



CONGRESSO BRASILEIRO
DE ENGENHARIA QUÍMICA EM
INICIAÇÃO CIENTÍFICA

21-24 Julho de 2019
Uberlândia/MG



A IMPORTÂNCIA DO TRATAMENTO DO CALDO DE CANA DE AÇÚCAR PARA A PRODUÇÃO DE AÇÚCAR E ETANOL

T. S. NUNES¹, J. R. D. FINZER¹

¹ Universidade de Uberaba, Departamento de Engenharia Química
E-mail para contato: thiago.engquimica@hotmail.com

RESUMO – O caldo de cana obtido da extração realizada na moenda apresenta-se como uma mistura complexa que contém além dos componentes comuns da cana-de-açúcar, matérias estranhas incorporadas acidentalmente ao caldo, provenientes: do corte de cana, colheita, transporte e das operações realizadas durante a etapa de moagem. O objetivo geral deste trabalho é mostrar a importância do tratamento do caldo em usina de açúcar e etanol que tem por objetivo eliminar a maior parte das impurezas (terra, bagacilho e materiais corantes) que interferem na qualidade do açúcar (cor, resíduos insolúveis, cinzas), para evitar o crescimento bacteriano na fermentação. O caldo purificado para fabricação de açúcar, apresentou um pH inferior ao especificado e o caldo purificado para fabricação de etanol teve um pH superior em cerca de 0,2 ao especificado. O valor de $5,37 \cdot 10^2$ UFC/mL obtido no caldo purificado foi muito inferior a 10^7 UFC/ml, valor limite superior especificado para o caldo.

1. INTRODUÇÃO

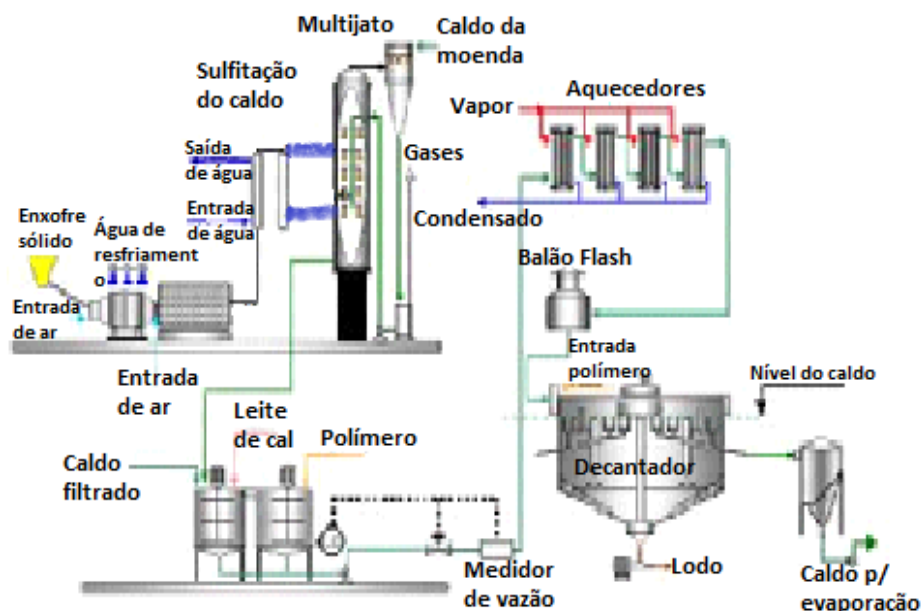
O caldo de cana obtido na etapa de extração apresenta uma quantidade e qualidade variável de impurezas, que podem ser solúveis ou insolúveis. O tratamento primário do caldo tem como objetivo a máxima eliminação das impurezas insolúveis (areia, argila e bagacilho), cujos teores variam de 0,1 a 1,0%. A eliminação deste material beneficia o processo e aumenta a eficiência e a vida útil dos equipamentos instalados, contribuindo também para a obtenção de produtos finais de melhor qualidade. Os equipamentos básicos utilizados neste tratamento são: *Cush-cush*, peneiras, hidrociclones e medidores de vazão. O *cush-cush* é constituído por peneiras fixas com aberturas de 0,5 a 2,0 mm, localizado bem próximo da moenda, e tem por objetivo eliminar o material mais grosseiro em suspensão (bagacilho). O material retido, constituído principalmente de bagacilho, retorna por meio de rosca sem fim entre o primeiro e o segundo terno da moenda.

2. DESENVOLVIMENTO

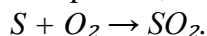


Apesar do tratamento preliminar citado, o caldo de cana contém, ainda, impurezas que podem ser solúveis, coloidais ou insolúveis. Assim, o tratamento químico visa principalmente à coagulação, à floculação e à precipitação destas impurezas, que são eliminadas por sedimentação. É necessário, ainda, fazer a correção do pH para evitar inversão da sacarose (COPERSUCAR, 2004). O caldo destinado à produção de açúcar, após ser peneirado é bombeado para a coluna de sulfitação, escoando em contracorrente com o SO₂. As condições de contato com o SO₂ devem ser tais que ao final o pH do caldo deve estar entre 4,0 e 4,5. Segue a alcalinização com leite de cal, devendo elevar o pH para 6,8 e 7,2, aquecendo-se para ocorrer a separação do precipitado por decantação. Após a decantação, o caldo segue para a seção de evaporação enquanto o lodo decantado é filtrado (USHIMA, 1990). A Figura 1 apresenta um esquema geral das várias etapas de tratamento do caldo para fabricação de açúcar e em seguida será explicado cada uma das etapas:

Figura 1 - Fluxograma do tratamento de caldo para fabricação de açúcar.



A sulfitação é realizada usualmente em uma coluna de absorção que possui, em seu interior, pratos perfurados. O caldo é bombeado na parte superior da torre e escoar por gravidade através dos pratos em contracorrente com o SO₂ gasoso, aspirado por um exaustor ou ejetor instalado no topo da coluna. Devido à grande solubilidade do SO₂ na água, pode-se obter uma absorção de até 9,5% com este equipamento. O SO₂ gasoso é produzido na usina por queima do enxofre com ar, em fornos especiais, ocorrendo a reação:



A sulfitação tem como objetivos principais: Inibir reações que causam formação de cor; A coagulação de colóides solúveis; Formar precipitado de CaSO₃ (sulfito de cálcio); Diminuir a viscosidade do caldo e, conseqüentemente, do xarope, massas cozidas e méis, facilitando as

operações de evaporação e cozimento. O consumo médio de enxofre pode ser estimado em 250 a 500 g/tonelada de cana.

A calagem trata da etapa de adição do leite de cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ao caldo, elevando seu pH a valores da ordem de 6,8 a 7,2. A calagem é realizada em tanques, em processo contínuo ou descontínuo, objetivando o controle do pH final. O leite de cal também é produzido na própria usina por dissolução da cal virgem (CaO) em tanques apropriados (piscinas de cal) ou hidratadores de cal segundo a reação:



O $\text{Ca}(\text{OH})_2$ produzido apresenta uma concentração de 3° a 6° "Baumé" antes de ser adicionado ao caldo. Esta etapa tem por objetivo a eliminação de corantes do caldo, a neutralização de ácidos orgânicos e a formação de sulfito e fosfato de cálcio, produtos que, ao sedimentarem, arrastam impurezas presentes no líquido. O consumo da cal (CaO) varia de 500 a 1.000 g/tonelada de cana, segundo o rigor do tratamento exigido.

O aquecimento do caldo é realizado em trocadores de calor casco-tubo, escoando vapor de água saturado no lado do casco. O caldo é aquecido a aproximadamente 105°C, com a finalidade de acelerar e facilitar a coagulação e floculação de colóides e não açúcares protéicos, emulsificar graxas e ceras, ou seja, aumentando a eficiência da decantação e possibilitar a degasagem do caldo (COPERSUCAR, 2004).

Quando o caldo não é devidamente "flasheado", as bolhas de ar permanecem dissolvidas no caldo ou oclusas no bagacilho dificultando a sua separação. Desta forma o caldo deve ser aquecido de 103 a 110°C e enviado a um balão de flash para eliminar o ar contido no caldo. Em várias instalações é bastante comum encontrar o balão de flash subdimensionado com prejuízos na separação de gases (PROENG, 2019). A decantação é a etapa de purificação do caldo, onde ocorre a remoção das impurezas floculadas. O decantador possui vários compartimentos (bandejas), com a finalidade de aumentar a superfície de decantação, como mostra a Figura 2.



O caldo decantado é retirado na parte superior de cada compartimento e enviado ao setor de evaporação para concentração. As impurezas sedimentadas, com uma concentração de sólidos de aproximadamente 10° Brix, constituem o lodo retirado do decantador pelo fundo e enviado ao setor de filtração para recuperação do açúcar nele contido. O tempo de



residência do caldo no decantador, dependendo do tipo de equipamento empregado, varia de 15 minutos a 4 horas, e a quantidade de lodo obtida representa de 15 a 20% da massa do caldo que entra no decantador.

Antes de ser enviado aos filtros rotativos (Figura 3) ou aos filtros prensas (Figura 4), o lodo retirado do decantador recebe a adição de aproximadamente 3 a 5 kg de bagacilho/tonelada de cana, que age como auxiliar de filtração. Esta filtração objetiva recuperar o açúcar contido no lodo, possibilitando que retorne ao processo na forma de caldo filtrado. O material retido no filtro recebe o nome de torta e é enviado à lavoura para ser utilizado como adubo. É importantíssimo controlar a perda de açúcar na torta, pois seu valor não deve ser superior a 1% (COPERSUCAR, 2004).

Figura 3 - Filtro Rotativo.



Figura 4 - Filtro Prensa.

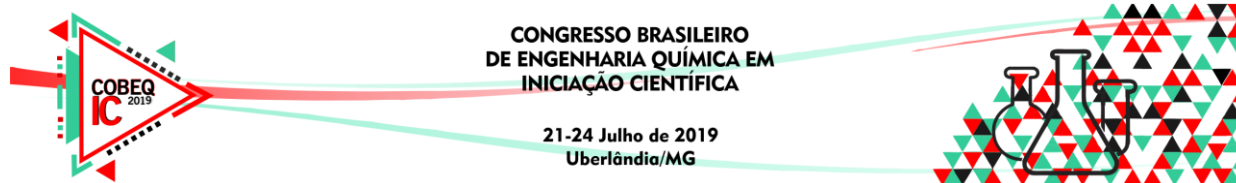


3. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é mostrar a influência do tratamento do caldo para a produção de açúcar e etanol, considerando a dosagem da cal, para diminuição de impurezas e desenvolvimento bacteriano, visando um melhor rendimento na fermentação e na fabricação de açúcar, comparando os resultados de uma usina sucroalcooleira situada no Triângulo Mineiro, com os da literatura.

4. METODOLOGIA

A metodologia usada neste estudo, consiste no processamento industrial de cana-de-açúcar. Durante o processo tem-se dois tipos distintos de caldo: o caldo primário que é referente a extração de aproximadamente 70% do caldo da cana no primeiro terno da moenda e o secundário que extraído nos demais ternos da moenda usando água com agente de extração. O caldo primário é aquecido por troca de calor com a vinhaça da destilação e depois com o condensado dos evaporadores até a temperatura de 100°C. A etapa de tratamento do caldo, inicia-se com a sulfitação, seguindo a adição de cal para corrigir o pH, valores esses diferentes para a fabricação de açúcar que é em torno de 7,2 para não oxidar o caldo e 6,8 no máximo para a produção de álcool, reduzindo a proliferação de bactérias. O efeito químico



consiste na neutralização de ácidos orgânicos e formação de sulfito e fosfato de cálcio e reação com substâncias graxas formando sabões insolúveis que sedimentam. Na caleação usa-se um polímero que é responsável pela floculação da terra dispersa no caldo, que é concentrada no decantador e uma peneira separa partículas residuais. Segue-se a troca de calor em aquecedores até 105°C e em um balão de flash por diminuição de pressão ocorre ebulição e elimina bolhas de ar prejudiciais à decantação, como consequência a temperatura diminui para 99°C. A adição de polieletrólitos tem função de facilitar a clarificação do caldo pelo aumento da densidade e o tamanho das partículas, facilitando a precipitação. O caldo é peneirado em peneiras estáticas para separação de resíduos de bagaço no caldo. Em trocadores de calor com vapor o caldo é aquecido, alimenta um balão de expansão, ocorre evaporação de água e aumento do brix do caldo. O resíduo sedimentado que representa de 15 a 20% da massa do caldo que alimenta o decantador é filtrado em filtro rotativo a vácuo ou filtro prensa, sendo o último mais usado na atualidade. O filtrado é enviado para o tanque de caldo misto ou secundário da moenda e tem o pH corrigido para 6,8 com o objetivo de eliminar e também evitar a proliferação de bactérias. O processamento é similar ao do caldo primário e ao final é enviado para fermentação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são relatados os resultados do tratamento de caldo que foram analisados em um laboratório da usina para o monitoramento e correções no processo para produção de açúcar e etanol com qualidade e eficiência.

6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados da Tabela 1, o caldo purificado para fabricação de açúcar, apresentou um pH inferior ao especificado e o caldo purificado para fabricação de etanol teve um pH superior em cerca de 0,2 ao especificado. Isso indica que ações de correção devem ser efetuadas para obtenção dos parâmetros especificados na obtenção de qualidade dos produtos. Portanto, na fabricação de açúcar a dosagem de cal deve ser reduzida, enquanto, na fabricação de etanol deve ser aumentada. Conforme especificado pela COPERSUCAR (2004), a pol da torta de filtro está bem acima do especificado (máximo de 1%) com 1,41% de açúcar. Isso pode ser resultado de excesso de quantidade de cana processada na moagem o que acarreta a vazão do caldo acima do projetado, ocorrendo maior perda de sacarose. Portanto, um aumento de processamento de cana pode acarretar perda de matéria-prima. O aumento da vazão de água dilui o lodo o que acarreta menor perda. Deve-se destacar que a filtração foi efetuada em filtro prensa com desempenho diferente de filtros rotativos. Por meio de técnicas de tratamento de caldo usadas neste estudo obteve a contagem de unidade formadoras de colônias de $5,37 \cdot 10^2$ UFC/mL o que foi muito inferior a 10^7 UFC/ml valor limite superior especificado para o caldo. Isso significa que o tratamento do caldo está adequado no controle microbiológico do estudo atual (COPERSUCAR, 2004).



Tabela 1 - Resultados das análises realizadas em laboratório.

TRATAMENTO DO CALDO		
DESCRIÇÃO	UNIDADE	RESULTADO
pH do caldo dosado	-	6,81
Caldo clarificado para produção de açúcar	-	-
pH	-	7,09
Brix	%	14,23
%ART	%	13,71
Pol	%	12,25
Pureza	°S	86,07
Caldo clarificado para produção de etanol	-	-
pH	-	6,98
Brix	%	9,27
%ART	%	8,74
Pol	%	7,72
Pureza	°S	83,47
Caldo filtrado no filtro prensa	-	-
pH	-	7,27
Brix	%	7,27
Torta Filtro	-	-
Pol	%	1,41
Umidade	%	69,84
AR	%	0,068
ART	%	1,57
pH do lodo	-	7,42
Brix do lodo	%	11,04
Concentração do lodo	%	49,29
Caldo Misto sem tratamento (plaqueamento)	UFC/mL	$1,10 \cdot 10^8$
Caldo misto após o tratamento (plaqueamento)	UFC/mL	$5,37 \cdot 10^2$

6. REFERÊNCIAS

PROENG. *Projetos e desenvolvimentos de equipamentos S/C LTDA*. p. 26. Acesso em: 18 abr. 2019.

COOPERSUCAR. *Fundamentos de processamento de açúcar e álcool*. Piracicaba: CTC, CD ROM, 2004.

USHIMA, A.K., RIBEIRO, A.M.M., SOUZA, M.E.P., SANTOS N.F. *Conservação de energia na indústria do açúcar e do álcool*. São Paulo, IPT, 796p., 1990.