teor de nutrientes na planta, e permite melhor planejamento da adubação para a próxima safra.

O uso de maturadores na cana-de-açúcar influencia, em grande parte, nos teores de nutrientes da lâmina foliar, destacando-se dentre eles o trinexapaque-etílico, contribuindo para a manutenção dos teores de nutrientes foliar.

Em relação aos componentes da parte aérea (copa foliar e ponteiro), os maturadores utilizados alteraram a composição nutricional dos macro e micronutrientes.

O trinexapaque-etílico foi o maturador que mais contribuiu para a manutenção dos macronutrientes. Entretanto, para os micronutrientes foi o sulfometurom-metílico.

Maior quantidade de nutrientes foi alocada na copa foliar da cana-de-açúcar, caracterizando grande potencial de ciclagem de nutrientes no solo no sistema de colheita de cana sem queima com aplicação de maturadores.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, A. G. Sugar Physiology. **Elsevier**, Amsterdam, Netherlands. 1973.
- ALMEIDA, J.C.V.; SANOMYA, R.; LEITE, C.F.; CASSINELLI, N.F. Eficiência agrônômica de sulfometuron-methyl como maturador na cultura da cana-de-açúcar. **Revista STAB**, v.21, p.36-37, 2003.
- BECARI, G.R.G. **Resposta da cana-planta à aplicação de micronutrientes**. 2010. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas. 2010.
- CARVALHO, J. L. N.; NOGUEIROL, R. C.; MENANDRO, L. M. S.; BORDONAL, R. de O.; BORGES, D.; CANTARELLA, H.; FRANCO, H. C. J. Agronomic and environmental implications of sugarcane removal: a major review. **Global Change Biology Bioenergy**, Melbourne, v. 9, p. 1181-1195. 2016.
- CASTRO, P. R. C. Fisiologia da cana-de-açúcar. In: **Encontro de Cana-de-açúcar**, 1992, São Paulo. Anais... São Paulo, 1992. p. 5-8.
- CASTRO, P. R. C. **Fisiologia Aplicada à Cana-de-açúcar**. STAB - Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 2016. 208p.
- COLETI, J. T.; CASAGRANDE, J. C, STUPIELLO J. J; RIBEIRO, L. D, OLIVEIRA, 6. R.; Remoção de Macronutrientes pela cana da planta e cana – soca, em argissolos, variedades RB 83.5486 e SP 81-3250. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 1., 2002, Recife. **Anais...** Piracicaba: STAB, 2002. p .316-321.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: Cana-de-açúcar, 2018/2019: Primeiro levantamento. Brasília, 2012. Disponível em: https://www.conab.gov.br/.../safras/...safra.../17727_4e54c5103a0ab4a15529e35307c...%20. Acesso em: 28 de Maio de 2018.
- CRUSCIOL, C. A. C.; LEITE, G.H.P.; SIQUEIRA, G.F. de. Uso de maturadores com ou sem mistura. In: CRUSCIOL, C.A.C. et al. (Ed). **Tópicos em eco fisiologia da cana-da-açucar**. Botucatu: FEPAF, 2010, 111 p.
- DALLEY, C. D.; RICHARD, JUNIOR. E.P. Herbicides as ripeners for sugarcane. **Weed Science**, v. 58. p. 329–333, 2010.
- FERNANDES, A. C., Refratômetro de campo. **Boletim Técnico Copersucar**, São Paulo, v. 19, p. 5-12, 1982.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2008. In: Nova cana.com. A produção de cana-de-açúcar no Brasil (e no mundo). Disponível em: <https://www.novacana.com/cana/producao-cana-de-acucar-brasil-e-mundo/>. Acesso em: 22 maio 2018.

LAVANHOLI, M. das G.D.P.; CASAGRANDE, A.A.; OLIVEIRA, L.A.F.; FERNANDES, G.A.; ROSA R.F. Aplicação de ethephon e imazapyr em cana-de-açúcar em diferentes épocas e sua influência no florescimento, acidez do caldo e teores de açúcares nos colmos - variedade SP 70-1143. **Revista STAB**, v.20, p.42-45, 2002.

LI, Y. R.; MAWULI, A. K.; AXIAL LIN, Y. K. The effects of sole glifosato and/or adding nutrients as chemical ripeners in sugarcane under drought condition. **Acta Agricultura Sinica**, Holanda, v. 26, n. 6, p. 692-698, 2000.

LUCCHESI, A. A. Cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. **Ecofisiologia de Culturas Extrativas: Cana-de-açúcar; Seringueira; Coqueiro; Dendzeiro e Oliveira**. Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2001. 138p.

MORTVEDT, J.J. Bioavailability of micronutrients. In: **Hand book of soil science**. (M. E. Sumner, Ed.), p. D-77-D-88. CRC Press, Boca Raton, FL. 2000

ORLANDO FILHO, J.; ROSSETO, R.; CASAGRANDE, A.A. Cana-de-açúcar. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. RAIJ, B. ABREU, C.A. (Eds). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, p. 355-369, 2001.

QUEIROZ, R. J. B. **Quantificação da trealose e da prolina livre em cana-de-açúcar sob efeito da disponibilidade hídrica do solo**. 2006. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de Concentração em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

RAE, A. L.; MARTINELLI, A. P.; DORNELAS, M. C. Anatomy and Morphology, Chapter 2, p 19-34. In: MOORE e BOTHA, 2014. **Sugarcane: Physiology, Biochemistry, and Functional Biology, First Edition**. 693 p. New Delhi, India, 2014. John Wiley & Sons, Inc. Published 2014 by John Wiley & Sons, Inc.

SILVA, M. A.; CAPUTO M. M. Ripening and the use of ripeners for better sugarcane management. In: MARIN, F.R. **Crop Management – Cases and Tools for Higher Yield and Sustainability**. p. 1-23. Fev. 2012. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/crop-management-cases-and-tools-for-higher-yield-and-sustainability/ripening-and-use-of-ripeners-for-better-sugarcane-management>> Acesso em: 04 fevereiro 2018.

SIQUEIRA, G.F. **Eficácia da mistura de glifosato a outros maturadores na cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.)**. 2009. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) –

Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2009.

SIQUEIRA, G.F. **Aplicação de boro e maturadores na pré-colheita da cana-de-açúcar em início e final de safra**. 2014. 139 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2014.

VITTI, G.C.; MAZZA, J.A. Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura da cana-de-açúcar. In: **Informações Agronômicas**, n.97, Piracicaba, 2002. (encarte)