



DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n2p154-159>

Reflexos da clarificação do caldo de cana com moringa sobre compostos inorgânicos do açúcar VHP

Gustavo H. G. Costa¹, Igor S. Masson², Lidiane A. de Freitas³, Juliana P. Roviero⁴ & Márcia J. R. Mutton⁵

Palavras-chave:

caleagem simples
polieletrólito
setor sucroenergético
cristalização
especificação de açúcar

RESUMO

Objetivou-se, neste trabalho, avaliar os reflexos da clarificação do caldo de cana utilizando extrato de folhas e sementes de moringa (*Moringa oleifera* Lamarck) como auxiliares de sedimentação sobre os teores dos compostos inorgânicos do caldo clarificado e do açúcar VHP (Very High Purity - Tipo Exportação) produzido. O delineamento experimental utilizado foi o fatorial 5 x 2 com quatro repetições; o primeiro fator correspondeu aos auxiliares de sedimentação: extrato de folhas e sementes de moringa, polieletrólito sintético e testemunha; já o segundo fator correspondeu a duas variedades de cana-de-açúcar: RB92579 e RB867515. O caldo extraído foi clarificado através de caleagem simples, concentrado até 60 °Brix e submetido ao processo de cozimento. No caldo original, clarificado e no açúcar produzido, foram quantificados os teores de fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês e ferro além do teor de cinzas totais. Os empregos dos extratos de folhas e sementes de moringa se mostraram eficazes no tratamento do caldo destinado à produção de açúcar, por eliminar quantidades significativas de cálcio e ferro em comparação ao polieletrólito sintético. O extrato de folhas foi o melhor auxiliar de sedimentação, quando comparado aos demais.

Key words:

simple defecation
polyelectrolyte
sucroenergetic sector
crystallization
sugar specification

Reflects of clarification of sugarcane juice with moringa on inorganic compounds of sugar VHP

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the effects of sugarcane juice clarification, using extract of leaves and seeds of moringa (*Moringa oleifera* Lamarck) as auxiliary sedimentation, on the concentration of inorganic compounds of clarified juice and sugar VHP (Very High Purity - Export Type). The experimental design used was a 5 x 2 factorial arrangement with four replications. The performed main treatments included the extracted original sugarcane juice, the synthetic polyelectrolyte, the leaf and seed extract, and a control. The secondary treatments consisted of the sugarcane varieties RB92579 and RB867515. The sugarcane juice was clarified by simple defecation, evaporated until 60 °Brix and subjected to a cooking process. In the original juice, in the clarified juice and in the produced sugar the phosphorus, potassium, calcium, sodium, magnesium, manganese, iron and total ashes contents were quantified. The use of extract of leaves and seeds of moringa was effective on juice treatment destined to sugar production, as they removed high quantities of calcium and iron compared to the synthetic polymer. The extract of leaves was the better auxiliary in sedimentation when compared to the others.

Protocolo 011.14 – 14/01/2014 • Aprovado em 12/09/2014 • Publicado em 01/02/2015

¹ FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP. E-mail: ghg_costa@hotmail.com (Autor correspondente)

² FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP. E-mail: igor_smasson@yahoo.com.br

³ FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP. E-mail: lilidyaneli@ig.com.br

⁴ FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP. E-mail: juroviero@hotmail.com

⁵ FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP. E-mail: marcia.mutton@gmail.com

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é cultivada em todo o mundo apresentando uma produção de aproximadamente 1,7 bilhão de toneladas (FAO, 2013) que, processadas, resultaram em 180 milhões de toneladas de açúcar (ILLOVO, 2013).

Para a unidade industrial a matéria-prima deve atender a uma conjunção de parâmetros tecnológicos e microbiológicos, os quais são constituintes ativos da qualidade. Os principais fatores de qualidade são: variedade de cana, meio ambiente, pragas, doenças e planejamento agrícola (plantio, maturação e o manejo da colheita). Esses fatores, isolados ou associados, podem aumentar a quantidade de biomoléculas prejudiciais à indústria sucroalcooleira como os compostos fenólicos, os quais aumentam a cor do caldo extraído e, conseqüentemente, a do açúcar produzido (Borges et al., 2012) além de serem inibidores da levedura no processo de fermentação (Ravaneli et al., 2011).

Neste contexto deve-se destacar também os compostos inorgânicos que a matéria-prima apresenta, como potássio, cálcio, silício, ferro e cobre, entre outros. Atualmente e com a utilização do sistema de colheita mecanizada que também carrega para a indústria além dos colmos, folhas, ponteiros da cana e terra, ocorre aumento significativo do teor desses elementos. Thai et al. (2012) relataram aumento de 13% de cálcio, 32% de magnésio e 7,6% de silício, ao comparar a colheita mecanizada com a colheita manual com queima prévia da palhada.

Esses compostos inorgânicos devem ser retirados do caldo quando se objetiva a produção de açúcar de qualidade atendendo às especificações do mercado. Sua presença no produto final obtido, embora possa ser considerado nutricionalmente favorável ao consumo humano, é prejudicial quando se considera seu emprego nas indústrias de refrigerantes, balas, remédios e cosméticos, entre outros (Oliveira et al., 2007).

Destaca-se, ainda, o efeito negativo dos compostos inorgânicos para refinarias uma vez que o açúcar, ao ser diluído (calda), aquecido e clarificado, gera um resíduo precipitado (lodo) que é separado por filtração, sendo esses elementos produtores de maiores teores de lodo e redutores do ciclo de operação desses filtros (Oliveira et al., 2007). Neste sentido, deve-se ressaltar que a presença de sódio, potássio, cálcio e magnésio que não forem previamente separados na clarificação da calda, compromete a cristalização da sacarose reduzindo a quantidade de açúcar produzido e aumentando a quantidade de melação residual (Rein, 2012).

A presença de ferro pode desencadear o amarelecimento do cristal de açúcar através da reação com o oxigênio do ar e compostos fenólicos presentes. O resultado deste processo é a desqualificação do cristal e conseqüente desvalorização comercial (Simioni et al., 2006).

O processo industrial responsável pela remoção desses elementos é o tratamento do caldo. Atualmente, pode ser realizado por caleagem simples, sulfodefecação, carbonatação e ozonização, dentre outros. Em todos esses processos as impurezas são removidas através da precipitação resultante da reação entre fosfatos presentes no caldo e insumos adicionados (Rein, 2012). Objetivando acelerar o processo de sedimentação

desses compostos são adicionados polieletrólitos catiônicos ou aniônicos que reagem com os coágulos formados resultando em flocos de peso e tamanho maiores que, como conseqüência, se precipitam mais rapidamente (Doherty, 2011).

O caldo clarificado deve apresentar teores mínimos de compostos orgânicos e inorgânicos sem que ocorram remoção, precipitação ou destruição de açúcares. Quando presentes em quantidades elevadas esses compostos podem ficar retidos na superfície dos cristais de açúcar.

Considerando os novos paradigmas que estão direcionando a produção sustentável e econômica, verifica-se a utilização de produtos originados de fontes naturais, como plantas, cujo cultivo pode ser realizado nas próprias áreas agrícolas da agroindústria reduzindo custos, agregando valor ao açúcar produzido, não gerando resíduos poluentes ao ambiente. Essas informações são imprescindíveis; entretanto, a literatura não dispõe de relatos que contemplem a utilização de novos produtos passíveis de favorecer a remoção de tais compostos inorgânicos.

Neste contexto, o emprego de extratos de folhas e sementes de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) que são utilizados desde tratamentos medicinais até o tratamento de águas de efluentes contaminados, se destacam como potenciais substitutos de coagulantes inorgânicos, como o sulfato de alumínio e o cloreto de polialumínio (Bhuptawat et al., 2006). A eficiência com que os extratos desta planta conseguem remover, por precipitação, as impurezas presentes na água, direcionou estudos para o desenvolvimento de um produto que possa substituir os polieletrólitos utilizados atualmente como floculantes secundários das impurezas do caldo de cana.

Com tal propósito, objetivou-se neste trabalho avaliar os reflexos provocados pela adição de extrato de folhas e sementes de moringa como auxiliares de sedimentação na clarificação do caldo de cana sobre os teores de compostos inorgânicos no caldo clarificado e nos cristais de açúcar VHP produzidos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de Tecnologia do Açúcar e do Alcool da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP, Jaboticabal, SP, safra 2011/2012.

O delineamento experimental utilizado foi o fatorial de 5 x 2 com quatro repetições em que o primeiro fator correspondeu ao caldo extraído e aos caldos clarificados com diferentes auxiliares de sedimentação: extrato de folhas e sementes de moringa, polieletrólito sintético Flomex 9076 e testemunha (sem adição de auxiliar de sedimentação) enquanto o segundo fator se referiu a duas variedades de cana-de-açúcar: RB92579 e RB867515, cultivadas na região de Jaboticabal, SP.

O extrato de folhas foi preparado segundo metodologia descrita por Ghasi et al. (2000) e o de sementes de acordo com Bhatia et al. (2007) e foram aplicados nas concentrações de 5 e 100 mg L⁻¹, respectivamente; as dosagens foram estabelecidas após a realização de ensaios preliminares.

As variedades de cana foram colhidas em seu ponto de maturação e submetidas à extração do caldo em moenda de laboratório. No caldo extraído foram adicionados 300 mg L⁻¹ de ácido fosfórico e, posteriormente, hidróxido de cálcio 6° Bé até pH 7,0 ± 0,1. O caldo dosado foi aquecido até a fervura

e disposto em proveta de 1 L já contendo os auxiliares de sedimentação, em sistema de decantação para sedimentação das impurezas. O caldo clarificado foi coletado após 20 min de repouso e filtrado em papel de filtro Qualy (18,5 cm de diâmetro e 14 µm de porosidade) para efetiva separação do lodo (CTC, 2005).

O caldo clarificado foi concentrado até 60 °Brix em rotoevaporador de simples efeito, originando o xarope que foi submetido a cozimento em cozedor piloto em sistema de uma massa, mantido em temperatura de $61 \pm 2,0$ °C na zona metaestável de supersaturação. A nucleação foi realizada pelo processo de sementes.

Após cristalização da sacarose a massa cozida foi centrifugada a 6.300 g por 5 min, com lavagem inicial dos cristais com vapor a 1 kgf cm^{-2} . Inicialmente, o açúcar foi seco em secador de fluxo de ar quente e, posteriormente, em estufa a 35 °C por 12 h.

Ao longo deste processo foram avaliados a quantidade de cinzas solúveis totais (CTC, 2005) e o teor de fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês e ferro, no caldo extraído, clarificado e no açúcar obtido. A quantificação desses compostos foi realizada através de espectrofotometria de absorção atômica, segundo AOAC (1997).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas segundo o teste de Tukey (0,05) utilizando-se o programa Assistat versão 7.6 beta (Silva & Azevedo, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

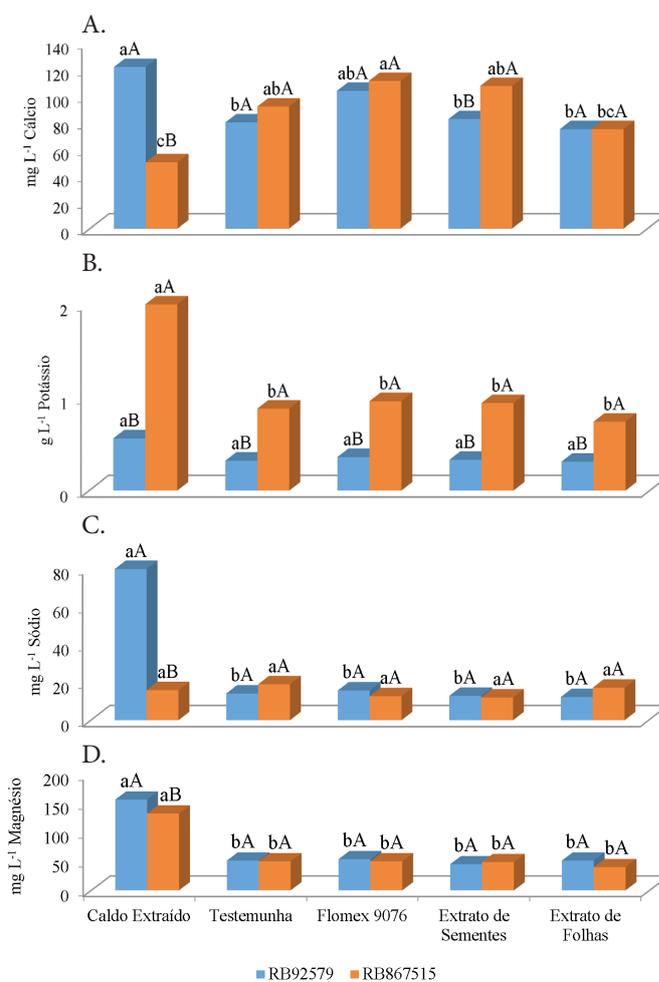
Encontram-se na Tabela 1 e Figura 1 os teores de fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês, ferro e cinzas solúveis no caldo original e clarificado com diferentes auxiliares de sedimentação de duas variedades de cana-de-açúcar.

Comparando o caldo extraído das duas variedades de cana observou-se que a RB92579 apresentou maiores teores de cálcio, sódio e magnésio enquanto a RB867515 continha maior concentração de potássio.

Tabela 1. Valores médios observados para manganês, ferro e cinzas solúveis no caldo original e clarificado com diferentes auxiliares de sedimentação para duas variedades de cana-de-açúcar

	Mn (mg L ⁻¹)	Fe (mg L ⁻¹)	Cinzas solúveis (%)
Caldos (C)			
Caldo extraído	3,90 A	5,18 A	0,51 A
Testemunha	0,12 B	0,06 B	0,55 A
Flomex 9076	0,10 B	0,20 B	0,59 A
Extrato de sementes	0,12 B	0,25 B	0,56 A
Extrato de folhas	0,12 B	0,06 B	0,50 A
Teste F	312,02**	173,99**	2,49 ns
DMS	0,39	0,70	0,09
Variedades de cana (V)			
RB92579	0,80 A	1,12 A	0,38 B
RB867515	0,94 A	1,18 A	0,71 A
Teste F	2,57 ns	0,18 ns	239,06**
DMS	0,17	0,31	0,04
C.V.	30,95	42,00	12,51
Inter. C x V	2,60 ns	0,37 ns	1,79 ns

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade; ns - Não significativo; * Significativo a nível de 0,05, ** Significativo a nível de 0,01. Inter. CxV - Interação entre caldos (tratamentos principais) e as variedades de cana (tratamentos secundários)



Letras minúsculas comparam tratamentos principais e letras maiúsculas comparam tratamentos secundários (variedades)

Figura 1. Representação para interação entre teores de cálcio (A), potássio (B), sódio (C) e magnésio (D), contidos no caldo extraído e caldos clarificados empregando-se diferentes auxiliares de sedimentação para as duas variedades de cana-de-açúcar

De modo geral, verificou-se que o processo de clarificação por caleagem simples reduziu significativamente a quantidade de potássio, sódio, magnésio, manganês e ferro do caldo. Destaca-se que a adição de alguns floculantes, em especial o sintético Flomex 9076, resultou em aumento de cálcio no caldo clarificado para a variedade RB867515.

Considerando que no processo de clarificação industrial se adiciona este produto pela sua capacidade coagulante, o aumento ou a manutenção dos teores de cálcio deve ser cuidadosamente observado (Doherty, 2011). Deve-se, porém, ressaltar que a redução deste elemento é de grande importância para a tecnologia açucareira uma vez que pode ficar retido no cristal de açúcar (Borges et al., 2012), além de ser importante precursor de incrustações em evaporadores (Doherty et al., 2008). Ademais, a elevada presença deste composto no caldo clarificado a elevadas faixas de pH (maiores que 8), pode resultar na degradação alcalina dos açúcares formando produtos coloridos que poderão ficar retidos nos cristais (Coca et al., 2004).

Neste estudo a utilização de extrato de folhas de moringa como auxiliar de sedimentação foi o tratamento mais eficiente para manter baixos níveis de cálcio no caldo clarificado para

as duas variedades estudadas (Figura 1A). É provável que este produto adsorveu ou até mesmo reagiu com os íons de cálcio livres em solução, precipitando-os e os eliminando no lodo formado.

Para o potássio verificou-se que o tratamento do caldo por caleagem simples somente reduziu em 50% os teores deste elemento para a variedade RB867515 em relação ao caldo original, o qual apresentava valores próximos a 2 g L^{-1} (Figura 1B). Tal comportamento também foi observado para o sódio sendo que a clarificação somente reduziu este elemento dos caldos da variedade que apresentava elevadas concentrações (RB92579) atingindo índices de remoção de até 87,5% (Figura 1C).

Tais resultados contradizem relatos de Delgado & Cesar (1977) os quais afirmam que o tratamento químico à base de cálcio não remove esses compostos. A redução de potássio e de sódio é imprescindível para o processo de produção de açúcar uma vez que esses sais aumentam a solubilidade da sacarose favorecendo a maior formação de meis. Ao mesmo tempo, podem ficar retidos nos cristais aumentando o teor de cinzas do açúcar (Rein, 2012).

Deve-se considerar ainda que o potássio pode realizar ligações originando compostos orgânicos de característica espumosa, os quais são prejudiciais aos equipamentos da fábrica em razão de aumentarem o volume da solução (Delgado & Cesar, 1977); outro ponto a ser destacado é que os diferentes floculantes não afetaram a concentração final desses elementos.

Analisando os teores de manganês e ferro nos caldos de cana (Tabela 1), verificou-se que ambas as variedades apresentavam concentrações semelhantes desses elementos. Os tratamentos estudados indicam redução significativa desses compostos sendo que os auxiliares de sedimentação não influenciaram sua concentração final. Esses resultados corroboram com os relatos de Delgado & Cesar (1977).

A remoção de ferro é importante para a tecnologia açucareira haja vista que este reage com compostos fenólicos na presença do oxigênio do ar aumentando a cor do caldo (Boue et al., 2013). Borges et al. (2012) verificaram que 20 mg L^{-1} de ferro a mais no caldo clarificado promovem o aumento de aproximadamente 10% da cor.

Após a quantificação de cada composto inorgânico presente no caldo extraído e clarificado com diferentes floculantes das duas variedades de cana-de-açúcar, avaliaram-se os teores de cinzas solúveis presentes. Esta análise é um indicativo rápido e indireto da quantidade total desses elementos presentes no caldo de cana, em especial os potássio, sódio, cálcio e magnésio, pois quando em solução alteram a condutividade elétrica do meio (Jackson et al., 2008).

Em virtude de apresentar elevada quantidade de potássio, que não foi totalmente removido no processo de tratamento do caldo, a variedade de cana RB867515 apresentou maiores valores de cinzas solúveis em relação à variedade RB92579 porém não foram observadas diferenças significativas entre os floculantes utilizados.

Após a clarificação dos caldos realizou-se a concentração até 60°Brix seguida de evaporação lenta e controlada (cozimento) com cristalização por sementes; em seguida, os açúcares foram recuperados através de processo de centrifugação e secados em estufa com temperatura controlada e posteriormente avaliados quanto aos teores de potássio, magnésio, manganês, ferro,

cálcio, sódio (Tabela 2 e Figura 2) e cinzas totais (Figura 3). Avaliando os teores de potássio dos açúcares verificou-se que os cristais provenientes do cozimento de caldos originados da variedade RB867515 apresentaram os maiores valores (Figura 2A), resultados similares aos observados para o caldo extraído.

Comparando os reflexos dos diferentes floculantes na qualidade dos açúcares observou-se que o extrato de folhas de moringa aplicado como auxiliar de sedimentação no tratamento do caldo, resultou em menores índices de potássio no produto final. Este comportamento também foi verificado quando se avaliaram os teores de magnésio no açúcar produzido, com efeito mais pronunciado com a utilização de extrato de folhas de moringa (Figura 2B).

Quantificando o sódio nos açúcares produzidos verificou-se que os valores variaram de 80 a 130 mg kg^{-1} , entretanto, tais valores não foram suficientes para que ocorressem diferenças significativas entre os tratamentos utilizados (Figura 2C).

É oportuno destacar que, se os cristais produzidos forem utilizados como matéria-prima para refinarias, serão diluídos e recristalizados objetivando padronização de tamanho e cor dos cristais. A elevada presença de potássio e sódio dificulta significativamente a recristalização da sacarose resultando em redução do rendimento industrial além de maiores gastos de energia para a realização deste processo (Rein, 2012).

Avaliando o teor de cálcio nos cristais foram observadas menores concentrações para os açúcares obtidos a partir de caldos clarificados com extratos de folhas e sementes de moringa (Figura 2D). A presença de cálcio no açúcar resulta no aumento de cinzas impactando negativamente o processamento nas refinarias, indústrias de alimentos, cosméticos e fármacos.

Admite-se ainda que elevadas quantidades de cálcio no açúcar podem resultar na presença de flocos (névoa) em bebidas alcoólicas e não alcoólicas que, embora possam não ser prejudiciais à saúde humana, prejudicam o aspecto do produto (Murtagh & Tebble, 1997; Oliveira et al., 2007). Neste contexto se ressalta o efeito benéfico resultante da ação dos extratos de folhas e sementes de moringa.

Merece especial atenção a maior quantidade de ferro no tratamento em que se utilizou Flomex 9076, que é um polímero comumente empregado nas unidades industriais (Tabela 2). Quando presente, ele promove aumento de cor no açúcar uma vez que é constituinte fundamental da reação entre compostos fenólicos e oxigênio do ar. O amarelecimento compromete a qualidade do açúcar obtido (Simioni et al., 2006; Skrbic & Gyura 2007; Rein, 2012; Borges et al., 2012) e reduz a procura do cliente por este produto, sobretudo os que o utilizam como matéria-prima para fabricação de bebidas transparentes ou outros produtos de baixa coloração, de forma a garantir o "shelf-life" dos mesmos (Oliveira et al., 2007). Neste sentido deve-se destacar a eficácia dos extratos de folhas e sementes de moringa, que promoveram produtos com menor teor de ferro.

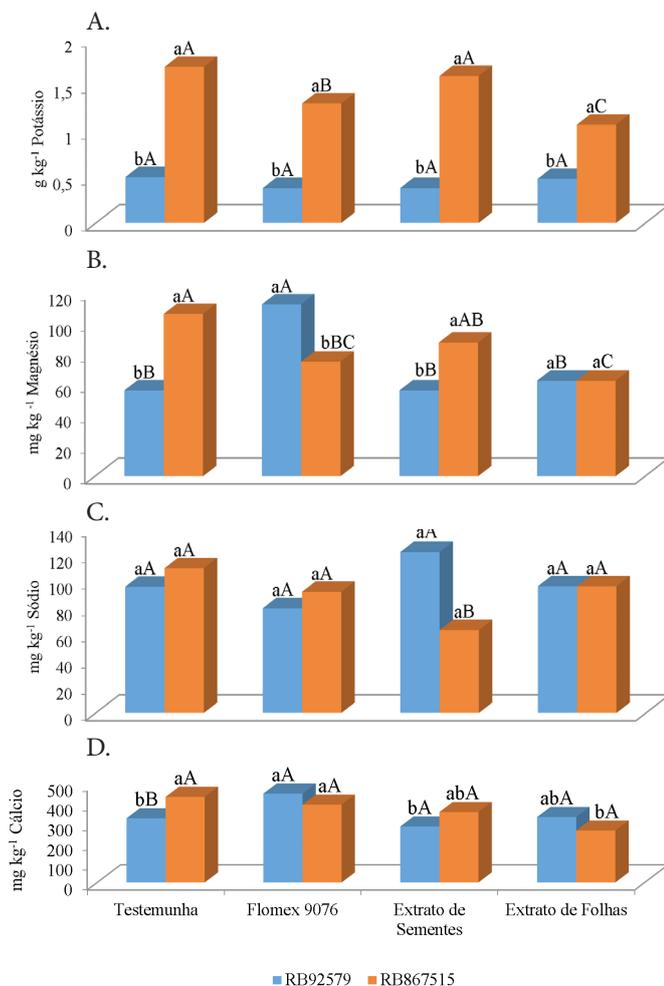
A presença de manganês nos cristais de açúcar não foi detectada.

Após a análise isolada dos compostos quantificou-se o teor total de cinzas dos açúcares produzidos (Figura 3). Verificou-se que o produto obtido a partir da variedade RB867515 apresentou os maiores valores em comparação à RB92579 cujo resultado se deve à maior presença de potássio nos cristais, fato já considerado anteriormente.

Tabela 2. Valores médios observados para os teores de fósforo, potássio, magnésio, manganês e ferro nos cristais de açúcar produzidos após clarificação do caldo utilizando-se diferentes auxiliares de sedimentação para duas variedades de cana-de-açúcar

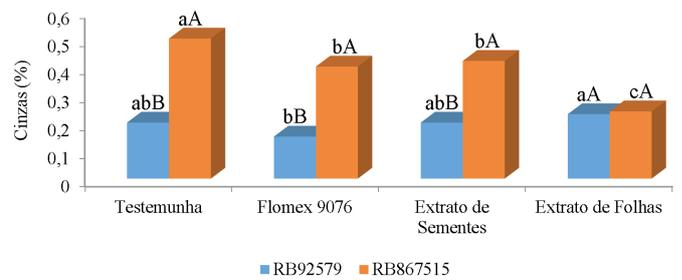
	Mn		Fe	
	(mg kg ⁻¹)			
Caldos (C)				
Testemunha	Lim		7,18	B
Flomex 9076	Lim		8,31	A
Extrato de sementes	Lim		7,93	AB
Extrato de folhas	Lim		7,93	AB
Teste F	-		2,85	ns
DMS	-		5,81	
Variedades de cana (V)				
RB92579	Lim		9,56	A
RB867515	Lim		8,71	A
Teste F	-		16,20	**
DMS	-		3,08	
C.V.	-		10,08	
Inter. CxV	-		2,00	ns

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade; ns - Não significativo; * Significativo a nível de 0,05; ** Significativo a nível de 0,01. Inter. CxV - interação entre caldos (tratamentos principais) e as variedades de cana (tratamentos secundários). Lim: Abaixo de limite de detecção do método/aparelho



Letras minúsculas comparam tratamentos principais e letras maiúsculas comparam tratamentos secundários (variedades)

Figura 2. Representação para a interação entre teores de potássio, magnésio, sódio e cálcio presentes nos cristais de açúcar produzidos a partir de clarificação do caldo empregando-se diferentes auxiliares de sedimentação para duas variedades de cana-de-açúcar



Letras minúsculas comparam tratamentos principais e letras maiúsculas comparam tratamentos secundários (variedades)

Figura 3. Representação para a interação entre os teores de cinzas presentes no açúcar produzido a partir da clarificação do caldo empregando-se diferentes auxiliares de sedimentação para as duas variedades de cana-de-açúcar

Comparando os teores de cinzas nos açúcares produzidos a partir do caldo clarificado com diferentes flocculantes, observou-se que houve comportamento diferente entre as variedades. Para a RB92579, o Flomex 9076 promoveu maiores remoções desses compostos enquanto para a RB867515 o flocculante que apresentou os melhores resultados foi o extrato de folhas de moringa, o qual manteve os valores abaixo de 0,3.

Esses valores são similares aos obtidos por Wojtczak et al. (2013) que, avaliando teores de cinzas em diferentes amostras de açúcares de cana não refinados importados e comercializados na Europa, relataram resultados médios entre 0,2 e 0,3. Esses resultados evidenciam que a utilização de produtos naturais, em especial o extrato de folhas de moringa como auxiliares de sedimentação do caldo de cana, pode promover a obtenção de produtos de qualidade igual ou até mesmo superior em relação a flocculantes de origem sintética.

CONCLUSÕES

1. A utilização do extrato de folhas de moringa como auxiliar de sedimentação no processo de clarificação do caldo, é eficiente para remover maiores teores de cálcio no caldo clarificado e no cristal de açúcar produzido.

2. As variedades RB92579 e RB867515 apresentam comportamentos diferentes quanto à remoção de potássio, cálcio, sódio e magnésio, pelo processo de clarificação.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela bolsa de estudo concedida.

LITERATURA CITADA

- AOAC - Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis of the Association of Official Agriculture Chemists. 16.ed. Gaithersburg: AOAC International, 1997. 1141p.
- Bhatia, S.; Othman, Z.; Ahmad, A. L. Pretreatment of palm oil mill effluent (POME) using *Moringa oleifera* seeds as natural coagulant. Journal of Hazardous Materials, v.145, p.120-126, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.11.003>
- Bhuptawat, H.; Folkard, G. K.; Chaudhari, S. Innovative physico-chemical treatment of wastewater incorporating *Moringa oleifera* seed coagulant. Journal of Hazardous Materials, v.142, p.477-482, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.08.044>

- Borges, E. P.; Lopes, M. L.; Amorim, H. Impact of sugarcane juice chemical composition on clarification and VHP sugar quality. *International Sugar Journal*, v.144, p.552-558, 2012.
- Boue, S. T. M.; Shih, B. Y.; Burow, M. E.; Eggleston, G.; Lingle, S.; Pan, Y. B.; Daigle, K.; Bhatnagar, D. Postharvest accumulation of resveratrol and piceatannol in sugarcane with enhanced antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.61, p.8412-8419, 2013. <http://dx.doi.org/10.1021/jf4020087>
- Coca, M.; García, M. T.; Gonzáles, G.; Peña, M.; García, J. A. Study of coloured components formed in sugar beet processing. *Food Chemistry*, v.86, p.421-433, 2004. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.09.017>
- CTC - Centro de Tecnologia Canavieira. Manual de métodos de análises para açúcar. Piracicaba: CTC, 2005. CD Rom.
- Delgado, A. A.; Cesar, M. A. A. Elementos de tecnologia e engenharia do açúcar de cana. v.2. Sertãozinho: Zanini, 1977. 390p.
- Doherty, W. O. S. Improved sugar cane juice clarification by understanding calcium oxide-phosphate-sucrose systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.59, p.1829-1836, 2011. <http://dx.doi.org/10.1021/jf1043212>
- Doherty, W. O. S.; Simpson, R. F.; Rackemann, D. W. Enhanced performance of caustic soda used for the removal of scale in sugar mill evaporators. *International Sugar Journal*, v.110, p.344-349, 2008.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Statistical Yearbook. <<http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e03.pdf>>. 16 Nov. 2013.
- Ghasi, S.; Nwobodo, E.; Ofili, J. O. Hypocholesterolemic effects of crude extract of leaf of *Moringa oleifera* Lam in high-fat diet fed wistar rats. *Journal of Ethnopharmacology*, v.69, p.21-25, 2000. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-8741\(99\)00106-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-8741(99)00106-3)
- ILLOVO - Illovo Sugar Ltd. International Sugar Statistics. <http://www.illovosugar.co.za/World_of_sugar/Sugar_Statistics/International.aspx>. 23 Dez. 2013.
- Jackson, P. A.; Schroeder, B. L.; Rattey, A. R.; Wood, A. Management of ash/impurity ratio in sugarcane: relative effects of genotypes, and N and K fertilizer rates. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.59, p.795-801, 2008. <http://dx.doi.org/10.1071/AR07387>
- Murtagh, D.; Tebble, I. Floc in white sugar. *Internacional Sugar Journal*, v.99, p.480-484, 1997.
- Oliveira, D. T.; Esquiaveto, M. M. M.; Silva Júnior; J. F. Impacto dos itens da especificação do açúcar na indústria alimentícia. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.27, p.99-102, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612007000500018>
- Ravaneli, G. C.; Garcia, D. B.; Madaleno, L. L.; Mutton, M. A.; Stupiello, J. P.; Mutton, M. J. R. Spittlebug impact on sugar cane equality and ethanol production. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, p.120-129, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011000200002>
- Rein, P. Cane Sugar Engineering. 2.ed. Berlin: Bartens, 2012. 860p.
- Silva, F. de A. S. e; Azevedo, C. A. V. de. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.4, p.71-78, 2002.
- Simioni, K. R.; Silva, L. F. L. F.; Barbosa, V.; Ré, F. E.; Bernadino, 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.
- Skrbic, B.; Gyura, J. Iron, copper and zinc in white sugar from Serbian sugar beet refineries. *Food Control*, v.18, p.135-139, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2005.09.004>
- Thai, C. C. D.; Bakir, H.; Doherty, W. O. S. Insights to the clarification of sugar cane juice expressed from sugar cane stalk and trash. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.60, p.2916-2923, 2012. <http://dx.doi.org/10.1021/jf204998b>
- Wojtczak, M.; Antczak, A.; Lisik, K. Contamination of commercial cane sugars by some organic acids and some inorganic anions. *Food Chemistry*, v.136, p.193-198, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.07.036>