

27 e 28 de junho de 2012 - Ribeirão Preto SP

## DETERMINAÇÃO DA RELAÇÃO DAS DENSIDADES DOS MÉIS

### MISTO E FINAL COM A TEMPERATURA EM SISTEMAS DE

### COZIMENTO DE AÇÚCAR COM DUAS MASSAS

Flávia Sanchez Penalva Pinto Neto<sup>1</sup>; Daniele Cristina dos Santos Bofo<sup>2</sup>; Sebastião dos Reis<sup>3</sup>; Silvio Roberto Andrietta<sup>4</sup>; Javier Telis Romero<sup>5</sup>

#### RESUMO

Com o objetivo de controlar e otimizar o processo de fabricação de açúcar nas usinas de cana-de-açúcar, foram determinadas as densidades dos méis misto e final, em diferentes temperaturas (60°C, 70°C e 80°C) para realização de ajustes matemáticos que demonstrem a relação da densidade versus temperatura. O melhor ajuste obtido para as amostras analisadas foi a equação polinomial com coeficiente de regressão linear próximo a 1.

**Palavras-chaves:** Densidade, temperatura, mel misto, mel final, ajuste polinomial.

#### SUMMARY

In order to control and optimize the sugar production process in sugar cane industry were determined densities, of the honey mixture and final at different temperatures (60°C, 70°C and 80°C) for performing mathematical adjustments that demonstrate the relationship of density versus temperature. The best result obtained for the samples analyzed was the polynomial equation with linear regression coefficient close to 1.

**Key-Words:** Densities, temperature, honey mixed, honey final, adjustment polynomial.

#### INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma planta da família das gramíneas (*Saccharum officinarum* L.) cultivada nas regiões tropicais e subtropicais. No Brasil, ela é a base para a produção de açúcar, álcool e outros subprodutos. De acordo com dados coletados da UNICA (2010), pode-se observar uma crescente produção e exportação do açúcar brasileiro. O comparativo dos dados das safras 2000/2001 e 2008/2009 demonstra um aumento de aproximadamente 100% na produção de açúcar (UNICA, 2010) e 200% em sua exportação (SECRETARIA DO COMÉRCIO EXTERIOR, 2009). Nas usinas, ao longo do processo de produção de açúcar, a matéria-prima é preparada e retira-se seu caldo rico em sacarose por processos de difusão ou extração. Em seguida, o caldo passa por diversos tratamentos físico-químicos sendo enviado à fábrica de açúcar.

<sup>1</sup> Mestranda em Engenharia e Ciência de Alimentos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas – UNESP, Rua Cristóvão Colombo, 2265, Jardim Nazareth, CEP:15054-000, [flaviapenalva@hotmail.com](mailto:flaviapenalva@hotmail.com).

<sup>2</sup> Doutoranda em Engenharia e Ciência de Alimentos da UNESP e Coordenadora do Curso de Tecnologia em Produção Sucroalcooleira da UNIFEV – Votuporanga-SP.

<sup>3</sup> Encarregado dos Laboratórios da Usina Bela Vista – Pontal-SP.

27 e 28 de junho de 2012 - Ribeirão Preto SP

<sup>4</sup> Diretor Técnico da Biocontal. Empresa de Tecnologia em Bioprocessos. Av. José Rocha Bonfim, nº 214. Ed Toronto - Sala 216. Praça Capital, Campinas - SP, Brasil.

<sup>5</sup> Professor Doutor em Engenharia e Ciência de Alimentos da UNESP.

O processo de produção de açúcar está fundamentado na cristalização da sacarose e posterior separação dos cristais. Ao chegar à fábrica de açúcar, o xarope tem aproximadamente 50 a 60° Brix, sendo mantido em reservatório (tanque) até ser processado. Para fazer a separação da sacarose dos demais componentes do caldo, são utilizados, nas usinas de açúcar, processos de cristalização e centrifugação. A fase inicial do processo de produção de açúcar consiste na formação de minúsculos cristais (pé) nos cozedores à vácuo, sendo a fase final caracterizada pelo crescimento destes cristais. O produto deste cozimento é utilizado como pé para o segundo sistema de cozimento. Os cozedores são equipamentos onde os cristais de sacarose são formados. Trabalham a uma pressão abaixo da atmosférica fazendo com que a água evapore a uma temperatura menor que 100 °C, evitando a inversão da sacarose e decomposição dos açúcares redutores (GALLO; 1990). Nestes equipamentos, o caldo é alimentado e descarregado pela parte inferior do equipamento. O xarope é aquecido continuamente por um sistema de troca térmica que utiliza vapor vegetal e a temperatura é mantida por 3 horas a cerca de 60 °C até que ocorra o final do cozimento. Existe uma técnica bastante importante para a padronização dos tamanhos dos cristais de açúcar denominada granagem por semente. Ela consiste em introduzir certa quantidade de partículas de açúcar (semente) de tamanho definido em uma mistura supersaturada de xarope e mel. A quantidade de semente irá definir a quantidade e o tamanho dos cristais finais. Nenhum cristal novo irá se formar, e os cristais existentes irão crescer se as condições forem mantidas constantes. Assim, o sistema de cozimento tem importância primordial no processo de produção, sendo responsável direto pelo tamanho e uniformidade dos cristais. Após o término do cozimento, as massas presentes nos vácuos são enviadas aos cristalizadores que consistem de um reservatório com agitação constante por rosca sem fim e tem como função não deixar que os cristais de açúcar decantem antes de passarem pelas centrífugas. O último passo é o envio para os sistemas de centrifugação que podem ser contínuos ou descontínuos. O sistema contínuo é normalmente destinado à produção de magma, enquanto o descontínuo destinado à produção do açúcar final. O magma é produzido pela centrifugação da massa B gerando também mel final. E quando se produz açúcar, a partir da massa A, tem-se a produção dos méis rico e pobre ou misto. Ao longo do processo de produção de açúcar, desde a evaporação até a obtenção do produto final, observa-se uma variação de temperatura de 60 a 80°C. Portanto, dada a importância de otimização de plantas de produção de açúcar, o presente trabalho teve como objetivo determinar a influência da temperatura na densidade dos méis final e misto provenientes da usina de cana-de-açúcar, e com os dados obtidos determinar o melhor ajuste matemático da densidade versus temperatura.

## MATERIAL E MÉTODOS

As amostras dos méis misto e final foram coletadas na saída das centrífugas batelada e contínua, sendo imediatamente verificadas suas respectivas temperaturas com termômetro digital. Para obtenção de amostras compostas, o mel misto foi coletado num mesmo recipiente durante três ciclos das centrífugas

27 e 28 de junho de 2012 - Ribeirão Preto SP

bateladas. Ao mesmo tempo também foi realizada a coleta do mel final da centrífuga contínua também para obtenção de amostra composta. As amostras dos méis foram encaminhadas ao laboratório industrial e foram pesadas e diluídas na proporção de 1:5. A densidade foi determinada pelo método preconizado pelo CTC (Centro de Tecnologia Canavieira) nas temperaturas de 60°C, 70°C e 80°C, utilizando-se a tabela de relação brix/peso, brix volume e densidade. A partir dos valores obtidos, foram plotados gráficos da densidade versus temperatura, e os mesmos ajustados em equações matemáticas de modelo polinomial, exponencial e linear, utilizando o programa Origin 6.0, a fim de obter a melhor equação e ajuste. Todos os procedimentos analíticos foram realizados em triplicata.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se a partir das Tabelas 1 e 2 que há uma pequena diminuição do brix (porcentagem de sólidos solúveis totais) e também da densidade de ambos os méis com o aumento da temperatura.

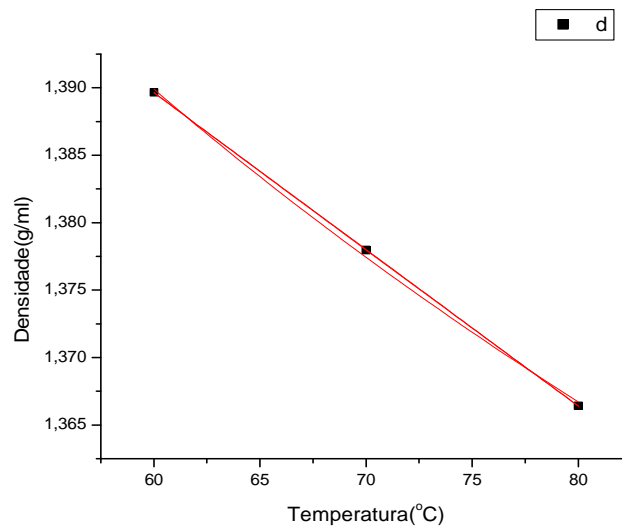
**Tabela 1:** Densidade do mel misto em temperaturas diferentes.

<b>MEL MISTO</b>			
<b>Temperatura (° C)</b>	<b>Brix na diluição 1:5</b>	<b>Brix Final</b>	<b>Densidade(g/ml)</b>
60	12,8	76,8	1,38965
70	12,5	75	1,37797
80	12,2	73,2	1,36642

**Tabela 2:** Densidade do mel final em temperaturas diferentes.

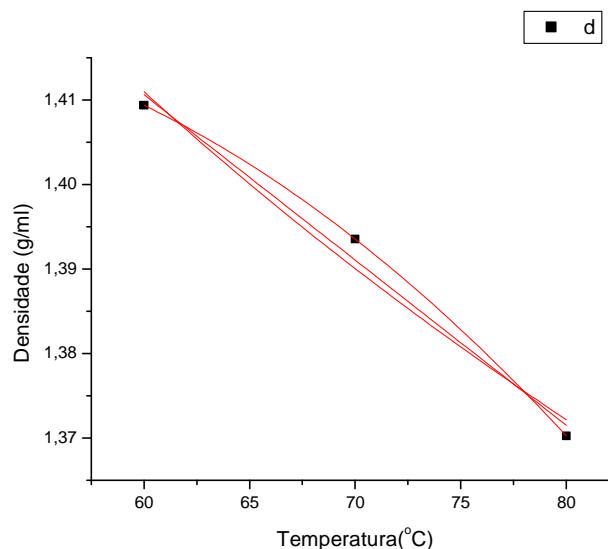
<b>MEL FINAL</b>			
<b>Temperatura (° C)</b>	<b>Brix na diluição 1:5</b>	<b>Brix Final</b>	<b>Densidade(g/ml)</b>
60	13,3	79,8	1,40939
70	12,9	77,4	1,39356
80	12,3	73,8	1,37027

Foram plotados gráficos da densidade versus temperatura para os méis misto e final. Nos gráficos 1 e 2 fica melhor evidenciado a diminuição da densidade com o aumento da temperatura.



**Figura 1-** Gráfico da densidade versus temperatura para o Mel Misto.

A equação matemática que melhor se ajustou aos dados de densidade versus temperatura, para o mel misto, foi a polinomial ( $\rho = 6,5 \cdot 10^{-7} \cdot T^2 - 0,00125 \cdot T + 1,46246$ ). Para o mel final (Figura 2), a melhor equação que demonstra a relação da densidade com a temperatura é também polinomial ( $\rho = -0,00004 \cdot T^2 + 0,00327 \cdot T + 1,34771$ ).



**Figura 2 -** Gráfico da densidade versus temperatura para o Mel Final.

Assim, os resultados mostraram que a densidade dos méis é altamente dependente da temperatura, sendo que, quanto maior a temperatura menor a densidade dos méis. Este dado é de suma importância para controlar e otimizar os

27 e 28 de junho de 2012 - Ribeirão Preto SP  
equipamentos de produção de açúcar uma vez que há variação da temperatura nestes. A equação polinomial teve um ótimo ajuste, obtendo um  $R^2=0,99998$  em ambos os casos.

### CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que a temperatura tem grande influência na densidade dos méis, e que o melhor ajuste obtido foi a equação polinomial para os méis misto e final.

### LITERATURA CITADA

GALLO, C.R Determinação da microbiota bacteriana de mosto e de dornas de fermentação alcoólica. Campinas: UNICAMP, 1990.

CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA. Manual de métodos de análise para açúcar. 2005.

UNICA – União da Indústria da Cana-de-Açúcar. [www.unica.com.br](http://www.unica.com.br). Acesso em 02/05/2012.