

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**MANEJO NUTRICIONAL COMPLEMENTAR DE OUTONO E OS REFLEXOS NA  
QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA E PRODUÇÃO DE AÇÚCAR**

**DANIELA BARIZI**

Jaboticabal – SP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**MANEJO NUTRICIONAL COMPLEMENTAR DE OUTONO E OS REFLEXOS NA  
QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA E PRODUÇÃO DE AÇÚCAR**

DANIELA BARIZI

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Márcia Justino Rossini Mutton  
Coorientadora: Ms. Natália Novais Ribeiro

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

Jaboticabal – SP  
1º Semestre/2021

B253m Barizi, Daniela  
Manejo nutricional complementar de outono e os reflexos na qualidade da matéria-prima e produção de açúcar / Daniela Barizi. -- Jaboticabal, 2021  
37 f. : tabs., fotos, mapas

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

Orientadora: Márcia Justino Rossini Mutton  
Coorientadora: Natália Novais Ribeiro

1. Agroindústria canavieira. 2. Cana-de-açúcar. 3. Complexo Nutricional Complementar. 4. Nutrição via foliar. 5. Plantas Nutrição. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
CÂMPUS DE JABOTICABAL



DEPARTAMENTO: TECNOLOGIA

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: MANEJO NUTRICIONAL COMPLEMENTAR DE OUTONO E OS REFLEXOS  
NA QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA E PRODUÇÃO DE AÇÚCAR

ACADÊMICO: DANIELA BARIZI

CURSO: ENGENHARIA AGRONÔMICA

ORIENTADORA: PROFA. DRA. MÁRCIA JUSTINO ROSSINI MUTTON

COORIENTADORA: MS. NATÁLIA NOVAIS RIBEIRO

Este trabalho é recomendado para compor a base de dados CAPELO.  Sim  Não

Aprovado e corrigido de acordo com as sugestões da Banca Examinadora

### BANCA EXAMINADORA:

Presidente Ms. Natália Novais Ribeiro

Natália Novais Ribeiro

Membro Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lidiane Aline de Freitas

Lidiane Aline de Freitas

Membro Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cristhyane Milena de Freitas

Cristhyane Milena de Freitas

Jaboticabal 14 / 07 / 2021

Aprovado *ad referendum* do Conselho do Departamento em: 20 / 07 / 2021

\_\_\_\_\_  
Chefe do Departamento

## **AGRADECIMENTOS**

À minha mãe, que esteve ao meu lado durante cada passo dessa caminhada, me incentivando e acreditando na minha capacidade.

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Márcia Justino Rossini Mutton, pela oportunidade, confiança, suporte e orientação.

À Ms. Natália Novais Ribeiro, por todo apoio, paciência e dedicação durante a realização dessa pesquisa.

Aos integrantes do Laboratório de Tecnologia do Açúcar e do Alcool, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), pelo acolhimento e colaboração durante o processo de obtenção de dados.

À Engenharia Agrônoma, que me permite ser uma profissional com uma visão ampla e com a nobre missão de contribuir para alimentar o mundo.

**Manejo nutricional complementar de outono e os reflexos na qualidade da matéria-prima e produção de açúcar**

Autumn complementary nutritional management and the reflections on raw material quality and sugar production

**Daniela Barizi, Natália Novais Ribeiro, Márcia Justino Rossini Mutton\***

**RESUMO** – No ranking mundial, o Brasil destaca-se como maior produtor e exportador de açúcar, uma das maiores commodities alimentícias do país. Como qualquer produto alimentício, tem sua qualidade regida por legislações específicas que abordam características que impactam diretamente no seu valor comercial, fator que pode ser influenciado diretamente pelas condições climáticas adversas enfrentadas pela matéria-prima. Este contratempo pode ser vivenciado no final da safra na região Centro-Sul do país, através dos períodos intensos de seca, que retratam na qualidade da cana-de-açúcar e, conseqüentemente, na qualidade dos cristais de açúcar produzidos. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da complementação nutricional da cultura antecedendo ao período de estresse hídrico, através da aplicação de complexo nutricional via foliar, associado ou não ao Boro, e seus reflexos sobre a qualidade da matéria-prima e dos açúcares produzidos em escala laboratorial. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 5 repetições. Os tratamentos foram constituídos por Controle Negativo, dosagens do Complexo Nutricional Complementar (CNC) de 3, 6 e 9 L.ha<sup>-1</sup> e 6 L.ha<sup>-1</sup> de CNC associado à 2 L.ha<sup>-1</sup> de Boro. Foram realizadas análises tecnológicas do caldo extraído, caldo clarificado e cristais de açúcar produzidos. A

mistura de CNC (6 L.ha<sup>-1</sup>) e Boro (2 L.ha<sup>-1</sup>), proporcionou uma grande diminuição da turbidez após à clarificação. O uso de 3 e 6 L.ha<sup>-1</sup> do CNC não impactou positivamente sobre a qualidade do açúcar. A utilização de 9 L.ha<sup>-1</sup> do CNC possibilitou a produção de cristais de açúcar de melhor qualidade.

**Palavras-chave:** Cana-de-açúcar. Complexo Nutricional Complementar. Nutrição de plantas. Nutrição via foliar. Setor sucroenergético.

**ABSTRACT** - In the world ranking, Brazil stands out as the largest sugar producer and exporter, which is considered one of the largest food commodities in the country. Like any food product, its quality is governed by specific legislation that address characteristics that directly impact its commercial value, a factor that can be directly influenced by the adverse weather conditions faced by the raw material. This setback can be experienced at the end of the harvest in the Center-South region of the country, through the intense periods of drought, which reflects in the sugarcane quality and, consequently, in the produced sugar crystals quality. In this context, this study aimed to evaluate the effect of the crop nutritional supplementation prior to the period of water stress, through the foliar application of a nutritional complex, associated or not with Boron, and its effects on the quality of the raw material and of the sugars produced on a laboratory scale. The experimental design was in randomized blocks with 5 replications. The treatments consisted of Negative Control, dosages of Complementary Nutritional Complex (CNC) of 3, 6 and 9 L.ha<sup>-1</sup> and 6 L.ha<sup>-1</sup> of CNC associated with 2 L.ha<sup>-1</sup> of Boron. Technological analyzes of the extracted juice, clarified juice and sugar crystals were carried out. The mixture of CNC (6 L.ha<sup>-1</sup>) and Boron (2 L.ha<sup>-1</sup>) provided a great decrease in turbidity after

clarification. The use of 3 and 6 L.ha<sup>-1</sup> of CNC did not positively impact sugar quality. The use of 9 L.ha<sup>-1</sup> of CNC enabled the production of better quality sugar crystals.

**Keywords:** Complementary Nutritional Complex. Foliar nutrition. Plant nutrition. Sugar-energy sector. Sugarcane.

## INTRODUÇÃO

O Brasil lidera o ranking mundial como produtor de cana-de-açúcar, cultura que possui um papel importante no cenário do agronegócio nacional e que opera em uma conjuntura positiva e sustentável. Atualmente o país possui uma área total de 9.953,2 mil hectares de cana-de-açúcar cultivados, dos quais estima-se que 8.605 mil hectares foram utilizados para moagem em usinas e destilarias na safra 2020/2021 (CONAB, 2020).

Nesse cenário, destaca-se a região Centro-Sul como maior produtora de cana-de-açúcar, que concluiu a safra 2020/2021 com uma produção de 605,5 milhões de toneladas. Dessa quantidade, 46% foi destinada à produção de açúcar, que quase dobrou em relação à safra anterior. Tais resultados decorrem da perda de atratividade do etanol, em função dos impactos da pandemia COVID-19 e das oscilações no preço da gasolina (UNICA, 2021).

No processamento da cana-de-açúcar há aproveitamento integral dos colmos, de modo que a agroindústria integra os sistemas de produção alimentar, não alimentar e energético, além de evidenciar vantagens em relação às outras matérias-primas, pelo fato do Brasil possuir os menores custos de produção do mundo (HAMERSKI, 2009). Essa versatilidade da cultura deve-se à diversos fatores, entre eles, o seu potencial geneticamente favorável para o acúmulo de açúcares, principalmente na forma de sacarose (MUTTON, 2008).

Devido a elevada produção de sacarose, a cana-de-açúcar necessita de condições específicas, de forma que o clima ideal é aquele que manifesta duas estações divergentes, uma quente e úmida e a outra fria e seca, tornando o Brasil o único país a conseguir realizar duas colheitas anuais da cultura (SENAR, 2018; CTC, 2015).

Contudo, uma parcela das áreas brasileiras de cultivo de cana-de-açúcar sofre impactos devido às constantes mudanças climáticas que têm gerado períodos intensos de seca (BRUNINI, 2016). Tais mudanças podem reduzir significativamente a atividade metabólica da planta, influenciando no seu desenvolvimento vegetativo e no acúmulo de sacarose, implicando na geração de matéria-prima de qualidade inferior ou até mesmo sua escassez para o funcionamento da indústria (LEITE et al., 2008; LEITE et al., 2011).

Nesse âmbito, a baixa qualidade da matéria-prima acarretará na obtenção de cristais de açúcar de qualidade inferior e, conseqüentemente, menor valor comercial em virtude das exigências do mercado nacional e internacional (ALBUQUERQUE, 2011). Isso se deve ao fato do açúcar, como qualquer produto alimentício, ter sua qualidade gerenciada por legislações específicas, que abordam características físico-químicas, microbiológicas, microscópicas e sensoriais, afetando diretamente seu preço de comercialização (MACHADO, 2012).

Sendo assim, constata-se que, embora a cana-de-açúcar seja uma planta rústica, a lucratividade de seu processamento agroindustrial é gradualmente prejudicada à medida que as condições ambientais encontram-se mais adversas. Por isso, a adequada nutrição mineral torna-se fundamental para a obtenção de produtividades elevadas, como também boas qualidades tecnológicas (MARANGONI, 2016).

Nesse âmbito, a cultura da cana-de-açúcar apresenta particularidades na absorção e utilização dos nutrientes, que devem ser respeitadas para a obtenção de melhores índices produtivos e tecnológicos. A quantidade de nutriente, a época e a forma disponibilizada para a planta são fatores que interferem na produção e qualidade da cultura (VITTI & MAZZA, 2002). Ou seja, quando a planta não dispõe de nutrientes e/ou água para realizar seu metabolismo de forma satisfatória, a perda na produção de açúcar pode ocorrer ainda no campo (MUTTON & MUTTON, 2005).

Dentre os nutrientes, o boro é um micronutriente particularmente importante por ser um elemento móvel no solo e por sua participação na translocação dos açúcares das folhas para as demais partes da cana, como o colmo. Para isso, o boro combina-se com o carboidrato, formando um complexo borato-açúcar ionizável, mais solúvel nas membranas. Sua maior deficiência ocorre em solos arenosos, clima frio e estresse hídrico, obstruindo o floema, principal via de transporte da sacarose, podendo comprometer a qualidade da matéria-prima para a produção de açúcar (PRADO, 2008).

Vale ressaltar que os produtos registrados para aplicação na cultura da cana-de-açúcar são específicos para início de safra, como é o caso dos maturadores, que buscam melhorar a qualidade da matéria-prima em caso de condições climáticas desfavoráveis à maturação natural (LEITE et al., 2011). No entanto, atualmente não há produtos registrados especificamente para aplicação no final de outono e que possam trazer benefícios à cultura a ser colhida após o período de estresse hídrico, de modo que contribuam para a garantia de um fornecimento contínuo de matéria-prima de elevada produtividade e qualidade tecnológica à indústria sucroalcooleira.

Nesse contexto, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito de uma complementação nutricional da cultura da cana-de-açúcar antecedendo ao

período de estresse hídrico, através da aplicação de complexo nutricional via foliar contendo nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, enxofre e aminoácidos, associado ou não ao Boro, e seus reflexos sobre a qualidade da matéria-prima e açúcares produzidos em escala laboratorial.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Localização do experimento**

O experimento foi conduzido em condições de campo na Fazenda Santa Elisa, na cidade de Araraquara–SP, na safra 2020/2021. O município situa-se na região central do Estado de São Paulo à 664 m de altitude, possui relevo levemente ondulado, clima tropical de altitude e índices de precipitações acima de 20 mm (BARBUGLI, 2004). As análises químico-tecnológicas foram conduzidas no Laboratório de Tecnologia do Açúcar e do Alcool, do Departamento de Tecnologia, na FCAV/UNESP, câmpus de Jaboticabal - SP.

### **Instalação do experimento**

A área escolhida para implementação do experimento apresentava a variedade de cana-de-açúcar CV 7870 em seu 4º estágio de corte. Tal variedade tem como principais características: porte ereto, excelente performance sob plantio e colheita mecanizada e boa adaptabilidade a ambientes intermediários – C e D (AGROLINK, 2012). No dia 06 de fevereiro de 2020 (133 dias após o último corte), foi realizado a aplicação de 12,5 L.ha<sup>-1</sup> de Complexo Nutricional para Período Vegetativo (7,8% de nitrogênio) em todo o talhão (Figura 01).

**Figura 01** - Mapa da área utilizada na Fazenda Santa Elisa, para implantação do experimento na cidade de Araraquara–SP (safra 2020/2021), com destaque para o talhão escolhido.



A instalação dos tratamentos foi realizada em 08 de junho de 2020 através da aplicação de Complexo Nutricional Complementar de Outono. Foi utilizado delineamento experimental em blocos casualizados, com 5 tratamentos e 5 repetições, conforme Tabela 01.

**Tabela 01** - Tratamentos e doses utilizadas para implantação do experimento na cidade de Araraquara–SP (safra 2020/2021).

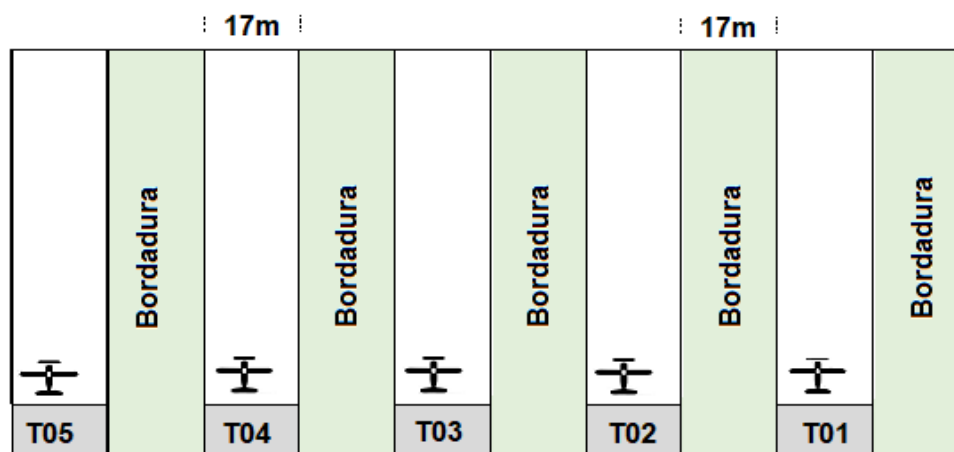
Tratamentos	Produtos	Dose/ha
CN3L	Complexo Nutricional Complementar*	3 L
CN6L	Complexo Nutricional Complementar*	6 L
CONTROLE	Controle Negativo	-
CN9L	Complexo Nutricional Complementar*	9 L
CN6L+BORO2L	Complexo Nutricional Complementar* + Boro**	6 + 2 L

\*Complexo Nutricional Complementar (CNC) contendo 1% de N; 6% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 6% de K<sub>2</sub>O; 2% de Mg; 2,5% S e 1,6% de Carbono Orgânico Total (Aminoácidos).

\*\*10%

As parcelas foram constituídas por 11 ruas de cana-de-açúcar com 50 metros de comprimento, conforme representado no esquema a seguir:

**Figura 02** - Croqui da área utilizada na Fazenda Santa Elisa, para implantação do experimento na cidade de Araraquara–SP (safra 2020/2021), com destaque para os tratamentos realizados.



Todos os produtos foram aplicados por via aérea, utilizando-se aeronave agrícola adaptada com barra com bicos hidráulicos. Foi empregado sistema de posicionamento global (GPS) acoplado, de controle automático, utilizando-se altura de voo de 3 a 4 metros acima do dossel, velocidade constante de 160 km.h<sup>-1</sup> e vazão de 30 L.ha<sup>-1</sup>.

### Colheita da cana-de-açúcar

Em setembro-outubro de 2020, foram colhidos 35 colmos de cana-de-açúcar de cada tratamento através de corte manual, rente à base e no ponto de quebra da ponta, sem queima prévia da palha. As folhas secas e verdes foram removidas para obtenção de colmos limpos.

### Extração e clarificação do caldo da cana

Após a colheita dos colmos, foi realizada a extração do caldo em moenda de laboratório, para obtenção do caldo extraído. Este foi diluído com água destilada

para uma concentração de sólidos em torno de 16°Brix, com o intuito de otimizar o processo de clarificação.

A seguir, o caldo foi tratado segundo metodologia CTC (2005), adicionando-se Hidróxido de Cálcio 6°Bé até pH  $7,0 \pm 0,1$  e aquecendo-se até a ebulição, a fim de acelerar a reação entre o cálcio e o fosfato. Posteriormente, o caldo aquecido foi disposto em provetas graduadas contendo polímero (Kemira, LX), utilizado como auxiliar de decantação. Após 20 minutos em repouso, o caldo clarificado foi sifonado e armazenado.

### **Análises químico-tecnológicas**

Os caldos extraídos e clarificados foram encaminhados para realização das seguintes análises tecnológicas: °Brix, Pol (SCHENEIDER, 1979), pH, Acidez Total, Cinzas Condutimétricas, Turbidez (CTC, 2005), AR - Açúcares Redutores, ART - Açúcares Redutores Totais (LANE e EYNON, 1934), Teor de Amido (Chavan et al., 1991) e Compostos Fenólicos Totais (Folin e Ciocalteau, 1927).

### **Produção de açúcar**

O caldo clarificado foi concentrado até 60°Brix utilizando-se rotoevaporador de simples efeito à temperatura de 70°C e vácuo de 630mmHg. O xarope obtido foi submetido a um cozedor de laboratório com capacidade de 5L, empregando-se temperatura de  $62 \pm 2^\circ\text{C}$ . A nucleação de cristais foi através do método de sementes, utilizando 6g de açúcar refinado granulado e peneirado ( $<0,5\text{mm}$ ) como semente, com o objetivo de favorecer o crescimento dos cristais para tamanho entre 0,7 a 1mm. Após a nucleação, o cozimento foi conduzido na zona metaestável de supersaturação, com alimentação de xarope a 60°Brix.

Uma vez realizado o cozimento, com o objetivo de otimizar o crescimento dos cristais, a massa cozida foi transferida para um béquer de 2L, sendo mantida sob agitação, por 10 minutos, com intervalos de 1 minuto. Quando a temperatura da massa cozida diminuiu de  $62\pm 2^{\circ}\text{C}$  para  $55\pm 2^{\circ}\text{C}$ , foi realizada a centrifugação da mesma (63000G por 5min). Os cristais obtidos foram previamente secos, sob agitação e ventilação a  $40^{\circ}\text{C}$ , e a seguir mantidos em estufa, sem circulação de ar, a  $30^{\circ}\text{C}$  por 12h, até a completa secagem dos mesmos.

### **Análises do açúcar produzido**

Uma vez produzidos, os cristais de açúcar foram submetidos às seguintes análises: Teor de amido (CHAVAN et al. (1991), Compostos fenólicos totais (FOLIN e CIOCALTEAU, 1927) Pol, Cinzas condutimétricas, Umidade, Cor ICUMSA (UI) e Turbidez (CTC, 2005).

### **Análise estatística**

Os dados obtidos no experimento foram submetidos à análise de variância pelo Teste F e de comparação de médias pelo Teste de Tukey ( $P\leq 0,05$ ), utilizando o software Sistema para Análises Estatísticas de Ensaio Agrônomicos - AgroEstat (BARBOSA e MALDONADO JUNIOR, 2015).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

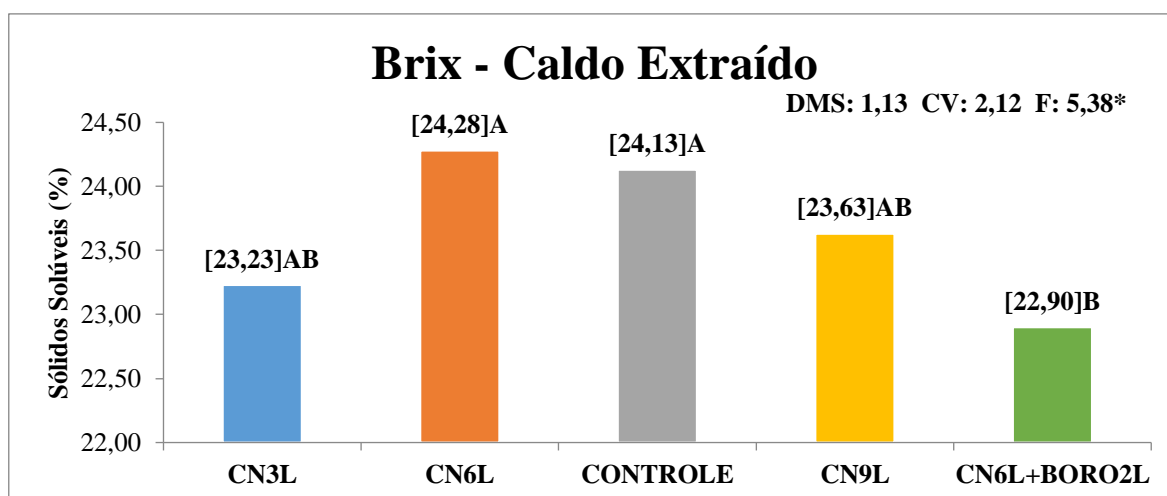
### **Caldo Extraído**

Os caldos extraídos foram submetidos às análises de Brix, ART, AR, Pol, pH, Acidez Total, Cinzas, Turbidez, Teor de Amido e Compostos Fenólicos Totais. Os resultados estão representados graficamente pelas Figuras 03 a 12.

O Brix, expresso como porcentagem, refere-se ao teor de sólidos solúveis dissolvidos em uma solução açucarada a 20°C, dos quais uma parte é a sacarose (MACHADO, 2012). Da análise da Figura 03, verifica-se que os tratamentos CN6L e CONTROLE apresentaram os maiores valores médios.

Deve-se salientar que todos os valores determinados foram superiores a 18%, que é o valor ideal recomendado para industrialização dos colmos (SILVA et al., 2015).

**Figura 03** - Valores médios determinados e resultados da análise de variância e teste de Tukey para Brix do caldo extraído. Jaboticabal - SP. 2020.

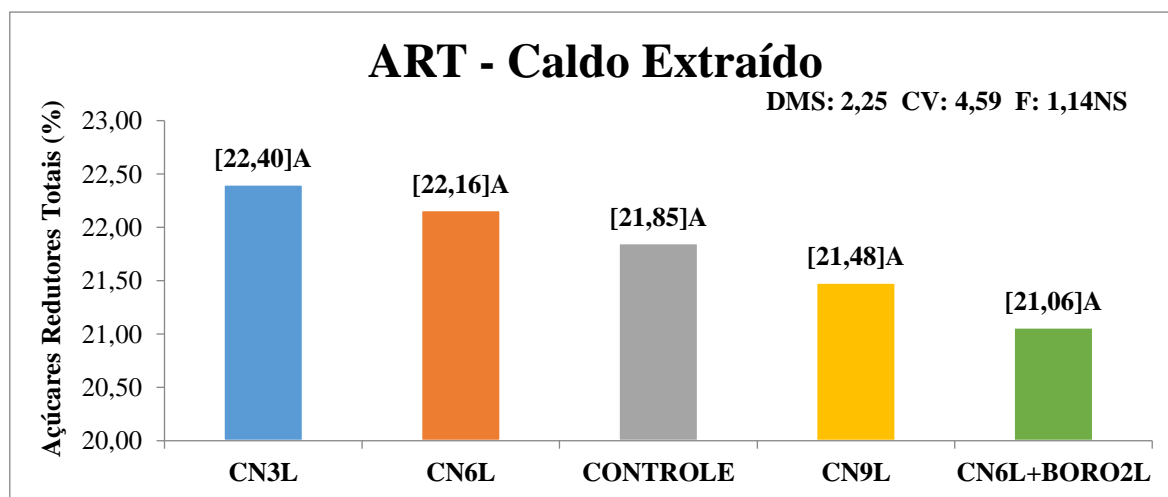


Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ). ns não significativo ( $p \geq 0,05$ ). CV = Coeficiente de variação. DMS = Diferença mínima significativa.

Os Açúcares Redutores Totais (ART) representam a quantidade total de açúcares (sacarose, glicose e frutose) presentes no caldo (MACHADO, 2012). Analisando-se a Figura 04, observa-se que as médias de ART apresentadas para os tratamentos estudados não diferiram estatisticamente entre si. Somente CN3L e CN6L obtiveram valores superiores ao CONTROLE, sendo 2,51 e 1,42% superiores, respectivamente.

As concentrações de ART de todos os tratamentos encontravam-se na faixa adequada para processamento: 15 a 24% (SILVA et al., 2015).

**Figura 04** - Valores médios determinados e resultados da análise de variância e teste de Tukey para Açúcares Redutores Totais do caldo extraído. Jaboticabal - SP. 2020.



Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ). ns não significativo ( $p \geq 0,05$ ). CV = Coeficiente de variação. DMS = Diferença mínima significativa.

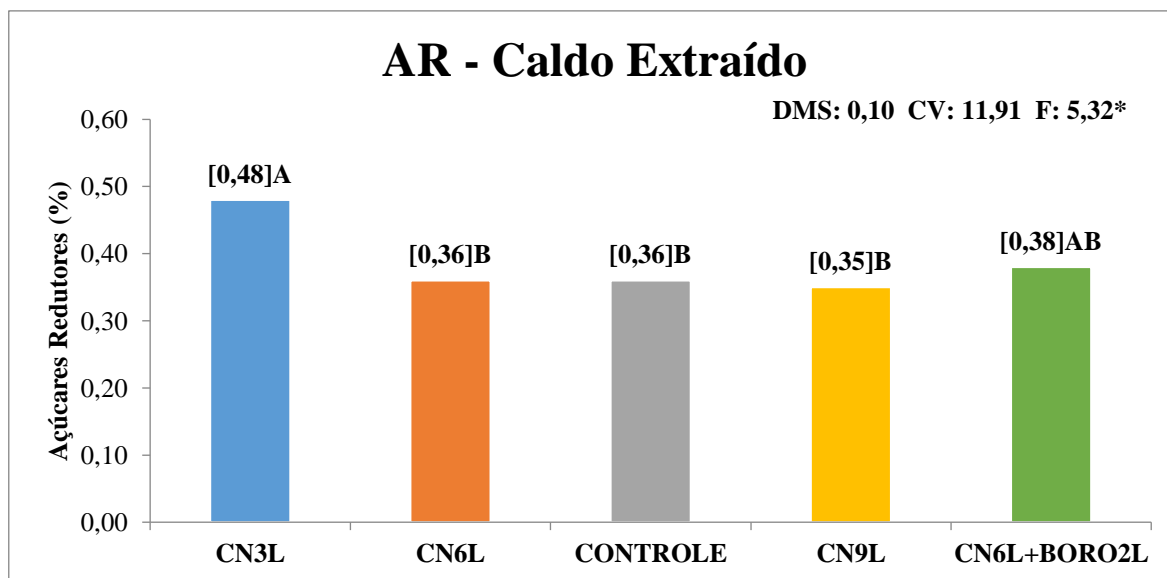
Os Açúcares Redutores (AR) são compostos que tem a propriedade de reduzir o cobre em solução cúprica (solução de Fehling). Na cana-de-açúcar, tais compostos são representados pela glicose e frutose (BRASIL, 2018). Conforme verifica-se na Figura 05, o maior teor médio de AR (%) foi determinado para CN3L, seguido por CN6L+BORO2L.

As concentrações de AR obtidas para todos os tratamentos foram menores que 0,80%, que é o valor máximo recomendado para processamento industrial (AMORIM, 2006).

A Pol exprime a quantidade de sacarose aparente contida em uma solução açucarada, medida por polarimetria, em condições padronizadas (MACHADO, 2012). De acordo com a Figura 06, não houve diferença estatística entre os valores médios dos tratamentos estudados.

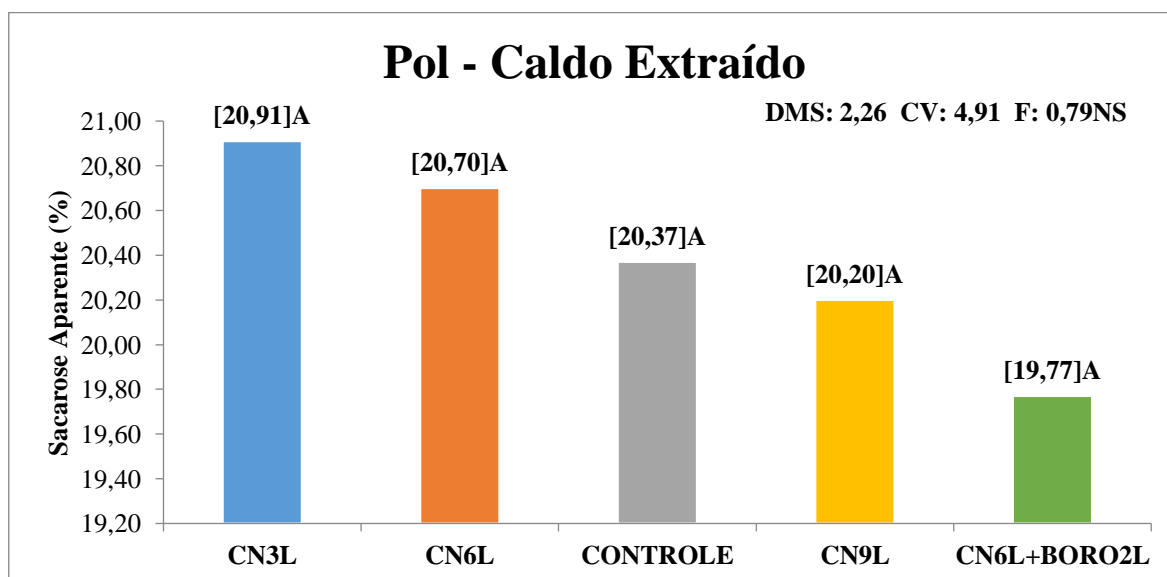
Todos os tratamentos se encontravam dentro da faixa de 14 a 22%, considerada ideal para o processamento industrial (SILVA et al., 2015).

**Figura 05** - Valores médios determinados e resultados da análise de variância e teste de Tukey para Açúcares Redutores do caldo extraído. Jaboticabal - SP. 2020.



Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ). ns não significativo ( $p \geq 0,05$ ). CV = Coeficiente de variação. DMS = Diferença mínima significativa.

**Figura 06** - Valores médios determinados e resultados da análise de variância e teste de Tukey para Pol do caldo extraído. Jaboticabal - SP. 2020.

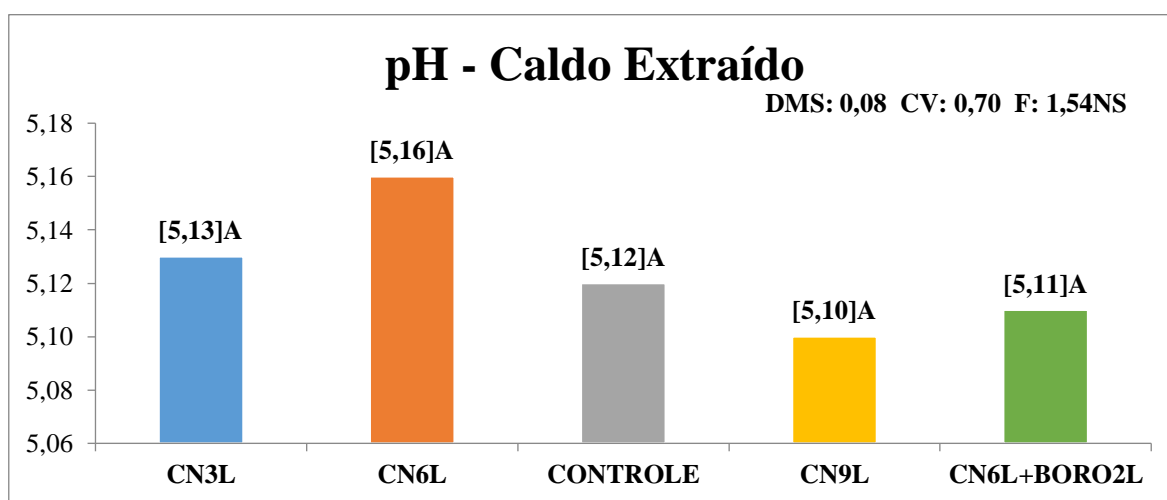


Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ). ns não significativo ( $p \geq 0,05$ ). CV = Coeficiente de variação. DMS = Diferença mínima significativa.

Os valores de pH dos caldos extraídos são indicadores da maturação e da qualidade dos colmos colhidos. Analisando-se os resultados médios obtidos (Figura 07), constata-se que os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si.

A matéria-prima de todos os tratamentos estudados estavam na faixa adequada para processamento industrial, na ordem de 5,0 a 5,5 (AMORIM, 2006).

**Figura 07** - Valores médios determinados e resultados da análise de variância e teste de Tukey para pH do caldo extraído. Jaboticabal - SP. 2020.



Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ). ns não significativo ( $p \geq 0,05$ ). CV = Coeficiente de variação. DMS = Diferença mínima significativa.

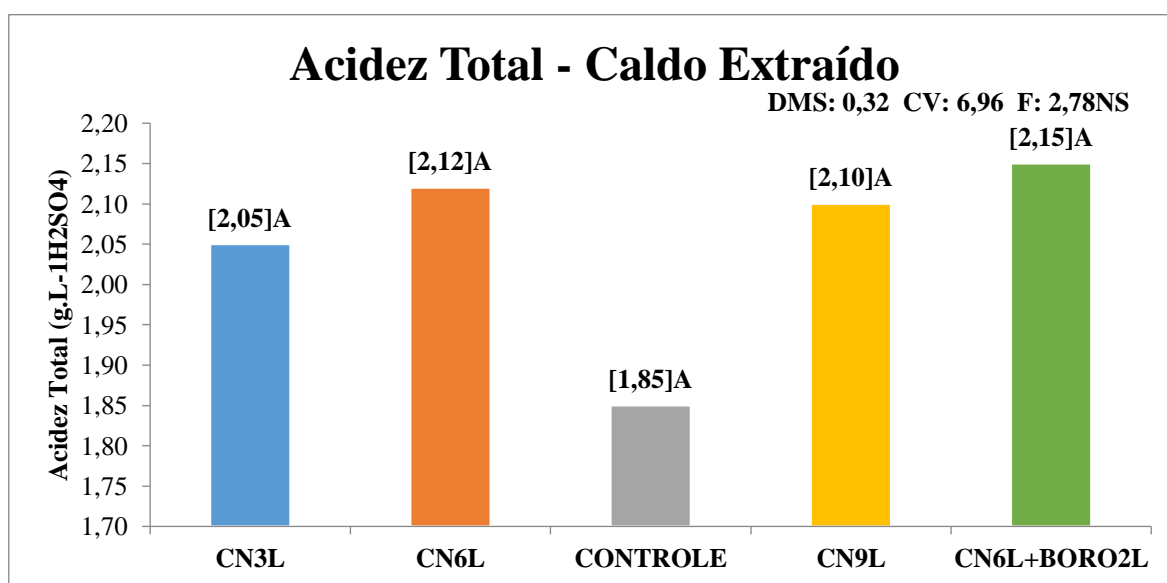
Os ácidos orgânicos são moléculas encontradas em pequenas quantidades nos caldos de cana-de-açúcar. Do mesmo modo que o pH, a Acidez Total pode ser utilizada para indicar a maturação e a qualidade da matéria-prima. De acordo com a Figura 08, verifica-se que os valores não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos.

As médias encontradas são superiores às recomendadas pela literatura, que indica valores menores ou iguais a  $0,8 \text{ g.L}^{-1} \text{ H}_2\text{SO}_4$  (DELGADO e CÉSAR, 1977). Azevedo et al. (2018) ao trabalharem com as variedades RB92579 e SP91-1049,

também obtiveram teores maiores, com média de 1,53 e 1,69 g.L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, respectivamente.

A alta concentração de ácidos orgânicos observado no presente estudo pode ser devido a utilização de cana-de-açúcar de final de safra, que sofre mais estresse quando comparada às matérias-primas colhidas no início e meio de safra.

**Figura 08** - Valores médios determinados e resultados da análise de variância e teste de Tukey para Acidez Total do caldo extraído. Jaboticabal - SP. 2020.

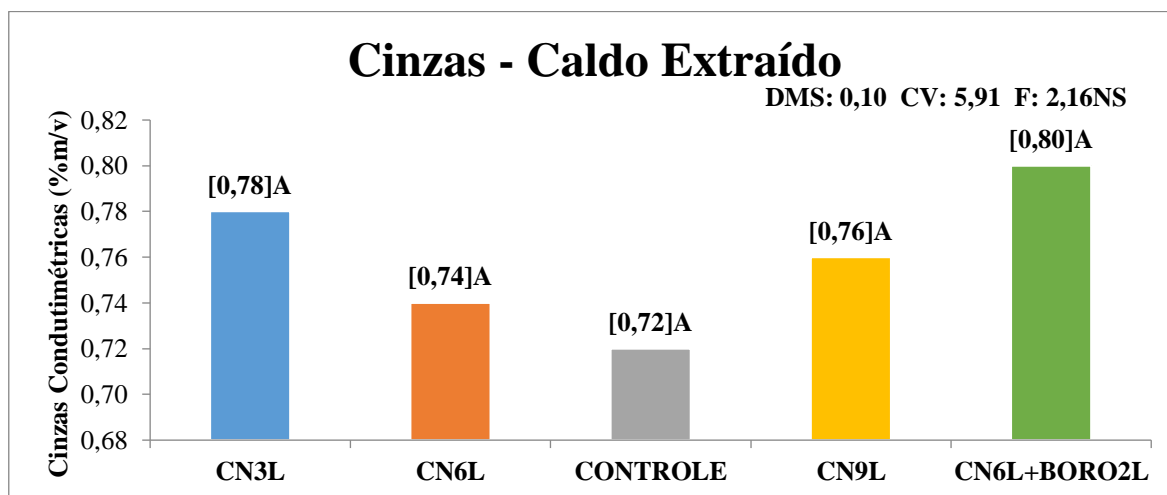


Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ). ns não significativo ( $p \geq 0,05$ ). CV = Coeficiente de variação. DMS = Diferença mínima significativa.

As Cinzas são determinadas para quantificar os teores de substâncias inorgânicas presentes no caldo da cana-de-açúcar. Nesse contexto, altas concentrações de Cinzas configuram um fator negativo à cristalização de açúcar, uma vez podem se tornar núcleos de cristalização, bem como dificultar a recuperação de sacarose (MADALENO, 2010).

Analisando-se as concentrações de Cinzas nos caldos extraídos (Figura 09), observa-se que não houve efeito significativo entre os tratamentos estudados.

**Figura 09** - Valores médios determinados e resultados da análise de variância e teste de Tukey para Cinzas do caldo extraído. Jaboticabal - SP. 2020.



Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ). ns não significativo ( $p \geq 0,05$ ). CV = Coeficiente de variação. DMS = Diferença mínima significativa.

A Turbidez quantifica as partículas em suspensão contidas em uma solução. Sendo assim, quanto menor o seu valor, mais límpido e transparente será o caldo extraído.

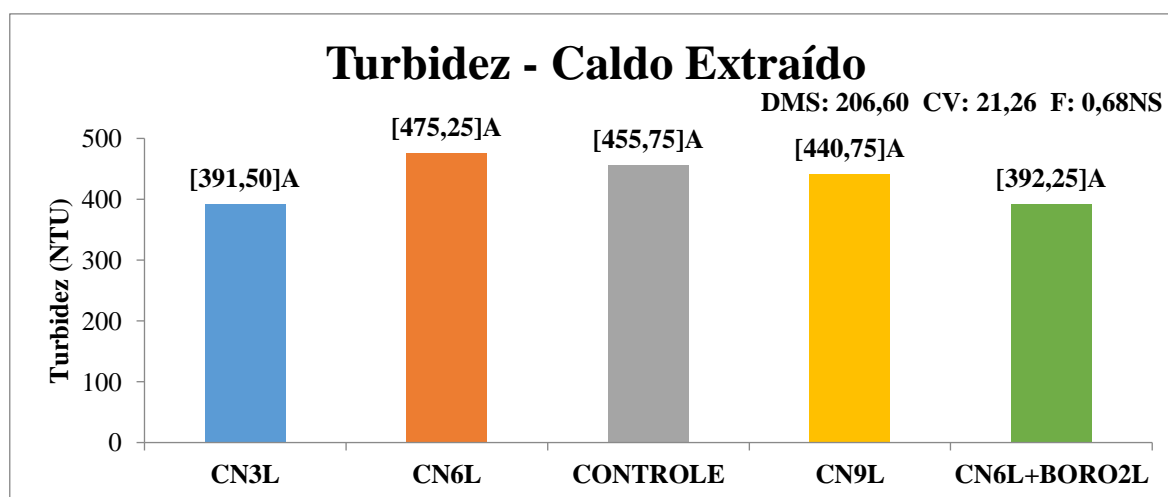
Os resultados quantificados demonstram que os valores médios de Turbidez dos tratamentos não diferiram significativamente entre si (Figura 10). Entretanto, verifica-se que CN3L e CN6L+BORO2L apresentaram os menores valores, sendo 14,10 e 13,93% menores que o CONTROLE.

O Amido, encontrado no colmo da cana-de-açúcar, é um polissacarídeo constituído por moléculas de glicose. De modo semelhante ao considerado para Cinzas, elevados teores contribuem para diversos prejuízos no processamento industrial, principalmente nas etapas de filtração, evaporação e cozimento, devido ao aumento da viscosidade (LEMOS, 2012).

Da análise de Teor de Amido (Figura 11), verifica-se que CN3L apresentou o menor valor médio, sendo 43,68% menor do que o CONTROLE, que apresentou a maior média.

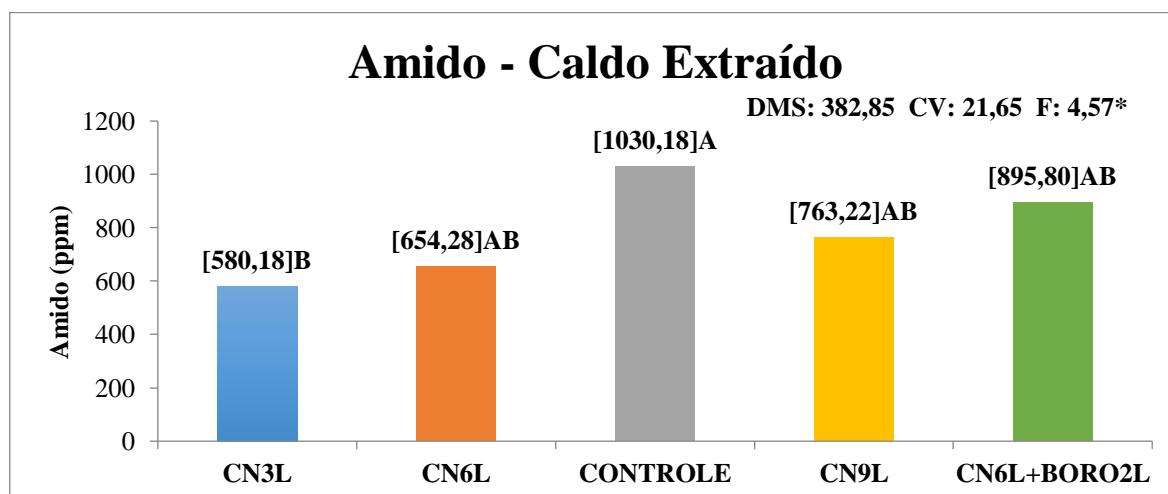
Todos os tratamentos apresentaram teores acima do recomendado por Amorim (2006), de 10 a 500 ppm, que é a faixa desejável quando se objetiva o processamento industrial dos colmos. No entanto, Lemos (2012) também relata valores elevados, na faixa de 538 a 1867 ppm, para as variedades CP 74-383, CP 65-357, LCP 82-89, CP 79-318 e CP 72-370, ressaltando que esse teor pode variar de acordo com clima, manejo e variedade utilizada.

**Figura 10** - Valores médios determinados e resultados da análise de variância e teste de Tukey para Turbidez do caldo extraído. Jaboticabal - SP. 2020.



Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ). ns não significativo ( $p \geq 0,05$ ). CV = Coeficiente de variação. DMS = Diferença mínima significativa.

**Figura 11** - Valores médios determinados e resultados da análise de variância e teste de Tukey para Teor de Amido do caldo extraído. Jaboticabal - SP. 2020.



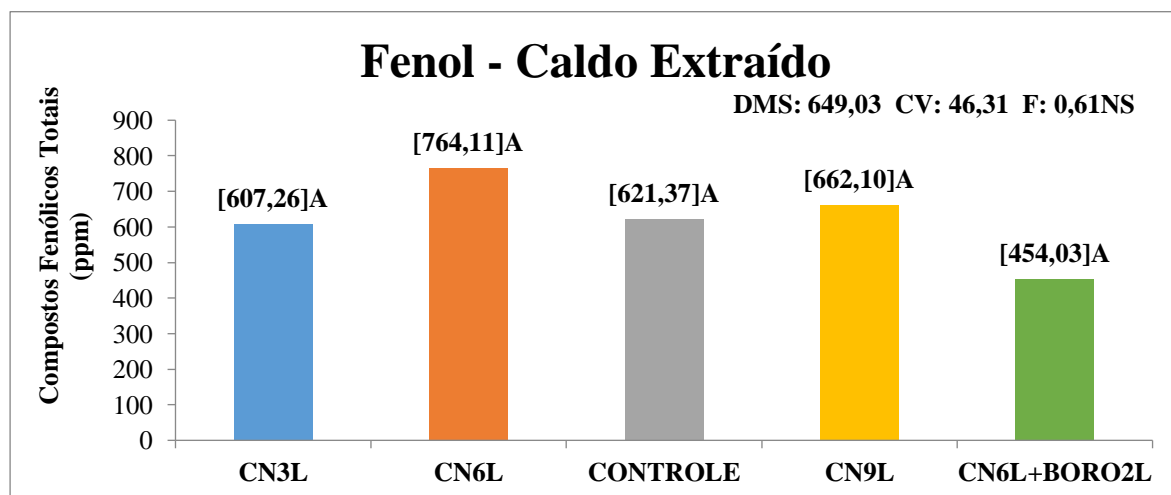
Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ). ns não significativo ( $p \geq 0,05$ ). CV = Coeficiente de variação. DMS = Diferença mínima significativa.

Os Compostos Fenólicos Totais são substâncias presentes nos vegetais, que são mais intensamente produzidas quando a planta se apresenta sob condições de estresse, como a ocorrência de pragas e doenças (RAVANELI et al., 2011). Estas substâncias são consideradas as que mais afetam a cor do caldo extraído dos colmos de cana-de-açúcar. Conseqüentemente, verifica-se a produção de açúcares com colorações mais escuras, uma vez que cerca de 60 a 75% da cor dos cristais é proveniente destes compostos (LEITE, 2000).

Os valores médios para Compostos Fenólicos Totais não apresentaram diferenças estatísticas entre si (Figura 12). Todos os caldos extraídos possuíam teores superiores ao máximo indicado por Ravaneli et al. (2011) no caldo de cana-de-açúcar (cerca de 400 ppm).

Entretanto, Simioni et al. (2006) relataram valores superiores a 2000 ppm/Brix para diversas variedades, observando que os maiores teores foram obtidos quando a colheita foi realizada no mês de outubro. Desta forma, corroboram com este experimento, demonstrando que a concentração de Compostos Fenólicos Totais é mais elevada para cana-de-açúcar de final de safra.

**Figura 12** - Valores médios determinados e resultados da análise de variância e teste de Tukey para Compostos Fenólicos do caldo extraído. Jaboticabal - SP. 2020.



Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ). ns não significativo ( $p \geq 0,05$ ). CV = Coeficiente de variação. DMS = Diferença mínima significativa.

## **Caldo Clarificado**

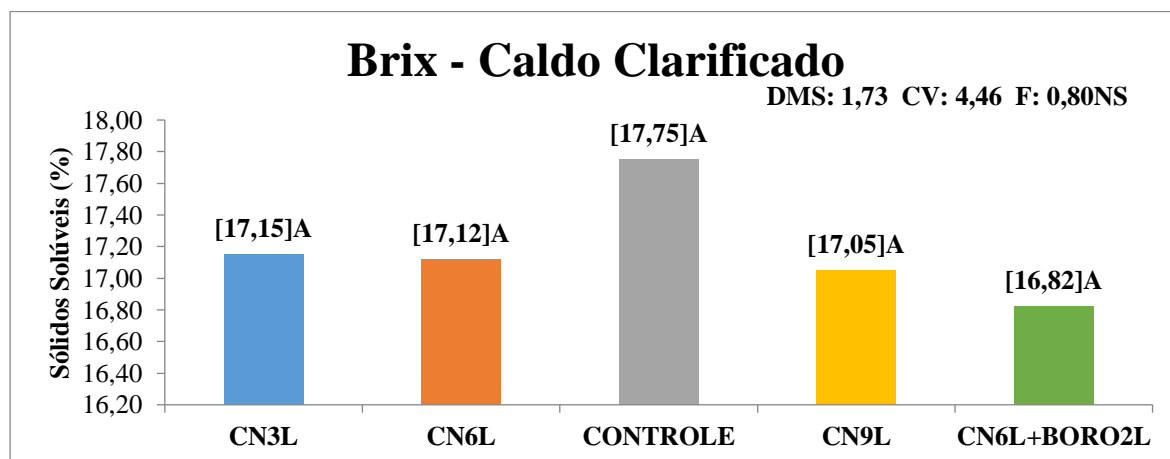
O tratamento do caldo é um processo físico-químico que antecede a produção de açúcar, sendo extremamente importante na eliminação das impurezas e na garantia da qualidade dos cristais de açúcar. Para que seja bem sucedido, o tratamento é realizado em etapas, sendo a primeira destinada à remoção das impurezas grosseiras, por meio de peneiramento e subsequente filtração do caldo extraído (ALBUQUERQUE, 2011).

Após a remoção das impurezas grosseiras através do processo físico, busca-se eliminar as impurezas moleculares e iônicas utilizando-se reações químicas, que ocorrem após o aquecimento do caldo e a adição de polieletrólitos sintéticos a base de acrilamida. Estes têm a função de auxiliar a decantação dos fosfatos de cálcio, aumentando a velocidade da reação de sedimentação, que ocorre no decantador (REIN, 2012).

Os efeitos dos tratamentos efetuados sobre as características químico-tecnológicas dos caldos clarificados (Brix, ART, Pol, pH, Acidez Total, Cinzas, Turbidez, Teor de Amido e Compostos Fenólicos Totais) estão apresentados nas Figuras 13 a 21.

Para otimizar o processo de clarificação, realizou-se a diluição do caldo extraído de todos os tratamentos estudados, com água destilada, padronizando-os a uma concentração de sólidos em torno de 16°Brix. Dessa forma, para Brix do caldo clarificado (Figura 13), não se observou diferenças significativas entre os tratamentos estudados.

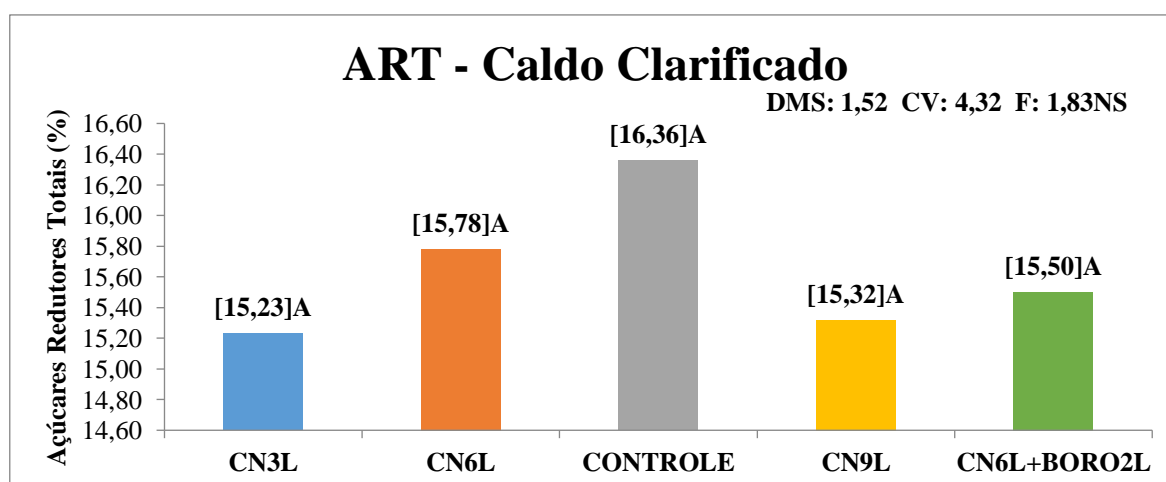
**Figura 13** - Valores médios determinados e resultados da análise de variância e teste de Tukey para Brix do caldo clarificado. Jaboticabal - SP. 2020.



Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ). ns não significativo ( $p \geq 0,05$ ). CV = Coeficiente de variação. DMS = Diferença mínima significativa.

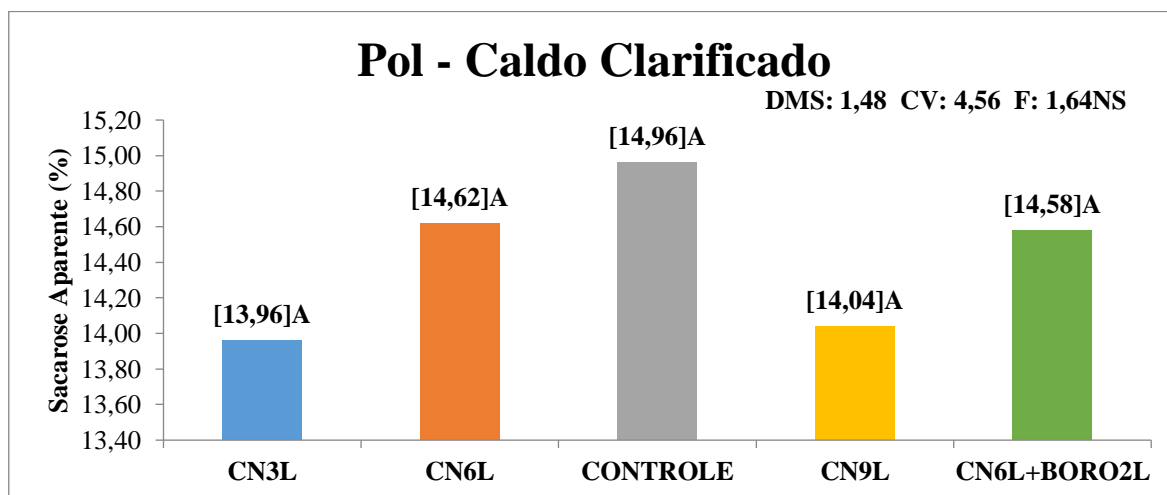
Em virtude da diluição do caldo extraído, as médias de ART e Pol dos caldos clarificados tendem a ser menores. Nesse contexto, analisando-se a Figura 14, observa-se que os resultados obtidos para ART do caldo clarificado indicam que os tratamentos estudados não diferiram estatisticamente entre si. Do mesmo modo, a Pol determinada no caldo clarificado apresentou efeito não significativo entre os tratamentos analisados (Figura 15).

**Figura 14** - Valores médios determinados e resultados da análise de variância e teste de Tukey para Açúcares Redutores Totais do caldo clarificado. Jaboticabal - SP. 2020.



Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ). ns não significativo ( $p \geq 0,05$ ). CV = Coeficiente de variação. DMS = Diferença mínima significativa.

**Figura 15** - Valores médios determinados e resultados da análise de variância e teste de Tukey para Pol do caldo clarificado. Jaboticabal - SP. 2020.



Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ). ns não significativo ( $p \geq 0,05$ ). CV = Coeficiente de variação. DMS = Diferença mínima significativa.

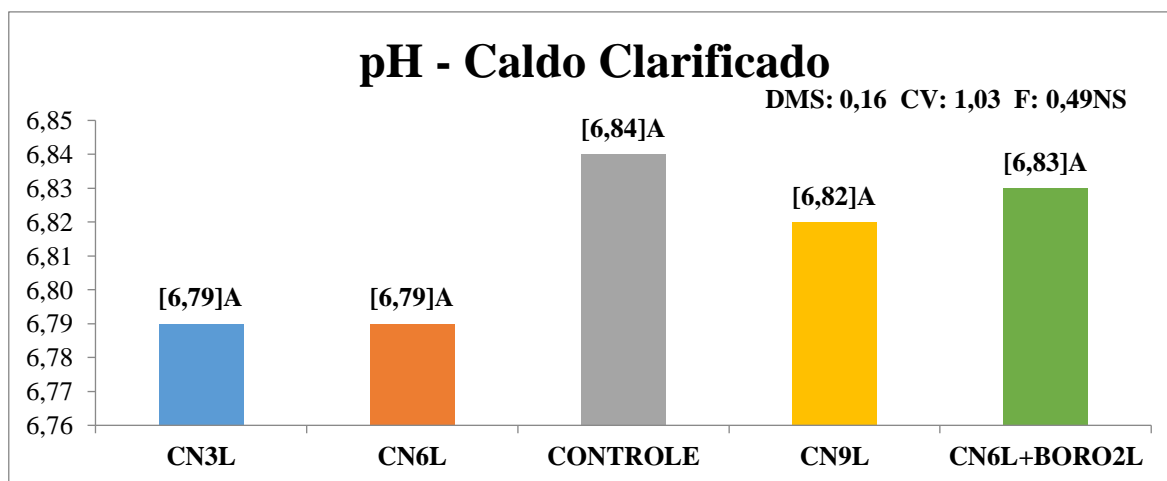
Durante o processo de clarificação, é necessário que, após a diluição do caldo extraído, o pH seja ajustado para 7,0 utilizando-se leite de cal, de modo a conservar e preservar a sacarose. De acordo com os resultados apresentados na Figura 16, verifica-se que todos os tratamentos tiveram uma redução do pH, fenômeno que, segundo Albuquerque (2011), pode ocorrer devido a precipitação do hidróxido de cálcio que é eliminado junto ao lodo formado.

Além disso, Honig (1969) recomenda que os valores do pH do caldo não sejam inferiores a 6,0 de modo a evitar a possível hidrólise ácida e consequente conversão da sacarose em glicose e frutose (açúcares não cristalizáveis). Portanto, os valores determinados no presente experimento demonstram que estes ficaram dentro da faixa recomendada.

Os teores de Acidez Total dos caldos clarificados (Figura 17) apresentaram reduções consideráveis em relação aos teores determinados para o caldo extraído (Figura 08), uma vez que, durante o tratamento do caldo, utiliza-se temperaturas na faixa de 100 a 105°C, que promovem a eliminação de compostos voláteis,

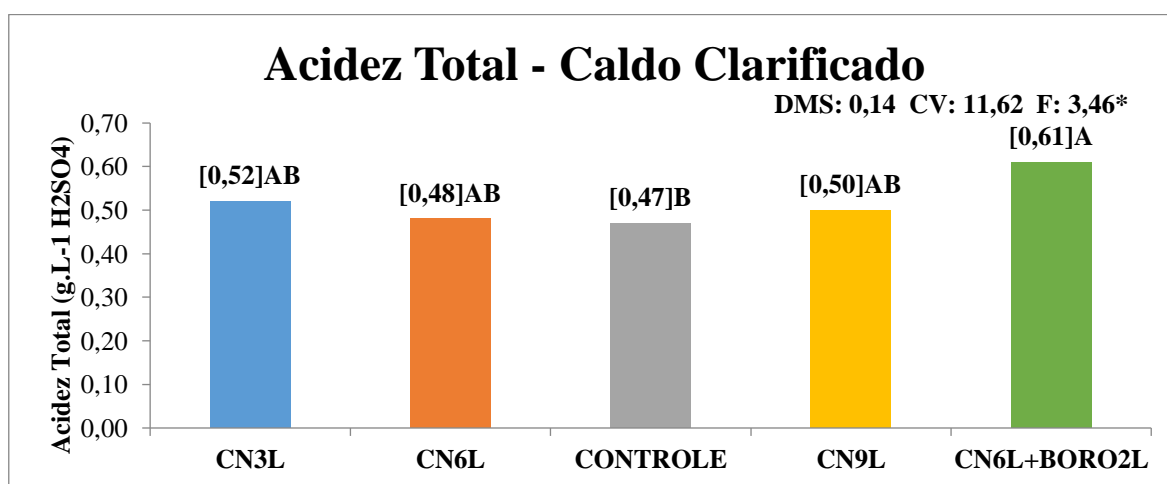
especialmente ácidos orgânicos. A menor média para Acidez Total foi quantificada para o CONTROLE, com redução de 74,59% em relação ao valor obtido para o caldo extraído.

**Figura 16** - Valores médios determinados e resultados da análise de variância e teste de Tukey para pH do caldo clarificado. Jaboticabal - SP. 2020.



Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ). ns não significativo ( $p \geq 0,05$ ). CV = Coeficiente de variação. DMS = Diferença mínima significativa.

**Figura 17** - Valores médios determinados e resultados da análise de variância e teste de Tukey para Acidez Total do caldo clarificado. Jaboticabal - SP. 2020.

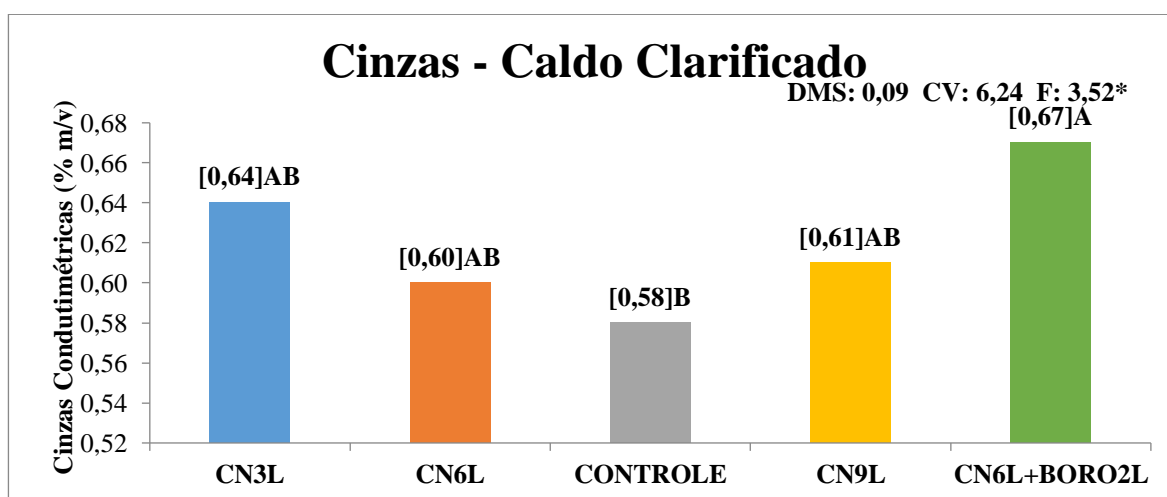


Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ). ns não significativo ( $p \geq 0,05$ ). CV = Coeficiente de variação. DMS = Diferença mínima significativa.

Elevados teores de Cinzas indicam elevados níveis de substâncias inorgânicas, dificultando a recuperação da sacarose e resultando em cristais de

açúcar com menor pureza. Sendo assim, quanto menor o teor de Cinzas encontrado no caldo clarificado, melhor foi o processo de clarificação do caldo extraído (EGGLESTON, 2000). A análise comparativa das Figuras 18 e 09 evidencia que houve redução de 17,95% para CN3L, 18,92% para CN6L, 19,44% para CONTROLE, 19,74% para CN9L e 16,25% para CN6L+BORO2L de Cinzas após a purificação do caldo.

**Figura 18** - Valores médios determinados e resultados da análise de variância e teste de Tukey para Cinzas do caldo clarificado. Jaboticabal - SP. 2020.



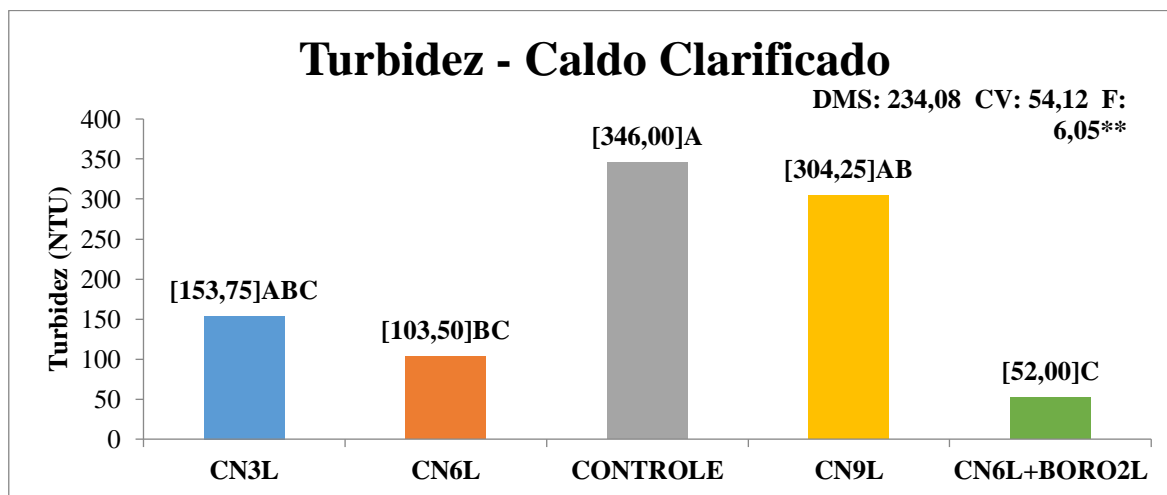
Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ). ns não significativo ( $p \geq 0,05$ ). CV = Coeficiente de variação. DMS = Diferença mínima significativa.

A Turbidez também determina a eficiência do processo de clarificação do caldo, isto porque a remoção de não açúcares, que ficam dispersos no caldo (gomas, amido, proteínas, cinzas, dentre outros), resulta numa solução mais translúcida (EGGLESTON, 2000).

Os resultados obtidos para Turbidez do caldo clarificado (Figura 19), demonstraram que houve uma redução de até 86% para todos os tratamentos em relação ao caldo extraído (Figura 10). A menor média foi observada para CN6L+BORO2L, que apresentou valor 84,97% menor que o CONTROLE,

demonstrando que o caldo obtido a partir desse tratamento apresentou qualidade superior no que se refere à presença de impurezas, condição desejada para a produção de açúcar.

**Figura 19** - Valores médios determinados e resultados da análise de variância e teste de Tukey para Turbidez do caldo clarificado. Jaboticabal - SP. 2020.

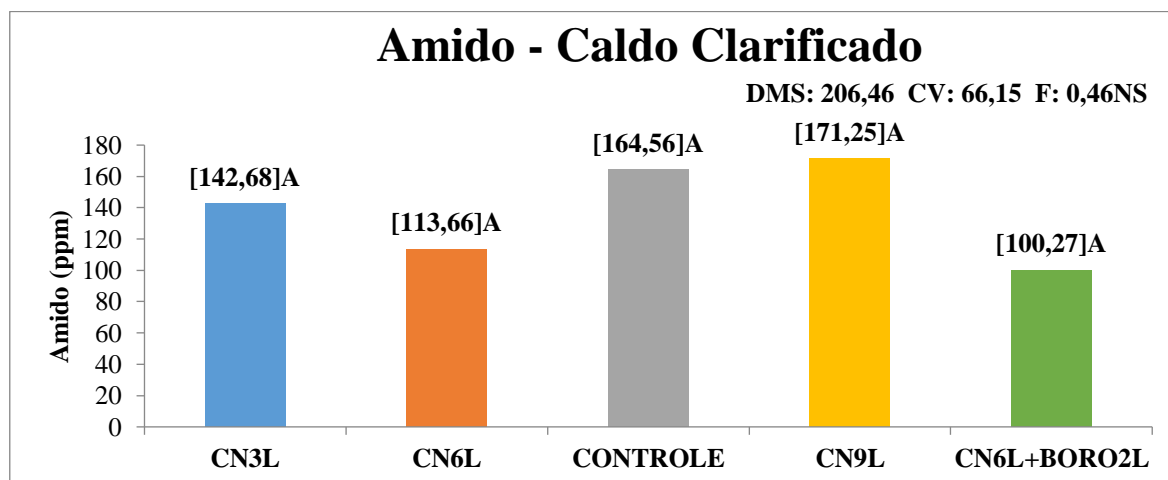


Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ). ns não significativo ( $p \geq 0,05$ ). CV = Coeficiente de variação. DMS = Diferença mínima significativa.

De modo semelhante ao considerado para Cinzas, deve-se ressaltar que elevados Teores de Amido no caldo clarificado contribuem para prejuízos no processamento industrial, principalmente na etapa de cozimento, devido ao aumento da viscosidade (LEMOS, 2012). Da análise da Figura 20, não se verificou efeitos significativos entre os tratamentos realizados para os Teores de Amido. Entretanto, os menores valores foram observados para CN6L+BORO2L e CN6L, com redução de 88,81 e 82,63%, respectivamente, em relação aos caldos extraídos.

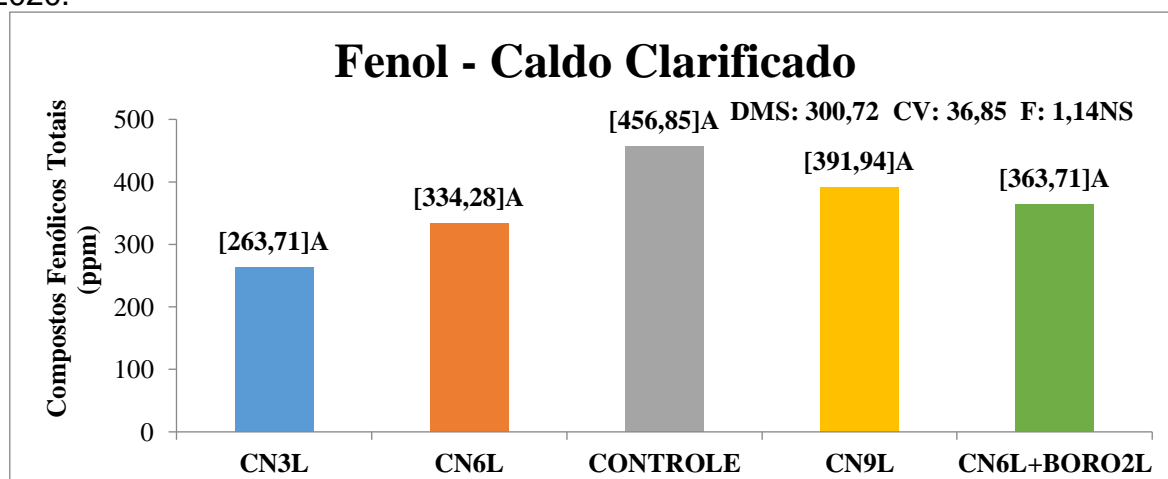
De acordo com a Figura 21, não se observou efeitos significativos entre os tratamentos realizados para os teores de Compostos Fenólicos Totais no caldo clarificado. No entanto, os menores valores foram observados para os tratamentos CN3L e CN6L, que apresentaram redução de 56% em relação aos caldos extraídos.

**Figura 20** - Valores médios determinados e resultados da análise de variância e teste de Tukey para Teor de Amido do caldo clarificado. Jaboticabal - SP. 2020.



Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ). ns não significativo ( $p \geq 0,05$ ). CV = Coeficiente de variação. DMS = Diferença mínima significativa.

**Figura 21** - Valores médios determinados e resultados da análise de variância e teste de Tukey para Compostos Fenólicos do caldo clarificado. Jaboticabal - SP. 2020.



Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ). ns não significativo ( $p \geq 0,05$ ). CV = Coeficiente de variação. DMS = Diferença mínima significativa.

### Qualidade do Açúcar

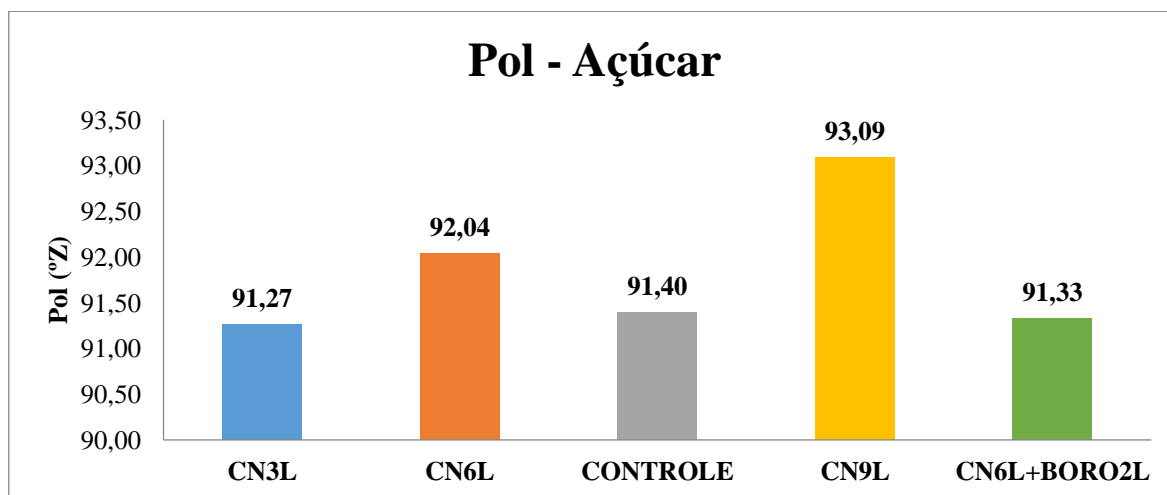
Uma vez preparado o xarope, realizou-se o cozimento e, através da cristalização, obteve-se a massa cozida, que foi submetida à centrifugação para separação dos cristais de açúcar e do melaço. Sendo assim, o açúcar foi secado e caracterizado quanto a Pol, Cinzas Condutimétricas, Umidade, Cor, Teor de Amido,

Turbidez e Compostos Fenólicos Totais, que estão apresentados graficamente nas Figuras 22 a 28.

De acordo com o Regulamento Técnico do Açúcar, estabelecido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil, a Pol (quantidade de sacarose aparente) é um dos parâmetros utilizados para caracterizar e classificar o açúcar. Nesse sentido, temos a seguinte classificação: Açúcar Demerara mín. 96°Z, Açúcar VHP mín. 99°Z, Açúcar VVHP mín. 99,49°Z, Açúcar Cristal Branco mín. 99,50°Z, entre outros (BRASIL, 2018).

De acordo com os valores médios representados na Figura 22, o tratamento CN9L foi o que possibilitou a produção de cristais com a maior concentração de sacarose, em comparação aos demais.

**Figura 22** - Valores médios determinados para Pol do açúcar (°Z). Jaboticabal - SP. 2020.



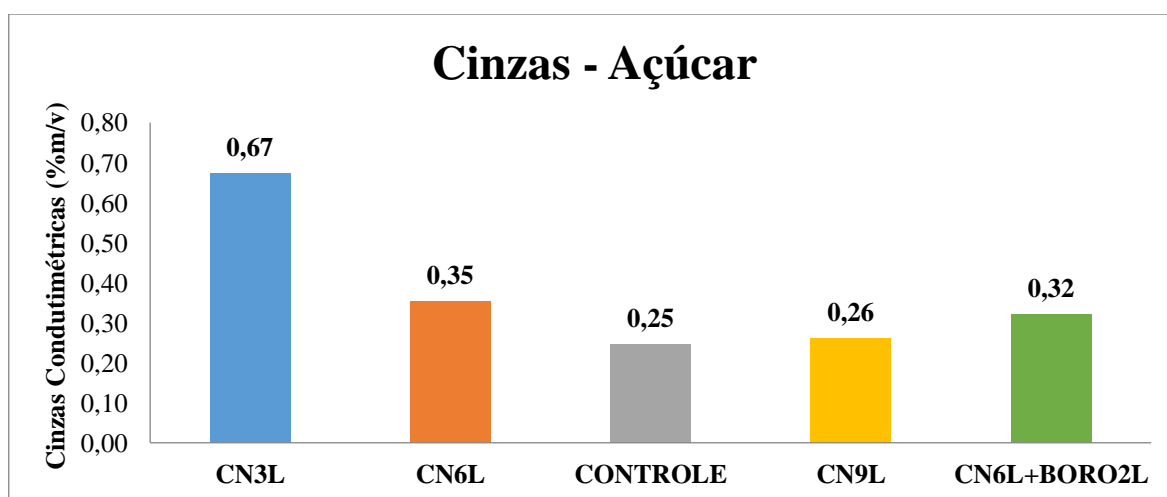
Os açúcares produzidos apresentaram valores de Pol da ordem de 91,27 a 93,09°Z, que enquadra tais cristais na classificação de açúcar bruto ou demerara. Vale ressaltar que o cozimento e a cristalização foram realizados em escala

laboratorial, onde as condições do processamento possibilitam uma boa recuperação da sacarose.

As Cinzas Condutimétricas referem-se ao teor de Cinzas (%), que é determinado pela medida da condutividade elétrica do açúcar em uma solução aquosa de concentração conhecida. A especificação máxima permitida para esse parâmetro classifica os diferentes tipos de açúcar da seguinte maneira: Açúcar Demerara 0,50%, Açúcar VHP 0,25%, Açúcar VVHP 0,15%, Açúcar Cristal Branco 0,10% (BRASIL, 2018). De acordo com Madaleno (2010), as Cinzas presentes no açúcar são formadas principalmente por concentrações remanescentes de cálcio, por ocasião do tratamento do caldo.

Os valores médios obtidos (Figura 23) indicam que o CONTROLE e CN9L, apresentaram os menores teores de Cinzas dentre os tratamentos estudados, indicando um melhor processo de purificação do caldo, refletindo na produção e qualidade dos cristais de açúcar.

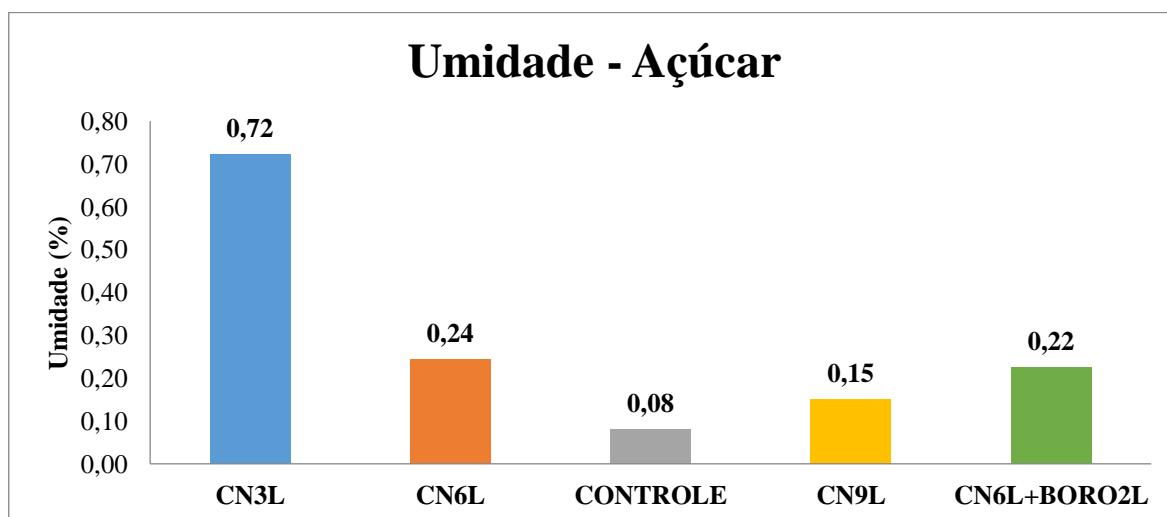
**Figura 23** – Valores médios determinados para Cinzas Condutimétricas do açúcar. Jaboticabal - SP. 2020.



De acordo com Inmetro (2020), o teor de Umidade verifica a quantidade de água presente no produto, de modo que a presença de teores elevados pode trazer riscos para a saúde dos consumidores, por propiciar um ambiente ideal para a proliferação de microrganismos. Quando isso ocorre, a comercialização do produto é proibida, uma vez que se torna impróprio para consumo humano.

Os açúcares produzidos possuem baixos valores de Umidade (Figura 24), sendo que os menores valores foram determinados para CONTROLE e CN9L. O tratamento CN3L obteve a maior umidade, sendo 800% superior ao CONTROLE.

**Figura 24** - Valores médios determinados para Umidade do açúcar. Jaboticabal - SP. 2020.



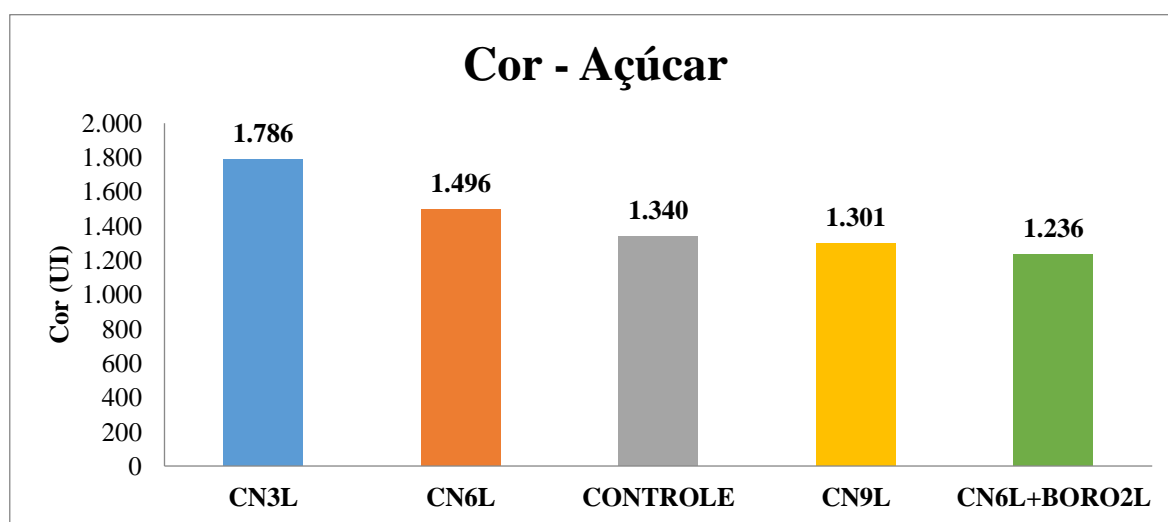
A classificação do açúcar tem relação direta com a coloração, sendo que, quanto menor esse índice, mais claro é o açúcar. Além disso, sua Cor pode influenciar na decisão de compra do consumidor (INMETRO, 2020).

Os açúcares com valores até 1.000 UI são classificados como VVHP e açúcares com valores de 1.000 até 2.500 UI passam a ser denominados como VHP (BRASIL, 2018). Analisando somente a Cor como parâmetro, os cristais de açúcar

obtidos a partir de todos os tratamentos se enquadram como açúcar VHP, uma vez que apresentaram valores superiores a 1.000 UI (Figura 25).

Os tratamentos CN6L+BORO2L e CN9L foram o que apresentaram cristais com as de menores Cores, com valores 7,8 e 2,91 % menores em relação ao CONTROLE, respectivamente.

**Figura 25** - Valores médios determinados para Cor ICUMSA do açúcar. Jaboticabal - SP. 2020.

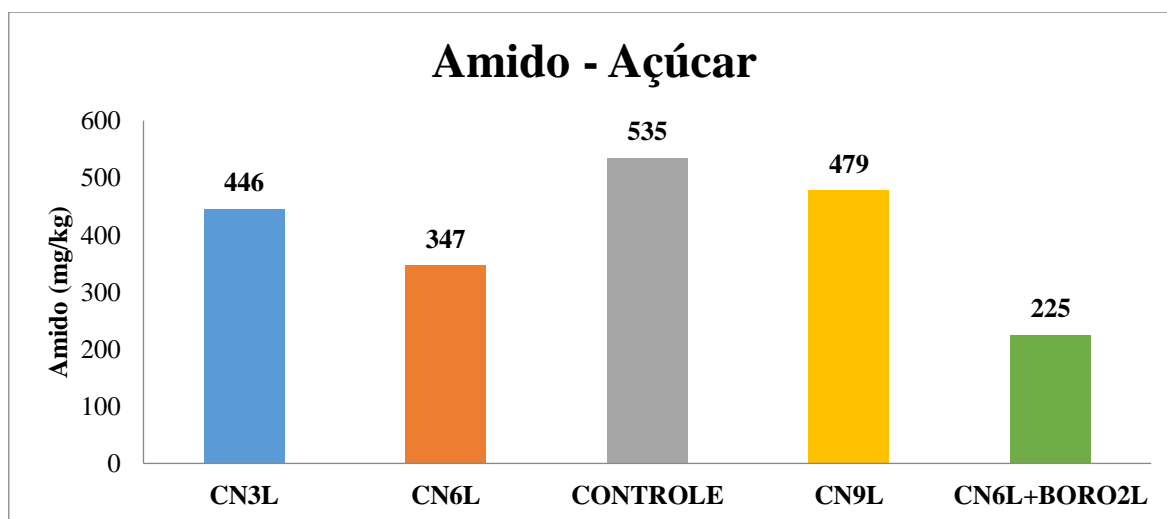


O amido, um polissacarídeo presente no colmo da cana-de-açúcar, é extraído durante o processo de moagem com embebição a quente. Nesse processo, o amido sofre solubilização e gelatinização, sendo transformado de uma forma semicristalina para amorfa. Devido aos processos de clarificação e evaporação, o amido é ainda mais aquecido, causando a liberação de amilose e amilopectina, transformando o caldo em uma solução viscosa e amorfa (LEMOS, 2012).

Nessas condições, o amido é incorporado ao cristal de açúcar, comprometendo a qualidade do produto obtido. No entanto, as concentrações de amido podem aparecer no produto final nos mais variados níveis, não havendo um valor máximo especificado para o açúcar VHP (LEMOS, 2012).

Os resultados obtidos (Figura 26), indicam que o menor Teor de Amido foi quantificado nos cristais de açúcar obtidos a partir do tratamento CN6L+BORO2L. Este, apresentou concentração 57,94% menor do que o CONTROLE, que resultou o maior Teor de Amido dentre os tratamentos realizados.

**Figura 26** - Valores médios determinados para Teor de Amido no açúcar. Jaboticabal - SP. 2020.



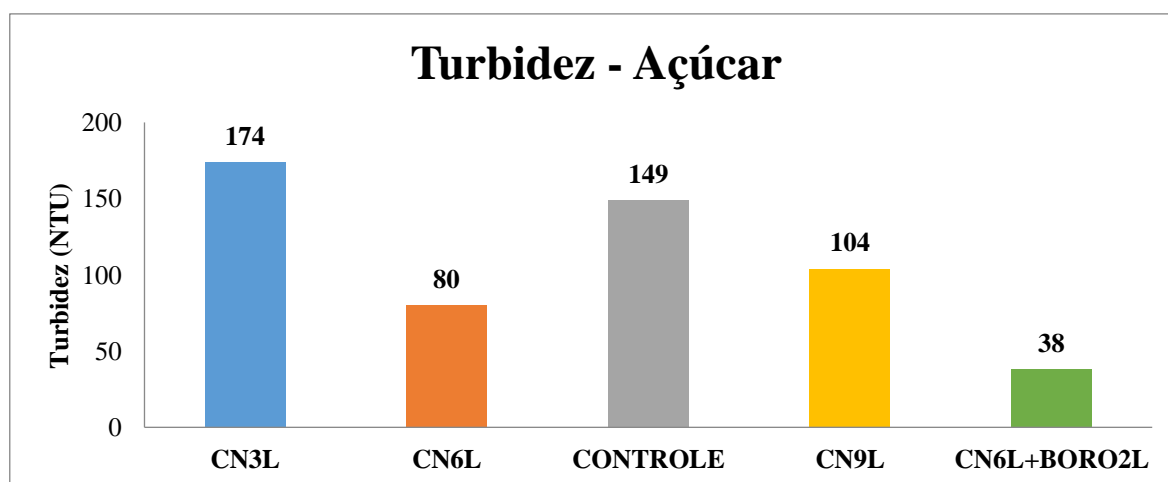
Os valores obtidos para Turbidez do açúcar estão representados na Figura 27. Dessa análise, verifica-se que o menor valor foi determinado para o tratamento CN6L+BORO2L, sendo 74,49% menor do que o CONTROLE. Este resultado pode estar diretamente relacionado ao Teor de Amido no açúcar (Figura 26), que apresenta comportamento similar. De acordo com Oliveira (2014), o aumento da Turbidez das soluções de açúcar pode ser explicado pela presença de altos Teores de Amido.

Os Compostos Fenólicos são pigmentos de baixo peso molecular presentes nas plantas e que, ao reagir com outras moléculas, formam substâncias de coloração amarelo claro a alaranjado. Além disso, em reações com ferro, pode originar compostos mais escuros (OLIVEIRA, 2014).

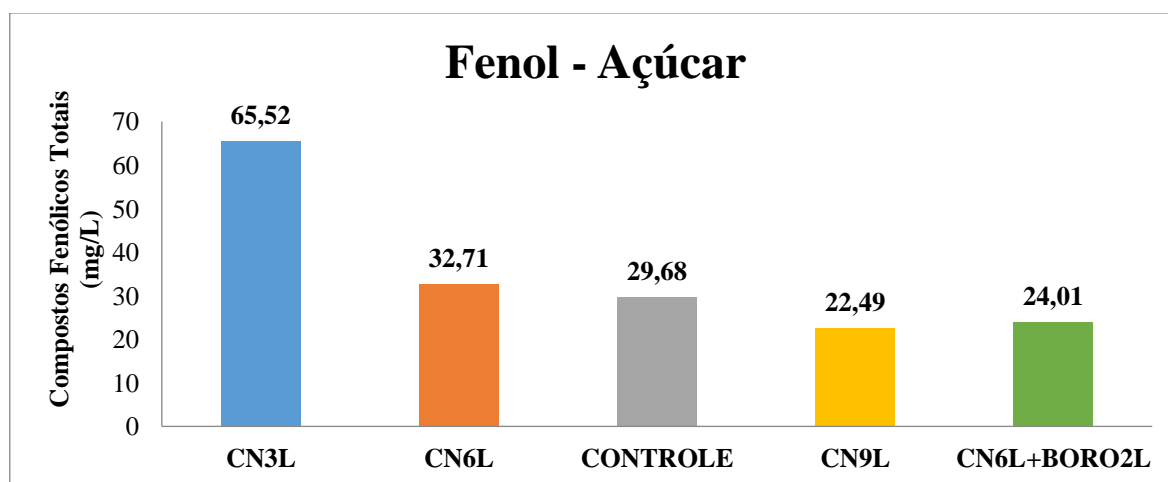
Os resultados obtidos para Compostos Fenólicos Totais (Figura 28) indicam que a maior média foi determinada para o tratamento CN3L. Os menores valores foram encontrados para CN9L e CN6L+BORO2L com teores 66,06 e 63,71% menores que CN3L.

Quando se compara este comportamento com a Cor ICUMSA (Figura 25), pode-se observar uma correlação entre esses parâmetros, indicando o impacto negativo dos Compostos Fenólicos sobre a Cor dos cristais de açúcar.

**Figura 27** - Valores médios determinados para Turbidez do açúcar. Jaboticabal - SP. 2020.



**Figura 28** - Valores médios determinados para Compostos Fenólicos Totais no açúcar. Jaboticabal - SP. 2020.



## CONCLUSÕES

1. Em geral, o emprego do Complexo Nutricional Complementar (CNC) via foliar, associado ou não ao Boro, não teve influência nas características químico-tecnológicas do caldo extraído.
2. O uso de 6 L.ha<sup>-1</sup> do CNC associado à 2 L.ha<sup>-1</sup> de Boro, proporcionou uma grande diminuição da turbidez após à clarificação, obtendo o menor valor entre os tratamentos.
3. O emprego de 3 L.ha<sup>-1</sup> do CNC e 6 L.ha<sup>-1</sup> do CNC não impactou positivamente sobre a qualidade do açúcar.
4. O tratamento com 9 L.ha<sup>-1</sup> do CNC produziu cristais de açúcares com maior teor de Pol e menores concentrações de Cinzas Condutimétricas, Umidade e Compostos Fenólicos Totais.
5. O emprego de 6 L.ha<sup>-1</sup> do CNC associado à 2 L.ha<sup>-1</sup> de Boro produziu cristais de açúcares com menores teores de Cor, Turbidez e Teor de Amido.
6. De modo geral, a utilização de 9 L.ha<sup>-1</sup> do CNC produziu cristais de açúcar de melhor qualidade entre os tratamentos testados.

## REFERÊNCIAS

AGROLINK. **Monsanto lança três variedades de cana-de-açúcar**. São Paulo, 2012. Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/noticias/monsanto-lanca-tres-variedades-de-cana-de-acucar\\_144956.html](https://www.agrolink.com.br/noticias/monsanto-lanca-tres-variedades-de-cana-de-acucar_144956.html)>. Acesso em: 18 jul.2020.

ALBUQUERQUE, F.M. **Processo de fabricação do açúcar**. 3. ed. Recife: Editora Universitária UFPE, 2011. 449 p.

AMORIM, H. V. **Fermentação alcoólica, ciência & tecnologia**. Fermentec: Piracicaba, 2006. 

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

BARBOSA, J.C.; MALDONADO JUNIOR, W. *Experimentação Agrônômica & AgroEstat – Sistema para Análises Estatísticas de Ensaio Agrônômicos*. FUNEP: Jaboticabal, 2015.

BARBUGLI, R. A. **Influência do ambiente construído na distribuição das temperaturas Araraquara/SP**. 2004. 171f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Universidade Federal de São Carlos. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia. São Carlos, 2004.

BRASIL. Instrução normativa nº 47, de 30 de agosto de 2018. Estabelece o Regulamento Técnico do Açúcar, definindo o seu padrão oficial de classificação, com os requisitos de identidade e qualidade, a amostragem, o modo de apresentação e a marcação ou rotulagem, nos aspectos referentes à classificação do produto. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 06 set. 2018. 173 ed. Seção 1, p. 12-15. <sup>[1]</sup><sub>SEP</sub>

BRUNINI, R. G. **Índice de estresse hídrico na cultura de cana-de-açúcar, em superfícies irrigadas sobre diferentes exposições e declividades**. 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista-Unesp, Jaboticabal, 2016.

CHAVAN, S. M.; KUMAR, A.; JADHAV, S. J. Rapid quantitative analysis of starch in sugarcane juice. **International Sugar Journal, Glamorgan**, v. 93, n. 107, p. 56-59, 1991.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: Cana-de-açúcar**. Terceiro levantamento, Brasília, v. 7 , 2020.

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

CTC. **Revista Censo CTC: Safra 2013/2014**. Brasil, v.1, n.1, p.16, 2015.

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

EGGLESTON, G. **Hot and cold lime clarification in raw sugar manufacture II: Lime addition and settling behavior**. *International Sugar Journal*, v. 102, n. 1221, p. 453-457, 2000.<sup>[L]<sub>SEP</sub></sup>

FOLIN, O.; CIOCALTEU, V. On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 73, n.2, p.627-50, 1927.

HAMERSKI, F. **Estudo de variáveis no processo de carbonatação do caldo de cana-de-açúcar**. Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Tecnologia de Alimentos ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná. 2009.

HONIG, P. **Princípios de Tecnologia Azucareira**. v.1. Companhia Editorial Continental: Mexico, 1969.<sup>[L]<sub>SEP</sub></sup>

INMETRO. **Açúcar**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/acucar.asp#normas>>. Acesso em 12 jun. 2021.

LANE, J. H.; EYNON, L. **Determination of reducing sugars by Fehling solution with methylene blue indicator**. London: Norman Rodger, 1934. 8 p.

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

Campinas, 2000.

LEITE, G. H. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; SILVA, M. A.; VENTURINI FILHO, W. G. Reguladores vegetais e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar em meio de safra. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1843-1850, 2008.

LEITE, G. H. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; SILVA, M. A.; VENTURINI FILHO, W. G. Desenvolvimento e produtividade da cana-de-açúcar após aplicação de reguladores vegetais em meio de safra. *Semina-ciencias Agrarias*. Londrina: Universidade Estadual de Londrina (UEL), v. 32, n. 1, p. 129-138, 2011.

LEMOS, Lorena Ranucci. **Influência de diferentes teores de dextrana e amido em açúcar cristal na formação de flocos em soluções ácidas carbonatadas e soluções alcoólicas**. 2012. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA, Ponta Grossa, 2012.

MACHADO, S. S. **Tecnologia da fabricação do açúcar**. Inhumas: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, 2012. 56 p.

MADALENO, L.L. **Cigarrinha-das-raízes na cana-de-açúcar e qualidade do açúcar produzido**. Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal). 2010.

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.

MUTTON, M. R. J. **Reflexos da qualidade da matéria-prima sobre a fermentação etanólica**. Workshop sobre produção de etanol: qualidade da matéria-prima. Lorena, 2008. Disponível em

<[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4263424/mod\\_resource/content/1/Artigo%202.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4263424/mod_resource/content/1/Artigo%202.pdf)>. Acesso em: 17 jul. 2020.

MUTTON, M. J. R.; MUTTON, M. A. Identificação de perdas de açúcares no setor agrícola. **STAB**, v.23, n.4, p.42-46, 2005.

OLIVEIRA, D. T. Parâmetros de qualidade do açúcar e amarelecimento no armazenamento. In: Simpósio Açúcar. **Simpósio Açúcar - CEAGESP**. Araraquara: Hotel Dan In. 2014. [L]  
[SEP]

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. Jaboticabal. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 407p.

SCHENEIDER, F. Sugar Analysis ICUMSA methods. Peterborough: ICUMSA, 1979, p. 265.

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

REIN, P.; **Cane Sugar Engineering**. 2 ed. Berlin: Bartens, 2012. [L]  
[SEP]

SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural de Goiás. **Curso - Cultivo e produção de cana-de-açúcar**. Goiás: EAD - SENAR GOIÁS, 2018.

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

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

UNICA – União da Indústria de Cana-de-Açúcar. **Números finais da safra de cana-de-açúcar 2020/21 no Centro-Sul.** São Paulo, 2021.

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