

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CÂMPUS DE DRACENA**

**ADUBAÇÃO DE PLANTIO E FOLIAR COM
MICRONUTRIENTES NA PRODUÇÃO DA CANA-DE-
AÇÚCAR**

**Maikon Vinicius da Silva Lira
Engenheiro Agrônomo**

2018

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CÂMPUS DE DRACENA**

**ADUBAÇÃO DE PLANTIO E FOLIAR COM
MICRONUTRIENTES NA PRODUÇÃO DA CANA-DE-
AÇÚCAR**

Maikon Vinicius da Silva Lira

Orientador: Prof. Dr. Reges Heinrichs

Dissertação apresentada ao Programa de Pós -
graduação em Ciência e Tecnologia Animal da
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
como requisito para a obtenção do título de Mestre em
Ciência e Tecnologia Animal.

2018

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvida pela Seção Técnica de Biblioteca e Documentação
Campus de Dracena

L768a


Lira, Maikon Vinicius da Silva.

Adubação de plantio e foliar com micronutrientes na produção da cana-de-açúcar / Maikon Vinicius da Silva Lira. -- Dracena: [s.n.], 2018.
85 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena. Área do conhecimento: Produção Animal, 2018.

Orientador: Reges Heinrichs
Inclui bibliografia.

1. Aplicação foliar. 2. Saccharum spp. 3. Micronutriente. 4. Cana-de-açúcar I. Título.



Bibliotecário Fábio Sampaio Rosas
CRB 8/6665



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ADUBAÇÃO DE PLANTIO E FOLIAR COM MICRONUTRIENTES NA PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR

AUTOR: MAIKON VINICIUS DA SILVA LIRA

ORIENTADOR: REGES HEINRICHS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIA E TECNOLOGIA ANIMAL, área: PRODUÇÃO ANIMAL pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. REGES HEINRICHS
Curso de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena

Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. CARLOS SERGIO TIRITAN
Departamento de Fertilidade do Solo e Adubação / Universidade do Oeste Paulista

Dracena, 16 de janeiro de 2018

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Maikon Vinicius da Silva Lira, nascido em 11 de Março de 1993 no município de Dracena, São Paulo. Graduado em Agronomia pelo Centro Universitário de Adamantina - UNIFAI, Campus 2, Dezembro de 2014. Ingressou no curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Animal em março de 2016, na área de produção de ruminantes. Membro do GENAP – Grupo de Experimentação em Nutrição e Adubação de Plantas, certificado junto ao CNPq.

À minha mãe Quitéria, meu pai Osmir, e por todos os amigos que me proporcionaram incentivo, amor, carinho, pela paciência, apoio e força, DEDICO.

A Deus, por me iluminar e me dar força e saúde, MINHA GRATIDÃO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelas oportunidades, saúde e proteção concedidas durante esses 24 anos de vida.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, em especial à Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Campus de Dracena e Faculdade de Engenharia.

Ao prof. Dr. Reges Heinrichs, pela oportunidade, orientação, confiança, compreensão, dedicação, apoio e conhecimentos transmitidos. Manifesto minha eterna gratidão pela grande contribuição em minha vida acadêmica, pessoal, a você professor, meu muito Obrigado!

Aos professores/pesquisadores que aceitaram compor as bancas de qualificação e defesa.

A todos os docentes do programa de mestrado em Ciência e Tecnologia Animal.

Aos técnicos de laboratório e de campo pela contribuição na execução das coletas e análises do experimento.

Aos alunos e amigos do mestrado em ciência e tecnologia animal e GENAP (Grupo de Experimentação em Nutrição e Adubação de Plantas), pelo companheirismo e ajuda na execução dos trabalhos, em especial Thiago Ibañez Bergamini, Guilherme Meirelles Constantino, Bruna Zamaio.

Aos meus familiares e amigos por fazerem parte da minha vida e tornarem os meus dias mais leves.

E por fim, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa. Muito obrigado!

ADUBAÇÃO DE PLANTIO E FOLIAR COM MICRONUTRIENTES NA PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO - O Brasil é hoje o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, no entanto, a sua produtividade média ainda está muito baixa, isso devido a áreas de baixa fertilidade. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da adubação de plantio e foliar com micronutrientes, nos atributos químicos do solo, no estado nutricional, na produção da massa de forragem, colmos e análise tecnológica da cana-de-açúcar. O experimento foi realizado na unidade produtora da Usina Rio Vermelho, município de Dracena, estado de São Paulo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas e quatro repetições, totalizando 32 subparcelas. Nas subparcelas foram aplicadas quatro doses de micronutrientes no solo: 0, 10, 20, 40 L ha⁻¹. Todos os resultados foram avaliados estatisticamente pela análise da variância, regressões em função das doses de micronutrientes aplicadas no solo e pelo teste de Tukey em 5% e 10% de probabilidade. Na cana-planta a concentração de macro e micronutrientes não foi afetada pela aplicação dos tratamentos, exceto o N. Verificou-se que teve um aumento do nitrogênio conforme houve aplicação de micronutriente. Os teores de nitrogênio apresentaram melhor resposta na dose 20 L ha⁻¹, enquanto outros macronutrientes não foram afetados pelos tratamentos no cultivo da cana-planta, os teores de boro na cana-planta apresentaram maiores concentrações com o uso da dose 10 L ha⁻¹ de micronutrientes aplicado via solo. No cultivo da cana-soca os teores de macronutrientes não sofreram efeitos com as doses via solo e foliar e os teores dos micronutrientes B e Zn na cana-soca não sofreram efeitos. A aplicação foliar de micronutriente, na dose de 6 L ha⁻¹ do produto, aumentou 3,2% a ATR ha⁻¹, que representou 270 kg ha⁻¹. A produção de forragem e a produção de colmos apresentaram resposta semelhante, com produção máxima na dose 17 L ha⁻¹ e 20 L ha⁻¹, respectivamente. No primeiro ano o teor no solo de P, Mg, SB, V, Cu, Fe e Zn na profundidade de 0-20 cm foram afetados pela aplicação em sulco de plantio. O teor no solo de P, Mg, V, B, Fe, Mn e Zn na profundidade de 20-40 cm foram afetados pela aplicação em sulco de plantio. No segundo ano P, Mg, B, Cu, Fe e Zn na profundidade de 0-20 cm foram afetados pelos tratamentos.

Palavras-chave: Aplicação foliar, *Saccharum spp*, micronutrientes, cana-de-açúcar

PLANTING AND FOLIAR FERTILIZATION WITH MICRONUTRIENTS IN SUGAR CANE PRODUCTION

ABSTRACT -Brazil is today the world's largest producer of sugarcane, however, its average productivity is still very low, due to areas of low fertility. The objective of this work was to evaluate the effect of planting and foliar fertilization with micronutrients, soil chemical attributes, nutritional status, forage mass production, stems and technological analysis of sugarcane. The experiment was carried out at the usina Rio Vermelho plant in Dracena, state of São Paulo. The experimental design was in randomized blocks with subdivided plots and four replications, totalizing 32 subplots. In the subplots, four doses of micronutrients were applied to the soil: 0, 10, 20, 40 L ha⁻¹. All the results were statistically evaluated by analysis of variance, regressions as a function of doses of micronutrients applied in the soil and by the Tukey test in 5% and 10% of probability. In the cane-plant the concentration of macro and micronutrients was not affected by the application of the treatments, except N. It was verified that there was an increase of the nitrogen as there was micronutrient application. Nitrogen levels showed a better response at the 20 L ha⁻¹ dose, while other macronutrients were not affected by treatments in cane-plant cultivation, boron levels in plant cane showed higher concentrations with the use of 10 L ha⁻¹ of micronutrients applied via soil. Macronutrient contents were not affected by soil and leaf doses and the micronutrients B and Zn levels in the cane stalk were not affected. Foliar application of micronutrient, at the dose of 6 L ha⁻¹ of the product, increased 3.2% to ATR ha⁻¹, which represented 270 kg ha⁻¹. Forage production and shoot production presented a similar response, with maximum yield at 17 L ha⁻¹ and 20 L ha⁻¹, respectively. In the first year the soil content of P, Mg, SB, V, Cu, Fe and Zn in the depth of 0-20 cm were affected by application in planting furrow. The soil content of P, Mg, V, B, Fe, Mn and Zn in the depth of 20-40 cm was affected by application in planting furrow. In the second year P, Mg, B, Cu, Fe and Zn in the depth of 0-20 cm were affected by the treatments.

Keywords: Leaf application, *Saccharum spp.*, micronutrients, sugarcane

SUMÁRIO

	Páginas
1. CAPÍTULO 1 – Considerações gerais.....	9
1.1 INTRODUÇÃO.....	9
1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
1.2.1 Importâncias da cana-de-açúcar.....	10
1.2.2 Cana-de-açúcar na alimentação animal.....	11
1.2.3 Micronutrientes em cana-de-açúcar.....	11
1.2.4. Adubação foliar.....	13
1.2.5 Recomendações de Micronutrientes em cana-de-açúcar.....	15
1.3 REFERÊNCIAS.....	15
2. CAPÍTULO 2 – Atributos químicos do solo submetidos adubações com micronutriente em sulco de plantio e foliar.....	18
2.1 INTRODUÇÃO.....	20
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
2.3.1 Atributos químicos do solo no primeiro ano de cultivo.....	24
2.3.2 Atributos químicos do solo no segundo ano de cultivo.....	39
2.4 CONCLUSÕES.....	52
2.5 REFERÊNCIAS.....	53
3. CAPÍTULO 3 – Produção e estado nutricional de cana-de-açúcar adubada com micronutriente no sulco de plantio e foliar.....	55
3.1 INTRODUÇÃO.....	57
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	58
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
3.3.1 Teor de nutrientes na folha no primeiro ano de cultivo.....	62
3.3.2 Teor de nutrientes na folha no segundo ano de cultivo.....	68
3.3.3 Análise tecnológica da cana-de-açúcar.....	71
3.3.4 Produção da massa de forragem e massa de colmos.....	72
3.4 CONCLUSÕES.....	75
3.5 REFERÊNCIAS.....	76
APÊNDICES – FOTOS DO EXPERIMENTO.....	78

CAPÍTULO 1 – Consideração Geral

1.1 INTRODUÇÃO

A produção de cana-de-açúcar na safra 2016/2017 terá acréscimos de 3,8% quando comparada a safra passada. Estima-se uma produção de 691 milhões de toneladas de cana-de-açúcar (CONAB, 2016)

No entanto, a produtividade média está em torno de 76 t ha⁻¹ (CONAB, 2016), considerada baixa devido à falta de avanços em tecnologia de produção e pela falta de pesquisas específicas nas distintas condições de solo e clima.

De acordo com Orlando Filho et al. (2001) essas baixas produtividades são consequências da utilização de áreas já cultivadas e área de baixa fertilidade de solo, especialmente no estado de São Paulo e no Cerrado, que geralmente apresentam características de solos arenosos, com baixa retenção de água e disponibilidade de macro e micronutrientes.

Os micronutrientes atuam no metabolismo das plantas, desempenhando funções vitais, responsável por processos metabólicos ou fenológicos. Embora os micronutrientes sejam importantes para a cana-de-açúcar, quando se observam as quantidades extraídas, são relativamente baixas quando comparadas à extração de macronutrientes, porém, fundamentais ao desenvolvimento da cultura, podendo acarretar em reduções na produtividade, até morte de plantas, que são consequências advindas do desarranjo nos processos metabólicos (ORLANDO FILHO, 1993).

A cana-de-açúcar apresenta frequentemente o fenômeno da “fome oculta” em relação aos micronutrientes, ou seja, a deficiência existe limitando economicamente a produtividade, mas a planta não mostra os sintomas característicos visíveis da deficiência, embora a redução de produtividade possa ser um sintoma (ORLANDO FILHO, 2001).

Portanto, diversos fatores podem interferir, sendo os fatores positivos de solo, clima e sanidades fundamentais para respostas na forma de produtividade.

Os solos do oeste paulista apresentam características físicas muito favoráveis para produção agrícola, no entanto, quimicamente apresentam limitações, como de

micronutrientes que podem ser superadas com estratégias de adubação adequada, podendo estes serem aplicados via solo e foliar.

1.2 Revisão bibliográfica

1.2.1 Importâncias da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) veio para o Brasil no ano de 1502, é uma planta monocotiledônea, perene, herbácea da família gramínea, típica de climas tropicais e subtropicais, de origem do sudeste da Ásia (CESNIK; MIOCQUE, 2004).

O cultivo de cana-de-açúcar está em grande expansão no Brasil e no mundo, com aumentos significativos de áreas plantadas. Esse aumento é devido ao grande consumo de combustíveis que provocam menos impactos ambientais.

A política nacional da produção da cana-de-açúcar orienta na sua expansão sustentável, com base em parâmetros econômicos, ambientais e sociais. Assim o programa zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar (ZAE cana) regula o cultivo de cana-de-açúcar, levando sempre em consideração o meio ambiente e sua aptidão econômica da região. Através de estudos o programa conseguiu estipular área propícia ao plantio com base em condições edafoclimáticas, biomas e necessidades de irrigação (MAPA, 2015).

A cana-de-açúcar é considerada uma das principais culturas da economia brasileira, não apenas por ser o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, mas sim o primeiro na produção do álcool e açúcar (MAPA, 2010).

1.2.2 Cana-de-açúcar na alimentação animal

A cultura da cana-de-açúcar é de grande utilização, desde a forma mais simples como na alimentação animal, até na fabricação do açúcar e o álcool. (VASCONCELOS, 2002).

A cana-de-açúcar é muito utilizada na pecuária devido à necessidade de redução do custo de produção, assim vem de encontro com a utilização racional de todos os recursos alimentares disponíveis. A atividade pecuária apresenta custo elevado no tempo da seca e o setor busca alternativas de fontes alimentares de custo reduzido.

A utilização de cana-de-açúcar é uma alternativa interessante, devido ao grande período de disponibilidade de cana-de-açúcar, e está se tornando uma alternativa de alimentação para os animais, assim reduzindo suas perdas de peso devido à escassez de alimento (MURTA et al., 2011).

O confinamento tem buscado alternativas para redução nos custos de alimentação, visto que o confinamento é uma atividade de alto risco e baixa rentabilidade (PINTO et al., 2010). A cana-de-açúcar é normalmente utilizada em confinamento como forma de volumoso na alimentação, assim sendo uma alternativa viável para a substituição de silagem, quando corretamente suplementada (BARROS et al., 2010).

O bagaço de cana pode ser utilizado na alimentação animal, passando por tratamentos que permitem melhorar a digestibilidade pelos os animais, como os agentes alcalinizantes que têm sido utilizados por meio de hidrólise. Dentre esses compostos químicos, o mais utilizado recentemente é o óxido de cálcio (MURTA et al., 2011).

Outra técnica que podemos utilizar é a amonização do bagaço com o uso de uréia, que gera melhoria de suas qualidades nutricionais, com um grande aumento da digestibilidade da fibra e o aumento do teor de proteína bruta, melhorando sua eficiência na alimentação de ruminantes (PIRES et al., 2004).

1.2.3 Micronutrientes em cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar como as demais plantas também necessita de nutrientes para seu pleno desenvolvimento, tais como: carbono (C), oxigênio (O), hidrogênio

(H), nitrogênio (N), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), cloro (Cl), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn).

Os nutrientes podem ser definidos como aqueles que as plantas não conseguem completar o ciclo de vida sem eles, e que sejam insubstituíveis por outros. Baseado na quantidade de nutrientes requerida, os nutrientes são divididos em macro e micronutrientes, assim sendo, os macronutrientes são exigidos pelas plantas em maiores quantidades e os micronutrientes sendo exigidos em menor quantidade. (MORTVEDT, 2000).

Os micronutrientes em cana-de-açúcar estão relacionados à essencialidade desses elementos químicos para a planta e suas funções metabólicas, aos sintomas visuais de deficiência observados em campo (VAZQUEZ; SILVA, 2008).

A importância dos micronutrientes para a cultura da cana-de-açúcar é evidenciada quando se observam as quantidades extraídas dos mesmos. São quantidades relativamente baixas quando comparadas à extração de macronutrientes, porém de fundamental importância ao desenvolvimento da cultura (VITTI; OLIVEIRA; QUINTINO, 2006).

A deficiência de micronutrientes pode causar reduções na produtividade e casos extremos levar a morte de plantas. Isso são consequências naturais advindas de desarranjos nos processos metabólicos, ocasionados pela carência de micronutrientes. (ORLANDO FILHO, 1993).

A aplicação de micronutrientes pode ser feita no plantio junto com os macronutrientes, ligado a fontes de fósforo, ou utilizando revestimento junto com os grânulos de fertilizantes formulados.

A utilização desse tipo de tecnologia promove uma melhor uniformidade de aplicação, auxiliando na melhoria de solubilização do micronutriente (VITTI; LUZ; ALTRAN, 2013). O uso de micronutrientes em cana-de-açúcar proporciona acréscimos na produtividade, conseguimos ter melhor resultados quando se utiliza aplicações via tolete mais foliar.

Aplicação de micronutrientes via tolete é uma prática eficiente economicamente viável, pois possibilita o uso conjunto com agroquímicos, assim

diminuindo custos e proporcionando uma distribuição mais uniforme (VASQUEZ; SANCHES, 2010).

A adubação foliar visa incremento da produtividade, especialmente em casos em que o clima não é favorável, reduzindo consideravelmente a produção. A época de aplicação foliar se dá entre outubro a janeiro, no qual antecede a época de maior desenvolvimento da cultura (VITTI; LUZ; ALTRAN, 2013).

A utilização de micronutrientes no plantio aplicado diretamente via tolete encontraram um incremento de 5% na produtividade, e em conjunto com aplicação foliar, trás acréscimos de 5,5% na produtividade (VASQUEZ; SANCHES, 2010).

Orlando Filho et al. (2001), alertam que a cana-de-açúcar apresenta um fenômeno da fome oculta em relação aos micronutrientes, ou seja, a deficiência existe limitando a produtividade, mas não mostra os sintomas característicos visíveis da deficiência, embora a limitação de produtividade possa ser um sintoma.

1.2.4 Adubação foliar

A vida vegetal provida de um ambiente aquático dependia de toda superfície da planta para absorção de nutrientes, água, luz e gás carbônico. Com passar do tempo, estas evoluíram e algumas formas vegetais conquistaram o ambiente terrestre, sendo que nesse novo ambiente a absorção de água e nutrientes ficaram a cargo das raízes, enquanto que a fotossíntese e absorção de gás carbônico ficaram a cargo da parte aérea. Por isso, a parte aérea das plantas, principalmente as folhas, mesmo estando altamente adaptada a realização de fotossíntese não perdeu a capacidade de absorver água e nutrientes. Assim, outra forma de fornecer nutrientes para as plantas é por meio da adubação foliar (VITTI et al., 2005).

A aplicação de nutrientes às folhas das plantas tem por objetivo complementar ou suplementar às necessidades nutricionais das mesmas, sendo uma prática já utilizada há tempos (BORKERT, 1987). Desse modo soluções nutritivas aplicadas às folhas tornam-se um meio alternativo para adubar as plantas.

A videira foi um dos primeiros testes, com solução nutritiva, conduzida no início do século 19. Posteriormente, trabalhos de pesquisa tentaram caracterizar a natureza química e física da cutícula foliar, a fisiologia celular e a estrutura das folhas, bem como focalizar os mecanismos potenciais de penetração foliar, a fim de

obter melhores resultados em aplicações às folhas. A fluorescência foi o primeiro passo, seguido por radio marcação, na primeira metade do século 20, para desenvolver métodos mais precisos de penetração cuticular e translocação do nutriente dentro da planta, estando esta submetida à aplicação foliar de soluções nutritivas (FERNANDEZ; EICHERT, 2009; KANNAN, 2010).

A maneira que as soluções nutritivas penetram nas folhas pode ser controlada por alguns fatores, tais como condições ambientais e práticas comuns de manejo da fertilidade do solo (FERNANDEZ et al., 2013). Esses fatores podem interagir para alterar a absorção e translocação de nutrientes aplicados foliares, já que os nutrientes aplicados às folhas das culturas apresentam uma resposta mais rápida em relação ao solo, uma vez que entram diretamente nos processos metabólicos Cui et al., 2010. Para Arifet et al. (2006), a aplicação foliar de micronutrientes é de 6 a 20 vezes mais eficaz em relação a aplicação no solo, além de melhora a nutrição vegetal.

Dechen e Neves (1988) relataram que a velocidade de absorção do elemento via adubação foliar é influenciada pelo íon acompanhante e pela forma que o elemento se encontra na solução, assim como, folhas novas absorvem mais que as velhas, as condições ambientais como pH próximo da neutralidade e modo de aplicação, com gotas finíssima, interferem na eficiência do tratamento de pulverização foliar (MALAVOLTA, 1976).

Neste contexto, a reposição dos nutrientes nas folhas, por meio de adubação foliar, por solução ou suspensão na parte aérea da planta, promoverá em plantas melhores nutridas, bem como, poderá refletir na produção da cultura e complementar a adubação no solo.

A cultura da cana-de-açúcar possui poucos dados de pesquisa a respeito do efeito da aplicação de micronutrientes via foliar, visto que os macro e micronutrientes desempenham funções importantes no desenvolvimento e na produtividade da mesma, sendo que os micronutrientes atuam em processos vitais no metabolismo das plantas, por meio de compostos metabólicos e fenológicos, ou como ativadores enzimáticos (VITTI; MAZZA, 2002).

1.2.5 Recomendações de micronutrientes em cana-de-açúcar

A recomendação para o estado de São Paulo consiste na aplicação de 5kg ha⁻¹ de zinco em solos com teores disponíveis iguais ou menores que 0,5 mg dm⁻³, recomenda-se também aplicação de cobre no solo, doses de 4kg ha⁻¹ em solos com teores de Cu iguais ou menores que 0,2 mg dm⁻³, extraídos por DTPA (SPIRONELLO et al., 1996).

No estado de Minas Gerais não existe recomendação com relação a os teores disponíveis no solo e sim na recomendação de que solos arenosos e com baixos de teores de matéria orgânica podem apresentar, com maior freqüência, respostas à adubação com Mn, Zn e Cu. Há áreas deficientes desses micronutrientes a recomendação é aplicar 2 a 5 kg ha⁻¹ do nutriente (KORNDÖRFER et al., 1999).

1.3 REFERÊNCIAS

- BARROS, R. C.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; SOUZA, A. S.; FRANCO, M. O.; OLIVEIRA, T. S.; MENDES, G. A.; PIRES, D. A. A.; SALES, E. C. J.; CALDEIRA, L. A. Viabilidade econômica da substituição da silagem de sorgo por cana-de-açúcar ou bagaço de cana amonizado com uréia no confinamento de bovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 3, p. 555-569, 2010.
- BORKERT, C. M. **Soja**: adubação foliar. Londrina: Embrapa - CNPSO, 1987. 34 p. (Documentos, 22).
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. **Boletim técnico**: biotecnologia agropecuária. Brasília: [s.n.], 2010. p. 1–72.
- CESNIK, R.; MIOCQUE, J. **Melhoramento da cana-de-açúcar**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.
- CONAB. **Programa de Aquisição de Alimentos (PAA)**: resultado das ações da CONAB em 2014. Brasília: CONAB, 2014.
- CONAB. **Levantamento da safra 2016/2017**. 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_18_14_27_15_boletim_cana_portugues_-_1o_lev_-_16.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2016.
- CUI, Z. L.; ZHANG, F.S.; CHEN, X. P.; DOU, Z. X.; LI, J. L. In-season nitrogen management strategy for winter wheat: Maximizing yields, minimizing environmental impact in an over-fertilization context. **Field Crops Research**, v. 116, p. 140–146, 2010.
- DECHEN, A. R.; NEVES, C. S. V. J. Aplicação foliar de nutrientes em citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 9, n. 1, p. 65-88, 1988.
- FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **OCDE-FAO perspectivas agrícolas 2015-2024**. [S.l.]: FAO, 2015. 54 p.

FERNÁNDEZ, V.; SOTIROPOULOS, T.; BROWN, P. H. **Foliar Fertilization: principles and practices**. Paris: International Fertilizer Industry Association - IFA, 2013.

FERNANDEZ, V.; EICHERT, T. Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: Current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 28, p. 36-68, 2009.

HEINRICH, R.; OTTO, R. MAGALHÃES, A.; MEIRELLES, G.C. **Importance of sugar cane in Brazilian and world bioeconomy**. Stuttgart: BECY Network Meeting/University Hohenheim, 2015. 12 p.

KORNDÖRFER, G. H.; RIBEIRO, A. C.; ANDRADE, L. A. B. Cana-de-açúcar. In: KANNAN, S. Foliar fertilization for sustainable crop production. **Sustainable Agriculture Reviews**, v. 4, p. 371-402, 2010.

MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo. In: MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo**. [S.l.], Agronômica Ceres, 1976.

MORTVEDT, J. J. Bio availability of micronutrients. In: SUMNER, M. E. (Ed.) **Hand book of soil science**, [S.l.]: CRC Press, Boca Raton, 2000. p. D-77-D-88.

MURTA, R. M.; CHAVES, M. A.; PIRES, A. J. V.; VELOSO, C. M.; SILVA, F. F.; ROCHA NETO, A. L.; EUSTAQUIO FILHO, A.; SANTOS, P. E. F. Desempenho e digestibilidade aparente dos nutrientes em ovinos alimentados com dietas contendo bagaço de cana-de-açúcar tratado com óxido de cálcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, n.6, p.1325-1332, 2011.

NASIRI, Y., ZEHTAB-SALMASI, S., NASRULLAHZADEH, S., NAJAFI, N., GHASSEMI-GOLEZANI, K. Effects of foliar application of micronutrients (Fe and Zn) on flower yield and essential oil of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). **J. Med. Plants Res.**, v. 4, p. 1733 -1737, 2010.

Arif, M., Chohan, M.A., Ali, S., Gul, R. and Khan, S. (2006) Response of Wheat to Foliar Application of Nutrients. *Journal of Agricultural and Biological Science*, v.1, p. 30-34

ORLANDO FILHO, J. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G. M. S.; OLIVEIRA, E. A. M. (Eds). **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ/USP, 1993. p.133-14.

ORLANDO FILHO, J.; LANDELL, M. G. de A.; ROSSETTO, R. cana-de-açúcar. In: van RAIJ, B., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J. FURLANI, Â. M. C.(eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. 1996. p. 237-239. (Boletim, n. 100).

ORLANDO FILHO, J.; ROSSETTO, 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, 2001. p. 355-369.

PINTO, A.P.; ABRAHÃO, J. J. S.; MARQUES, J. A.; NASCIMENTO, W. J.; PEROTTO, D.; LUGÃO, S. M. B. Desempenho e características de carcaça de tourinhos mestiços terminados em confinamento com dietas à base de cana-de-

açúcar em substituição à silagem de sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.198-203, 2010.

PIRES, A. J. V.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S. C.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R.; SILVA, F. F.; SILVA, P. A.; ÍTAVO, L. C. V. Novilhas alimentadas com bagaço de cana-de-açúcar tratado com amônia anidra e, ou, sulfeto de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 1078-1085, 2004.

SPIRONELLO, A.; RAIJ, B. V.; PENATTI, C. P.; CANTARELLA, H.; MORELLI, J. L.; VASCONCELOS, J. N. Derivados da cana-de-açúcar. **STAB: açúcar, álcool e subprodutos**, v. 20, n. 3, p. 16-18, 2002.

VASQUEZ, G. H.; SANCHES, A.C. Formas de aplicação de micronutrientes na cultura da cana-de-açúcar. **Nucleus**, v.7, n.1, abr. 2010

VITTI, G. C., QUEIROZ, F. E. C., OTTO, R., ; QUINTINO, T. A. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar**. Piracicaba: USP/ESALQ - Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, 2005.

VITTI, G. C.; OLIVEIRA, D. B.; QUINTINO, T. A. Micronutrientes na cultura da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E. (Org). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Livro Ceres, 2006. p. 122-138.

VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C.; ALTRAN, W. C. Nutrição e adubação. IN: SANTOS. F.; BOREN. A. **Cana-de-açúcar do plantio a colheita**. Viçosa: [s.n.], 2013. 257 p.

VITTI, G. C.; MAZZA, J. A. **Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar**. Piracicaba: POTAFOS, 2002. 16 p. (Informações Agronômicas, n. 97, Encarte Técnico)

CAPITULO 2 – Atributos químicos do solo submetidos adubações com micronutriente em sulco de plantio e foliar.

RESUMO – Hoje em dia ficou nítido para agricultura mundial que adubação é um dos principais fatores que determinam a produtividade. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da adubação de plantio e foliar com micronutrientes, nos atributos químicos do solo, no estado nutricional, na produção da massa de forragem, colmos e análise tecnológica da cana-de-açúcar. O experimento foi realizado na unidade produtora da usina Rio Vermelho, município de Dracena, estado de São Paulo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas e quatro repetições, totalizando 32 subparcelas. Nas subparcelas foram aplicadas quatro doses de micronutrientes no solo: 0, 10, 20, 40 L ha⁻¹. Todos os resultados foram avaliados estatisticamente pela análise da variância, regressões em função das doses de micronutrientes aplicadas no solo e pelo teste de Tukey em 5% e 10% de probabilidade. Os teores de P, Cu, Fe e Zn, na profundidade 0 – 20 cm foram afetados positivamente pela aplicação de micronutrientes no sulco de plantio nos dois anos agrícolas. Enquanto o B mostrou aumentos no solo apenas no segundo ano e o Mn no primeiro ano de cultivo. O teor no solo de P, B, na profundidade de 20-40 cm, teve aumento significativo no teor no solo pela aplicação de micronutrientes no sulco de plantio nos dois anos avaliados. Enquanto o Mn, Fe e Zn tiveram aumento positivo somente no primeiro ano e o S no segundo. A adubação foliar de micronutrientes aumentou os teores de Zn no solo no primeiro e segundo ano de cultivo e diminuiu o teor de Fe no solo. Enquanto os demais elementos não apresentaram variação significativa.

Palavras chaves: Aplicação foliar, cana-de-açúcar, Fertilidade do solo, micronutrientes

Soil chemical attributes submitted to micronutrient fertilization in furrow planting and leaf.

ABSTRACT – Nowadays it has become clear to world agriculture that fertilization is one of the main factors that determine productivity. The objective of this work was to evaluate the effect of planting and foliar fertilization with micronutrients, soil chemical attributes, nutritional status, forage mass production, stems and technological analysis of sugarcane. The experiment was carried out at the Rio Vermelho Usina plant in Dracena, state of São Paulo. The experimental design was in randomized blocks with subdivided plots and four replications, totalizing 32 subplots. In the subplots, four doses of micronutrients were applied to the soil: 0, 10, 20, 40 L ha⁻¹. All the results were statistically evaluated by analysis of variance, regressions as a function of doses of micronutrients applied in the soil and by the Tukey test in 5% and 10% of probability. The levels of P, Cu, Fe and Zn in the depth 0 - 20 cm were positively affected by the application of micronutrients in the planting groove in the two agricultural years. While B showed increases in soil only in the second year and Mn in the first year of cultivation. The soil content of P, B, in the depth of 20-40 cm, had a significant increase in the soil content by the application of micronutrients in the planting groove in the two evaluated years. While the Mn, Fe and Zn had positive increase only in the first year and the S in the second. Foliar fertilization of micronutrients increased soil Zn contents in the first and second year of cultivation and decreased soil Fe content. While the other elements did not present significant variation.

KEYWORDS: Leaf application, cane sugar, Soil fertility, micronutrients

2.1 INTRODUÇÃO

A adubação é um dos principais fatores que determinam a produtividade para agricultura mundial, uma vez que o desenvolvimento do setor sucroalcooleiro da década de 70 a diante, deve-se a adubação, por meio do aumento de produção, o que resultou na expansão da cana-de-açúcar no Brasil.

A cana-de-açúcar na safra de 2015/2016 ocupou 8,8 milhões de hectares no Brasil, onde 60% desta área esta localizada no estado de São Paulo. Devido esta extensa área a produção nacional atingiu a marca de 665,6 milhões de toneladas, tornando o Brasil o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com uma produtividade média de aproximadamente 76 t ha⁻¹ (CONAB, 2016).

Para Orlando Filho et al. (2001) a baixa produtividade no Brasil deve-se a utilização de áreas já cultivadas e áreas de baixa fertilidade de solo, especialmente no estado de São Paulo e no Cerrado, que geralmente apresentam características de solos arenosos, com baixa retenção de água e disponibilidade de macro e micronutrientes. Acrescenta-se ainda que, em diversos estados brasileiros, o aumento de produção ocorre somente por meio da expansão das áreas cultivadas em solos ácidos e de baixa fertilidade, que muitas vezes não são apropriados para o cultivo da cana-de-açúcar, por limitar seu potencial de produção e a qualidade do produto final (SILVA et al., 2014).

Os micronutrientes desempenham funções vitais no metabolismo das plantas, tanto pela participação de compostos responsáveis por processos metabólicos e fenológicos, como por ativadores enzimáticos, tornando uma alternativa para alcançar maiores produções. Além disso, a pluralidade dos solos do Cerrado apresenta deficiência de micronutrientes, o que acarreta na cana-de-açúcar o fenômeno da “fome oculta”, ou seja, a deficiência existe limitando economicamente a produtividade, mas a planta não mostra os sintomas característicos visíveis da deficiência, embora a redução de produtividade possa ser um sintoma (ORLANDO FILHO, 2001; MADEIROS et al., 2009).

Portanto, diversos fatores podem interferir, sendo os fatores positivos de solo, clima e sanidades fundamentais para respostas na forma de produtividade, pois os mesmos, quando em deficiência, causam reduções na produtividade e até morte de

plantas por conseqüências naturais advindas dos desarranjos metabólicos, ocasionado pela carência desses micros elementos (ORLANDO FILHO, 1993).

O trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito da adubação de plantio e foliar com micronutrientes nos atributos químicos do solo, após cultivo de cana-planta e primeira-soca.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na unidade produtora da usina Rio Vermelho, município de Dracena, Estado de São Paulo, conduzidos nos anos agrícolas de 2014/2015 e 2015/2016.

O clima, conforme a classificação de Koppen é do tipo Cwa, caracterizado pelas estações de clima quente de inverno seco, com maiores índices pluviométricos entre os meses de outubro a fevereiro. As médias anuais de temperatura, precipitação e umidade são respectivamente, 24 °C, 1300 mm com temperatura média mensal máxima de 30 °C e média mínima de 19 °C. Os dados meteorológicos durante a realização da pesquisa estão apresentados na Figura 2.1.

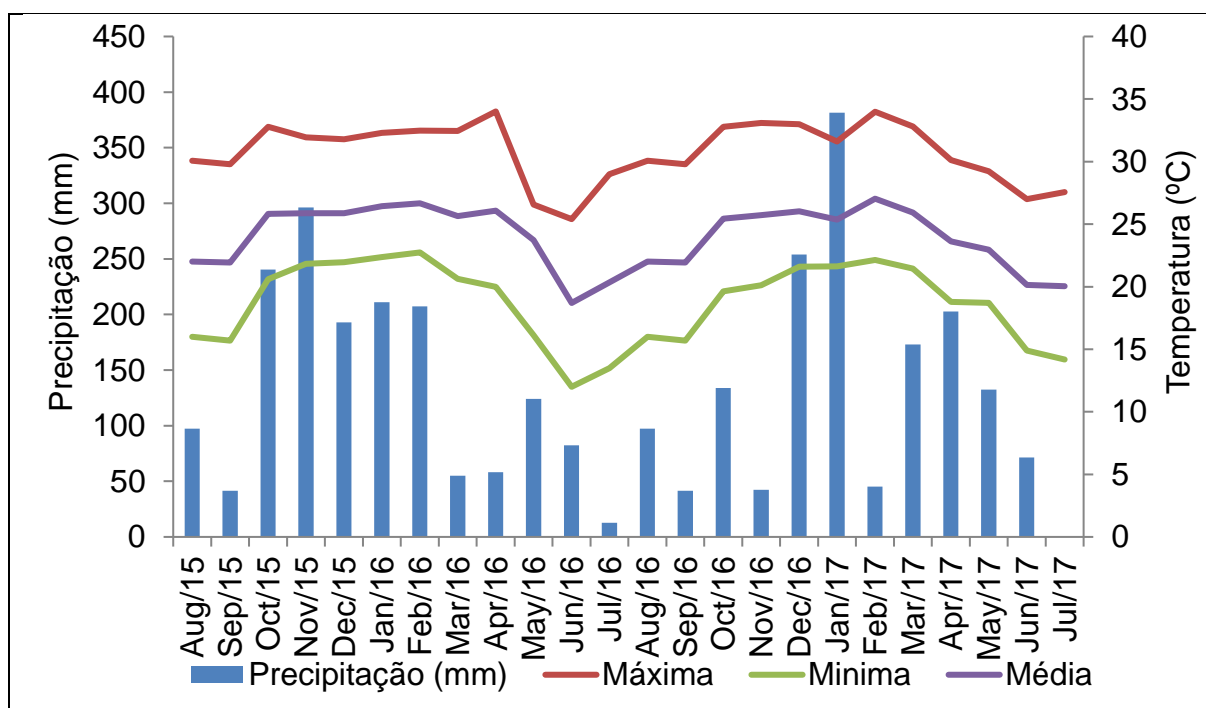


Figura 2.1 - Precipitação e temperaturas média, mínima e máxima observadas durante o período experimental. Fonte: Estação climatológica – UNESP Dracena.

O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2013) com textura arenosa com boa drenagem. A análise química foi efetuada em amostras de solo coletadas nas profundidades de 0 – 20 e 20 - 40 cm. As determinações foram, segundo descrição de Raij et al. (2001): P, K, Ca e Mg utilizando-se o método da resina trocadora de íons; S-SO₄⁻² pela extração com solução de fosfato de cálcio; pH em CaCl₂; matéria orgânica por colorimetria; H + Al com solução tampão SMP; Al em KCl. Em relação os micronutrientes, o boro foi extraído via água quente e Cu, Fe, Mn e Zn em DTPA. Os resultados das análises estão apresentados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1- Características físico-químicas do solo nas profundidades 0-20 cm e 20 – 40 cm, na ocasião da instalação do experimento na unidade produtora na Usina Rio Vermelho, Dracena, SP. Ano agrícola 2014/2015.

Características	Prof. 0- 20 cm	Prof. 20 – 40 cm
pH (CaCl ₂)	5,2	5,1
M.O. (g dm ⁻³)	14	7
P (mg dm ⁻³)	5	2
S (mg dm ⁻³)	8	6
K (mmol _c dm ⁻³)	1,6	1
Ca (mmol _c dm ⁻³)	15	11
Mg (mmol _c dm ⁻³)	7	6
Al (mmol _c dm ⁻³)	1	0
H+Al (mmol _c dm ⁻³)	18	15
Soma de bases (mmol _c dm ⁻³)	24	18
CTC (mmol _c dm ⁻³)	42	33
V (%)	57	55
m (%)	4	0
B (mg dm ⁻³)	0,45	0,42
Cu (mg dm ⁻³)	0,6	0,6
Fe (mg dm ⁻³)	14	11
Mn (mg dm ⁻³)	6,0	3,9
Zn (mg dm ⁻³)	1,2	0,7
Argila (g kg ⁻¹)	121	149
Silte (g kg ⁻¹)	39	21
Areia (g kg ⁻¹)	840	830

P, Ca, Mg e K: resina; S-SO₄ : Ca(H₂PO₄)₂ 0,01 mol/L; B: BaCl₂.2H₂O 0,125% microondas. Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA TEA;

Argila, silte e areia: método da pipeta.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas e quatro repetições, totalizando 32 subparcelas. Nas parcelas foram aplicadas quatro doses de enxofre e micronutrientes quelatizados (B, Cu, Mn, Mo e

Zn) no solo aplicado no sulco de plantio (0, 10, 20, 40 L ha⁻¹), e nas subparcelas foi avaliada a presença e a ausência da adubação foliar com micronutriente na dose de 6 L ha⁻¹, conforme apresentado na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Descrição dos tratamentos para cultura da cana-de-açúcar, variedade RB 96 5902 com plantio em abril de 2014. Dracena – SP.

Tratamentos	Parcela ⁽¹⁾ Dose no solo (L ha ⁻¹)	Subparcelas ⁽²⁾ Adubação Foliar
1 (Controle)	0	Sem
2	0	Com
3	10	Sem
4	10	Com
5	20	Sem
6	20	Com
7	40	Sem
8	40	Com

Obs.: ⁽¹⁾ micronutriente com a seguinte concentração de nutrientes (g L⁻¹): 43,4, 6,2, 6,2, 37,2, 0,62 e 37,2, respectivamente, de S, B, Cu, Mn, Mo e Zn. ⁽²⁾ Adubação foliar com micronutrientes na dose de 6 L ha⁻¹.

O experimento foi instalado e conduzido em área de plantio de cana-de-açúcar em 30/04/2014, variedade RB 96 5902. A área foi preparada em sistema convencional, com uma aração e duas gradagem. Antes da instalação do experimento o solo foi corrigido com a aplicação de 1,5 t ha⁻¹ de calcário e 1 t ha⁻¹ de gesso agrícola. Para fosfatagem foi aplicado 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples. A adubação no sulco de plantio foi de 25 kg de N, 125 kg P₂O₅ e 125 kg de K₂O ha⁻¹.

Os tratamentos descritos na Tabela 2.2 foram aplicados sobre os colmos e imediatamente cobertos com solo. No segundo ano, a adubação convencional consistiu na aplicação de 126 kg ha⁻¹ N e 98 kg K₂O ha⁻¹, no dia 05/01/2016.

As parcelas experimentais foram de 144 m², sendo 20 m de comprimento com 6 linhas de cana-de-açúcar com espaçamento combinado entre as linha de 0,90 m e 1,50 m. Para a aplicação foliar com micronutrientes, as parcelas foram subdivididas com área de 72 m², sendo 10 m de comprimento e 6 linhas de cana-de-açúcar, com espaçamento de 1 metro entre as subparcelas. Foi destinado como carreador a distância equivalente a duas linhas entre blocos. A adubação foliar foi realizada com pulverizador pressurizado com CO₂, regulado para aplicar o volume de calda de 100

L ha⁻¹ e a dose de 6 L ha⁻¹ do produto com micronutriente. No primeiro ano a adubação foliar foi realizada em 17/11/2014 e no segundo ano em 10/12/2015.

Foram avaliados os atributos químicos do solo em duas oportunidades, antes do plantio e depois da colheita, foi amostrado 20 cm da linha de plantio nas profundidades de 0 – 20 e 20 – 40 cm e foram determinadas conforme a metodologia anteriormente descrita, para determinação: pH, M.O, P, K, Ca, Mg, S, Al, SB, CTC, V, B, Cu, Fe, Mn, Zn e realizou avaliação de granulometria (areia, silte e argila).

Todos os resultados foram avaliados estatisticamente pela análise da variância, e quando significativa, foram utilizadas regressões em função das doses de micronutrientes aplicadas no solo e pelo teste de Tukey na presença ou ausência da adubação foliar (PIMENTEL-GOMES, 1990).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Atributos químicos do solo no primeiro ano de cultivo

No primeiro ano de experimento foram avaliados os atributos químicos do solo após a colheita mecanizada da cana-de-açúcar, amostrado nas profundidades 0 - 20 e 20 – 40 cm.

As faixas dos valores considerados adequados para cana-de-açúcar estão apresentadas na Tabela 2.3 de acordo com Raij et al. (1996).

Tabela 2.3- Limites de interpretação para os atributos químicos do solo.

Parâmetros	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
pH	< 4,3	4,4-5,0	5,1-5,5	5,6-6,0	> 6,0
P (mg dm ⁻³) ¹	0-6	7-15	16-40	41-80	> 80
K (mmol _c dm ⁻³) ¹	0,0-0,7	0,8-1,5	1,6-3,0	3,1-6,0	> 6,0
Ca (mmol _c dm ⁻³) ¹	-	0-3	4-7	> 7	-
Mg (mmol _c dm ⁻³) ¹	-	0-4	5-8	> 8	-
S-SO ₄ ⁻² (mg dm ⁻³) ²	-	0-4	5-10	> 10	-
B (mg dm ⁻³) ³	-	0 – 0,2	0,21 – 0,60	> 0,60	-
Cu (mg dm ⁻³) ³	-	0 – 0,20	0,3 – 0,8	> 0,8	-
Fe (mg dm ⁻³) ³	-	0 - 4	5 - 12	> 12	-
Mn (mg dm ⁻³) ³	-	0 - 1,2	1,3 – 5,0	> 5,0	-
Zn (mg dm ⁻³) ³	-	0 – 0,5	0,6 – 1,2	> 1,2	-
Saturação por bases (%)	0 - 25	25 – 50	51 – 70	71 – 90	> 90

¹ Extrator resina trocadora de íons;

Fonte: Raij, et al., (1996)

² Extrator fosfato de cálcio; ³ Extrator DTPA.

Os resultados das análises de macronutrientes do solo coletado na camada 0 – 20 cm estão descritos nas Tabelas 2.4. Em relação aos dados apresentados na Tabela 2.4 os teores de P e Mg foram influenciadas significativamente pelo fator dose no solo. Os dados se ajustaram ao modelo quadrático de regressão para ambos os macronutrientes (Fig. 2.2). Observou-se uma tendência quadrática para as doses de fertilizante aplicado no sulco de plantio para os teores de P e Mg (Figura 2.2). No qual observou ponto de mínima atingindo teor de 7,45 mg dm⁻³ de P e 7,16 mmol_c dm⁻³ de Mg nas doses de 16,88 L ha⁻¹ e 29,83 L ha⁻¹, respectivamente.

Oliveira et al. (2006) observaram que a aplicação de micronutrientes no solo aumentou o teor de P no solo quando comparado ao tratamento controle, enquanto que o teor de Mg foi influenciado positivamente pela aplicação de micronutrientes no solo mais via foliar.

Os teores de P nas doses de 0 a 20 L ha⁻¹ ficaram abaixo da faixa recomendada por Raij et al., (1996), já na doses de 40 L ha⁻¹ apresentou um valor médio quando comparados a Tabela 2.3. Isso pode ocorrer a devido material de origem ser pobres em P, e adubação fosfatada não conseguir fornece todo o fósforo que a planta necessita. Já os teores de Mg apresentaram um alto teor no solo (tabela 2.2).

Para os teores de K os valores estão na faixa média, enquanto que para o Ca observou-se alto teor no solo (Tabela 2.4).

Em relação ao Ca foram encontrados valores muito altos, discordando com os resultados da diagnose foliar, quando o nutriente apresentou teores representado deficiência (Tabela 3.4). Há diversos fatores envolvidos nesses resultados conflitantes, dentre eles o fator diluição descrito por Marschner (2012) ou a disponibilidade no solo passível de absorção pela cultura ou pelo efeito da variação na amostragem.

Tabela 2.4 - Teores de macronutrientes no solo, na profundidade de 0 a 20 cm, primeiro ano de cultivo da cana-de-açúcar no ano agrícola 2014/2015.

Dose no solo L ha ⁻¹	P	K	Ca	Mg
	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³		
0	14,50	1,92	16,00	9,75
10	8,00	1,78	14,00	8,62
20	8,12	1,93	12,87	7,50
40	20,25	1,81	15,12	8,37
Foliar				
Sem	12,81	1,86	13,93	8,43
Com	12,62	1,86	15,06	8,68
DMS (5%)	2,5788	0,2311	1,8604	0,7882
Teste F				
Dose no solo (D)	22,05*	0,47 ^{ns}	2,27 ^{ns}	5,89*
Foliar (F)	0,02 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,56 ^{ns}	0,43 ^{ns}
DxF	2,20 ^{ns}	1,34 ^{ns}	2,13 ^{ns}	3,64 ^{ns}
Média Geral	12,71	1,86	14,50	8,56
CV(%)	27,78	16,97	17,58	12,61

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey.

* e ^{ns}. Significativas em $p < 0,05$, e não significativo, respectivamente.

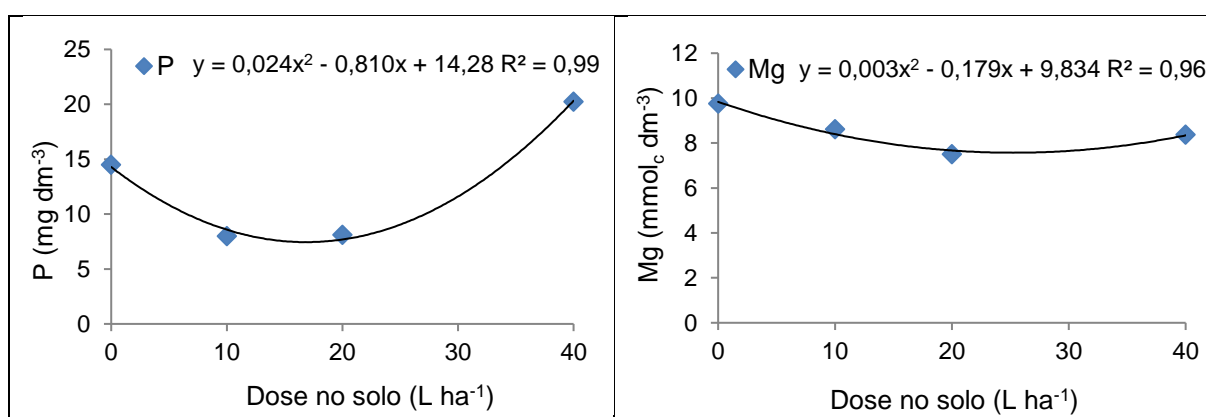


Figura 2.2 - Teor de fósforo e magnésio no solo no primeiro corte da cana-de-açúcar, submetida as doses de micronutrientes no plantio. Concentração de nutrientes (g L⁻¹): 43,4; 6,2; 6,2; 37,2; 0,62 e 37,2, respectivamente, de S, B, Cu, Mn, Mo e Zn.

O teores de S, pH e teores de matéria orgânica estão descritos na (Tabela 2.5). Não constatou diferença significativa para as doses no solo entre a aplicação foliar de micronutrientes e sua ausência. Observa-se que os teores de S e pH estão considerados médios no solo quando comparados por Raij et al., (1996). Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira et al. (2006), em que a aplicação de micronutrientes tanto no solo como via foliar não afetou o teor de S.

Entretanto o valor de pH no solo apresentou um leve decréscimo pela aplicação de micronutrientes, embora não significativo.

A matéria orgânica se encontra baixa de acordo com Raij et al. (1996). O que possivelmente refletiu no baixo teor de S no solo, que por sua vez é a principal fonte de S no solo. Adicionalmente ressalta-se que o adubo contém enxofre e não influenciou na disponibilidade deste nutriente no solo.

Tabela 2.5 – Teor de enxofre, pH, valores de matéria orgânica, na camada 0 a 20 cm, primeiro ano de cultivo da cana-de-açúcar no ano agrícola 2014/2015.

Dose no solo L ha⁻¹	S mg dm⁻³	pH	Matéria orgânica g kg⁻¹
0	5,24	5,70	13,75
10	4,87	5,67	13,75
20	4,87	5,33	13,87
40	5,25	5,43	13,87
Foliar			
Sem	4,93	5,53	13,81
Com	5,18	5,54	13,81
DMS (5%)	0,7952	0,1715	0,5266
Teste F			
Dose no solo (D)	0,32 ^{ns}	4,60 ^{ns}	0,08 ^{ns}
Foliar (F)	0,42 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,00 ^{ns}
DxF	0,49 ^{ns}	1,12 ^{ns}	2,72 ^{ns}
Média Geral	5,06	5,53	13,81
CV(%)	21,52	4,24	5,22

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey.

* e ^{ns}. Significativas em $p < 0,05$, e não significativo, respectivamente.

Os resultados da soma de bases, capacidade de troca de cátions e saturação por base está descrito na (Tabela 2.6), os resultados da soma de bases e a saturação por bases houve efeito para as dose do fertilizante.

Tabela 2.6 - Soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por base (V%) na camada 0 a 20, primeiro ano de cultivo da cana-de-açúcar no ano agrícola 2014/2015.

Dose no solo L ha ⁻¹	SB	CTC	V
	----- mmol _c dm ⁻³ -----		%
0	27,67	41,30	66,87
10	24,41	38,28	63,50
20	22,31	38,31	57,87
40	25,31	40,31	62,50
Foliar			
Sem	24,23	38,92	62,12
Com	25,61	40,18	63,50
DMS (5%)	2,4509	2,4658	3,6878
Teste F			
Dose no solo (D)	3,50*	1,58 ^{ns}	4,32 *
Foliar (F)	1,35 ^{ns}	1,11 ^{ns}	0,40 ^{ns}
DxF	2,73 ^{ns}	1,14 ^{ns}	2,85 ^{ns}
Média Geral	24,92	39,55	62,68
CV(%)	13,47	8,54	8,06

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey.

* e ns. Significativas em $p < 0,05$, e não significativo, respectivamente.

Houve uma tendência quadrática para as doses de fertilizante aplicado no sulco de plantio para SB e V% (Figura 2.3). No qual observou ponto de mínima atingindo teor de 22,41 mmol_c dm⁻³ de SB e 58,53% de V nas doses de 23,15 L ha⁻¹ e 25,29 L ha⁻¹, respectivamente.

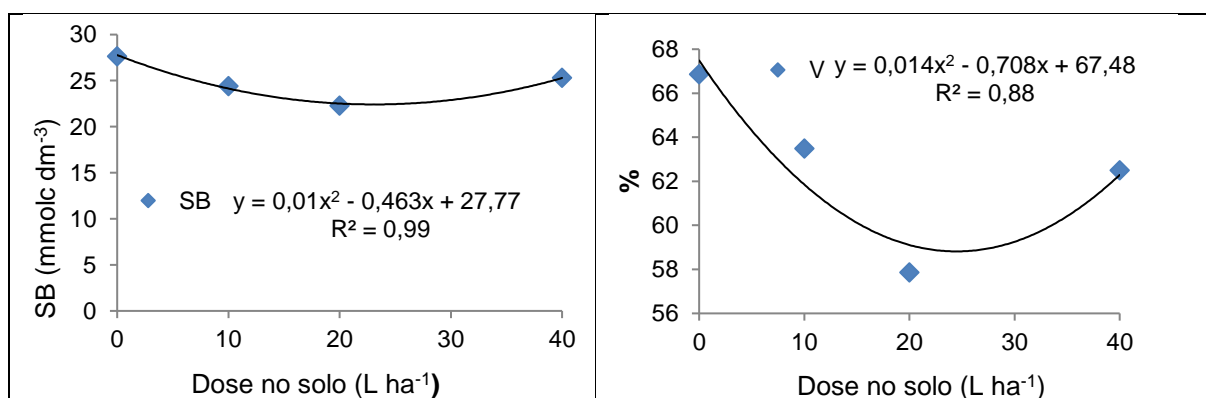


Figura 2.3 - Soma de bases e saturação por bases no solo na profundidade de 0 a 20 cm no primeiro corte da cana-de-açúcar, submetida as doses de micronutrientes no plantio. Concentração de nutrientes (g L⁻¹): 43,4; 6,2; 6,2; 37,2; 0,62 e 37,2, respectivamente, de S, B, Cu, Mn, Mo e Zn.

Os resultados das análises de micronutrientes do solo coletado na camada 0 – 20 cm estão descritos nas Tabelas 2.7. Em relação aos dados apresentados na Tabela 2.3 os teores de B, Cu, Fe e Mn no solo estão altos de acordo com Raij et al. (1996) e Malavolta et al. (1997).

O teor de Zn apresenta valores médios (Tabela 2.7). Os teores de B, Cu, Fe e Mn apresentaram alto teores no solo devido aplicação de micronutriente no sulco de plantio, assim contribuindo para a reconstrução da fertilidade do solo. Os teores de B, Cu e Zn diferiram significativamente para as doses aplicadas no solo. Os teores de Fe e Mn foram diferentes significativamente na interação das doses no solo e aplicação foliar.

Tabela 2.7 - Teores de micronutrientes no solo, na profundidade 0 a 20 cm, primeiro ano de cultivo da cana-de-açúcar no ano agrícola 2014/2015.

Dose no solo L ha ⁻¹	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg dm ⁻³ -----				
0	0,15	0,60	17,87	23,42	0,73
10	0,15	0,63	16,50	22,37	0,66
20	0,16	0,76	22,87	27,46	1,11
40	0,16	0,66	24,37	23,63	1,00
Foliar					
Sem	0,15	0,63	20,50	24,00	0,80 B
Com	0,16	0,69	20,31	24,45	0,95 A
DMS (5%)	0,0156	0,0826	2,7916	2,5455	0,1383
Teste F					
Dose no solo (D)	0,54 ^{ns}	3,02 *	7,93 *	3,26 *	10,10 *
Foliar (F)	2,48 ^{ns}	1,98 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,13 ^{ns}	5,43 *
DxF	1,25 ^{ns}	1,13 ^{ns}	9,70 *	7,41 *	2,68 ^{ns}
Média Geral	0,15	0,66	20,40	24,22	0,87
CV(%)	13,36	17,00	18,74	14,39	21,58

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey.

* e ^{ns}. Significativas em $p < 0,05$, e não significativo, respectivamente.

Observa-se uma tendência quadrática em função das doses de fertilizante aplicado no sulco de plantio para os teores Cu e Zn (Figura 2.4). No qual observou ponto de máxima atingindo teor de 0,70 mg dm⁻³ de Cu e 1,06 mg dm⁻³ de Zn nas doses de 20,17 L ha⁻¹ e 36,5 L ha⁻¹, respectivamente. Resultados semelhantes foram constatados por Oliveira et al. (2006), avaliando a adubação com micronutrientes em pastagens sob irrigação para produção de forragem e de sementes, em que a aplicação de micronutrientes no solo e a foliar resultou em acréscimos nos teores de

Cu e Zn. Marangoni et al. (2016), testando adubação de boro e zinco em sulco de plantio na cultura da cana de açúcar, observaram que não houve diferença significativa entre os tratamentos aplicados na cultura tanto para os teores de boro quanto para zinco no solo. Acrescentou ainda um sinergismo, quando se aplicou 2 kg ha⁻¹ de zinco associado à aplicação de 1 kg ha⁻¹ de boro elevando os teores de boro na cana planta.

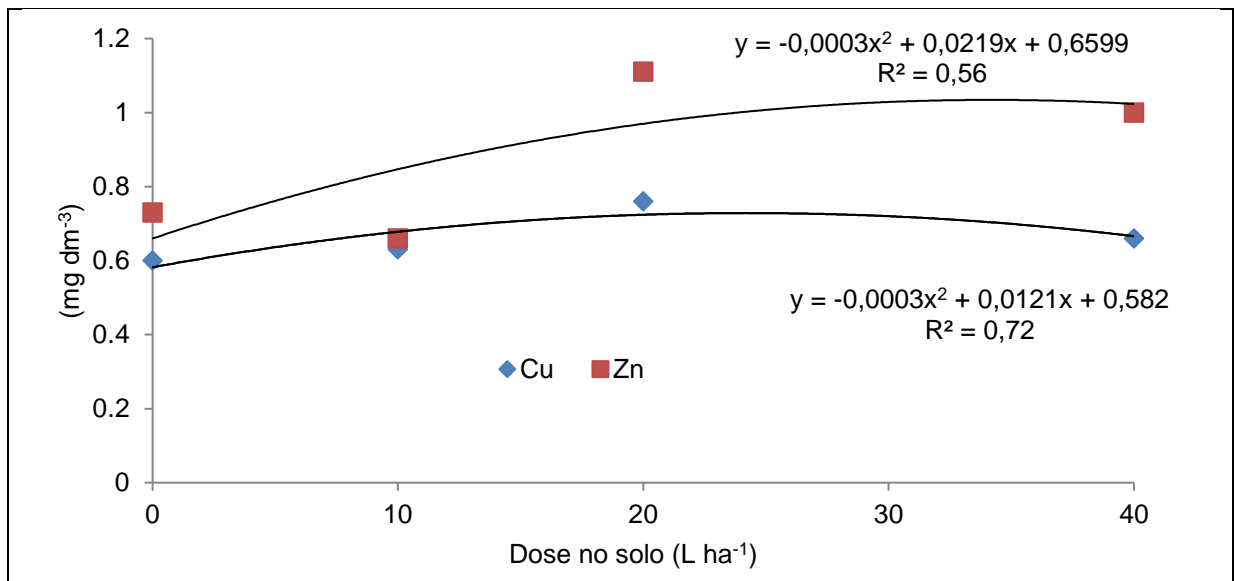


Figura 2.4 - Teores de cobre e zinco no solo na profundidade de 0 a 20 cm no primeiro corte da cana-de-açúcar, submetida as doses de micronutrientes no plantio. Concentração de nutrientes (g L⁻¹): 43,4; 6,2; 6,2; 37,2; 0,62 e 37,2, respectivamente, de S, B, Cu, Mn, Mo e Zn.

Nota-se um ajuste quadrático nos teores Fe para a interação das doses de fertilizante aplicado no sulco de plantio e foliar (Figura 2.5). No qual observou ponto de máxima com aplicação foliar atingindo teor de 21,28 mg dm⁻³ e sem aplicação foliar atingindo teores 36,55 mg dm⁻³ de Fe nas doses de 15,5 L ha⁻¹ e 50 L ha⁻¹, respectivamente.

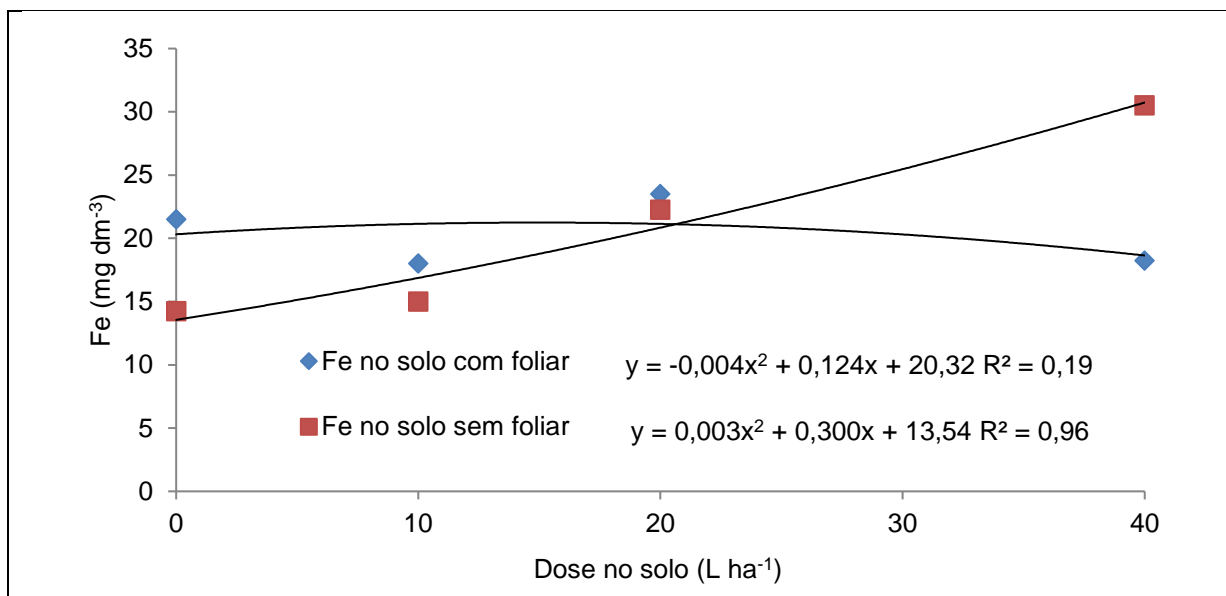


Figura 2.5 - Teor de ferro no solo na profundidade de 0 a 20 cm no primeiro corte da cana-de-açúcar, submetida as doses de micronutrientes no plantio. Concentração de nutrientes (g L⁻¹): 43,4; 6,2; 6,2; 37,2; 0,62 e 37,2, respectivamente, de S, B, Cu, Mn, Mo e Zn.

Observou uma tendência quadrática nos teores Mn para a interação das doses de fertilizante aplicado no sulco de plantio e foliar (Figura 2.6). No qual observou ponto de máxima com aplicação foliar atingindo teor de 28,85 mg dm⁻³ e sem aplicação foliar atingindo ponto de mínima no teor 25,53 mg dm⁻³ de Mn nas doses de 20,80 L ha⁻¹ e 19,25 L ha⁻¹, respectivamente. Oliveira et al. (2006), não constataram efeito dos tratamentos com adubação de micronutriente no solo, e tampouco de micronutriente no solo em conjunto com foliar para o teor de Fe e Mn, contudo os tratamentos apresentaram um acréscimo de aproximadamente 13 % e 5 % em relação ao controle, respectivamente.

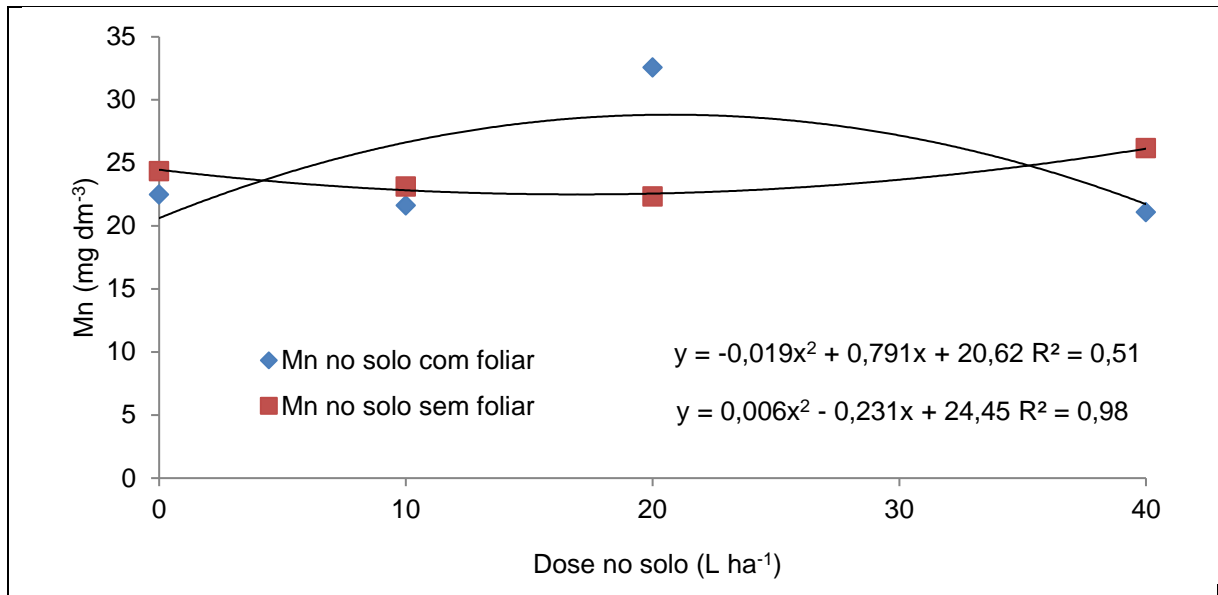


Figura 2.6 - Teor de manganês no solo na profundidade de 0 a 20 cm no primeiro corte da cana-de-açúcar, submetida as doses de micronutrientes no plantio. Concentração de nutrientes (g L⁻¹): 43,4; 6,2; 6,2; 37,2; 0,62 e 37,2, respectivamente, de S, B, Cu, Mn, Mo e Zn.

Os resultados das análises de macronutrientes do solo coletado na camada 20 – 40 cm estão descritos nas Tabelas 2.8. Em relação aos dados apresentados na Tabela 2.3 os teores de P estão muitos baixos no solo (RAIJ et al., 1996), isso pode ocorrer a devido material de origem ser pobres em fósforo, e adubação fosfatada que não conseguiu fornecer todo o fósforo que a planta necessita.

Os teores de K estão considerados baixos, no entanto o teor Ca está alto, o teor Mg no solo se encontra médio (RAIJ et al., 1996). Esse alto teor de cálcio no solo pode estar associado a aplicação de gesso agrícola que fornece cálcio em maiores profundidades. Os teores de Mg no solo apresentaram diferença significativa (Figura 2.8), assim como observado para o fósforo na interação dos fatores (Figura 2.7).

Tabela 2.8 - Teores de macronutrientes no solo, na profundidade de 20 a 40 cm, primeiro ano de cultivo da cana-de-açúcar no ano agrícola 2014/2015.

Dose no solo L ha ⁻¹	P	K	Ca	Mg
	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³		
0	4,75	0,88	12,00	7,75
10	5,50	1,02	12,62	7,87
20	4,87	1,00	10,62	6,25
40	6,87	1,07	12,00	6,37
Foliar				
Sem	5,50	0,96	12,25	7,06
Com	5,50	1,02	11,37	7,06
DMS (5%)	0,774	0,1415	1,7749	0,8875
Teste F				
Dose no solo (D)	6,74 *	1,34 ^{ns}	0,96 ^{ns}	4,08*
Foliar (F)	0,00 ^{ns}	0,67 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,00 ^{ns}
DxF	13,70 *	0,98 ^{ns}	3,13 ^{ns}	1,41 ^{ns}
Média Geral	5,50	0,99	11,81	7,06
CV(%)	19,28	19,45	20,59	17,22

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey.

* e ^{ns}. Significativas em, p<0,05, e não significativo, respectivamente.

Houve um ajuste quadrático nos teores P para a interação das doses de fertilizante aplicado no sulco de plantio e foliar (Figura 2.7). No qual observou ponto de máxima com aplicação foliar atingindo teor de 6,36 mg dm⁻³ e sem aplicação foliar atingindo ponto de mínima no teor 4,01 mg dm⁻³ de P nas doses de 25,75 L ha⁻¹ e 13 L ha⁻¹, respectivamente.

Oliveira et al. (2006) observaram que a aplicação de micronutrientes no solo aumentou o teor de P no solo quando comparado ao tratamento controle, enquanto que o teor de Mg foi influenciado significativamente pela aplicação de micronutrientes no solo mais via foliar.

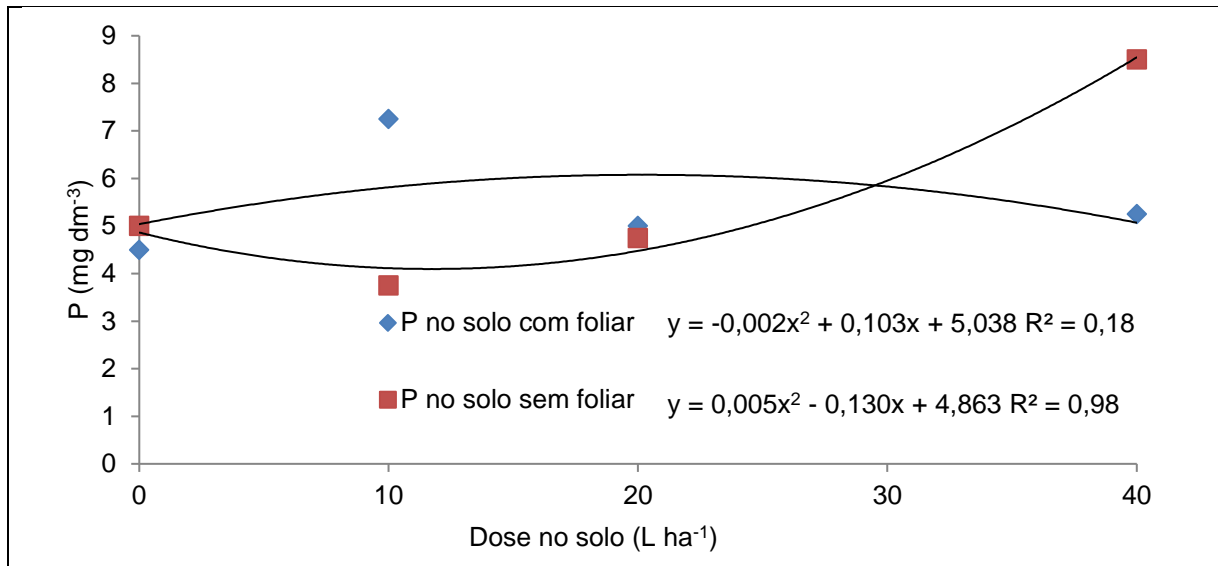


Figura 2.7 - Teor de fósforo no solo na profundidade 20 a 40 cm no primeiro corte da cana-de-açúcar, submetida as doses de micronutrientes no plantio. Concentração de nutrientes (g L⁻¹): 43,4; 6,2; 6,2; 37,2; 0,62 e 37,2, respectivamente, de S, B, Cu, Mn, Mo e Zn.

Houve uma tendência quadrática para as doses de fertilizante aplicado no sulco de plantio para o teor Mg (Figura 2.8). No qual observou ponto de mínima atingindo teor de 6,22 mmol_c dm⁻³ de Mg na dose de 42 L ha⁻¹.

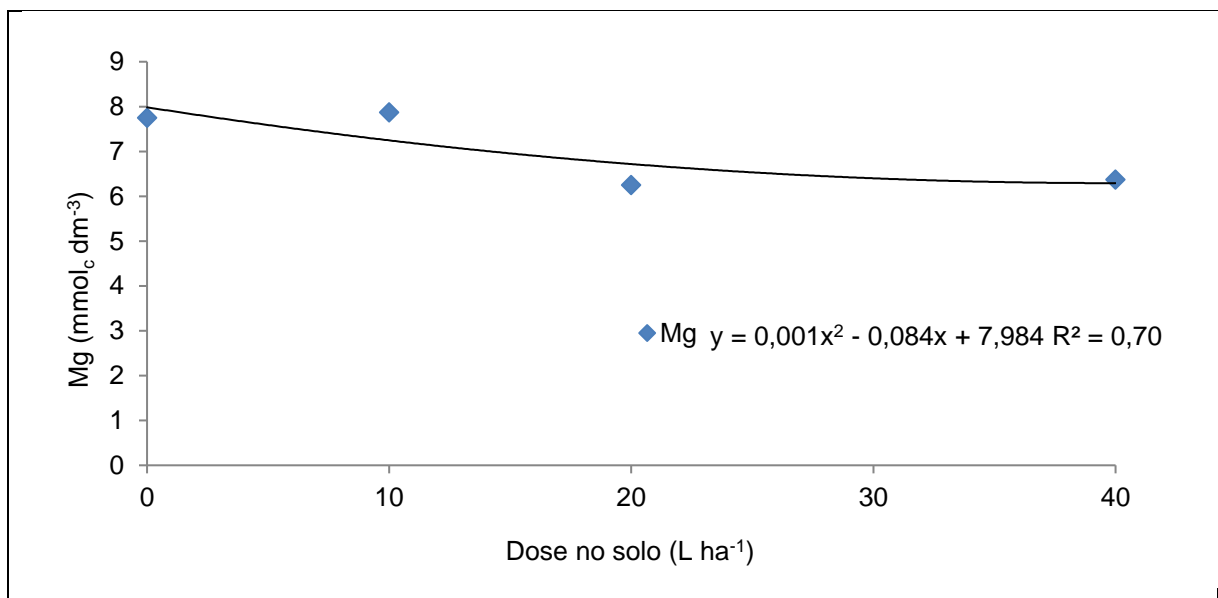


Figura 2.8 - Teor de magnésio no solo na profundidade 20 a 40 cm no primeiro corte da cana-de-açúcar, submetida as doses de micronutrientes no plantio. Concentração de nutrientes (g L⁻¹): 43,4; 6,2; 6,2; 37,2; 0,62 e 37,2, respectivamente, de S, B, Cu, Mn, Mo e Zn.

O teor de S, pH e teores de matéria orgânica na profundidade de 20 – 40 esta descrito na (Tabela 2.9), os teores de enxofre e pH estão considerados médios no solo quando comparados por Raij et al. (1996).

E a matéria orgânica se encontra baixa de acordo com Raij et al. (1996). O enxofre se encontra baixo devido ao baixo teor de matéria orgânica, que por sua vez é uma da principal fonte de S no solo. E também devido a textura arenosa deste solo, a qual favorece a lixiviação do sulfato.

Tabela 2.9 – Teor de enxofre, pH, teores de matéria orgânica (MO), na camada 20 a 40 cm, primeiro ano de cultivo da cana-de-açúcar no ano agrícola 2014/2015.

Dose no solo L ha⁻¹	S mg dm ⁻³	pH	MO g kg ⁻¹
0	6,00	5,56	11,00
10	6,12	5,46	11,00
20	5,87	5,22	11,00
40	6,00	5,28	11,00
Foliar			
Sem	5,93	5,35	11,18
Com	6,06	5,41	10,81
DMS (5%)	0,5266	0,1975	0,4827
Teste F			
Dose no solo (D)	0,16 ^{ns}	2,64 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Foliar (F)	0,24 ^{ns}	0,35 ^{ns}	2,57 ^{ns}
DxF	0,72 ^{ns}	2,00 ^{ns}	0,29 ^{ns}
Média Geral	6,00	5,38	11,00
CV(%)	12,02	5,02	6,01

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey.

^{ns}. não significativo.

Os resultados de soma de bases, capacidade de troca de cátions e saturação por base na profundidade de 20 – 40 estão descrito na (Tabela 2.10), os resultados da saturação por bases houve diferença significativa para as doses (Figura 2.9).

Tabela 2.10 - Soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por base (V%) na camada 20 a 40 cm, primeiro ano de cultivo da cana-de-açúcar no ano agrícola 2014/2015.

Dose no solo L ha ⁻¹	SB	CTC	V
	----- mmol _c dm ⁻³ -----		%
0	20,63	33,76	60,62
10	21,52	36,15	59,37
20	17,87	33,62	52,87
40	19,45	34,07	56,50
Foliar			
Sem	20,28	34,96	57,50
Com	19,46	33,83	57,18
DMS (5%)	2,2993	2,2038	3,6629
Teste F			
Dose no solo (D)	2,01 ^{ns}	1,22 ^{ns}	3,76 *
Foliar (F)	0,54 ^{ns}	1,12 ^{ns}	0,03 ^{ns}
DxF	2,58 ^{ns}	1,65 ^{ns}	2,55 ^{ns}
Média Geral	19,87	34,40	57,34
CV(%)	15,85	8,77	8,75

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey.

* e ^{ns}. Significativas em p<0,05, e não significativo, respectivamente.

Para as doses de fertilizante aplicado no sulco de plantio para V% (Figura 2.9). No qual observou um ponto de mínima atingindo teor de 53,82% na dose de 27,7 L ha⁻¹.

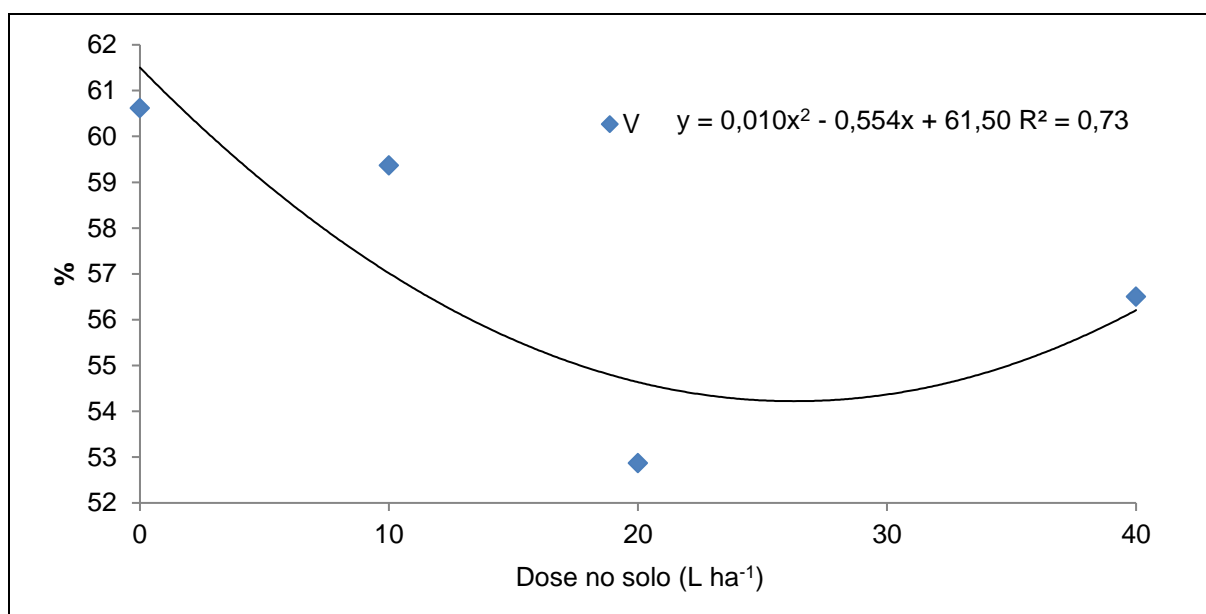


Figura 2.9 - Índice de saturação de base no solo na profundidade 20 a 40 cm no primeiro corte da cana-de-açúcar, submetida as doses de micronutrientes no plantio. Concentração de nutrientes (g L⁻¹): 43,4; 6,2; 6,2; 37,2; 0,62 e 37,2, respectivamente, de S, B, Cu, Mn, Mo e Zn.

Os resultados das análises de micronutrientes do solo coletado na camada 20 – 40 cm estão descritos nas Tabelas 2.11. Em relação aos dados apresentados na Tabela 2.3, os teores no solo de B e Zn estão considerados baixos no solo (RAIJ et al., 1996), evidenciando que os teores de B e Zn, na região de Araçatuba e Piracicaba, tende a serem inferiores aos níveis considerados adequados para cultivo de cana-de-açúcar (VITTI; MAZZA, 2002).

De acordo com Malavolta (1980), esse teor mais baixo de B pode ser influenciado por características de solos arenosos, com baixos teores de matéria orgânica, que é umas das principais fontes de B no solo.

Os teores de Cu e Mn estão altos, e o Fe apresenta valores médios quando comparados por Raij et al. (1996). Para os teores de B, Mn e Zn houve diferença significativa para as doses de micronutrientes aplicadas no solo, e para o Fe houve diferença significativa para a interação.

Tabela 2.11 - Teores de micronutrientes no solo, na profundidade 20 a 40 cm, primeiro ano de cultivo da cana-de-açúcar no ano agrícola 2014/2015.

Dose no solo L ha ⁻¹	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg dm ⁻³ -----				
0	0,14	0,67	9,75	12,06	0,25
10	0,15	0,81	14,12	12,93	0,28
20	0,18	0,77	16,37	19,60	0,43
40	0,15	0,72	10,75	13,12	0,28
Foliar					
Sem	0,15	0,74	14,56 A	14,29	0,28 B
Com	0,16	0,75	11,06 B	14,56	0,33 A
DMS (5%)	0,0189	0,1077	4,2234	2,0106	0,0572
Teste F					
Dose no solo (D)	2,98 **	1,32 ^{ns}	2,23 *	12,74 *	9,00 *
Foliar (F)	0,12 ^{ns}	0,01 ^{ns}	3,14 *	0,08 ^{ns}	2,49*
DxF	1,70 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,30*	0,07 ^{ns}	3,98 *
Média Geral	0,16	0,74	12,81	14,43	0,31
CV(%)	16,05	19,75	10,20	19,09	21,63

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey.

**, * e ^{ns}. Significativas em p<0,10, p<0,05, e não significativo, respectivamente.

Notou-se uma tendência quadrática para as doses de fertilizante aplicado no sulco de plantio para os teores B e Mn (Figura 2.10). No qual observou ponto de máxima atingindo teor de 0,16 mg dm⁻³ de B e 17,78 mg dm⁻³ de Mn nas doses de 21,43 L ha⁻¹ e 22,77 L ha⁻¹, respectivamente.

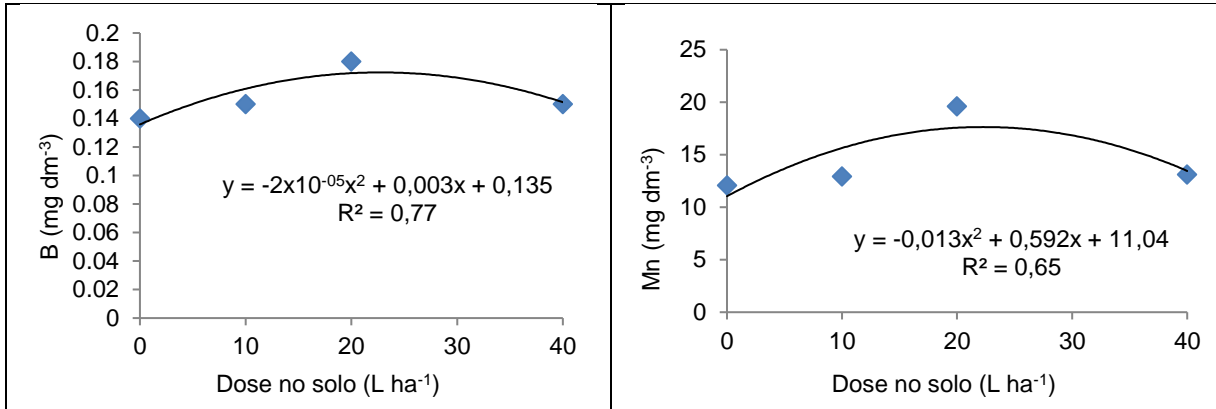


Figura 2.10 - Teores de boro e manganês no solo na profundidade 20 a 40 cm no primeiro corte da cana-de-açúcar, submetida as doses de micronutrientes no plantio. Concentração de nutrientes (g L⁻¹): 43,4; 6,2; 6,2; 37,2; 0,62 e 37,2, respectivamente, de S, B, Cu, Mn, Mo e Zn.

Houve uma tendência quadrática nos teores Fe para a interação das doses de fertilizante aplicado no sulco de plantio e foliar (Figura 2.11). No qual observou ponto de máxima com aplicação foliar atingindo teor de 6,36 mg dm⁻³ e sem aplicação foliar atingindo ponto de mínima no teor 7,40 mg dm⁻³ de Fe nas doses de 25,75 L ha⁻¹ e 13 L ha⁻¹, respectivamente

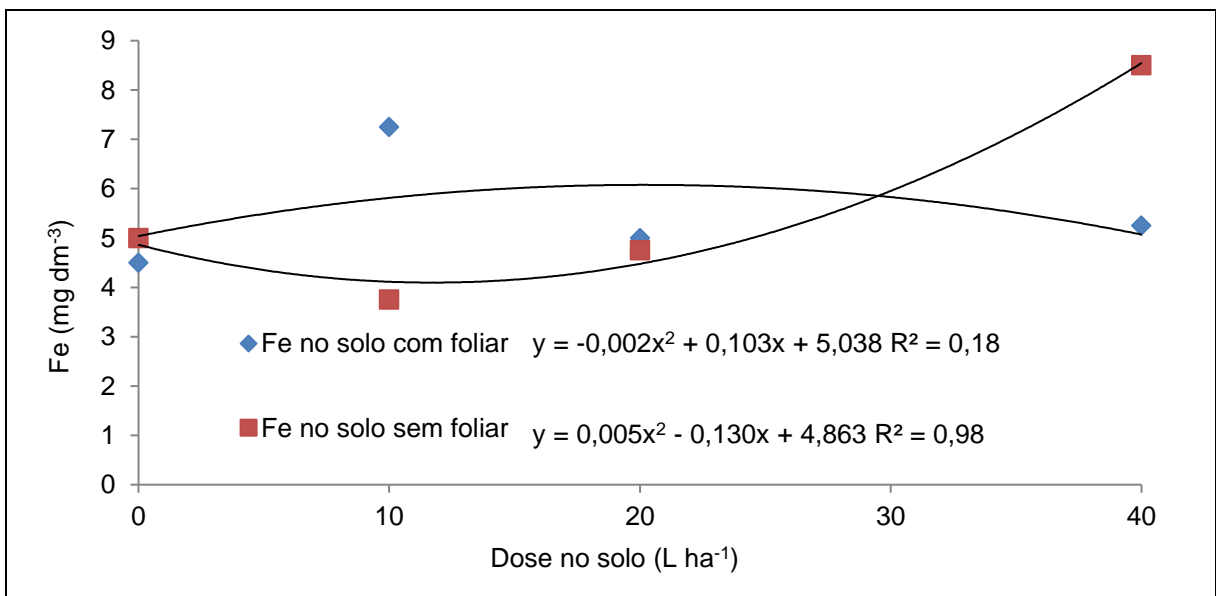


Figura 2.11 - Teor de ferro no solo na profundidade 20 a 40 cm no primeiro corte da cana-de-açúcar, submetida as doses de micronutrientes no plantio. Concentração de nutrientes (g L⁻¹): 43,4; 6,2; 6,2; 37,2; 0,62 e 37,2, respectivamente, de S, B, Cu, Mn, Mo e Zn.

Observou uma tendência quadrática nos teores Zn para a interação das doses de fertilizante aplicado no sulco de plantio e foliar (Figura 2.12). No qual observou ponto de máxima com aplicação foliar atingindo teor de $0,40 \text{ mg dm}^{-3}$ e sem aplicação foliar o teor $0,36 \text{ mg dm}^{-3}$ de Zn nas doses de $17,62 \text{ L ha}^{-1}$ e $30,65 \text{ L ha}^{-1}$, respectivamente.

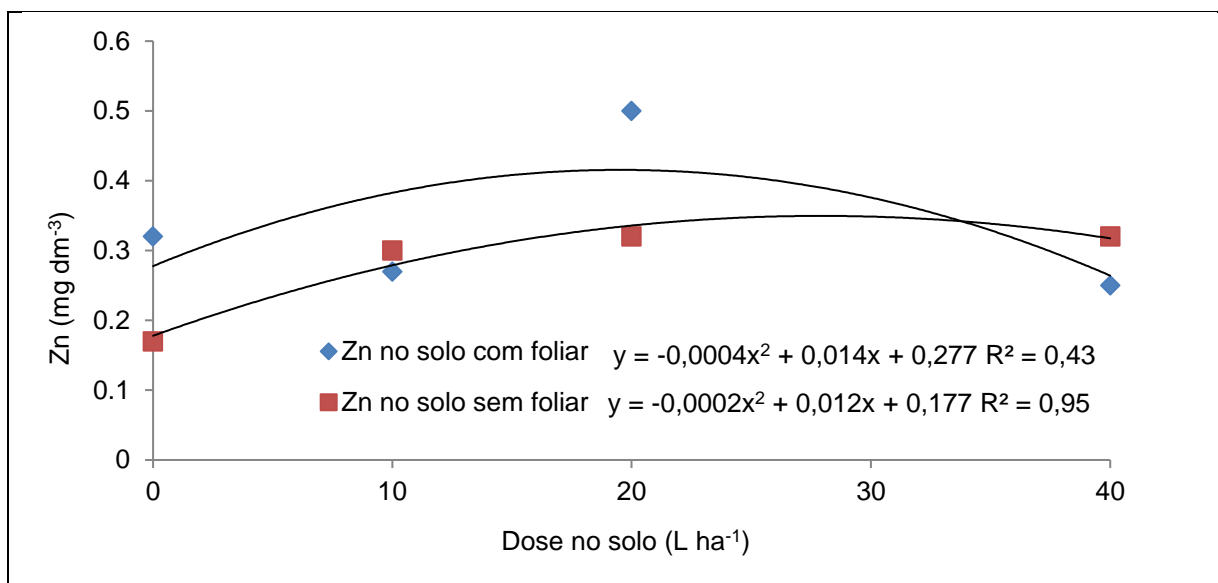


Figura 2.12 - Teor de zinco no solo na profundidade 20 a 40 cm no primeiro corte da cana-de-açúcar, submetida as doses de micronutrientes no plantio. Concentração de nutrientes (g L^{-1}): 43,4; 6,2; 6,2; 37,2; 0,62 e 37,2, respectivamente, de S, B, Cu, Mn, Mo e Zn.

2.3.2 Atributos químicos do solo no segundo ano de cultivo

No segundo ano de experimento foram avaliados os atributos químicos do solo após a colheita mecanizada da cana-de-açúcar, amostrado nas profundidades 0 - 20 e 20 - 40 cm. Na Tabela 2.3 estão apresentados os valores de referência descrito por Raij et al. (1996).

Os resultados das análises do solo coletado na camada 0 - 20 cm estão descritos nas Tabelas 2.12, 2.13, 2.14 e 2.15. Em relação aos dados apresentados na Tabela 2.2, os teores de P e K estão baixos no solo quando comparado por Raij et al. (1996). Podem ocorrer esses baixos teores de P no solo devido o solo ter material de origem pobre em fósforo, e adubação fosfatada não conseguiu fornecer todo o fósforo que a planta necessita para complementar seu ciclo.

Os teores de K no solo podem estar baixo devido sua alta lixiviação, por ser um solo arenoso e alta infiltração de água. Os teores de cálcio estão altos e contém médio teor magnésio no solo (Tabela 2.12).

Em relação ao Ca foram encontrados valores muito altos, discordando com os resultados da diagnose foliar, quando o nutriente apresentou teores de deficiência (Tabela 3.8). Há diversos fatores envolvidos nesses resultados conflitantes, dentre eles o fator diluição descrito por Marschner (2012) ou a disponibilidade no solo passível de absorção pela cultura ou pelo efeito da variação na amostragem.

Os teores de fósforo foram diferentes significativamente para a interação das doses no solo e aplicação foliar, e para o magnésio houve diferença significativa para as doses aplicadas no solo (Figura 2.13).

Tabela 2.12 - Teores de macronutrientes no solo, na profundidade de 0 a 20 cm, após o segundo ano de cultivo de cana-de-açúcar no ano agrícola 2015/2016.

Dose no solo L ha ⁻¹	P	K	Ca	Mg
	mg dm ⁻³	----- mmol _c dm ⁻³ -----	mmol _c dm ⁻³	-----
0	8,25	1,21	14,25	9,12
10	8,50	1,17	13,00	8,00
20	11,50	1,11	12,50	7,37
40	8,87	1,16	11,62	7,50
Foliar				
Sem	8,93	1,16	12,50	7,87
Com	9,62	1,16	13,18	8,12
DMS (5%)	1,1368	0,1275	1,5245	0,9824
Teste F				
Dose no solo (D)	7,43 *	0,45 ^{ns}	2,20 ^{ns}	2,80 **
Foliar (F)	1,56 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,28 ^{ns}
DxF	2,52 **	1,29 ^{ns}	2,20 ^{ns}	1,24 ^{ns}
Média Geral	9,28	1,16	12,84	8,00
CV(%)	16,78	14,98	16,26	16,82

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey.

**, * e ^{ns}. Significativas em p<0,10, p<0,05, e não significativo, respectivamente.

Observou uma tendência quadrática para as doses de fertilizante aplicado no sulco de plantio para o teor de Mg (Figura 2.13). No qual observou ponto de mínima atingindo teor de 7,22 mmol_c dm⁻³ de Mg na dose de 28,08 L ha⁻¹.

Houve interação das doses de fertilizante aplicado no sulco de plantio e foliar nos teores de P, observado ponto de máxima com aplicação foliar atingindo teor de 10,84 mg dm⁻³ e sem aplicação foliar o teor 10,92 mg dm⁻³ de P nas doses de 22,75 L ha⁻¹ e 27,75 L ha⁻¹, respectivamente.

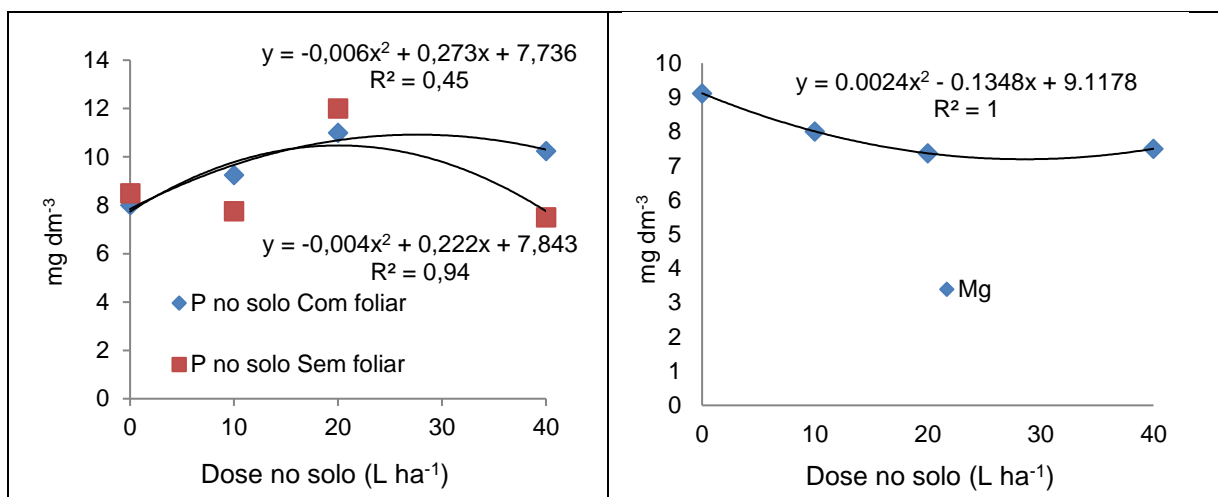


Figura 2.13 - Teores de fósforo e magnésio no solo na profundidade 0 a 20 cm no segundo corte da cana-de-açúcar, submetida as doses de micronutrientes no plantio. Concentração de nutrientes (g L⁻¹): 43,4; 6,2; 6,2; 37,2; 0,62 e 37,2, respectivamente, de S, B, Cu, Mn, Mo e Zn.

O teor de S, índice de pH e valores de matéria orgânica na profundidade de 0 – 20 no segundo ano de cultivo esta descrito na (Tabela 2.13), os teores de S, M.O e pH estão baixos quando comparados por Raij et al. (1996), nas doses de 0 e 10 L ha⁻¹ o pH esta considerados médios no solo quando comparados por Raij et al. (1996).

O enxofre se encontra baixo devido ao baixo teor de matéria orgânica, que por sua vez é uma da principal fonte de S no solo (Tabela 2.13).

Tabela 2.13 – Teor de enxofre, pH, teores de matéria orgânica (MO), Al, na camada 0 a 20 cm, após o segundo ano de cultivo de cana-de-açúcar no ano agrícola 2015/2016.

Dose no solo	S	pH	MO	Al
L ha⁻¹	mg dm ⁻³		g kg ⁻¹	mmolc dm ⁻³
0	2,12	5,03	14,12	0,75
10	1,75	5,13	13,50	0,25
20	2,12	4,88	14,62	1,25
40	1,87	4,96	13,62	0,75
Foliar				
Sem	2,00	4,92 B	14,18	0,93
Com	1,93	5,08 A	13,75	0,56
DMS (5%)	0,4011	0,1591	0,741	0,605
Teste F				
Dose no solo (D)	0,93 ^{ns}	1,32 ^{ns}	2,05 ^{ns}	1,94 ^{ns}
Foliar (F)	0,10 ^{ns}	3,05 **	1,48 ^{ns}	1,64 ^{ns}
DxF	0,93 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,18 ^{ns}
Média Geral	1,96	5,00	13,96	0,75
CV(%)	27,91	5,25	7,26	7,71 †

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey. † Valores transformados $5 + \sqrt{x}$. ** e ^{ns}. Significativas em $p < 0,10$, e não significativo, respectivamente.

Os resultados de soma de bases, capacidade de troca de cátions e saturação por base (V%) na profundidade de 0 – 20 estão descrito na (Tabela 2.14), os resultados não apresentaram diferença significativa para as doses e foliar.

Tabela 2.14 - Soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por alumínio (m) e saturação por base (V%) na camada 0 a 20, após o segundo ano de cultivo de cana-de-açúcar no ano agrícola 2015/2016.

Dose no solo L ha ⁻¹	SB	CTC	m	V
	----- mmol _c dm ⁻³ -----	-----	-----	% -----
0	24,50	42,67	3,00	57,37
10	22,00	39,92	1,25	55,50
20	20,87	40,73	5,50	51,50
40	20,12	38,91	3,87	51,75
Foliar				
Sem	21,43	40,90	4,37	52,37 B
Com	22,31	40,22	2,43	55,68 A
DMS (5%)	2,2979	2,096	2,8173	3,3102
Teste F				
Dose no solo (D)	2,95 ^{ns}	2,46 ^{ns}	1,68 ^{ns}	2,22 ^{ns}
Foliar (F)	0,62 ^{ns}	0,44 ^{ns}	2,01 ^{ns}	2,93 ^{ns}
DxF	0,14 ^{ns}	2,20 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,92 ^{ns}
Média Geral	21,87	40,56	3,40	54,03
CV(%)	14,39	7,08	30,11 †	10,12

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey. † Valores transformados $5+\sqrt{x}$. ^{ns}. Não significativo.

Os teores de micronutrientes do solo coletado na camada 0 – 20 cm estão descritos nas Tabelas 2.15. Em relação aos dados apresentados na Tabela 2.3 os teores no solo de B estão considerados baixos no solo (RAIJ et al., 1996).

O B apresentou teores muito baixos, isso pode ocorrer devidos a deficiências de boro nos solos brasileiros, pelo baixo teor de matéria orgânica presente solo Malavolta (1980), e a possibilidade da lixiviação, supostamente a aplicação de fertilizante via solo não foram suficientes para aumentar a disponibilidade até o final do segundo ciclo da cultura.

Vitti e Mazza (2002) relatam que os teores de B e Zn na região de Araçatuba e Piracicaba, tende a serem inferiores aos níveis considerados adequados para cultivo de cana-de-açúcar.

Os teores de Cu e Fe estavam na faixa considerada adequada, e o Mn e Zn apresentam valores altos, constatando que houve aumento do Zn na disponibilidade

no solo com a aplicação de micronutrientes no sulco de plantio após dois cultivos (Tabela 2.15).

Houve diferença significativa para as doses aplicadas no solo para os teores de boro, cobre (Figura 2.15) e Fe (Figura 2.14). E para os teores de zinco houve diferença para a aplicação no solo e aplicação foliar (Figura 2.18).

Tabela 2.15 - Teores de micronutrientes no solo, na profundidade 0 a 20 cm, após o segundo ano de cultivo de cana-de-açúcar no ano agrícola 2015/2016.

Dose no solo L ha ⁻¹	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg dm ⁻³ -----				
0	0,14	0,75	9,75	22,8	0,96
10	0,12	0,73	10,37	22,7	1,06
20	0,14	0,93	14,50	22,6	1,86
40	0,15	0,82	10,25	23,9	1,50
Foliar					
Sem	0,14	0,82	11,50	23,11	1,21 B
Com	0,14	0,80	10,93	22,95	1,47 A
DMS (5%)	0,0163	0,0988	1,226	3,0137	0,21
Teste F					
Dose no solo (D)	2,43 **	3,68 *	13,77 *	0,18 ^{ns}	16,68 *
Foliar (F)	0,06 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,01 ^{ns}	6,34 *
DxF	1,09 ^{ns}	0,14 ^{ns}	1,72 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,54 ^{ns}
Média Geral	0,14	0,81	11,21	23,03	1,34
CV(%)	15,84	16,66	14,97	17,93	21,36

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey.

** , * e ^{ns}. Significativas em p<0,10, p<0,05, e não significativo, respectivamente.

Observou uma tendência quadrática para as doses de fertilizante aplicado no sulco de plantio para os teores Fe e Mn (Figura 2.14). No qual observou ponto de máxima atingindo teor de 13,79 mg dm⁻³ de Fe e observou ponto de mínima 22,39 mg dm⁻³ de Mn nas doses de 23,62 L ha⁻¹ e 21,00 L ha⁻¹, respectivamente.

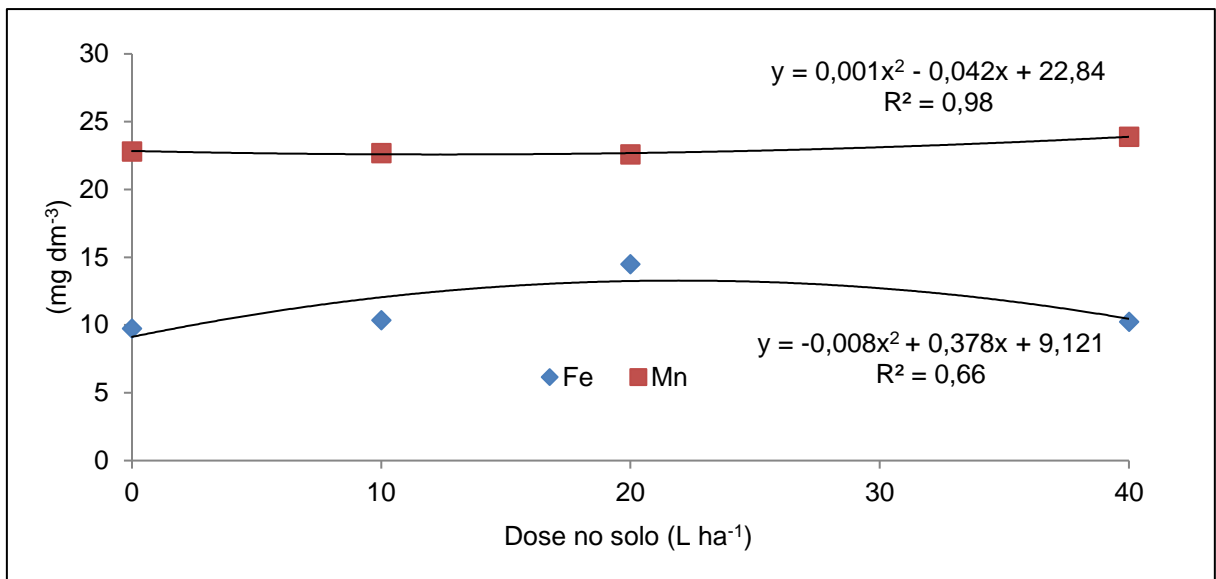


Figura 2.14 - Teores de ferro e manganês no solo na profundidade 0 a 20 cm no segundo corte da cana-de-açúcar, submetida as doses de micronutrientes no plantio. Concentração de nutrientes (g L⁻¹): 43,4; 6,2; 6,2; 37,2; 0,62 e 37,2, respectivamente, de S, B, Cu, Mn, Mo e Zn.

Observou uma tendência quadrática para as doses de fertilizante aplicado no sulco de plantio para os teores de Zn e Cu (Figura 2.15). No qual observou ponto de máxima atingindo teor de 1,78 mg dm⁻³ de Zn e 0,89 mg dm⁻³ de Cu, nas doses de 30,05 L ha⁻¹ e 30 L ha⁻¹, respectivamente.

Os teores de B não variaram de acordo com os aumentos das doses do fertilizante.

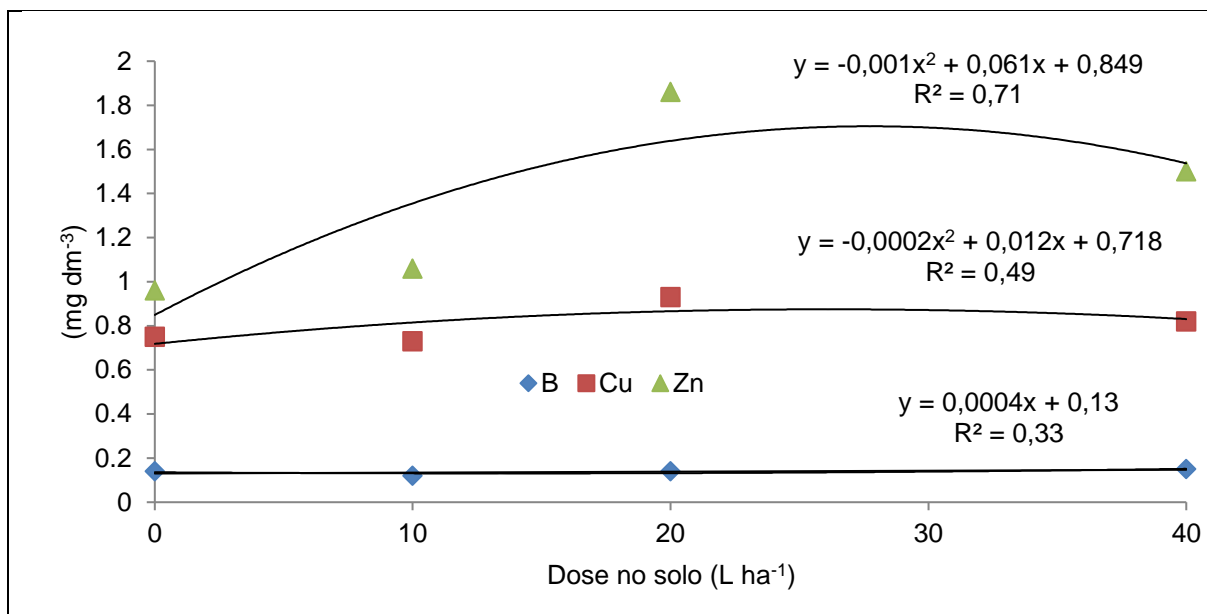


Figura 2.15 - Teores de boro, cobre e zinco no solo na profundidade de 0 a 20 cm no primeiro corte da cana-de-açúcar, submetida as doses de micronutrientes no plantio. Concentração de nutrientes (g L⁻¹): 43,4; 6,2; 6,2; 37,2; 0,62 e 37,2, respectivamente, de S, B, Cu, Mn, Mo e Zn.

Os teores de macronutrientes do solo coletado na camada 20 – 40 cm no segundo ano de cultivo estão descritos nas Tabelas 2.16, 2.17, 2.18 e 2.19. Em relação aos dados apresentados na Tabela 2.3 os teores de P e K estão muito baixos no solo segundo Raij et al. (1996).

Assim como observado no primeiro ano de cultivo os teores de P continuam baixos, evidenciando que a fosfatagem e adubação de plantio não foi capaz de fornecer todo P que a planta necessita.

Na Tabela 2.16, observou alto teor de cálcio e médio teor magnésio no solo (RAIJ et al., 1996). Esse alto teor de cálcio no solo pode estar associado a aplicação de gesso agrícola que fornece cálcio em maiores profundidades.

Os teores de P diferiram significativamente para a interação das doses no solo e aplicação foliar (Figura 2.16).

Tabela 2.16 - Teores de macronutrientes no solo, na profundidade de 20 a 40 cm, após o segundo ano de cultivo de cana-de-açúcar no ano agrícola 2015/2016.

Dose no solo L ha ⁻¹	P	K	Ca	Mg
	mg dm ⁻³	mmol _e dm ⁻³		
0	7,37	0,73	12,50	8,50
10	4,50	0,73	12,00	7,62
20	7,37	0,76	12,37	7,25
40	5,75	0,83	10,75	7,00
Foliar				
Sem	6,00	0,79	11,56	7,18
Com	6,50	0,74	12,25	8,00
DMS (5%)	0,8226	0,18	1,7827	1,244
Teste F				
Dose no solo (D)	12,26 *	0,29 ^{ns}	0,86 ^{ns}	1,19 ^{ns}
Foliar (F)	1,57 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,63 ^{ns}	1,89 ^{ns}
DxF	7,54 *	0,30 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,27 ^{ns}
Média Geral	6,25	0,76	11,90	7,59
CV(%)	18,03	32,08	20,51	22,44

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey.

* e ^{ns}. Significativas em, $p < 0,05$, e não significativo, respectivamente.

Observou interação das doses de fertilizante aplicado no sulco de plantio e foliar nos teores de P (Figura 2.16), observado ponto de máxima com aplicação foliar atingindo teor de $10,92 \text{ mg dm}^{-3}$ e sem aplicação foliar o teor $10,84 \text{ mg dm}^{-3}$ de P nas doses de $27,75 \text{ L ha}^{-1}$ e $22,75 \text{ L ha}^{-1}$, respectivamente

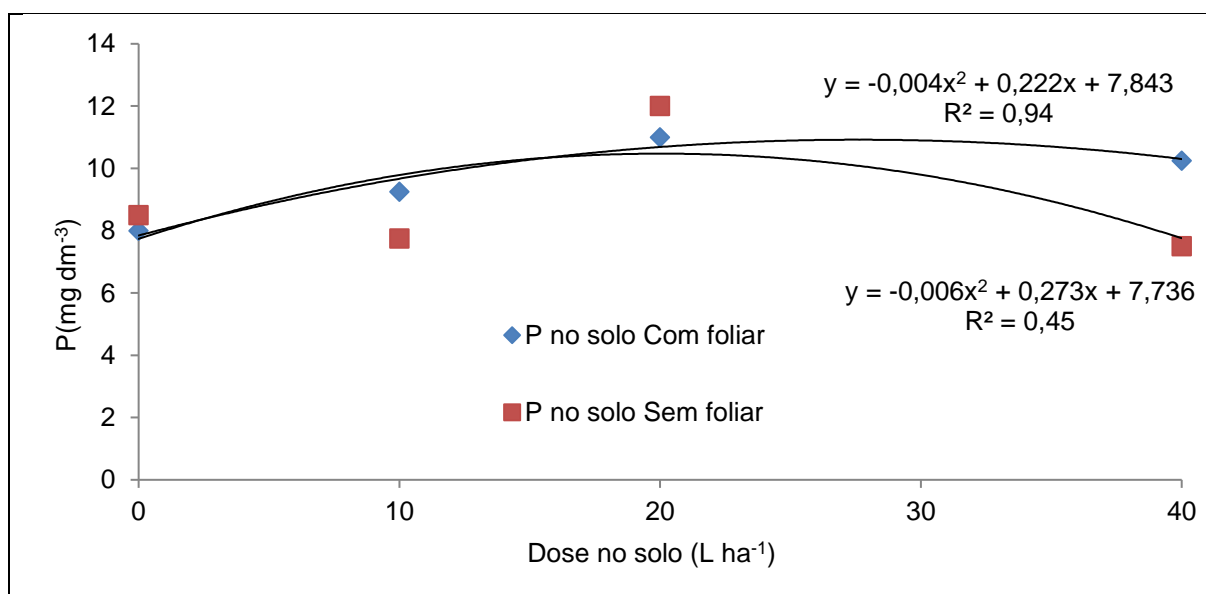


Figura 2.16 - Teor de fósforo no solo na profundidade 20 a 40 cm no segundo corte da cana-de-açúcar, submetida as doses de micronutrientes no plantio. Concentração de nutrientes (g L⁻¹): 43,4; 6,2; 6,2; 37,2; 0,62 e 37,2, respectivamente, de S, B, Cu, Mn, Mo e Zn.

O teor de enxofre, pH e teores de matéria orgânica na profundidade de 20 – 40 no segundo ano de cultivo esta descrito na (Tabela 2.17), os teores de S e M.O está baixo no solo quando comparados por Raij et al. (1996).

O enxofre se encontra baixo devido ao baixo teor de matéria orgânica, que por sua vez é uma da principal fonte de S no solo. O pH está considerado médio no solo (Tabela 2.17).

Observou efeito significativo para os teores de enxofre com a aplicação das doses no solo, onde o aumento da dose no solo acarretou em aumento de teores de enxofre no solo, assim já previsto por o fertilizante conter enxofre em sua composição (Figura 2.17).

Tabela 2.17 – Teor de enxofre, Índice pH, valores de matéria orgânica (MO), Al, na camada 20 a 40 cm, após o segundo ano de cultivo de cana-de-açúcar no ano agrícola 2015/2016.

Dose no solo L ha⁻¹	S mg dm ⁻³	pH	MO g kg ⁻¹	Al mmol _c dm ⁻³
0	1,75	5,21	11,37	0,37
10	2,00	5,25	11,50	0,12
20	2,00	5,00	11,37	0,50
40	2,37	5,05	11,00	1,00
Foliar				
Sem	2,12	5,03 B	11,25	0,62
Com	1,93	5,21 A	11,37	0,37
DMS (5%)	0,3246	0,1989	0,7447	0,5672
Teste F				
Dose no solo (D)	2,68 **	1,60 ^{ns}	0,36 ^{ns}	1,79 ^{ns}
Foliar (F)	1,42 ^{ns}	3,54 **	0,12 ^{ns}	0,83 ^{ns}
DxF	0,58 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,97 ^{ns}
Média Geral	2,03	5,12	11,31	0,50
CV(%)	21,90	5,31	9,02	1,33†

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey. † Valores transformados $5+\sqrt{x}$. ** e ^{ns}. Significativas em $p<0,10$, respectivamente.

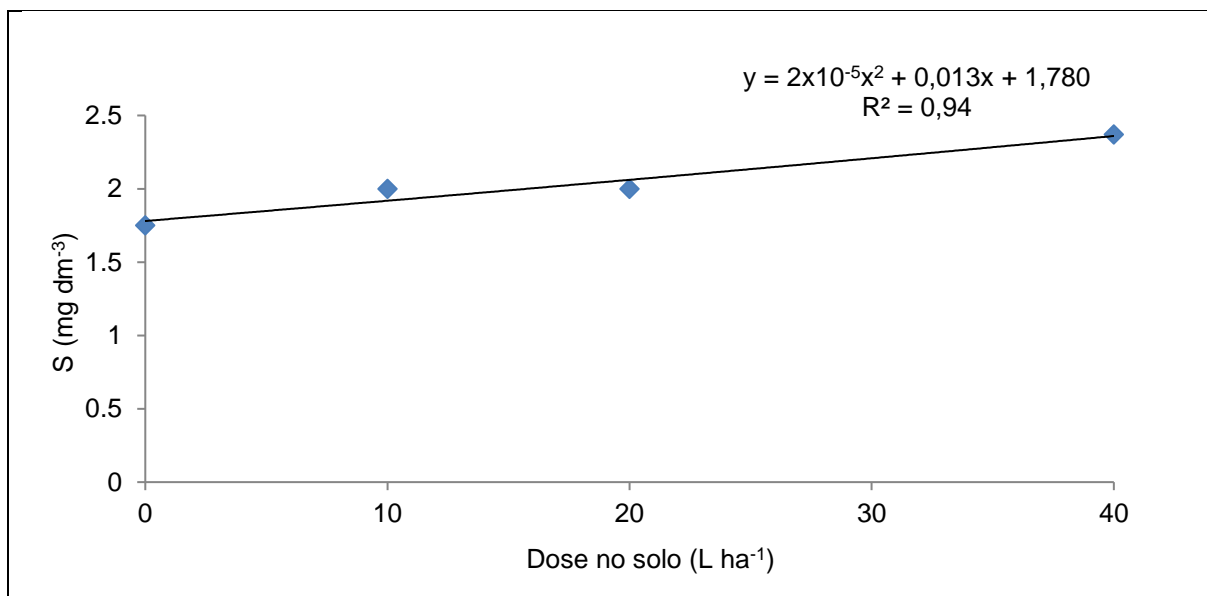


Figura 2.17 - Teor de enxofre no solo na profundidade 20 a 40 cm no segundo corte da cana-de-açúcar, submetida as doses de micronutrientes no plantio. Concentração de nutrientes (g L⁻¹): 43,4; 6,2; 6,2; 37,2; 0,62 e 37,2, respectivamente, de S, B, Cu, Mn, Mo e Zn.

Os resultados de soma de bases, capacidade de troca de cátions e saturação por base e saturação por alumínio na profundidade de 20 – 40 estão descrito na (Tabela 2.18), os resultados não apresentaram diferença significativa para os tratamentos

Tabela 2.18 - Soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por alumínio (m) e saturação por base na camada (V%) 20 a 40 cm, após o segundo ano de cultivo de cana-de-açúcar no ano agrícola 2015/2016.

Dose no solo L ha ⁻¹	SB	CTC	m	V
	mmol _c dm ⁻³		%	
0	21,73	38,48	1,87	56,12
10	20,36	38,48	0,75	54,12
20	20,38	38,48	2,62	53,12
40	18,58	35,21	5,62	52,75
Foliar				
Sem	19,54	36,91	3,43	52,87
Com	20,99	38,36	2,00	55,18
DMS (5%)	2,779	4,0172	3,0932	5,5106
Teste F				
Dose no solo (D)	0,92 ^{ns}	0,69 ^{ns}	1,94 ^{ns}	0,32 ^{ns}
Foliar (F)	1,16 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,75 ^{ns}
DxF	0,23 ^{ns}	0,48 ^{ns}	1,34 ^{ns}	0,70 ^{ns}
Média Geral	20,26	37,64	2,71	54,03
CV(%)	18,78	14,62	2,78 †	13,97

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey. † Valores transformados $5\sqrt{x}$; ^{ns} não significativo.

Os teores de micronutrientes do solo coletado na camada 20 – 40 cm estão descritos nas Tabelas 2.19. Em relação aos dados apresentados na Tabela 2.3 Os teores no solo de B estão considerados muito baixos (RAIJ et al., 1996).

Segundo Malavolta (1980), esses baixos teores são consequência de deficiência em solos brasileiros com características arenosas, aliado ao baixo teor de matéria orgânica presente solo.

Os teores de Cu, Fe e Zn estão médios no solo, e o Mn apresenta valores altos (Tabela 2.19) Raij et al. (1996) e Malavolta et al. (1997). Com esses resultados é possível constatar que ocorreu o efeito residual e que podem contribuir para a construção da fertilidade do solo, especialmente em solos de baixa fertilidade química natural.

Os teores de B no solo diferiram significativamente para as doses aplicadas (Figura 2.18), assim como os teores de Fe para as doses foliares e para o Zn na interação dos fatores (Figura 2.19).

Tabela 2.19 - Teores de micronutrientes no solo, na profundidade 20 a 40 cm, após o segundo ano de cultivo de cana-de-açúcar no ano agrícola 2015/2016.

Dose no solo L ha ⁻¹	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg dm ⁻³ -----				
0	0,11	0,78	6,25	15,63	1,02
10	0,11	0,77	6,25	16,62	0,71
20	0,14	0,91	7,12	15,60	0,71
40	0,17	0,83	6,62	16,90	0,77
Foliar					
Sem	0,12	0,86	7,25 A	16,73	0,67 B
Com	0,14	0,79	5,87 B	15,65	0,93 A
DMS (5%)	0,0217	0,0839	1,2373	1,6495	0,1548
Teste F					
Dose no solo (D)	7,28 *	2,35 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,70 ^{ns}	3,94 *
Foliar (F)	1,41 ^{ns}	2,86 ^{ns}	5,26 *	1,83 ^{ns}	12,25 *
DxF	0,78 ^{ns}	1,41 ^{ns}	1,81 ^{ns}	1,56 ^{ns}	13,16 *
Média Geral	0,13	0,82	6,56	16,19	0,80
CV(%)	22,06	13,88	25,83	13,96	26,31

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey.

* e ns. Significativas em, $p < 0,05$, e não significativo, respectivamente.

Houve uma tendência quadrática para as doses de fertilizante aplicado no sulco de plantio para o teor de B (Figura 2.18). No qual notou-se ponto de máxima atingindo teor de $0,17 \text{ mg dm}^{-3}$ de B, na dose de 40 L ha^{-1} .

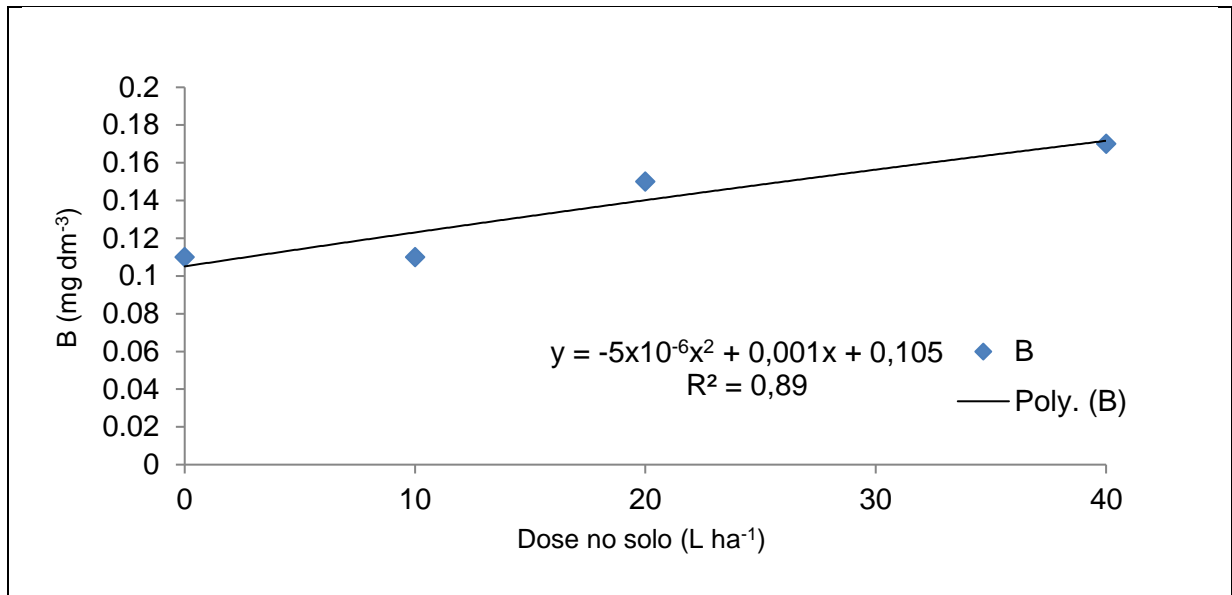


Figura 2.18 - Teor de boro no solo na profundidade 20 a 40 cm no segundo corte da cana-de-açúcar, submetida as doses de micronutrientes no plantio. Concentração de nutrientes (g L^{-1}): 43,4; 6,2; 6,2; 37,2; 0,62 e 37,2, respectivamente, de S, B, Cu, Mn, Mo e Zn.

Observou interação das doses de fertilizante aplicado no sulco de plantio e foliar nos teores de Zn (Figura 2.19), observado ponto de mínima com aplicação foliar atingindo teor de $0,55 \text{ mg dm}^{-3}$ e sem aplicação foliar o teor $0,54 \text{ mg dm}^{-3}$ de Zn nas doses de $35,64 \text{ L ha}^{-1}$ e $8,5 \text{ L ha}^{-1}$, respectivamente

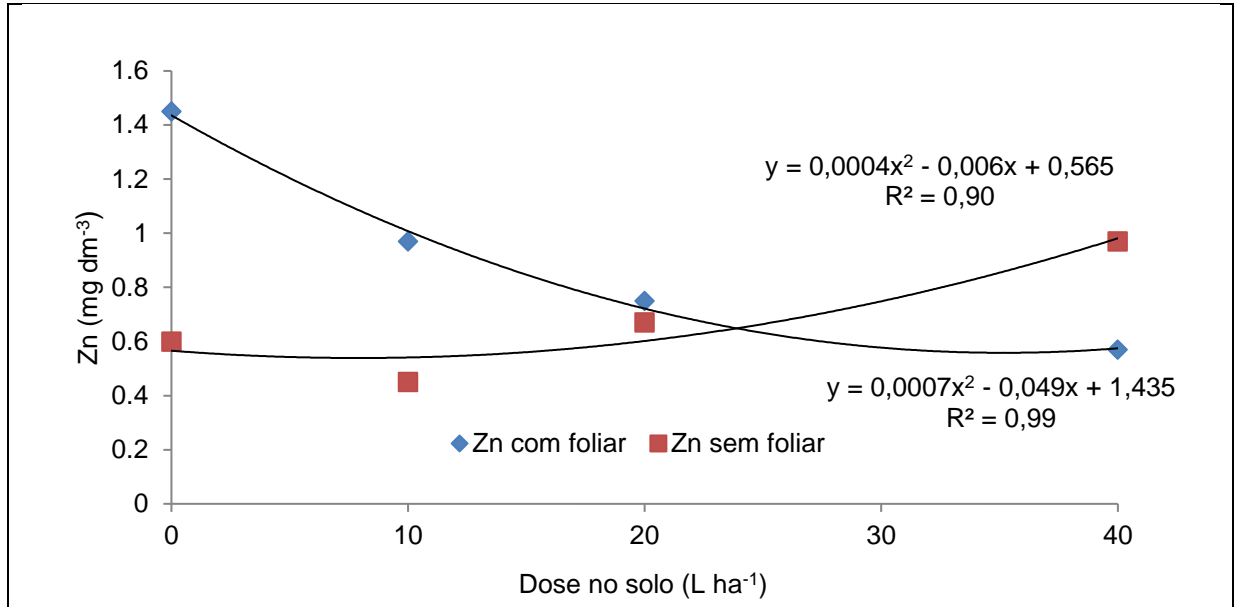


Figura 2.19 - Teor de zinco no solo na profundidade 20 a 40 cm no segundo corte da cana-de-açúcar, submetida as doses de micronutrientes no plantio. Concentração de nutrientes (g L⁻¹): 43,4; 6,2; 6,2; 37,2; 0,62 e 37,2, respectivamente, de S, B, Cu, Mn, Mo e Zn.

2.4 CONCLUSÕES

Os teores de P, Cu, Fe e Zn, na profundidade 0 – 20 cm foram influenciados positivamente pela aplicação de micronutrientes no sulco de plantio nos dois anos agrícolas. O teor de B aumentou no solo apenas no segundo ano e o Mn no primeiro ano de cultivo, com incremento das doses do fertilizante.

Os teores de P e B no solo, na profundidade de 20-40 cm, aumentaram pela aplicação de micronutrientes no sulco de plantio nos dois anos avaliados. Enquanto o Mn, Fe e Zn tiveram aumento somente no primeiro ano e o S no segundo, na camada subsuperficial.

A adubação foliar de micronutrientes aumentou os teores de Zn no solo no primeiro e segundo ano de cultivo e diminuiu o teor de Fe no solo. Enquanto os demais elementos não apresentaram variação significativa.

A aplicação de micronutrientes no sulco de plantio afetou o teor de B e Mn no solo no primeiro ano de cultivo na profundidade de 20-40 cm, atingindo o ponto de máxima de 0,16 mg dm⁻³ de B e 17,78 mg dm⁻³ de Mn nas doses de 21,43 L ha⁻¹ e 22,77 L ha⁻¹, respectivamente.

2.5 REFERÊNCIAS

- CONAB. **Levantamento da safra 2016/2017**. 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/olalaCMS/uploads/arquivos/16_04_18_14_27_15_boletim_cana_portugues_-_1o_lev_-_16.pdf>. Acesso em: 25 out. 2017
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.
- MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. New York: Academic Press, 2012. 651 p.
- MADEIROS, L. B.; VIEIRA, A. O.; AQUINO, B. F.. Micronutrientes e silício nas folhas da cana-de-açúcar: escória siderúrgica aplicado no solo. **Engenharia Ambiental**, v. 6, p. 27-37, 2009.
- MARANGONI, F. F. **Boro e zinco no sulco de plantio na cultura da cana-de-açúcar**. 2016. 78 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2016.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral das plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- OLIVEIRA, P. P. A.; SOUZA, F. H. D.; LUZ, P. D. C.; HERLING, V. Avaliação da adubação com micronutrientes em pastagens sob irrigação para produção de forragem e de sementes. Embrapa Pecuária Sudeste. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2006.
- 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, 2001. p. 355-369.
- ORLANDO FILHO, J. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G. M. S.; OLIVEIRA, E. A. M. (Eds). **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ/USP, 1993. p.133-144
- PIMENTEL-GOMES, F. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1990. 182 p.
- RAIJ, B.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285 p.
- RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100).
- SILVA, S. V.; SANTOS, J. Z. L.; TUCCI, C. A. F.; CARDOSO, A. A. S. Effect of lime levels and cultivars on yield and agroindustrial quality os sugarcane under Amazonicoxisol. **Journal Agro@mbiente On-line**, v. 8, n. 3, p.298-305, 2014.

VITTI, G. C.; MAZZA, J. A. **Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba: Potafós, 2002. 16 p. (Informações Agronômicas, 97).

CAPÍTULO 3 – Produção e estado nutricional de cana-de-açúcar adubada com micronutriente no sulco de plantio e foliar.

RESUMO – A cana-de-açúcar é uma gramínea que tem grande importância para economia brasileira, pois ela fornece a matéria prima para a fabricação do etanol e do açúcar, além de fazer parte importante no mercado interno quanto no mercado externo. O trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito da adubação de plantio e foliar com micronutrientes, na produção da massa de forragem e colmos, análise tecnológica e no estado nutricional da cana-de-açúcar. O experimento foi realizado na unidade produtora da Usina Rio Vermelho, município de Dracena, estado de São Paulo, o plantio de cana-de-açúcar. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas e quatro repetições, totalizando 32 subparcelas. Nas parcelas foram aplicadas quatro doses de micronutrientes no solo: 0 L ha⁻¹, 10 L ha⁻¹, 20 L ha⁻¹, 40 L ha⁻¹. Todos os resultados foram avaliados estatisticamente pela análise da variância, regressões em função das doses de micronutrientes aplicadas no solo e pelo teste de Tukey em 5% e 10% de probabilidade. Na cana-planta a concentração de macro e micronutrientes não foi afetada pela aplicação dos tratamentos. Os teores de nitrogênio apresentaram melhor resposta na dose 20 L ha⁻¹, enquanto outros macronutrientes não foram afetados pelos tratamentos no cultivo da cana-planta, os teores de boro na cana-planta apresentaram maiores concentrações com o uso da dose 10 L ha⁻¹ de micronutrientes aplicado via solo. No cultivo da cana-soca os teores de macronutrientes não sofreram efeitos com as doses via solo e foliar, e os teores dos micronutrientes B e Zn na cana-soca não sofreram efeitos. A aplicação foliar de micronutriente, na dose de 6 L ha⁻¹ do produto, aumentou 3,2% a ATR ha⁻¹, que representou 270 kg ha⁻¹. A produção de forragem e a produção de colmos apresentaram resposta semelhante, com produção máxima na dose 17 L ha⁻¹ e 20 L ha⁻¹, respectivamente.

Palavras chaves: Aplicação foliar, cana-de-açúcar, Diagnose foliar, micronutrientes

Production and nutritional status of sugarcane fertilized with micronutrients in the planting and leaf.

ABSTRACT – Sugarcane is a gramineous plant that has great importance for the Brazilian economy, since it supplies the raw material for the manufacture of ethanol and sugar, in addition to being an important part in the domestic market and in the foreign market. The objective of this work was to evaluate the effect of planting and foliar fertilization with micronutrients in the production of forage mass and stalks, technological analysis and nutritional status of sugarcane. The experiment was realized in the mill production Rio Vermelho, in the city Dracena, São Paulo State, the planting of sugarcane, variety RB 96 5902, in which liming, gassing, phosphating and fertilization of conventional planting were carried out by the sugar-energy plant. The experimental design was in randomized blocks with subdivided plots and four replications, totalizing 32 subplots. Four doses of micronutrients were applied to the soil: 0 L ha⁻¹, 10 L ha⁻¹, 20 L ha⁻¹, 40 L ha⁻¹. In the sub - plots evaluated forage production and stalks, technological analysis and nutritional status of the plants, all results were statistically evaluated by analysis of variance, regressions as a function of the micronutrient doses applied in the soil and by the Tukey test in 5% and 10% of probability. In the cane-plant the concentration of macro and micronutrients was not affected by the application of the treatments, except the N. It was verified that there was an increase of the nitrogen as there was micronutrient application. Nitrogen levels showed a better response at the 20 L ha⁻¹ dose, while other macronutrients were not affected by treatments in cane-plant cultivation, boron levels in plant cane showed higher concentrations with the use of 10 L ha⁻¹ of micronutrients applied via soil. Macronutrient contents were not affected by soil and leaf doses and the micronutrients B and Zn levels in the cane stalk were not affected. Foliar application of micronutrient, at the dose of 6 L ha⁻¹ of the product, increased 3.2% to ATR ha⁻¹, which represented 270 kg ha⁻¹. Forage production and shoot production showed a similar response, with a maximum yield of 17 L ha⁻¹ and 20 L ha⁻¹, respectively.

Keywords: Leaf application, sugar cane, Diagnostics leaf, micronutrients

3.1 INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é utilizada como uma cultura perene em pequenas propriedades, esta é utilizada quando há escassez de forragem e também na produção de melado, rapadura e cachaça. Entretanto, seu cultivo pelo setor sucroalcooleiro é considerado uma prática agrícola semi-perene, porque a produtividade de colmos diminui colheita após colheita, sendo necessária a renovação (reforma) do canavial após 5 ou 6 anos de cultivo (BORBA; BAZZO, 2009; MAPA, 2012). Atualmente a cana-de-açúcar tem sido uma das melhores opções de fontes de energia renováveis, apresentando uma grande relevância no cenário agrícola do Brasil em um futuro promissor no cenário mundial (BATISTA, 2013).

O Brasil é o principal produtor de cana-de-açúcar, respondendo por mais de um terço da produção mundial. Um dos últimos relatórios da FAO mostra que no ano de 2014 a produção de cana-de-açúcar foi de 736 milhões de toneladas e foram colhidos 10,4 milhões de hectares. Projeções futuras mostram que nos próximos cinco anos terá um aumento da produção do etanol, e conseqüentemente, implicará em aumentar a área plantada com cana-de-açúcar para 19 milhões de hectares (CONAB, 2015).

A cana-de-açúcar é uma cultura considerada semi-perene, pois ela pode durar em torno de quatro a cinco cortes, o plantio da cana-de-açúcar pode ser feito em duas épocas, assim dando origem a cana-planta de ano (12 meses) ou a cana-planta de ano e meio (18 meses). Após o primeiro corte essa cana-de-açúcar é denominada como cana-soca, onde a cada corte ocorre uma brotação da soqueira e início de um novo estágio de corte. Com o aumento de números de corte ocorre gradativamente uma diminuição na produtividade agrícola (SUGAWARA et al., 2011).

De acordo com Orlando Filho et al. (2001) essas baixas produtividades são conseqüências da utilização de áreas já cultivadas e áreas de baixa fertilidade de solo, especialmente no estado de São Paulo e no Cerrado, que geralmente apresentam características de solos arenosos, com baixa retenção de água e disponibilidade de macro e micronutrientes. O trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito da adubação de plantio e foliar com micronutrientes, na produção da massa

de forragem e colmos, análise tecnológica e no estado nutricional da cana-de-açúcar na cana-planta e primeira cana-soca.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Unidade produtora da usina Rio Vermelho, município de Dracena, Estado de São Paulo, conduzidos nos anos agrícolas de 2014/2015 e 2015/2016.

O clima, conforme a classificação de Koppen é do tipo Cwa, caracterizado pelas estações de clima quente de inverno seco, com maiores índices pluviométricos entre os meses de outubro a fevereiro. As médias anuais de temperatura, precipitação e umidade são respectivamente, 24 °C, 1300 mm com temperatura média mensal máxima de 30 °C e média mínima de 19 °C. Os dados meteorológicos durante a realização da pesquisa estão apresentados na Figura 3.1.

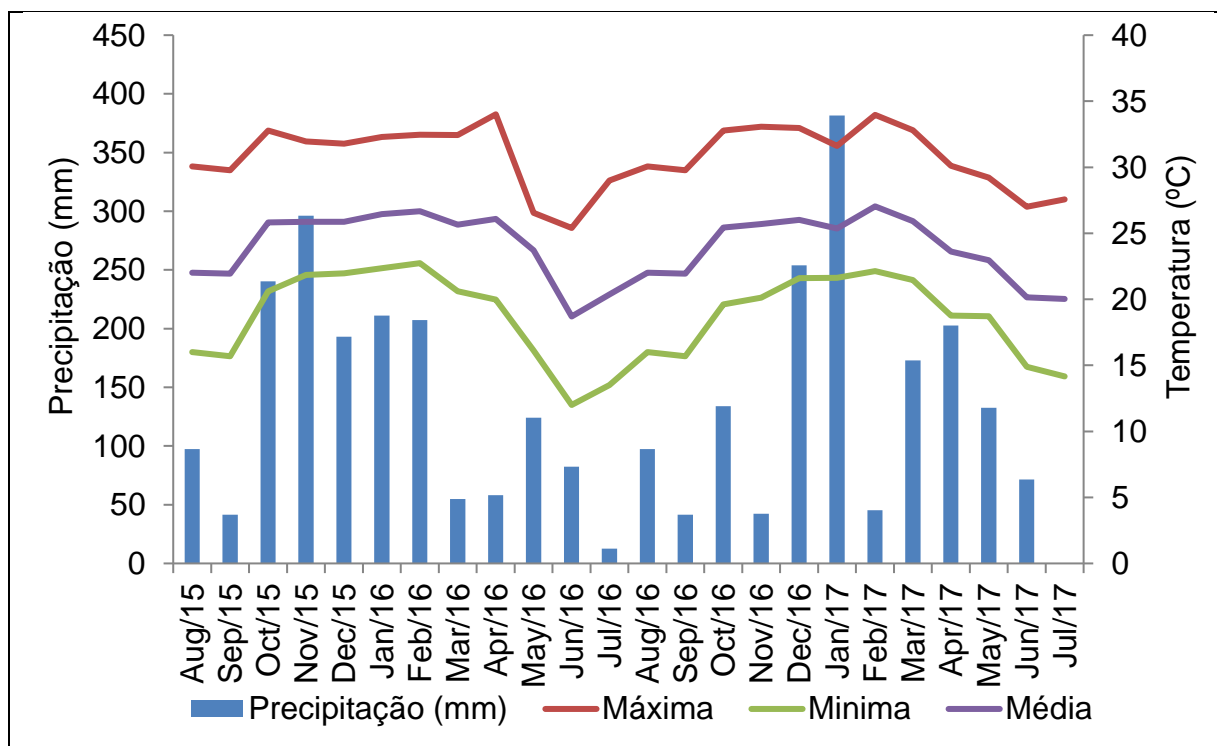


Figura 3.1 - Precipitação e temperaturas média, mínima e máxima observadas durante o período experimental. Fonte: Estação climatológica – UNESP Dracena.

O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2013) com boa drenagem. A análise química foi efetuada em amostras de terra coletadas nas profundidades de 0 – 20 e 20 - 40 cm. As determinações foram, segundo descrição de Raij et al. (2001): P, K, Ca e Mg utilizando-se o método da resina trocadora de íons; S-SO₄⁻² pela extração com solução de fosfato de cálcio; pH em CaCl₂; matéria orgânica por colorimetria; H + Al com solução tampão SMP; Al em KCl. Em relação os micronutrientes, o boro foi extraído via água quente e Cu, Fe, Mn e Zn em DTPA. Os resultados das análises estão apresentados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1- Características físico-químicas do solo nas profundidades 0-20 cm e 20 – 40 cm, na ocasião da instalação do experimento na unidade produtora na Usina Rio Vermelho, Dracena, SP. Ano agrícola 2014/2015.

Características	Prof. 0- 20 cm	Prof. 20 – 40 cm
pH (CaCl ₂)	5,2	5,1
M.O. (g dm ⁻³)	14	7
P (mg dm ⁻³)	5	2
S (mg dm ⁻³)	8	6
K (mmol _c dm ⁻³)	1,6	1
Ca (mmol _c dm ⁻³)	15	11
Mg (mmol _c dm ⁻³)	7	6
Al (mmol _c dm ⁻³)	1	0
H+Al (mmol _c dm ⁻³)	18	15
Soma de bases (mmol _c dm ⁻³)	24	18
CTC (mmol _c dm ⁻³)	42	33
V (%)	57	55
m (%)	4	0
B (mg dm ⁻³)	0,45	0,42
Cu (mg dm ⁻³)	0,6	0,6
Fe (mg dm ⁻³)	14	11
Mn (mg dm ⁻³)	6,0	3,9
Zn (mg dm ⁻³)	1,2	0,7
Argila (g kg ⁻¹)	121	149
Silte (g kg ⁻¹)	39	21
Areia (g kg ⁻¹)	840	830

P, Ca, Mg e K: resina; S-SO₄ : Ca(H₂PO₄)₂ 0,01 mol/L; B: BaCl₂.2H₂O 0,125% microondas. Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA TEA; Argila, silte e areia: método da pipeta.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas e quatro repetições, totalizando 32 subparcelas. Nas parcelas foram aplicadas quatro doses de enxofre e micronutrientes quelatizados (B, Cu, Mn, Mo e Zn) no solo aplicado no sulco de plantio (0, 10, 20, 40 L ha⁻¹), e nas subparcelas foi avaliada a presença e a ausência da adubação foliar com micronutriente na dose de 6 L ha⁻¹, conforme apresentado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Descrição dos tratamentos para cultura da cana-de-açúcar, variedade RB 96 5902 com plantio em abril de 2014. Dracena – SP.

Tratamentos	Parcela ⁽¹⁾ Dose no solo (L ha ⁻¹)	Subparcelas ⁽²⁾ Adubação Foliar
1 (Controle)	0	Sem
2	0	Com
3	10	Sem
4	10	Com
5	20	Sem
6	20	Com
7	40	Sem
8	40	Com

Obs.: ⁽¹⁾ micronutriente com a seguinte concentração de nutrientes (g L⁻¹): 43,4, 6,2, 6,2, 37,2, 0,62 e 37,2, respectivamente, de S, B, Cu, Mn, Mo e Zn. ⁽²⁾ Adubação foliar com micronutrientes na dose de 6 L ha⁻¹.

O experimento foi instalado e conduzido em área de plantio de cana-de-açúcar em 30/04/2014, variedade RB 96 5902. A área foi preparada em sistema convencional, com uma aração e duas gradagem. Antes da instalação do experimento o solo foi corrigido com a aplicação de 1,5 t ha⁻¹ de calcário e 1 t ha⁻¹ de gesso agrícola. Para fosfatagem foi aplicado 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples. A adubação no sulco de plantio foi de 25 kg de N, 125 kg P₂O₅ e 125 kg de K₂O ha⁻¹.

Os tratamentos descritos na Tabela 3.2 foram aplicados sobre os colmos e imediatamente cobertos com terra. No segundo ano, a adubação convencional consistiu na aplicação de 126 kg ha⁻¹ N e 98 kg K₂O ha⁻¹, no dia 05/01/2016.

As parcelas experimentais foram de 144 m², sendo 20 m de comprimento com 6 linhas de cana-de-açúcar com espaçamento combinado entre as linha de 0,90 m e 1,50 m. Para a aplicação foliar com micronutrientes, as parcelas foram subdivididas com área de 72 m², sendo 10 m de comprimento e 6 linhas de cana-de-açúcar, com espaçamento de 1 metro entre as subparcelas. Foi destinado como carreador a

distância equivalente a duas linhas entre blocos. A adubação foliar foi realizada com pulverizador pressurizado com CO₂, regulado para aplicar o volume de calda de 100 L ha⁻¹ e a dose de 6 L ha⁻¹ do produto com micronutriente. No primeiro ano a adubação foliar foi realizada em 17/11/2014 e no segundo ano em 10/12/2015.

Foram avaliados pela diagnose foliar, os teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) na folha +1 (MALAVOLTA et al., 1997), utilizando-se os 20 cm centrais sem a nervura central, colhidas na fase de maior desenvolvimento vegetativo. A primeira amostra foi feita em 13/02/2015 para a determinação da eficiência da adubação foliar com micronutrientes do primeiro ano agrícola. Já no segundo ano agrícola foi feita diagnose foliar na data 18/02/2016 no estado nutricional da cana-de-açúcar.

A massa de forragem e de colmos do ano agrícola de 2014/2015 não foi determinada devido a interferência de fatores climáticos (tempestade com chuva e ventos de aproximadamente 120 km h⁻¹) que causou o tombamento e a inviabilidade da colheita e confiabilidade dos dados.

A contagem de colmos, foi realizada em 5 metros centrais das 4 linhas do meio da parcela antes da determinação da produção. A massa de forragem e colmos do segundo ano agrícola foi realizada com a pesagem de 60 canas por parcela nas quatro linhas centrais, sendo 15 plantas seguidas por linha. Para determinação da massa de forragem, as plantas foram cortadas e imediatamente pesadas sem despalha e com pendão, em seguida as mesmas plantas foram despalhadas, quebradas na altura do palmito e pesadas novamente para obtenção do peso de colmos. Em seguida foram separados doze colmos de cada parcela para a realização das análises tecnológicas (pol, fibra, açúcares redutores e açúcares totais redutores). As análises foram realizadas no laboratório da usina Rio Vermelho, segundo a metodologia padrão citada por (FERNANDES, 2003).

Todos os resultados foram avaliados estatisticamente pela análise da variância, e quando significativa, foram utilizadas regressões em função das doses de micronutrientes aplicadas no solo e pelo teste de Tukey na presença ou ausência da adubação foliar (PIMENTEL-GOMES, 1990).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Teores de nutrientes na folha diagnose no primeiro ano de cultivo

As faixas dos valores considerados adequados para diagnose foliar para cana-de-açúcar estão apresentados na Tabela 2.3 de acordo com Raij et al. (1996) e Malavolta et al. (1997)

Os resultados das análises foliares de macro e micronutrientes na cana-de-açúcar, antes da adubação foliar (13/11/2014) na folha +1 estão compilados nas Tabelas 3.4 e 3.5. De acordo com os valores de referência citados na Tabela 3.3 verificou-se que entre os macronutrientes, o teor de N, K e Ca estão inferiores ao considerado adequado.

O baixo teor de N pode estar associado ao tipo de solo da região, com pequena fração de argila e baixo teor de matéria orgânica, conseqüentemente baixa disponibilidade do nutriente, mesmo se tratando de cana-planta. Esses resultados sugerem dose maior de N por ocasião do plantio da cana-de-açúcar. Em relação ao K e Ca os valores estão muito próximos ao limite inferior, com alguns tratamentos dentro da faixa de interpretação considerada adequada, podendo ter variações inerentes a experimentação agrícola ou uma possível necessidade de dose pouco superior de K a utilizada nesse trabalho. Os demais macronutrientes (P, Mg e S) estão dentro da faixa de interpretação considerada adequada.

Os resultados de macronutrientes na folha diagnose não apresentaram efeito significativo em função das doses, resultado esperado uma vez que os elementos não são objeto de estudo da pesquisa. No entanto, em vários nutrientes é possível verificar que há uma tendência de maior concentração nas doses de 10 e 20 L ha⁻¹ aplicado no sulco, o que possivelmente pode estar relacionado ao maior desenvolvimento radicular e aumento da eficiência de absorção de nutrientes.

Cabe destacar, que por ocasião da primeira amostragem foliar ainda não tenha sido efetuada a aplicação foliar, dessa maneira os resultados das Tabelas 3.4 e 3.5, com e sem dose foliar receberam os mesmos tratamentos, conforme esperado os mesmos não apresentando diferença.

Tabela 3.3 - Teores de macro e micronutrientes considerados adequados na diagnose foliar para cana-de-açúcar.

N	P	K	Ca	Mg	S
----- g kg ⁻¹ -----					
18 – 26	1,5 – 3,0	10 - 18	2,0 - 10	1,0 – 3,5	1,4 – 3,0
----- mg kg ⁻¹ -----					
B	Cu	Fe	Mn	Zn	
10 - 30	6 - 15	40 - 250	25 -250	10 - 50	

Fonte: Raij et al., (1996) e Malavolta et al. (1997)

Tabela 3.4 - Teores de macronutrientes na folha diagnose por ocasião da primeira amostragem, antes da aplicação foliar de micronutrientes para determinação, no ano agrícola 2014/2015.

Dose no solo L ha ⁻¹	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg ⁻¹ -----					
0	14,43	1,68	8,75	1,66	2,07	1,40
10	14,38	1,62	10,00	1,81	2,28	1,42
20	14,53	1,82	9,50	2,01	2,12	1,37
40	14,05	1,72	8,75	1,81	2,08	1,41
Foliar						
Sem	14,34	1,71	9,25	1,90	2,20	1,41
Com	14,36	1,71	9,25	1,75	2,08	1,39
DMS (5%)	0,3374	0,1915	0,7882	0,2795	0,3184	0,1221
Teste F						
Dose no solo (D)	1,67 ^{ns}	0,82 ^{ns}	2,57 ^{ns}	1,13 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,13 ^{ns}
Foliar (F)	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,23 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,10 ^{ns}
DxF	1,45 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,28 ^{ns}
Média Geral	14,35	1,71	9,25	1,82	2,14	1,40
CV(%)	3,22	15,29	11,67	20,98	20,35	11,93

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey.

^{ns} não significativo.

Os valores de micronutrientes na folha diagnose estão apresentados na Tabela 2.5. De acordo com os valores de referência citados na Tabela 3.3 verificou-se que entre os micronutrientes, o boro encontrou-se abaixo da faixa considerada adequada de acordo com Raij et al. (1996) e Malavolta et al. (1997). Isso pode ocorrer devido o solo ser arenoso e com baixo teor de matéria orgânica, semelhante ao descrito anteriormente em relação ao nitrogênio.

O teor de cobre apresentou diferença significativa para as doses no solo, foliar e a interação dos fatores, apresentando maior teor nas plantas em que seriam aplicados micronutrientes via foliar (Figura 3.18). De acordo com Raij et al. (1996) e Malavolta et al. (1997) esse teor de cobre foliar está acima da faixa considerada

adequada. Embora o teor no solo esteja na faixa intermediária de disponibilidade, mas devido aos baixos teores de matéria orgânica, o nutriente tem baixa probabilidade de complexação, ficando na sua maior parte disponível (STEVENSON, 1994). Os demais micronutrientes (Fe, Mn e Zn) estão dentro da faixa de interpretação considerada adequada para o cultivo da cana-de-açúcar.

Tabela 3.5 - Teores de micronutrientes na folha diagnose por ocasião da primeira amostragem, antes da aplicação foliar de micronutrientes no ano agrícola 2014/2015.

Dose no solo L ha⁻¹	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg kg ⁻¹ -----				
0	5,25	16,25	93,12	42,25	18,00
10	5,37	23,37	102,62	46,00	18,62
20	5,37	19,50	94,87	46,87	19,37
40	5,37	24,62	93,12	43,87	18,50
Foliar					
Sem	5,25	19,56 B	97,43	46,43 A	18,25
Com	5,43	22,56 A	94,43	43,06 B	19,00
DMS (5%)	0,5911	1,4441	9,1261	3,3269	0,942
Teste F					
Dose no solo (D)	0,05 ^{ns}	29,67*	1,05 ^{ns}	1,15 ^{ns}	1,55 ^{ns}
Foliar (F)	0,43 ^{ns}	21,57*	0,46 ^{ns}	3,01**	2,70 ^{ns}
DxF	0,56 ^{ns}	12,6*	0,76 ^{ns}	1,76 ^{ns}	0,65 ^{ns}
Média Geral	5,34	20,93	95,93	44,75	18,62
CV(%)	15,15	9,45	13,03	12,29	6,93

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey.

** , * e ^{ns}. Significativas em $p < 0,10$, $p < 0,05$, e não significativo, respectivamente.

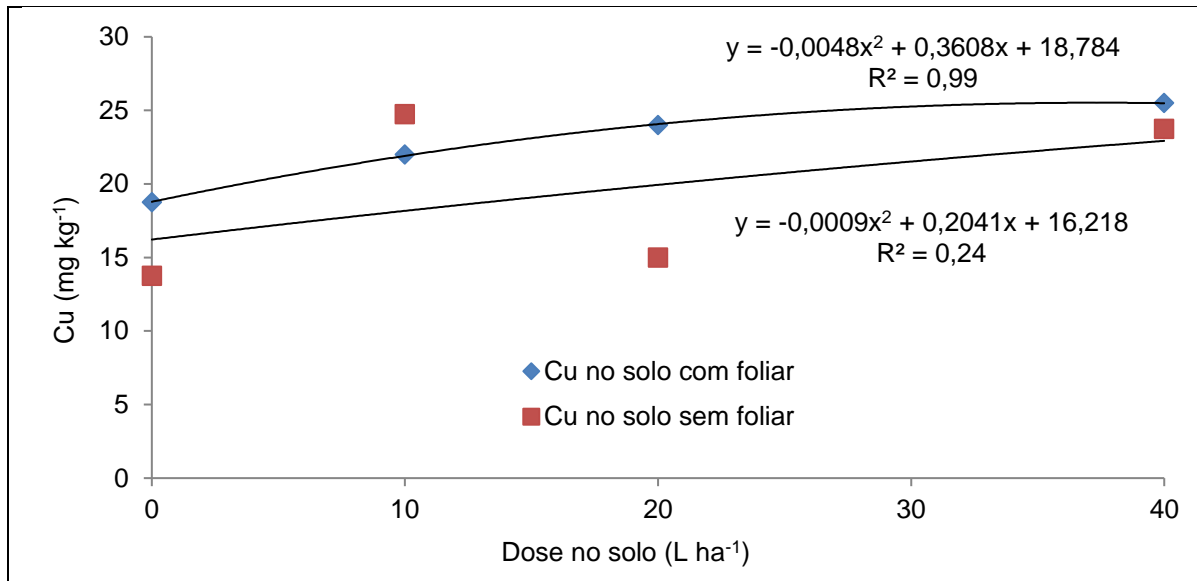


Figura 3.18 - Teor foliar de cobre na produção de cana-de-açúcar antes da aplicação de micronutriente.

Os resultados das análises químicas das folhas após a adubação foliar estão descritos nas Tabelas 3.6 e 3.7. Observou-se que a concentração de macro e micronutrientes não foram afetadas pela aplicação dos tratamentos no solo. Verificou-se que a aplicação de micronutriente via foliar aumento o teor nitrogênio na folha. De acordo com Raij et al. (1996) e Malavolta et al. (1997), esse teor de nitrogênio da planta se encontrou na faixa considerada adequada para a cultura da cana-de-açúcar.

Tabela 3.6 - Teores de macronutrientes na folha diagnose (folha +1) da cana-de-açúcar RB 96 5902, submetida a doses de micronutriente no solo com e sem da adubação foliar na cana-planta 88 dias após a aplicação foliar no ano agrícola 2014/2015.

Dose no solo L ha ⁻¹	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg ⁻¹ -----					
0	16,40	1,68	9,00	2,65	3,22	1,32
10	15,93	1,67	8,75	2,58	2,98	1,25
20	17,12	1,70	9,00	2,66	3,15	1,32
40	16,86	1,67	8,75	2,51	3,18	1,28
Foliar						
Sem	16,46	1,68	8,75	2,65	3,13	1,29
Com	16,70	1,68	9,00	2,55	3,13	1,30
DMS (5%)	0,6873	0,0792	0,8158	0,3681	0,3379	0,0748
Teste F						
Dose no solo (D)	2,47 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,98 ^{ns}
Foliar (F)	0,51 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,03 ^{ns}
DxF	1,66 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,82 ^{ns}
Média Geral	16,58	1,68	8,87	2,60	3,13	1,29
CV(%)	5,68	6,44	12,59	19,37	14,75	7,90

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey.

^{ns}. não significativo.

As faixas dos valores considerados adequados para diagnose foliar para cana-de-açúcar estão apresentados na Tabela 3.3 de acordo com Raij et al. (1996) e Malavolta et al. (1997).

De acordo com os valores de referência citados na Tabela 3.3 verificou-se que entre os micronutrientes, o boro foliar apresentou interação significativa dos fatores via solo e via foliar. Em ambas as formas de aplicação do fertilizante, foi possível verificar uma tendência da maior contribuição na nutrição de plantas com o uso de 10 L ha⁻¹ no sulco de plantio. Mesmo assim, ainda está abaixo da faixa considerada adequada de acordo com Raij et al. (1996) e Malavolta et al. (1997), semelhante ao observado por Becaria (2010) em que avaliando os teores de boro na folha de cana-de-açúcar em cinco locais diferentes do Estado de São Paulo, observou baixos teores desse micronutriente quando comparados com por Raij e Cantarella (1996).

Em relação ao Cu, não foi verificado efeito significativo na segunda amostragem foliar, entretanto, teve uma diminuição do Cu na planta, possivelmente, pode estar relacionada ao período de 88 dias entre a adubação foliar e a amostragem, uma vez que o nutriente na folha está diretamente disponível e

aproveitado pela planta. Os demais micronutrientes, (Fe, Mn, Zn) estão dentro da faixa de interpretação considerada adequada para o cultivo da cana-de-açúcar.

Tabela 3.7 - Teores de micronutrientes na folha diagnose (folha +1) da cana-de-açúcar RB 96 5902, submetida a doses de micronutriente no solo com e sem adubação foliar na cana planta no ano agrícola 2014/2015.

Dose no solo L ha ⁻¹	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg kg ⁻¹				
0	4,62	5,37	56,75	40,37	16,93
10	5,87	5,00	60,87	43,25	16,12
20	4,12	4,87	59,00	45,12	15,75
40	4,87	4,75	60,37	42,75	16,37
Foliar					
Sem	5,12	4,81	58,43	45,56 A	16,21
Com	4,62	5,18	60,06	40,18 B	16,37
DMS (5%)	0,6141	0,6826	3,1262	3,9436	1,1817
Teste F					
Dose no solo (D)	6,12*	0,67 ^{ns}	1,48 ^{ns}	1,05 ^{ns}	0,76 ^{ns}
Foliar (F)	2,82 ^{ns}	1,29 ^{ns}	1,15 ^{ns}	7,91*	0,07 ^{ns}
DxF	2,59**	0,81 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,55 ^{ns}
Média Geral	4,87	5,00	59,25	42,87	16,29
CV(%)	17,26	18,70	7,23	12,60	9,93

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey.

^{ns} Não significativo.

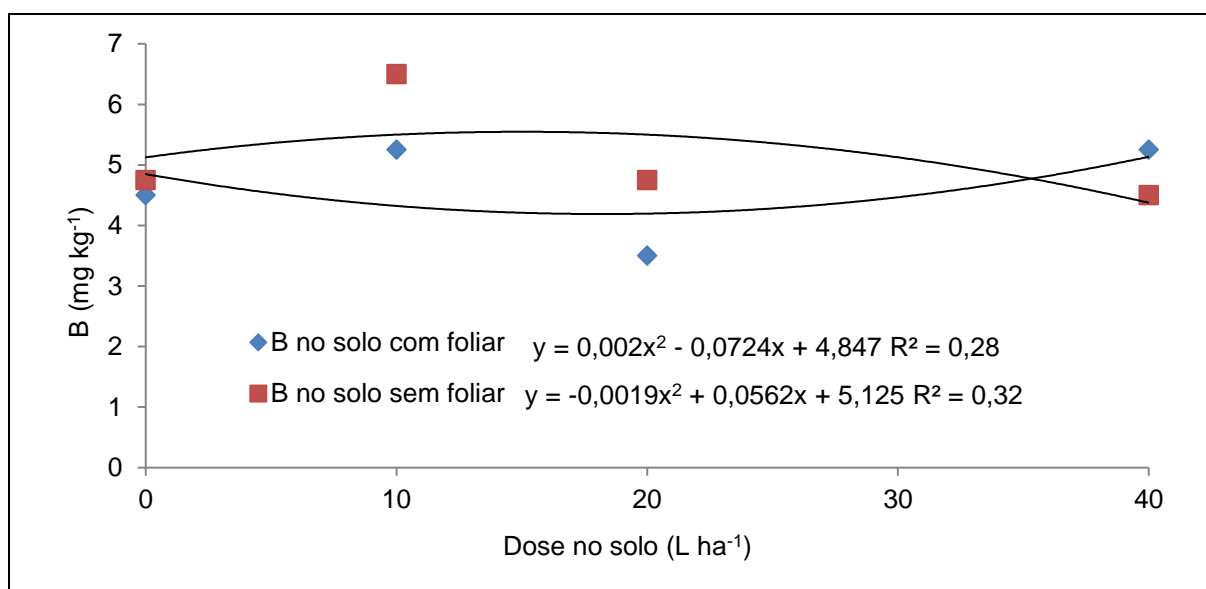


Figura 3.20 - Teor de boro após aplicação de micronutriente na cana-de-açúcar no primeiro ano de cultivo. Concentração de nutrientes (g L⁻¹): 43,4; 6,2; 6,2; 37,2; 0,62 e 37,2, respectivamente, de S, B, Cu, Mn, Mo e Zn.

3.3.2 Teores de nutrientes na folha diagnose no segundo ano de cultivo

Na Tabela 3.8 estão apresentados os resultados das análises de macronutrientes na folha diagnose (folha+1) encontrados na cana-soca após 68 dias da aplicação foliar dos micronutrientes. Os teores de P, K e Mg estão dentro da faixa considerada adequada para produção da cana-de-açúcar (RAIJ et al,1996). No entanto, os elementos N, Ca e S estão abaixo dos valores considerados adequados para a nutrição da cultura da cana-de-açúcar. A deficiência desses nutrientes pode interferir na produtividade da cultura.

A deficiência do nitrogênio e do enxofre pode ocorrer por vários fatores, dentre eles solos arenosos que tem por suas características baixo teor de matéria orgânica e baixa retenção de água, por isso pode ocorrer uma maior lixiviação desses nutrientes. Já no cálcio, essa deficiência pode estar associada ao fornecimento do nutriente na forma de calcário não ser o suficiente para atender a demanda em cultivos sucessivos.

No entanto, em vários nutrientes é possível verificar que há uma tendência de maior concentração nas doses de 10 e 20 L ha⁻¹ quando aplicados os micronutrientes no sulco de plantio, possivelmente está relacionado ao maior desenvolvimento radicular e aumento da absorção de nutrientes, mas não houve efeitos significativo com a dose no solo e foliar.

Tabela 3.8 - Teores de macronutrientes na folha diagnose (folha +1) da cana-de-açúcar RB 96 5902, submetida a doses de micronutriente no solo com e sem adubação foliar após o segundo ano de cultivo. 201/2016.

Dose no solo L ha ⁻¹	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg ⁻¹ -----					
0	11,90	1,50	12,71	1,27	1,11	1,01
10	11,70	1,50	12,92	1,21	1,06	1,05
20	12,10	1,50	12,56	1,31	1,02	1,08
40	11,65	1,50	12,73	1,22	1,06	1,00
Foliar						
Sem	11,89	1,51	12,78	1,28	1,08	1,01
Com	11,78	1,48	12,68	1,23	1,05	1,05
DMS (5%)	0,339	0,0759	0,3232	0,112	0,0785	0,0737
Teste F						
Dose no solo (D)	1,13 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,89 ^{ns}	1,22 ^{ns}
Foliar (F)	0,34 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,68 ^{ns}	1,10 ^{ns}
DxF	1,07 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,31 ^{ns}	1,45 ^{ns}	2,19 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Média Geral	11,83	1,50	12,73	1,25	1,06	1,03
CV(%)	4,61	6,93	3,47	12,21	10,09	9,73

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey.

^{ns} Não significativo.

De acordo com os valores de referência citados na Tabela 3.3, verificou-se que entre os micronutrientes o teor de B e Fe apresentaram níveis inferiores ao considerado adequado para cana-de-açúcar (Tabela 3.9). Vitti e Mazza (2002) relatam que os teores de boro e zinco, na região de Araçatuba e Piracicaba, tende a serem inferiores aos níveis considerados adequados para cultivo de cana-de-açúcar.

De acordo com Malavolta (1980), esse teor mais baixo de boro pode ser influenciado por características de solos arenosos, com baixos teores de matéria orgânica, que é umas das principais fontes de boro no solo.

A deficiência de B e Fe no estudo pode estar associada ao solo arenoso, que apresenta grande lixiviação, e outro fator importante para a deficiência desses nutrientes são o pH e a matéria orgânica, esse tipo de solo na maioria das vezes tem baixo teor de matéria orgânica, e esta é uma principal fonte de boro.

Em relação ao Mn e Zn, os valores estão próximos ao limite inferior, porém estão dentro da faixa de interpretação considerada adequada. O Cu na folha diagnose apresentou valores dentro do considerado adequado, sem a aplicação via solo. Com a adubação no sulco de plantio os valores ficaram acima da faixa de interpretação considerada adequada.

Tabela 3.9 - Teores de micronutrientes na folha diagnose (folha +1) da cana-de-açúcar RB 96 5902, submetida a doses de micronutriente no solo com e sem adubação foliar após o segundo ano de cultivo da cana-soca 2015/2016.

Dose no solo L ha ⁻¹	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0	8,12	15,00	31,37	51,00	14,00
10	8,75	25,12	29,87	44,12	14,25
20	8,12	19,12	34,37	50,75	14,62
40	9,75	16,62	24,25	45,62	14,75
Foliar					
Sem	8,56	18,81	30,56	48,43	14,62
Com	8,81	19,12	29,37	47,31	14,62
DMS (5%)	1,7812	2,4756	2,2355	3,5794	0,878
Teste F					
Dose no solo (D)	0,79 ^{ns}	13,71*	15,37 *	4,12 *	0,65 ^{ns}
Foliar (F)	0,08 ^{ns}	0,07 ^{ns}	1,20 ^{ns}	0,42 ^{ns}	1,06 ^{ns}
DxF	0,52 ^{ns}	0,36 ^{ns}	1,90 ^{ns}	1,95 ^{ns}	0,60 ^{ns}
Média Geral	8,68	18,96	29,96	47,87	14,40
CV(%)	28,09	17,88	10,22	10,24	8,35

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey.

* e ^{ns}. Significativas em $p < 0,05$, e não significativo, respectivamente.

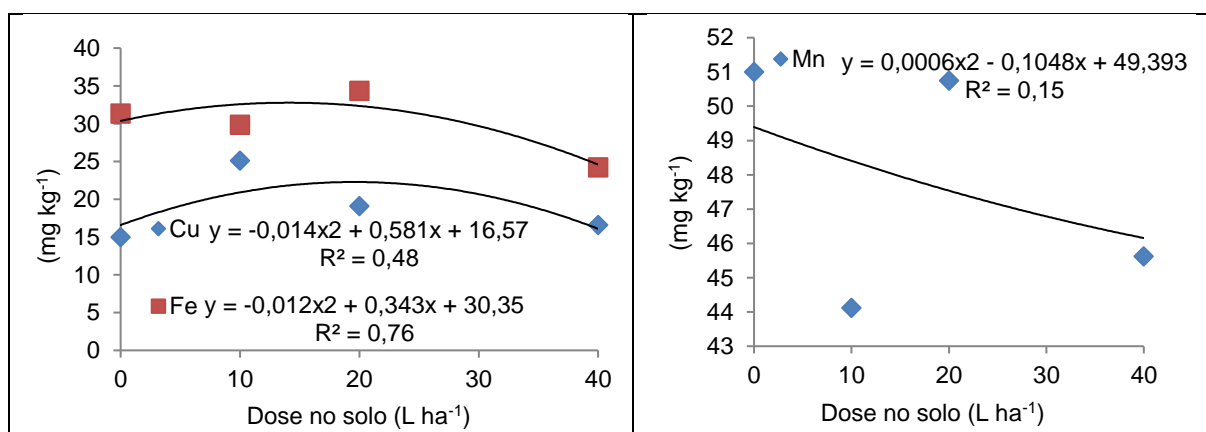


Figura 3.21 - Teores de cobre, ferro e manganês na cana-de-açúcar no segundo ano de cultivo, submetida as doses de micronutrientes no plantio. Concentração de nutrientes (g L⁻¹): 43,4; 6,2; 6,2; 37,2; 0,62 e 37,2, respectivamente, de S, B, Cu, Mn, Mo e Zn.

3.3.3 Análise tecnológica da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar RB 96 5902 submetidas às doses de micronutrientes no solo e com e sem da aplicação foliar apresentou diferença significativa no ATR ha⁻¹ (Tabela 3.10), porém não foi verificada significância entre os dois fatores avaliados.

A concentração nos parâmetros tecnológicos de qualidade da cana-de-açúcar avaliados, exceto o Pol e ATR ha⁻¹, não foi significativa em função da aplicação da adubação via solo ou foliar, semelhante ao encontrado por outros autores (SIQUEIRA et al., 1979; AZEREDO; BOLSANELLO, 1981; PEDRAS, 1981; ALVAREZ VICENTE, 1984; CAMBRIA et al., 1989; KORNDÖRFER et al., 1995). Esses resultados evidenciam que o aumento da produção de açúcar na cana-de-açúcar está muito mais atrelado ao aumento de produção de colmos do que pelo aumento na concentração de açúcares. No entanto, recentemente há trabalhos com utilização de B aplicado junto aos maturadores que pode proporcionar incrementos na qualidade tecnológica (LEITE et al., 2009).

Tabela 3.10 - Análise tecnológica da cana-de-açúcar RB 96 5902 submetida a doses de micronutriente no solo e presença ou ausência da aplicação foliar, após o segundo ano de cultivo.

Dose no solo L ha ⁻¹	Brix	Pol	Ar	Umidade	Fibra	Atr	Atr/ha
	----- % -----				kg t ⁻¹	kg ha ⁻¹	
0	21,65	19,40	0,41	68,18	14,16	158,76	8546
10	21,93	19,97	0,41	67,76	14,48	159,90	8432
20	21,99	19,92	0,43	67,89	14,18	160,39	9108
40	21,99	19,86	0,39	67,81	14,30	157,07	8095
Foliar							
Sem	22,13	20,13 A	0,41	67,75	14,22	160,55	8411 B
Com	21,65	19,44 B	0,42	68,07	14,39	157,51	8680 A
DMS (5%)	0,6093	0,8214	0,0369	0,7103	0,4855	4,639	306,3
Teste F							
Dose no solo (D)	0,30 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,43 ^{ns}	8,06*
Aplicação Foliar (F)	2,62 ^{ns}	3,02**	0,44 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1,83 ^{ns}	3,29**
DxF	0,33 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,19 ^{ns}	2,38 ^{ns}	1,68 ^{ns}	0,53 ^{ns}
Média Geral	21,89	19,78	0,41	67,91	14,28	159,03	8545
CV(%)	3,81	5,68	12,11	1,43	4,65	3,98	4,91

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey.

** , * e ^{ns}. Significativas em p<0,10, p<0,05, e não significativo, respectivamente.

Observou-se uma tendência quadrática para as doses de fertilizante aplicado no sulco de plantio na produção de ATR por hectare no segundo corte da cana-de-

açúcar, atingindo ponto de máxima produção de 8.858 kg ha⁻¹ de ATR com a dose de 17,57 L ha⁻¹ (Figura 3.22), evidenciando efeito residual dos micronutrientes.

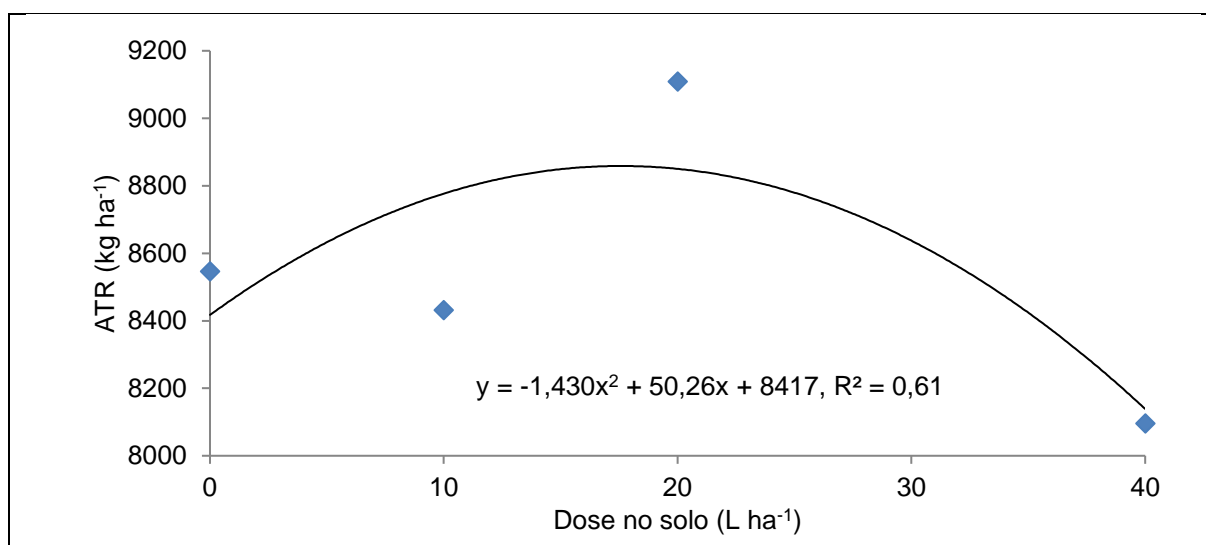


Figura 3.22 - Produção de açúcares totais redutíveis de cana-de-açúcar no segundo corte submetida a dose de micronutrientes na plantio. Concentração de nutrientes (g L⁻¹): 43,4; 6,2; 6,2; 37,2; 0,62 e 37,2, respectivamente, de S, B, Cu, Mn, Mo e Zn.

3.3.4 Produção de massa de forragem e de colmos de cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar RB 96 5902 submetidas às doses de micronutrientes no sulco de plantio e presença ou ausência da aplicação foliar apresentou diferença significativa na produção de forragem e colmos (Tabela 3.11).

Na aplicação foliar de micronutriente na dose de 6 L ha⁻¹ o fertilizante proporcionou significativamente aumento da produtividade de forragem (8,7%), colmos (5,2%) e o número de colmos (3,7%) quando comparado com a ausência da adubação foliar.

Adorna (2011), em Neossolo, verificou-se interação dos teores foliares, e que a aplicação de boro e zinco sem aplicação de torta de filtro observou aumento de produtividade de colmos de 9 a 8 toneladas ha⁻¹.

Para Becari (2010) em diversas áreas produtoras do Estado de São Paulo, com aplicação de zinco proporcionou aumentos de produtividade de colmos (20 t ha⁻¹) em cana-planta, este mesmo autor, estudando em solos de baixa fertilidade constatou que houve aumento de produtividade de colmos e de açúcar quando utilizou aplicação no solo em cana-planta (B, Cu, Mn e Mo).

Tabela 3.11 - Produtividade de massa de forragem e de colmos de cana-de-açúcar, variedade RB 96 5902, submetida a doses de micronutriente no solo e presença ou ausência da aplicação foliar após o segundo ano de cultivo.

Dose no solo L ha ⁻¹	Forragem	Colmos	Palhada	Nº Colmos
	----- t ha ⁻¹ -----			
0	69,31	53,89	15,41	71406
10	66,47	52,79	13,67	74531
20	74,63	56,99	17,63	75833
40	67,70	51,57	16,13	71979
Aplicação Foliar				
Sem	66,64 B	52,45 B	14,18 B	72109 B
Com	72,42 A	55,17 A	17,24 A	74766 A
DMS (5%)	4,7487	2,6913	2,4407	2244,9
Teste F				
Dose no solo (D)	2,44 **	3,17 *	1,93 ^{ns}	2,55**
Foliar (F)	6,31 *	4,34 *	6,72*	4,10 **
DxF	0,85 ^{ns}	0,10 ^{ns}	2,39**	1,35 ^{ns}
Média Geral	69,53	53,81	15,71	73437
CV(%)	9,35	6,85	21,28	5,05

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey.

**, * e ^{ns}: significativas em $p < 0,10$, $p < 0,05$, e não significativo, respectivamente.

Com relação a produtividade de forragem houve ajuste a função quadrática, com produção máxima de 71,57 t ha⁻¹ na dose de 20,66 L ha⁻¹. Para a produtividade de colmos, a produção máxima foi 55,39 t ha⁻¹, com a dose de 17,80 L ha⁻¹, muito semelhante ao valor encontrado anteriormente para produção de forragem (Figura 3.23).

Esses resultados evidenciam a importância da adubação com micronutrientes na produção de cana-de-açúcar, tanto por via solo, como foliar, destacando que os resultados via solo do segundo corte foram efeitos residuais da aplicação no plantio.

Alvarez Vicente (1984) avaliando um Latossolo Vermelho escuro, fase arenosa e Cambria et al. (1989), em um Latossolo Vermelho Amarelo, fase arenosa, observaram maiores produtividades de colmos com a aplicação no solo de cobre e zinco.

Observou uma tendência quadrática na produção de palha na interação das doses de fertilizante aplicado no sulco de plantio e foliar (Figura 3.24). No qual observou ponto de máxima com aplicação foliar atingindo produção de palha de 18,5 t ha⁻¹ na dose de 18,30 L ha⁻¹ e sem aplicação foliar produzindo 15,57 t ha⁻¹ na dose de 40 L ha⁻¹.

Houve uma tendência quadrática para as doses de fertilizante aplicado no sulco de plantio na produção de colmos por hectare de cana-de-açúcar, atingindo ponto de máxima produção de 75,747 números de colmos ha^{-1} com a dose de 20,06 L ha^{-1} (Figura 3.24).

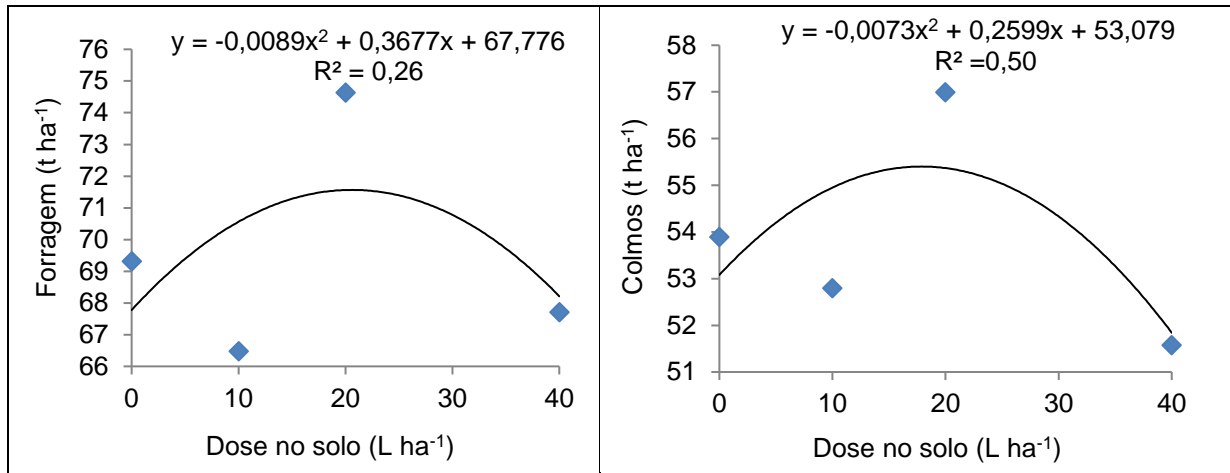


Figura 3.23 - Produtividade de forragem e colmos de cana-de-açúcar no segundo corte submetida a dose de micronutrientes no plantio. Concentração de nutrientes (g L^{-1}): 43,4; 6,2; 6,2; 37,2; 0,62 e 37,2, respectivamente, de S, B, Cu, Mn, Mo e Zn.

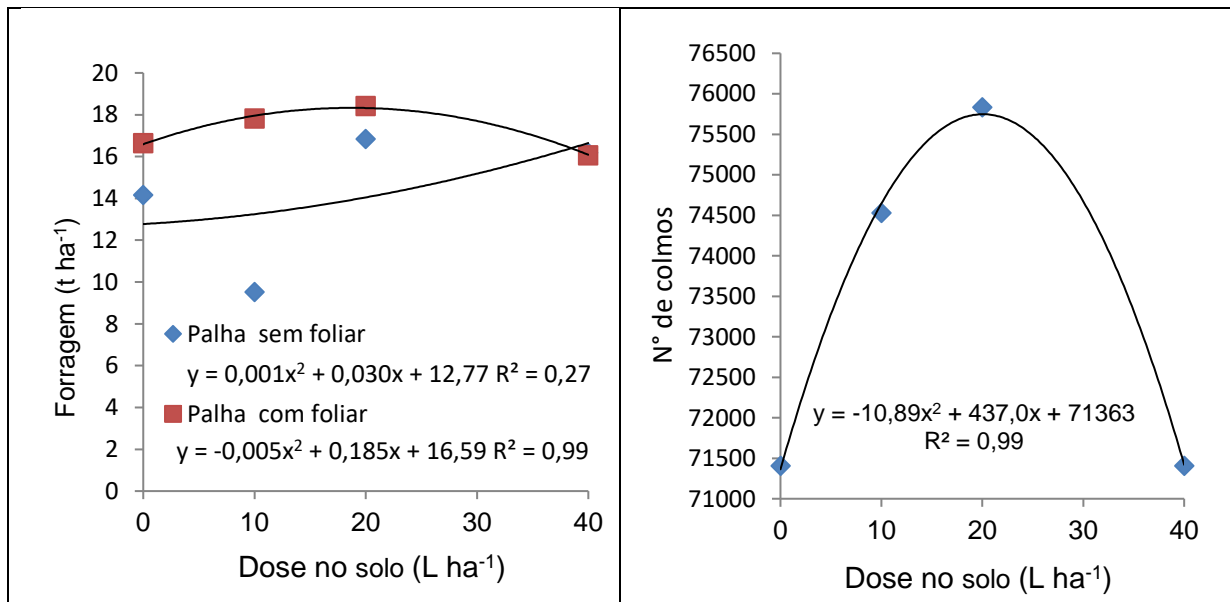


Figura 3.24 - Produção de palha e número de colmos de cana-de-açúcar no segundo corte submetida a dose de micronutrientes no plantio. Concentração de nutrientes (g L^{-1}): 43,4; 6,2; 6,2; 37,2; 0,62 e 37,2, respectivamente, de S, B, Cu, Mn, Mo e Zn.

3.4 CONCLUSÕES

Na cana-planta a concentração de macronutrientes não foi afetada pela aplicação dos tratamentos.

Os teores de boro na cana-planta foram maiores com o uso de micronutrientes aplicado via solo.

No cultivo da cana-soca, os teores foliares de macronutrientes e de B e Zn não sofreram efeitos com as doses de micronutriente via solo e foliar.

O teor foliar de Cu na cana-soca apresentou maior concentração na dose de 10 L ha⁻¹ e o Fe com a aplicação de 20 L ha⁻¹ via solo.

Os Açúcares Totais Recuperável (ATR) no segundo corte da cana-de-açúcar aumentou em função da aplicação de micronutrientes no sulco de plantio, atingindo a produção máxima com 17 L ha⁻¹.

A aplicação foliar de micronutrientes, na dose de 6 L ha⁻¹ do produto, aumentou 3,2% a ATR ha⁻¹, que representou 270 kg ha⁻¹ de açúcar.

A produtividade de forragem e de colmos aumentaram até dose 17 L ha⁻¹ e 20 L ha⁻¹, respectivamente.

A produção de palha aumentou com aplicação foliar atingindo a produção de 18,5 t ha⁻¹ na dose de 18,30 L ha⁻¹ e sem aplicação foliar produziu 15,57 t ha⁻¹ na dose de 40 L ha⁻¹.

O número de colmos teve um aumento significativo, atingindo ponto de máxima de 75.747 colmos por hectare com a dose de 20,06 L ha⁻¹.

A adubação foliar com coquetel de micronutrientes aumentou a produtividade de forragem e colmos e o número de colmos por hectare.

3.5 REFERÊNCIAS

- ADORNA, J. C. **Adubação com micronutrientes no plantio da cultura da cana-de-açúcar**. 2011. 56 f. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2011.
- ALVAREZ-VICENTE, C. **Efeitos da aplicação de micronutrientes por via foliar na cultura da cana-de-açúcar**. 1984. 47 f. Dissertação (Mestrado)-Faculdade de Ciências Agrônômicas e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1984.
- AZEREDO, D. F.; BOLSANELLO, J. Efeito de micronutrientes na produção e qualidade da cana-de-açúcar no Rio de Janeiro, Espírito Santo e Minas Gerais (Zona da Mata): estudo preliminar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 93, n. 9, p. 9-17, 1981.
- BATISTA, L. M. T. **Avaliação morfofisiológica da cana-de-açúcar sob diferentes regimes hídricos**. 2013. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília- Brasília, 2013.
- 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.
- BORBA, M.M.Z.; BAZZO, A. M. **Estudo econômico do ciclo produtivo da cana-de-açúcar para reforma de canavial, em área de fornecedor no estado de São Paulo**. 2009. Disponível em:<<http://www.sober.org.br/palestra/13/1169.pdf>> . Acesso em: 18 abr. 2016.
- CAMBRIA, S.; BONI, P. S.; STRABELLI, J. Estudos preliminares com micronutrientes - zinco. **Boletim Técnico Copersucar**, São Paulo, v. 46, p.12-17, abr., 1989.
- CONAB. **Levantamento da safra 2016/2017**.2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/olalaCMS/uploads/arquivos/16_04_18_14_27_15_boletim_cana_portugues_-_1o_lev_-_16.pdf>. Acesso em: 25 out. 2017
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.
- FERNANDES, A. C. **Cálculos na agroindústria de cana-de-açúcar**. 2. ed. Piracicaba: STAB, 2003. 240 p.
- KORNDÖRFER, G. H. Avaliação de três variedades de cana (*Saccharum officinarum*) submetidas à adubação com micronutrientes. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 14, n. 1, p. 23-26, 1995.
- 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**, Santa Maria, v. 39, n.3, p.726-732, 2009.

- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral das plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- 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, 2001. p. 355-369.
- PEDRAS, J. F. **Efeito fisiológico do boro sobre o teor de açúcares em folhas e colmos de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*)** 1982. 137 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1982.
- PIMENTEL-GOMES, F. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1990. 182 p.
- RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).
- RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285 p.
- RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H. Outras culturas industriais. In: RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. p. 233-239.
- SIQUEIRA, J. O.; SILVEIRA, J. F.; GUEDES, G. A. A. Efeito de micronutrientes na presença e na ausência de calcário calcítico no rendimento agrícola e qualidade do caldo da cana-de-açúcar (cana-planta). **Revista Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 94, n. 5, p. 77-80, 1979.
- STEVENSON, F. J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2. ed. New York: John Wiley, 1994. 496 p.
- SUGAWARA, L. M.; RUDORFF, B. F. T. **Acompanhamento do crescimento vegetativo da cana-de-açúcar por meio de séries temporais de NDVI do sensor Modis**. Curitiba: INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2011.
- VITTI, G. C.; MAZZA, J. A. **Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba: Potafós, 2002. 16 p. (Informações Agronômicas, 97).

APÊNDICES - FOTOS DO EXPERIMENTO



Foto 1 - Vista geral do experimento por ocasião da instalação da pesquisa



Foto 2 - Instalação e condução do experimento.



Foto 3 - Amostragem para diagnose foliar na cana-de-açúcar antes da aplicação.



Foto 4 - Vista geral do experimento 2ª amostragem foliar.



Foto 5 - Vista geral do experimento.



Foto 6 – Vista geral do experimento.



Foto 7 - Experimento após a passagem do temporal em Dracena e região.



Foto 8 - Experimento após a passagem do temporal em Dracena e região.



Foto 9 - Vista geral do experimento 2015.



Foto 10 - Aplicação foliar de micronutrientes na cana-de-açúcar.



Foto 11 - Amostragem para diagnose foliar na cana-de-açúcar.



Foto 12 - Acompanhamento do desenvolvimento da cana-de-açúcar.



Foto 13 - Contagem de perfilhos.



Foto 14 - Determinação da massa de forragem (colmos + pendão + palhada).