

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 03/10/2024.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**APLICAÇÃO FOLIAR DE NUTRIENTES, NA CANA-DE-
AÇÚCAR, NO PERÍODO DE OUTONO E REFLEXOS SOBRE
O PROCESSO FERMENTATIVO**

Michel José Piemonte

Engenheiro Florestal

2022

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**APLICAÇÃO FOLIAR DE NUTRIENTES, NA CANA-DE-
AÇÚCAR, NO PERÍODO DE OUTONO E REFLEXOS SOBRE
O PROCESSO FERMENTATIVO**

Michel José Piemonte

Orientadora: Profa. Dra. Márcia Justino Rossini Mutton

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Microbiologia Agropecuária.

2022

P613a Piemonte, Michel José
Aplicação foliar de nutrientes, na cana-de-açúcar, no período de outono e reflexos sobre o processo fermentativo / Michel José Piemonte. -- Jaboticabal, 2022
87 f. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias,

1. Adubação foliar. 2. Adubos e fertilizantes líquidos. 3. Bioetanol. 4. Matéria-prima. 5. Nutrição das plantas. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.

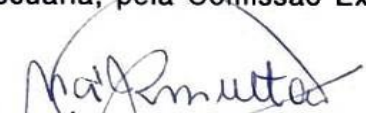
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: APLICAÇÃO FOLIAR DE NUTRIENTES, NA CANA-DE-AÇÚCAR, NO PERÍODO DE OUTONO E REFLEXOS SOBRE O PROCESSO FERMENTATIVO.

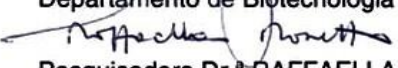
AUTOR: MICHEL JOSÉ PIEMONTE

ORIENTADORA: MÁRCIA JUSTINO ROSSINI MUTTON

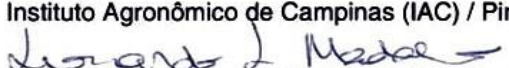
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Microbiologia Agropecuária, pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. MÁRCIA JUSTINO ROSSINI MUTTON (Participação Presencial)
Departamento de Biotecnologia Agropecuária e Ambiental / FCAV UNESP Jaboticabal



Pesquisadora Dr.^a RAFFAELLA ROSSETTO (Participação Presencial)
Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) / Piracicaba/SP



Prof. LEONARDO LUCAS MADALENO (Participação Presencial)
Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza / FATEC - Jaboticabal/SP

Jaboticabal, 03 de outubro de 2022

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

MICHEL JOSÉ PIEMONTE – Nasceu aos 20 de janeiro de 1983, no município de Americana, estado de São Paulo. Em 2005 ingressou no curso de Engenharia Florestal na Faculdade de Ciências Sociais e Agrárias de Itapeva, recebendo o título de Engenheiro Florestal em 2008. Em março de 2020 ingressou na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - FCAV/Unesp, Câmpus de Jaboticabal/SP, no Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agropecuária em nível de Mestrado Acadêmico.

Epígrafe

Nossa maior fraqueza está em desistir. O
caminho mais certo de vencer é tentar mais uma vez.

- *Thomas Edison*

**A minha esposa pela amizade, carinho
e companheirismo ao longo desta
caminhada.**

**Ao meu amado filho por ser a luz da
minha vida.**

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus, que me concedeu o privilégio de nascer e viver entre pessoas sensacionais que são o alicerce desta conquista;

A minha esposa pelo carinho, incentivo, credibilidade e compreensão nas horas mais difíceis;

À prof. Dra. Márcia Justino Rossini Mutton, orientadora desta dissertação, pela confiança em meu trabalho, pela acolhida, por todo o conhecimento transferido, pela sabedoria e amizade;

Aos membros da banca examinadora pela participação e considerações;

Ao Programa de Microbiologia Agropecuária - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (FCAV/UNESP) pela oportunidade de realização do curso e aprimoramento profissional;

A todos do Laboratório de Tecnologia do Açúcar e do Alcool, pelos bons momentos de aprendizado, de alegria e pela colaboração;

A todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para a concretização desse estudo;

Muito obrigado!

APLICAÇÃO FOLIAR DE NUTRIENTES, NA CANA-DE-AÇÚCAR, NO PERÍODO DE OUTONO E REFLEXOS SOBRE O PROCESSO FERMENTATIVO

RESUMO - As eficiências e rendimentos do processamento agroindustrial são diretamente prejudicados à medida que as condições climáticas se tornam adversas. Nas usinas, o custo de produção do etanol e sua viabilidade econômica estão intimamente relacionados com a quantidade de açúcares presentes nos colmos enviados para processamento. Sendo assim, a utilização de um programa de manejo nutricional complementar na época da pré-seca pode favorecer um bom desempenho da planta mesmo em períodos de estresse, garantindo que a qualidade da matéria-prima não sofra grandes danos. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar os reflexos da incorporação de Complexo Nutricional para Seca via foliar, associado ou não ao Boro, sobre a microbiota fermentadora, qualidade do vinho e eficiência fermentativa do etanol. O delineamento foi inteiramente casualizado, com 5 tratamentos e 5 repetições por faixa. Os tratamentos foram constituídos por Testemunha e Complexo Nutricional para Seca (CNS - 1% N; 6% P₂O₅; 6% K₂O; 2% Mg; 2,5% S e 1,6% de aminoácidos) nas doses de 3, 6 e 9 L.ha⁻¹ e 6 L.ha⁻¹ de CNS associado à 2 L.ha⁻¹ de Boro (ácido bórico à 10%). Foram realizadas análises químico-tecnológicas no caldo extraído, caldo clarificado, mosto, vinho, análises microbiológicas no início e no final do processo fermentativo e cálculos para determinação da eficiência fermentativa. A utilização de 6 L.ha⁻¹ de CNS em associação à 2 L.ha⁻¹ de Boro permitiu a obtenção de incremento de 11,34% no teor alcoólico e 9,45% na eficiência fermentativa em relação à testemunha.

Palavras-Chave: Adubação foliar, Adubos e fertilizantes líquidos, Bioetanol, Matéria-prima, Nutrição das plantas.

FOLIAR APPLICATION OF NUTRIENTS IN SUGARCANE IN THE AUTUMN PERIOD AND REFLECTIONS ON THE FERMENTATION PROCESS

ABSTRACT - The efficiencies and yields of agro-industrial processing are directly impaired as weather conditions become adverse. In mills, the cost of producing ethanol and its economic viability are closely related to the amount of sugar present in the stalks sent for processing. Therefore, the use of a complementary nutritional management program in the pre-drought period can favor a good performance of the plant even in periods of stress, ensuring that the quality of the raw material does not suffer great damage. In this context, the objective of this work was to evaluate the reflexes of the incorporation of Nutritional Complex for Dry via foliar, associated or not with Boron, on the fermenting microbiota, wine quality and fermentation efficiency of ethanol. The design was completely randomized, with 5 treatments and 5 repetitions per lane. The treatments consisted of Control and Nutritional Complex for Drought (CNS - 1% N; 6% P_2O_5 ; 6% K_2O ; 2% Mg; 2.5% S and 1.6% amino acids) at doses of 3, 6 and 9 $L\cdot ha^{-1}$ and 6 $L\cdot ha^{-1}$ of CNS associated with 2 $L\cdot ha^{-1}$ of Boron (10% boric acid). Chemical-technological analyzes were carried out on the juice extracted, clarified juice, must, wine, microbiological analyzes at the beginning and end of the fermentation process and calculations to determine the fermentation efficiency. The use of 6 $L\cdot ha^{-1}$ of CNS in association with 2 $L\cdot ha^{-1}$ of Boron allowed obtaining an increase of 11.34% in alcohol content and 9.45% in fermentation efficiency in relation to the control.

Keywords: Alcoholic fermentation, Fermentation efficiency, Nutrition via foliar, Plant nutrition, Raw material quality.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, mesmo diante das dificuldades encontradas no cenário econômico brasileiro, o agronegócio vem se consolidando como um dos destaques da economia do país. Um dos segmentos de maior importância no setor é o cultivo da cana-de-açúcar.

Com o crescimento da área plantada e a evolução do setor, o Brasil consolidou-se como o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo. Estima-se que o país produzirá na safra de 2022/2023 cerca de 596.066,26 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, das quais 299.184,92 milhões deverão ser utilizadas para produção de etanol em usinas e destilarias (CONAB, 2022).

Apesar disto, a produtividade média agrícola das últimas safras pouco tem progredido, passando por período de estagnação e com resultados aquém do potencial genético produtivo das variedades cultivadas no país. Neste sentido, diversas pesquisas vêm sendo realizadas e novas práticas no manejo da cana-de-açúcar estão sendo testadas, de forma a recuperar a qualidade da lavoura e atingir elevados índices de produtividade. Para isso, é imprescindível que conhecimento das fases de desenvolvimento da cultura esteja associado a novas técnicas de cultivo, de modo a melhorar a produtividade e possibilitar a obtenção de um produto de alta qualidade tecnológica (HERVATIN, 2018; PRADO FILHO, 2019).

Ao longo do ciclo de desenvolvimento da cana-de-açúcar, a planta atravessa quatro estágios fenológicos: 1) brotação e emergência, 2) perfilhamento e estabelecimento da cultura, 3) período de máximo crescimento vegetativo e, por fim, 4) maturação (CÂMARA e OLIVEIRA, 1993). Dentre esses, a fase de maturação da

cultura tem significativa importância agrônômica e industrial, pois é o período no qual ocorre a maior concentração do açúcar (MUTTON, 1993).

Diversos fatores interferem no processo fisiológico de acúmulo de sacarose, tais como: as características genéticas das variedades, o balanço nutricional e as condições climáticas (baixas temperaturas e disponibilidade hídrica), as quais reduzem o metabolismo de crescimento da planta e favorecem os processos de acúmulo de sacarose. Contudo, apesar de ser necessário que a planta passe por período de estresse para que a maturação ocorra, a eficiência e o rendimento do processamento agroindustrial podem ser prejudicados à medida que as condições climáticas se tornam mais adversas (ALEXANDER, 1973; MACHADO, 1987; ANDRADE e CARDOSO, 2004; CARDOZO *et al.*, 2015).

A disponibilidade de nutrientes pode influenciar a taxa de fotossíntese líquida através da atuação como ativadores ou constituintes de enzimas. Dessa forma, o fornecimento por via foliar de um conjunto de macro e micronutrientes pode incrementar a eficiência fotossintética e aumentar a síntese, o transporte e o acúmulo de sacarose (LEITE *et al.*, 2015; MARANGONI, 2016; HERVATIN, 2018). Isto leva à redução da quantidade de ácidos orgânicos, amido e compostos fenólicos totais presentes no colmo, possibilitando a industrialização de uma matéria-prima de elevada qualidade tecnológica (MUTTON, 1993).

Portanto, a utilização de um programa de manejo nutricional no início do período de estresse hídrico pode oferecer os elementos necessários para o desenvolvimento da cultura, visando maior eficiência no armazenamento de sacarose nas células de reserva da planta.

Desse modo, ao nutrir os canaviais durante a seca objetiva-se obter por ocasião da colheita dos colmos, uma matéria-prima de maior qualidade que proporcione maior produtividade industrial. Em vista disso, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da aplicação foliar de um complexo nutricional para seca na cultura sobre a microbiota fermentadora, qualidade do vinho e eficiência fermentativa do etanol produzido a partir de cana-de-açúcar do final de safra.

5. CONCLUSÕES

A utilização de Complexo Nutricional para Seca proporcionou melhor qualidade na matéria-prima de final de safra, possibilitando o incremento da pureza aparente dos caldos extraídos independentemente da dose utilizada. Os maiores teores foram encontrados para 3 L.ha⁻¹ de CNS e 6 L.ha⁻¹ de CNS + 2 L.ha⁻¹ de Boro.

Para o caldo clarificado, o maior valor de pureza e os menores valores de turbidez e teor de amido foram encontrados para 6 L.ha⁻¹ de CNS + 2 L.ha⁻¹ de Boro.

Todos os tratamentos testados obtiveram viabilidade celular superior à 80% ao final do processo fermentativo, garantindo a integridade do fermento para fermentações posteriores.

A utilização de 6 L.ha⁻¹ de CNS em associação à 2 L.ha⁻¹ de Boro em cana-de-açúcar em final de safra permitiu a obtenção de incremento de 11,34% no teor alcoólico e 9,45% na eficiência fermentativa em relação à matéria-prima que não obteve manejo nutricional.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROLINK. 2012. **Monsanto lança três variedades de cana-de-açúcar**. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/noticias/monsanto-lanca-tres-variedades-de-cana-de-acucar_144956.html>. Acesso em: 19 abr 2022.

ALBUQUERQUE, L. M. **Processo de Fabricação de Açúcar**. 2. Ed. UFPE: Recife, 2011.

ALEXANDER, A. G. **Sugarcane physiology: a comprehensive study of the Saccharum source-to-sink system**. Amsterdam: Elsevier, 1973.

AMORIM, H. V. **Fermentação alcoólica, ciência & tecnologia**. Piracicaba: Fermentec, 2005.

AMORIM, H.V.; BASSO, L.C.; ALVES, D.G. **Processos de produção de álcool – controle e monitoramento**. Piracicaba: FERMENTEC/FEALQ/ESALQ-USP, 93p.,1996.

ANDRADE, E. T.; CARVALHO, S. R. G.; SOUZA L. F. Programa do proálcool e o etanol no Brasil. **Engevista**, v.11, n.2, p.127-136, 2009.

ANDRADE, L. A. B.; CARDOSO, M. G. **Cultura da cana-de-açúcar**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004.

AUDE, M. I. S. Estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar e suas relações com a produtividade. **Cienc. Rural**, v. 23, n. 2, 1993.

AZEVEDO, L. C.; SÁ, A. S. C., ROVANI, S., FUNGARO, D. A. Propriedades do amido e suas aplicações em biopolímeros. **Cadernos de Prospecção**, v. 11, p.351-358, 2018. <http://dx.doi.org/109771/cp.v11nesp.23173>

AZEVEDO, R. E. C.; SILVA, C. N.; GASPARATTO, F.; EMANUELLI, I. P.; CALDAS, C. S.; MAZUCHELI, J.; REZENDE, L. C. S. H. Deterioração de variedades de cana-de-açúcar e influência na produção de bioetanol. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.9, n.7, p.243-250, 2018.

BACCHI, O. O. S. **Ecofisiologia da Cana-de-Açúcar**. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 20 p., 1985.

BARBARA, G.; FERRO, D. A. M. Maturadores em cana de açúcar: comparação entre os princípios ativos dos produtos trinexapaque-etílico (MODDUS) e glifosato (ROUNDUP). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 48571-48578, 2020.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos**. Jaboticabal: FUNEP, 2015.

BARBUGLI, R. A. **Influência do ambiente construído na distribuição das temperaturas do ar em Araraquara/SP**. 2004. 170 p. Dissertação (Mestre em Construção Civil), Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade estadual de São Carlos, São Carlos, 2004.

BARIZI, D. **Manejo nutricional complementar de outono e os reflexos na qualidade da matéria-prima e produção de açúcar**. 2021. 37 f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônoma) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2021.

BATISTA, A. M. A. **Manejo de adubação foliar em cana-de-açúcar no brejo paraibano**. 2021. 39 f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônoma), Centro de Ciências Agrárias, UNiversidade Federal da Paraíba, Areia, 2021.

BAUMGARTNER, J.G.; OTÁVIO, R.S. Líquida e foliar para citros em produção. **Boletim citrícola**, 1999.

BECARI, G. R. G. **Resposta da cana-planta à aplicação de micronutrientes**. 2010. 79 f. Dissertação (Mestre em Agricultura Tropical e Subtropical), Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2010.

BORGES, R. A.; OLIVEIRA, D. T.; OLIVEIRA, J. M.; OLIVEIRA, D. F. G. Aplicação de alfa amilase no processo e residual zero de enzima no açúcar. In: Congresso Nacional da STAB, 10., 2016, Ribeirão Preto, **10º Congresso nacional STAB - Trabalhos Apresentados**, Piracicaba: STAB, 2016.

BREGAGNOLI, F. C. R. **Comportamento fisiológico de microrganismos submetidos a biocidas convencional e natural na produção de cachaça orgânica**. 2006. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. 76f. 2006.

CACERES, N.T.; ALCARDE, J.C. Adubação verde com leguminosas em rotação com cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista STAB**, v. 13, n. 5, p. 16-19, 1995.

CAETANO, J. M. **Modelagem agrometeorológica da cana-de-açúcar nas condições edafoclimáticas do Centro-Oeste goiano**. 125f. Tese (Doutorado em Agronomia), Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

CÂMARA, G. M. S.; OLIVEIRA, E. A. M. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ/FEALQ, 1993.

CARDOZO, N. P., SENTELHAS, P. C.; PANOSSO, A. R.; PALHARES, A. L.; IDE, B. Y. Modeling sugarcane ripening as a function of accumulated rainfall in Southern Brazil. **International Journal of Biometeorology**, v. 59, n. 12, p. 1913-1925, 2015.

CASARIN, V.; STIPP, S. R. Manejo 4C: Quatro medidas corretas que levam ao uso eficiente dos fertilizantes. **Informações Agrônomicas**, n. 142, 2013.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar, Safra 2022/23 - Primeiro levantamento**. Brasília: CONAB, 2022.

COSTA, G. H. G. **Emprego do extrato de moringa (*Moringa oleífera* Lamarck) na clarificação do caldo de cana para produção de açúcar e etanol**. 2015. Tese (Doutorado), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2015.

CTC - Centro de Tecnologia Canavieira. **Manual de métodos de análises para açúcar**. Piracicaba: CTC, 2005. Disponível em CD ROM.

DAAE ARARAQUARA. **Índice pluviométrico.** Disponível em: <<https://daearaquara.com.br/indice-pluviometrico/>>. Acesso em: 14 mai 2022.

DELGADO, A. A.; CESAR, M. A. A. **Elementos de tecnologia e engenharia do açúcar de cana.** Sertãozinho: Zanini, v. 2, 752 p., 1977.

DIAS, F.L.F.; ROSSETTO, R. Calagem e Adubação da Cana-de-Açúcar. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar.** Piracicaba: Editora São Paulo, 2006, p. 107-119.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. **Cana-de-açúcar.** Campinas: Instituto Agrônomo, 2008. 882 p.

DORNEMANN, G. M. **Comparação de métodos para a determinação de açúcares redutores e não-redutores.** 2016. 37 f. Monografia (graduação em Engenharia Química) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2016.

DUGGER, W. M. Functional aspects of Boron in Plants. **Advances in Chemistry**, v. 1, n. 1, p. 112-129, 1973.

EGGLESTON, G. Hot and cold lime clarification in raw sugar manufacture II: Lime addition and settling behavior. **International Sugar Journal**, v. 102, n. 1221, p. 453-457, 2000.

ELSHARIF, A. A.; ABU-NASER, S. S. An Expert System For Diagnosing Sugarcane Diseases. **International Journal of Academic Engineering Research (IJAER)**, v. 3, n. 3, p. 19-27, 2019.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183p.

FERNANDES, A. C. 2011. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar.** Piracicaba: STAB.

FIGUEIREDO, I. Z.; MACIEL, B. F.; MARQUES, M. O. A qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima para produção de álcool. **Nucleus**, Edição Especial, 2008.

FLORIANO, P. H. P. **Aspectos nutricionais e adubação nitrogenada para cana-de-açúcar**. 2021. 23 p. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônômica), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2022.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Crop yield response to water**. Italy: FAO, 2012.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Crops and livestock products**. 2022. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso: 23 mai 2022.

FRANCO, A. **Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto e vinhaça: nitrogênio no sistema solo-planta, produtividade e características tecnológicas**. 2003. 90 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

FRANCO, A.; MARQUES, M. O.; MELO, W. J. Sugarcane grown in an oxisol amended with sewage sludge and vinasse: Nitrogen contents in soil and plant. **Scientia Agricola**, v. 65, p. 408-414, 2008.

FREE METEO. **Araraquara - Histórico climático por mês**. Disponível em: <<https://freemeteo.com.br/clima/araraquara/historico/historico-por-mes/?gid=3471766&station=22822&month=8&year=2020&language=portuguesebr&country=brazil>>. Acesso em: 14 mai 2022.

FREITA, C. M. **Substituição de floculante comercial por biofloculante de *Moringa oleífera* Lamarck no setor sucroenergético**. 2017. 99 p. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2017.

GASCHO, G. J.; SHIH, S. F. Sugarcane. In: TEARE, I.D.; PEET, M. M. **Crop-water Relations**. New York: John Wiley. 1983. 547 p.

GERENDÁS, J.; FÜHRS, H. The significance of magnesium for crop quality. **Plant and Soil**, v. 368, n. 1/2, p. 101-128, 2013.

GÓES-FAVONI, S. P.; MONTEIRO, A. C. C.; DORTA, C.; CRIPPA, M. G.; SHIGEMATSU, E. Fermentação alcoólica na produção de etanol e os fatores determinantes do rendimento. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.9, n.4, p.285-296, 2018.

GONÇALVES, Y. N. A.; MARTINEZ, A. L. A. Maturação das variedades de cana-de-açúcar SP 80-1816 e RB 92-579 com aplicação de trinexapaque etílico. **Gl. Sci Technol**, v.13, n. 1, p. 150-160, 2020.

GRANT, C. A.; FLATTEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas**, n. 95, p.1-5, 2001.

GUARÇONI, A.; FAVARATO, L. F.; STIPP, S. R.; CASARIN, V. Manejo da fertilidade do solo para uma produção agropecuária mais sustentável. **Incaper em Revista**, v. 10, p. 22-42, 2019.

HERLING, V. R.; PEREIRA, L. E. T. **Apostila I: Morfologia de plantas forrageiras**. Pirassununga: USP. 2016.

HERVATIN, C. M. **Adubação foliar associada à aplicação de maturador na cana-de-açúcar em início de safra**. 2018. 101 p. Dissertação (Mestre em Agronomia), Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2018.

HONIG, P. **Princípios de Tecnologia Azucareira**. Companhia Editorial Continental: Mexico, 1969.

HUANG, H.; LONG, S.; SINGH, V. Modeling and analysis: biodiesel and ethanol co-production from lipid-producing sugarcane. **Biofuels, bioproducts, biorefining**, v. 10, p. 299-315, 2016.

JAMES, G. L. An introduction to sugarcane. In: JAMES, G. L. (Ed.) **Sugarcane**. 2. Ed. Oxford: Blackwell Publishing, p. 1-19, 2004.

JAMRO, G. H.; KAZI, B. R.; OAD, F. C.; JAMALI, N. M.; OAD, N. L. Effect of Foliar Application of Micro Nutrients on the Growth Traits of Sugarcane Variety Cp-65/357 (Ratoon Crop). **Asian Journal of Plant Sciences**, v.1 p.462-463, 2002.

JORNAL CANA. **Acúmulo de Sacarose no Colmo da cana-de-açúcar**. Disponível em: <<https://jornalcana.com.br/acumulo-de-sacarose-no-colmo-da-cana-de-acucar/>>. Acesso em: 23 mai 2022.

LACERDA, A. R. S.; SOUZA, A. R.; SANTOS, T. M.; CLEMENTE, J. M.; DUARTE, A. R.; MACHADO, M. G. Produtividade da cana-de-açúcar em resposta a adubação NPK em diferentes épocas. *Humanidades & Tecnologia em Revista (FINOM)*, v. 18, 2019.

LANE, J. H.; EYNON, L. **Determination of reducing sugars by Fehling solution with methylene blue indicator**. London: Norman Rodger, 1934.

LEE, S. S.; ROBISON, F. M.; WANG, H. Y. 1981. Rapid Determination of Yeast Viability. **Biotechnology and Bioengineering Symp**, p. 641–649, 1981.

LEHNINGER, T. M.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica**. 6ª Edição, 2014. Ed. Artmed

LEITE, G. H. P.; CRUSCIOL, C. A. C., SILVA, M. A., VENTURINI FILHO, W. G.; SURIANO, A. Qualidade tecnológica, produtividade e margem de contribuição agrícola da cana-de-açúcar em função da aplicação de reguladores vegetais no início da safra. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 726-732, 2015.

LEITE, M. R.; ZANETTA, D. M. T.; TREVISAN, I. B.; BURDMANN, E. A.; SANTOS, U. P. O trabalho no corte de cana-de-açúcar, riscos e efeitos na saúde: revisão da literatura. **Revista de Saúde Pública**, v. 52, p. 80, 2018.

LEITE, R. A. **Compostos fenólicos do colmo, bainha, folha e palmito da cana-de-açúcar**. 2000. 169 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

LIMA, R. B. **Processo de clarificação do caldo de cana-de-açúcar aplicando elétrons acelerados**. 2012. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

LIMA, R. B. **Processo de clarificação do caldo de cana-de-açúcar aplicando elétrons acelerados**. 2012. 62f. Dissertação (Mestre em Ciências), INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, São Paulo, 2012.

LOPES, M. L.; PAULILLO, S. C. L.; GODOY, A. CHERUBIN, R. A.; LORENZI, M. S.; GIOMETTI, F. H. C.; BERNARDINO, C. D.; NETO, H. B. A.; AMORIM, H. V. Ethanol production in Brazil: a bridge between science and industry. **Brazilian Journal Microbiology**, v. 47, p. 64-76, 2016.

MACHADO, E C. Fisiologia de produção de cana-de-açúcar. In: Paranhos, S. B. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição de Plantas**. São Paulo: Ceres, 638 p., 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**, 2. Ed., Piracicaba: POTAFÓS, 1997.

MARANGONI, F. F. **Boro e zinco no sulco de plantio na cultura da cana-de-açúcar**. 2016. 77 f. Tese (Doutor em Agronomia), Universidade do Oeste paulista, Presidente Prudente, 2016.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Londres: Academic Press, 651 p., 2012.

MAY, A.; RAMOS, N. P. **Uso de gemas individualizadas de cana-de-açúcar para a produção de mudas**. Jaguariúna: Embrapa, p. 1-19, 2019.

MENDES, F. Q. **Aplicação de etefom em genótipos de sorgo sacarino e seus reflexos na produção de bioetanol**. 2019. 77 p. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2019.

METEOBLUE. **Dados históricos simulados de clima e tempo para Araraquara.** Disponível em: <https://www.meteoblue.com/pt/tempo/historyclimate/climatemodelled/araraquara_brasil_3471766>. acesso em: 14 mai 2022.

MILANEZ, A. Y.; NYKO, D.; GARCIA, J. L. F.; REIS, B. L. S. F. S. **O déficit de produção de etanol no Brasil entre 2012 e 2015: determinantes, consequências e sugestões de política.** BNDES Setorial, 2012.

MOORE, P. H.; BOTHA, F. C. **Sugarcane: physiology, biochemistry, and functional biology.** Ames: Wiley & Sons, 2014. 765 p.

MORTVEDT, J. J. Bioavailability of micronutrients. In: **Hand book of soil science.** SUMNER, M. E. (Ed). Boca Raton: CRC Press, 2000.

MOURA, L. C.; SILVA, N. F.; CUNHA, F. N.; BASTOS, F. J. C.; CÉLIA, J. A.; TEIXEIRA, M. B. Índice de maturação da cana-de-açúcar fertirrigada sobre diferentes lâminas. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 8, n. 1, p. 64-76, 2014.

MUTTON, M. A. 1993. **Modo de ação do sal de isopropilamina de N-(fosfonometil) glicina (glifosate) e efeito maturador na cana-de-açúcar.** Guarujá: Seminário Roundup Efeito Maturador.

MUTTON, M. A.; MUTTON, M. J. R. Fisiologia da maturação e maturadores em cana-de-açúcar. In: Fábio Cesar da Silva; Bruno José Rodrigues Alves; Pedro Luiz de Freitas. (Org.). **Sistema de produção mecanizada da cana-de-açúcar integrada à produção de energia e alimentos.** 1º ed, p. 222-287, Brasília: EMBRAPA, 2015.

MUTTON, M. J. R.; FERRARI, F. C. S.; FREITA, L. A.; FREITA, C. M.; ANDRIETTA, M. G. S.; ANDRIETTA, S. R. Interaction between the production of ethanol and glycerol in fed-batch bioreactors. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 50, n. 2, p. 389–394, 2019.

MUTTON, M. J. R.; MUTTON, M. A. **Maturadores químicos em cana-de-açúcar: III – Efeitos na fermentação etanólica e microbiota do mosto.** Recife: STAB, 2002.

MUTTON, M. J. R.; RAVANELI, G. C.; GARCIA, D. B.; MADALENO, L. L.; STUPIELLO, J. P., MUTTON, M. A. Mahanarva fimbriolata infestation in sugarcane: impacts on ethanol production. **Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol**, 2010.

NICCHIO, B. **Fontes de fósforo e enxofre para cana-de-açúcar**. 2018. 178 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia/Solos), Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

NICCHIO, B.; SANTOS, G. A.; LINO, A. C. M.; RAMOS, L. A.; PEREIRA, H. S.; KORNDÖRFER, G. H. Efeito da adubação foliar em soqueira de cana-de-açúcar. **Acta Iguazu**, v. 9, n. 2, p. 10–24, 2020.

OLIVEIRA, C. A. **Aula 7: Cultura da cana-de-açúcar**. e-Tec Brasil. 2016.

OLIVEIRA, F. M.; ASPIAZÚ, I.; KONDO, M. K.; BORGES, I. D.; PEGORARO, R. F. Avaliação tecnológica de variedades de cana-de-açúcar influenciadas por diferentes adubações e supressões de irrigação. **Revista Ceres**, v. 59, n.6, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2012000600014>

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

PACHECO, T. F. **Fermentação alcoólica com leveduras de características floculantes em reator tipo torre com escoamento ascendente**. 2010. 106 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Química), Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

PAMQVIST, E.; HAHN-HÄGERDAL, B. Fermentation of lignocellulosic hydrolysates. II: inhibitors and mechanisms of inhibition. **Bioresource Technonology**, v. 74, p. 25-33, 2000.

PAOLIELLO, J. M. M. **Aspectos ambientais e potencial energético no aproveitamento de resíduos da indústria sucroalcooleira**. 2006. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Bauru, 2006.

PRADELA, V. A. **Manejo da adubação mineral e orgânica na nutrição e produtividade agroindustrial de variedades de cana-de-açúcar em ambientes de produção restritivos**. 2021. 69f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2021.

PRADO FILHO, A. **Aplicação foliar de nutrientes e hormônios na cana-de-açúcar em início de safra: produção e qualidade da matéria-prima**. 2019. 99 p. Dissertação (Mestre em Agronomia), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2019.

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

RAVANELI, G. C.; GARCIA, D. B.; MADALENO, L. L.; MUTTON, M. A.; STUPIELLO, J. P.; MUTTON, M. J. R. Spittlebug impacts on sugarcane quality and ethanol production. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.2, p. 120- 129, 2011.

REETZ, H. F. **Fertilizantes e o seu uso eficiente**. Tradução: Alfredo Scheid Lopes. São Paulo: ANDA, 2017.

RIBEIRO, N. N.; FREITA, L. A.; TRALLI, L. F.; SILVA, A. F.; FREITA, C. M.; MENDES, F. Q.; TEIXEIRA, V.; SILVA JUNIOR, C. N.; MUTTON, M. J. R. Otimização das condições fermentativas de *Pichia membranifaciens* para produção de etanol de segunda geração. **Química Nova**, v. 42, n. 7, p 720-728, 2019.

RODRIGUES, G. S. S. C.; ROSS, J, L. S. **A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil: perspectivas geográfica, histórica e ambiental**. Uberlândia: EDUFU, 269 p., 2020.

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: IB/UNESP, 101 p., 1995.

ROSA, P. A. L. **Nutrição e desempenho agrônômico da cana-de-açúcar inoculada com bactérias promotoras de crescimento associado à redução da adubação fosfatada**. 2021. 206 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2021.

ROSOLEM, C. A. **Recomendação e aplicação de nutrientes via foliar**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002.

SANTOS, D. Ecofisiologia da cana-de-açúcar. In: **Recomendações técnicas para cultura da cana-de-açúcar no estado do Paraná**. Londrina: Instituto Agrônomo, 1977, 107 p. (Circular IAPAR, 6).

SANTOS, D. M. A.; RAMOS, M. R.; MARANGONI, H.; BARBIERI, R. S.; CUNHA, M. L. O.; CORDEIRO, L. F. S. Análise econômica da adubação foliar em algodoeiro (*Gossypium hirsutum*) cultivado em Palmas (TO). **Revista Sítio Novo**, v. 5, n. 3, p. 75-83, 2021.

SHAHIDI, F.; NACZK, **Phenolics in food and nutraceuticals**. Boca Raton: CRC, , 558 p., 2004.

SILVA, D. M.; ANDRADE, N. D. Efeito dos métodos Brix e cromatografia para a determinação de açúcares redutores residuais totais. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v.10, v.20, p. 186-202, 2018.

SILVA, F. C.; MUTTON, M. J. R.; CÉSAR, M. A. A.; MACHADO Jr., G. R.; MUTTON, M. A.; STUPIELLO, J.P. Qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima. In: SILVA, F. C.; ALVES, B. J. R.; FREITAS, P. L. (Org.). **Sistema de produção mecanizada da cana-de-açúcar integrada à produção de energia e alimentos**. 1a.ed. Brasília: EMBRAPA, 2015, p. 288-359.

SILVA, J. P. N.; SILVA, M. R. N. **Noções da Cultura da Cana-de-Açúcar**. Inhumas: IFG, 2012.

SILVA, M. V. B. **Efeito da adição de compostos fenólicos sobre o crescimento de levedura etanológica (*saccharomyces* sp.) em meio sintético e em caldo de cana-de-açúcar**. 2013. 77 f. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

SILVA, S. F. **Eficiência da adubação foliar suplementar de nitrogênio na cultura da cana-de-açúcar**. 2020. 36 f. Dissertação (Mestrado em Bioenergia e Grãos), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2020.

SIMIONI, K. R.; SILVA, L. F. L. F.; BARBOSA, V.; RÉ, F. E.; BERNARDINO, C. P.; LOPES, M. L.; AMORIM, H. V. Efeito da variedade e época de colheita no teor de fenóis totais em cana-de-açúcar. **STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 24, p. 36-39, 2006.

SOBRAL, A.F.; WEBER, H. Nutrição mineral de cana-de-açúcar (micronutrientes). In: ORLANDO FILHO, J. (Ed.). **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, P. 103-122, 1983

SQM VITAS. **Lei do mínimo**. 2022a. Disponível em: <<https://sqm-vitas.com.br/nutricao/lei-do-minimo/>>. Acesso em: 24 mai 2022.

SQM VITAS. **Mobilidade dos Nutrientes**. 2022b. Disponível em: <<https://sqm-vitas.com.br/nutricao/mobilidade-dos-nutrientes/>>. Acesso em: 24 mai 2022.

STIPP, S. R.; CASARIN, V. **A importância do enxofre na agricultura brasileira. Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 129, p. 14-20, 2010.

STUPIELLO, J. P. Impactos do complexo broca-podridão vermelha no processamento de açúcar e álcool. **Anais...** Piracicaba: [s.n.], 2005.

STUPIELLO, J. P. O uso de processos enzimáticos. **STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 29, n.1, p. 7, 2010.

STUPIELLO, J.P. Pureza da cana e seu impacto no processamento. **STAB – Sociedade dos Técnicos Açúcareiros e Alcooleiros do Brasil: açúcar, álcool e subprodutos**, v.18, n.3., p.12, 2000.

SZMRECSÁNYI, T. **O planejamento da agroindústria canavieira do Brasil (1930-1975)**. Campinas: Hucitec, 1979.

TOKESHI, H. **Cana-de-açúcar**. In: FERREIRA, M. E. & Cruz, M. C. P. Simpósio sobre Micronutrientes na Agricultura, 1., POTAFOS/CNPq, p. 485-499, 1991.

VALSECHI, O. A. **Avaliação da qualidade tecnológica da cana-de-açúcar após o corte, em início de safra-cultivar RB765418**. 1994. 68 f. Dissertação (Mestrado em

Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

VIANA, R. S. **Aplicação de maturadores químicos no final de safra, associada à eliminação de soqueira em área de reforma do canavial**. 46 f. Dissertação (Mestre em Agronomia) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

VIDOTTI, J. P. B. **Adubação potássica na cana-de-açúcar**. 2021. 25 p. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônoma), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2021.

VIECELLI, C. A. **Guia de deficiências nutricionais em plantas**. Toledo:PUCPR Câmpus Toledo/Grupo Marista,ASSOESTE, 2017.

VITTI, G. C.; MAZZA, J. A. Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar. **Encarte do informações agrônômicas**, n. 97, 2002.

VITTI, G. C.; QUEIROZ, F. E. C.; OTTO, R.; QUINTINO, T. A. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar**. Repositório CNPTIA: EMBRAPA, 2005.

WEATHER SPARK. **Histórico de condições meteorológicas em 2020 em Araraquara**. Disponível em:
 <<https://pt.weatherspark.com/h/y/30095/2020/Condi%C3%A7%C3%B5es-meteorol%C3%B3gicas-hist%C3%B3ricas-durante-2020-em-Araraquara-Brasil>>.
 Acesso em: 14 mai 2022.

YOKOYA, F. Problemas com contaminantes na fermentação alcoólica. **STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 9, n. 6, p. 38-39, 1991