

UNIVERSIDADE SAGRADO CORAÇÃO

VALÉRIO APARECIDO ZAGHI KOVALSKI

**DEXTRANAS: PERDAS NA QUALIDADE,
PRODUTIVIDADE E REMUNERAÇÃO DO AÇÚCAR
BRASILEIRO**

BAURU
2010

VALÉRIO APARECIDO ZAGHI KOVALSKI

**DEXTRANAS: PERDAS NA QUALIDADE,
PRODUTIVIDADE E REMUNERAÇÃO DO AÇÚCAR
BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro de
Ciências Exatas E Sociais
Aplicadas como parte dos
requisitos para obtenção do título
de Bacharel em Química, sob
orientação da Prof^a. Ms.
Alessandra Bizan de Oliveira
Stetner.

BAURU
2010

K884d	<p data-bbox="570 1444 984 1478">Kovalski, Valerio Aparecido Zaghi</p> <p data-bbox="570 1507 1279 1633">Dextranas: perdas na qualidade, produtividade e remuneração do açúcar Brasileiro / Valério Aparecido Zaghi Kovalski -- 2010. 30f. : il.</p> <p data-bbox="570 1667 1279 1730">Orientadora: Prof. Ms. Alessandra Bizan de Oliveira Stetner.</p> <p data-bbox="570 1759 1279 1822">Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) - Universidade Sagrado Coração - Bauru - SP.</p> <p data-bbox="570 1856 1279 1919">1. Açúcar. 2. Dextrana. 3. Perdas. 4. Cana-de-açúcar. I. Stetner, Alessandra Bizan de Oliveira. II. Título.</p>
-------	--

VALÉRIO APARECIDO ZAGHI KOVALSKI

DEXTRANAS: PERDAS NA QUALIDADE, PRODUTIVIDADE E REMUNERAÇÃO DO AÇÚCAR BRASILEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Química, sob orientação da Prof^a. Ms. Alessandra Bizan de Oliveira Stetner.

Banca examinadora:

Prof. Ms. Carlos Henrique Conte

Universidade Sagrado Coração

Prof^a. Ms. Beatriz Antoniassi Tavares

Universidade Sagrado Coração

Prof. Ms. Dorival R. Rodrigues

Universidade Sagrado Coração

Bauru, ____ de dezembro de 2010.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 O PROCESSO DE PRODUÇÃO DE AÇÚCAR CRISTAL.....	12
2.1 DEXTRANAS	15
2.2 CONTAMINAÇÕES DO PROCESSO PRODUTIVO	16
2.3 COMBATES À DEXTRANA	19
3. MÉTODOS	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
4.1 RESIDUAIS DE DEXTRANA NO AÇÚCAR FINAL	22
4.2 PERDAS POR DETERIORAÇÃO DA SACAROSE.....	23
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
REFERÊNCIAS	28

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fluxograma de produção de açúcar.....	12
Figura 2: Reação geral para síntese enzimática da dextrana.....	15
Figura 3: Estrutura da dextrana.....	16
Figura 4: (A)_Cana sem contaminação, (B) Cana com infestação_.....	16
Figura 5: (A) Açúcar cristal com forma geométrica normal X; (B) Açúcar alongado devido a presença de dextrana durante o processo.....	18
Figura 6: (A)Cana com os colmos normais; (B)Cana com os colmos danificados por infestação de broca contendo dextrana.....	24

LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS.

Tabela 01: Especificações físico-químicas dos principais tipos de açúcar comerciais produzidos no Brasil.....	19
Tabela 02: Resultado de análises comparativas de cana.....	24
Gráfico 01: Relação entre dextrana no caldo e no Açúcar final.....	22
Gráfico 02: Relação entre tempo de corte e entrega da cana na usina.....	23
Gráfico 03: Relação de pureza entre cana boa e cana infestada com dextrana.....	26

RESUMO

Cada vez mais o açúcar brasileiro vem ganhando espaço no mercado internacional, isso devido a sua qualidade. Mas em contra partida existe a escassez de áreas para o cultivo da cana de açúcar. Para compensar esta falta, nossos processos devem ser eficientes e livres de contaminações que causem perdas como as *dextranas*. Dextranas são polímeros de glucose produzidos a partir da sacarose por microrganismos, especialmente pela ação de bactérias do gênero *Leuconostoc*. Na indústria sucroalcooleira a presença de dextrana é um problema que afeta tanto a qualidade do açúcar como a produtividade industrial. Ocorre perda de sacarose, aumento da viscosidade do caldo de cana e dificuldade na filtração durante o processamento industrial. As dextranas são formadas quando a cana é contaminada antes mesmo do corte, através de rachaduras no colmo ou buracos feitos por brocas, que permite a penetração de microrganismos e também por deterioração da cana em função do tempo decorrido entre a queima, o corte e a moagem. Visando contribuir com a indústria sucroalcooleira para melhorar a qualidade dos processos da fabricação do açúcar, os objetivos deste trabalho foram relacionar canas contaminadas com dextranas. A perda do rendimento e qualidade do produto final foi verificada através da baixa na sacarose do caldo e do aumento de residual de dextrana no açúcar que vem a causar sua desclassificação. Foram analisadas várias amostras, coletadas de diferentes fornecedores e correlacionado a cana infestada com a cana boa. Os resultados obtidos foram positivos no que diz respeito à diminuição do rendimento e da qualidade final de produtos derivados da cana com contaminação.

Palavras-chave: Açúcar. Dextrana. Perdas. Cana-de-açúcar.

ABSTRACT

Due to its quality, Brazilian sugar increasingly has gained importance in the international market. On the other hand, there is scarcity of land for growing sugar cane. Aiming compensate this lack, our process must be efficient and free of contaminants as dextrans that cause losses. Dextrans are polymers of glucose produced from sucrose by microorganisms, especially by the action of bacteria of the genus *Leuconostoc*. In sugar industry the presence of dextran is a problem that affects the sugar quality and industrial productivity. It results in loss of sucrose, increases the viscosity of the sugar cane juice and hinders filtering during the industrial process. Dextrans are formed when cane is contaminated even before cut, through cracks in the stem or holes made by borers, which allows penetration of microorganisms and also by deterioration of the cane as a function of time between the burning, cutting and crushing. In order to improve the quality of the process the present work correlates infested cane with dextrans. Losses of efficiency and quality of the final product were verified by decrease sucrose in the juice and increase of residual dextrans which results in its disqualification. Were analyzed several sugarcane samples from different suppliers and correlated infested and non-infested. Results were positive showing reduction in efficiency and quality in final products derived from infested sugarcane.

Key word: Sugar. Dextran. Losses. Sugar cane.

1 INTRODUÇÃO

Hoje o Brasil é um dos maiores produtores de açúcar e álcool a partir da cana-de-açúcar, isso graças ao clima de algumas regiões como o sudeste e o nordeste litorâneo que são bastante favoráveis ao cultivo desta lavoura. Título este que coloca o Brasil em uma confortável posição quanto ao quesito combustíveis alternativos, pois temos áreas grandes de terras a serem exploradas no cultivo da cana o que eleva ainda mais este crescimento (OLIVEIRA, 2002).

Mas por outro lado existem problemas ambientais que implicam na expansão deste crescimento. O que leva a termos que aperfeiçoar os processos industriais a fim de evitar perdas durante a fabricação dos derivados da cana, e assim utilizar menos áreas agrícolas para plantio e insumos.

Durante o processo de fabricação temos vários fatores que implicam em perdas de qualidade e quantidade. Um desses fatores é a degradação dos açúcares por bactérias denominadas *dextranas*.

Denomina-se dextrana uma larga classe de polissacarídeos, obtidos por fermentação ou síntese enzimática, cujo monômero é o *alfa-D-glucanopiranosil*. Este carboidrato é um dos poucos polissacarídeos extra-celulares que pode ser obtido via síntese enzimática sem alteração das suas propriedades. Formada pela deterioração microbiológica de bactérias do gênero *Leuconostoc* e enzimática da cana-de-açúcar ou do caldo da cana (WENDEL, 2009).

Este trabalho tem o objetivo de mostrar interferências negativas ao processo de fabricação do açúcar, causados por presença de dextranas na matéria prima e durante o processo produtivo do açúcar cristal. Verificando a relação entre a presença de dextrana e as perdas de remuneração, qualidade e rendimento de açúcar nas usinas Brasileiras.

Para sua realização optou-se pela elaboração de um estudo de caso em usinas da região de Macatuba – SP. Os instrumentos de coletas de dados foram resultados de testes realizados nos laboratórios das empresas e observação *in loco*, através de testes realizados na cana infestada e cana sem infestação de dextrana onde foi possível verificar a diferença de concentração de sacarose presente nos caldos de cana-de-açúcar analisados.

Foram utilizadas canas que apresentavam rachaduras e buracos provocados por brocas e canas que estavam íntegras, sem nenhum tipo dano a sua estrutura, coletada de fornecedores da região de Macatuba-SP.

Estas amostras foram analisadas em laboratório para determinação de BRIX (porcentagem de sólidos dissolvidos em uma solução). POL (Quantidade de sacarose aparente em uma solução açucarada), ART (Açúcares recuperável total) e PUREZA (relação em porcentagem entre POL e BRIX) a fim de determinar a concentração real de sacarose presente no caldo, valor este que tem relação direta com a quantidade produzida de açúcar por tonelada de cana processada.

Para este estudo foram utilizados os resultados obtidos nas análises finais de açúcar em usinas da região de Macatuba-SP, onde comparamos os valores de *dextrana* presente no caldo e o valor de *dextrana* no açúcar verificando assim a relação entre os mesmo. Também foram utilizados números que relacionaram o tempo de cana cortada exposta às intempéries do campo e a quantidade de *dextrana* presente no caldo e no açúcar final mostrando a perda de qualidade por concentração de *dextrana*.

2 O PROCESSO DE PRODUÇÃO DE AÇÚCAR CRISTAL

A cana de açúcar pertence à família das gramíneas, gênero *sacharum*.

Do ponto de vista da indústria do açúcar, o colmo é a parte mais importante, sendo constituídos pelos gomos, entre nós, internódios, nós e gemas (PARAZZI, 1984 apud JESUS, 2004).

Do ponto de vista tecnológico, a cana pode ser definida pelas seguintes equações:

Cana = caldo extraído + bagaço (1)

Cana = caldo absoluto + fibra (2)

Enquanto a primeira equação tem um caráter prático, a segunda é teórica, ou seja, o caldo absoluto seria todo o caldo que a cana possui, obtido numa moenda hipotética com extração total.

A seguir, o processo de produção de açúcar será descrito na sua totalidade, porém de forma sucinta, visando proporcionar maior percepção do processo. Como no Brasil as unidades sucro-alcólicas não se diferenciam muito umas das outras, as descrições que se seguem podem ser consideradas gerais.

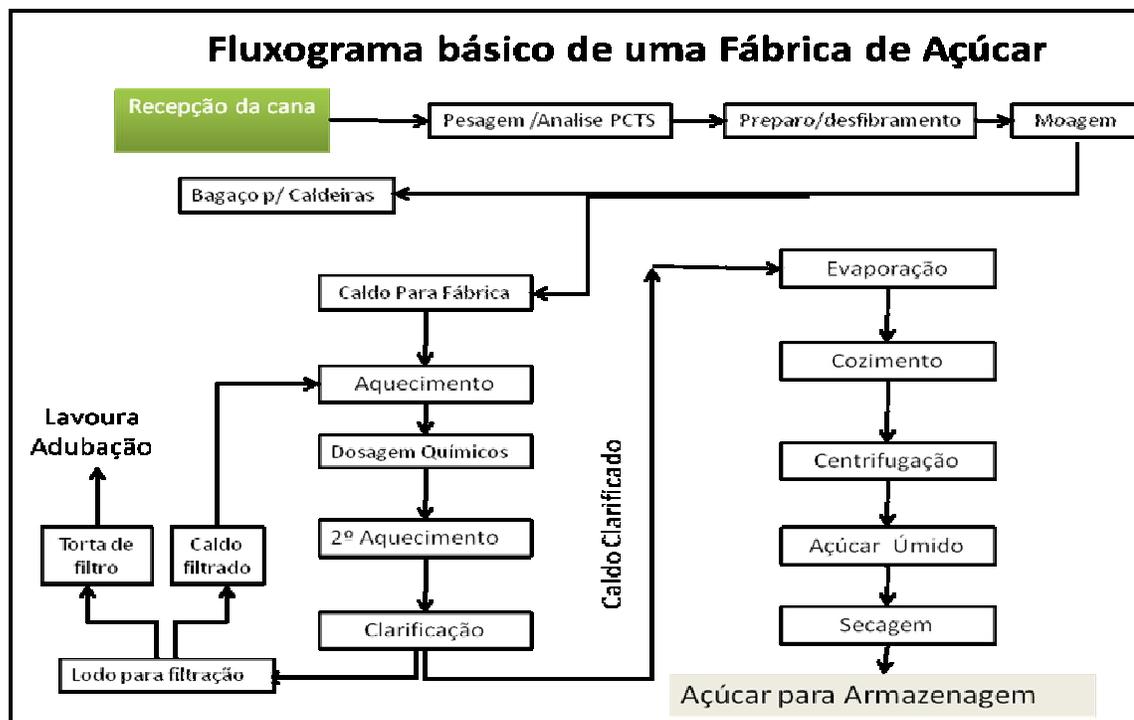


Figura 1 - Fluxograma de produção de açúcar.
Fonte: Elaborado pelo autor.

As etapas de produção de açúcar são divididas e denominadas da seguinte maneira:

Recepção da matéria-prima: A colheita da cana de açúcar é feita manualmente, com facões, ou por cortadoras mecânicas e, então, a cana é transportada às indústrias através de caminhões adaptados para o serviço. Na usina, a cana é descarregada em pátios de armazenagem ou diretamente nas mesas alimentadoras, para que seja feita a extração.

Extração da sacarose ou moagem: Souza (2007) relata que a cana descarregada nas mesas alimentadoras, sofre uma lavagem e, logo após, é conduzida através de esteiras rolantes para os picadores e desfibradores; esta etapa é conhecida como 'preparo da cana'. A extração da sacarose é feita via esmagamento pelos rolos das moendas que exercem uma forte pressão sobre ela. Assim, extraem-se cerca de 96% do caldo da cana, que é utilizado para produzir açúcar. O bagaço produzido nesta etapa é usado como combustível nas caldeiras.

Tratamento do Caldo: O caldo resultante da extração geralmente é dividido em: caldo primário que é extraído do primeiro terno de moenda, e é direcionada para a fabricação do açúcar por conter alto teor de sacarose; caldo misto complementa o restante da quantidade necessária para Fabricação do Açúcar e o restante é enviado para o processo de fabricação do álcool.

O caldo passa por algumas etapas de tratamento antes de ser usado na produção de açúcar. Este caldo é peneirado, para remoção das impurezas grossas; sulfitado com SO_2 para auxiliar na coagulação das matérias coloidais, na formação de precipitados (que farão o arraste de impurezas durante a sedimentação) e na desinfecção do caldo; e finalmente, caleado com leite de cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), (coagular parte do material coloidal, precipitar certas impurezas e elevar o pH para valores neutros). A mistura é aquecida com vapor de água até temperaturas em torno de 105°C com dois objetivos: primeiro, diminuir viscosidade do fluido, facilitando a etapa de decantação, e segundo, promover a formação de uma quantidade maior de aglomerados coloidais, que precipitam no decantador, formando o lodo de sedimentação que será posteriormente filtrado. O caldo clarificado é enviado para o setor de evaporação (HUGOT, 1969).

Evaporação: Constitui o primeiro estágio de concentração do caldo proveniente do setor de tratamento. O caldo clarificado contém cerca de 85% de água, que é, então, evaporada até que se atinja cerca de 40% em água, tornando-se

um xarope grosso e amarelado. Esta evaporação é feita em evaporadores em múltiplo efeito concorrente, isto é, o vapor gerado na caixa de evaporação precedente (vapor vegetal) é utilizado como fonte de aquecimento para o caixa posterior(OLIVEIRA, 1964 apud JESUS, 2004).

Flotação do xarope: Segundo a Engenho Novo[®] (2005), o flotador é equipamento que tem a finalidade de retirar impurezas contidas no xarope para que na alimentação dos cozedores a vácuo não ocorra o desenvolvimento de cor.

Cristalização: Segundo Vechia e Andrade (2004), a finalidade do cozimento é obter uma massa cozida de boa fluidez, com cristais de boa qualidade, com tamanho esperado, boa uniformidade e de fácil centrifugação.

O xarope produzido pela etapa de evaporação passa por uma etapa de “cozimento”, feito em cristalizadores, que em essência são evaporadores de simples efeito. Neste processo realizado em batelada, o xarope é concentrado sob vácuo até atingir certo grau de supersaturação. Adicionam-se núcleos cristalinos de açúcar (semente) e, pela adição de xarope e evaporação controlada, os cristais crescem até o tamanho desejado. A mistura de xarope e cristais (massa cozida) é, então, centrifugada para remoção do licor-mãe (agora chamado de mel), reciclado para uma nova etapa de cristalização, O líquido residual desta etapa é conhecido como mel final e é utilizado pelas destilarias para formar o mosto de fermentação (HUGOT, 1969).

Secagem: Os cristais de açúcar seguem para a secagem em tambores rotativos levemente inclinado em relação a horizontal, inicialmente entra em contato com ar quente que é adicionado vapor e tem a função da secagem da umidade, em seguida no final do tambor é submetido ao ar frio proveniente da ventilação do ar atmosférico ou sistema de diabáticos. Se faz necessário a secagem e em seguida o resfriamento para que, no momento da armazenagem não ocorra empedramento e amarelamento (cor), (SOUZA, 2007).

2.1 DEXTRANAS

A *dextrana* é formada pela deterioração microbiológica e enzimática da sacarose ou do caldo da cana proveniente da fermentação de uma bactéria denominada *Leuconostoc*. Estes microorganismos estão presentes no solo e equipamentos durante o processo produtivo.

Desde 1941 quando a enzima *dextrana-sacarase* foi descoberta, vários mecanismos foram propostos para explicar a biossíntese das dextranas. Entre eles destaca-se o da inserção sequencial do monômero entre a enzima e a cadeia em formação no seu terminal redutor (STAY,1943; EBERT; SCHENK, 1968 apud ALSOP, 1983). Neste mecanismo a dextrana cresce a partir da sua extremidade redutora como uma cadeia única, a partir da ação dos dois sítios da *dextrana-sacarase* em duas etapas conforme ilustrado na reação a seguir.

A *dextrana* é um polissacarídeo de alto peso molecular na ordem de 10^3 a 10^7 Da (Dalton) formado por ligações glicosídicas do tipo Alfa (1 - 6), com poder rotatório três vezes maior do que a sacarose (RODRIGUES, 2003).

A reação geral para a síntese enzimática da dextrana é essencialmente irreversível e é dada pela equação mostrada na figura 02:

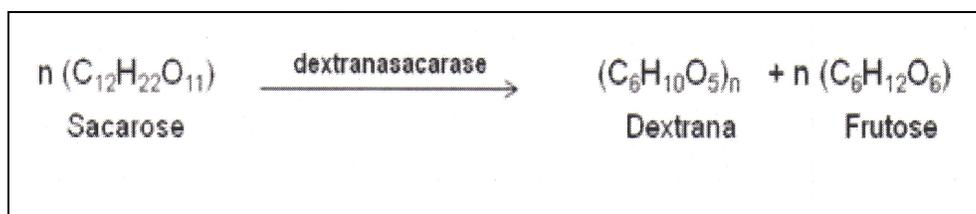


Figura 2 - Reação geral para síntese enzimática da dextrana.

Fonte: WENDELL, 2009, p.28.

Conforme a figura 03 estruturalmente as *dextranas* encontradas no caldo da cana ou no açúcar dele derivado são tipicamente lineares, apresentando em torno de 95% de ligações consecutivas Alfa(1->6) formando uma cadeia principal com cadeias laterais originas de ligações Alfa(1->3) apresentado uma massa molar na faixa de 10^4 – 10^6 Da.

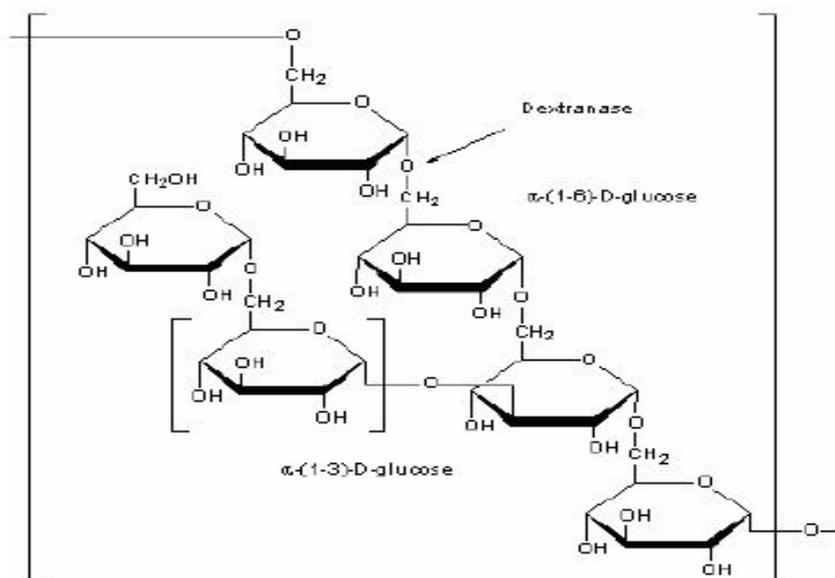


Figura 3: Estrutura da dextrana
Fonte: WENDELL, 2009, p.29.

2.2 CONTAMINAÇÕES DO PROCESSO PRODUTIVO

Como as *dextranas* são originadas a partir da contaminação bacteriana da cana, suas concentrações no açúcar estão invariavelmente relacionadas a fatores ambientais e/ou falhas operacionais no manejo da cana no campo ou durante o processo dentro da usina. Em relação a fatores ambientais destacam-se como pontos críticos as variações abruptas de temperatura nas plantações e a infestação da cana por pragas que provocam rachaduras nos colmos da cana (exemplificados na figura 04) e o excesso de umidade causado por chuvas durante a sua colheita (CLARKE, 1997).



Figura 4: (A) Cana sem contaminação, (B) Cana com infestação.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Dentre os fatores operacionais que contribuem para o aumento do teor de *dextranas* estão a colheita tardia da cana, a prática de queimadas, o uso de ferramentas contaminadas, o empilhamento da cana durante o corte manual, e o corte mecanizado feito muito rente ao solo. Mas o que mais influencia é o tempo em que a cana após ser cortada fica exposta a intempéries na lavoura, devido o impedimento de sua retirada principalmente por excesso de chuvas (AQUINO, 2003).

Alvarez e Cardenty (1988) relataram que a formação da dextrana pode ocorrer antes ou mesmo durante o corte da cana, como também no processamento industrial. Parâmetros críticos que contribuem para a deterioração da cana e formação de dextrana foram definidos para o controle da contaminação por microrganismos produtores de dextrana, tais como a variedade da cana; tipo e qualidade de corte; temperatura; umidade; clima; qualidade do carregamento e tempo de armazenagem.

De acordo com Caldas, Silva e Carvalho (1998) o teor de dextrana tem relação exponencial em função do tempo gasto entre a queima, corte e processamento industrial.

Danos físicos causados por insetos ou por ação climática, e fraturas devidas a ajuste incorreto de colheitadeira mecânica favorecem o desenvolvimento de microrganismos. A contaminação da cana é influenciada diretamente pela temperatura, umidade e estação climática. Os microrganismos provêm do solo e do material das plantas em decomposição, após seu corte e exposição ao ambiente (COOPERSUCAR, 1985).

Conforme Legendre *et al.* (1999) a qualidade do açúcar produzido depende diretamente das práticas de cultivo, do sistema de colheita da cana-de-açúcar, do uso de produtos químicos e do processo industrial.

Na indústria sucroalcooleira a presença de dextrana é um problema que afeta tanto a qualidade do açúcar como a produtividade industrial. Ela provoca perda de sacarose, promove a deformação do cristal (figura 05) e aumento da viscosidade do caldo de cana, dificultando assim a remoção do material em suspensão durante a clarificação e entupimento de filtros utilizados no processo.

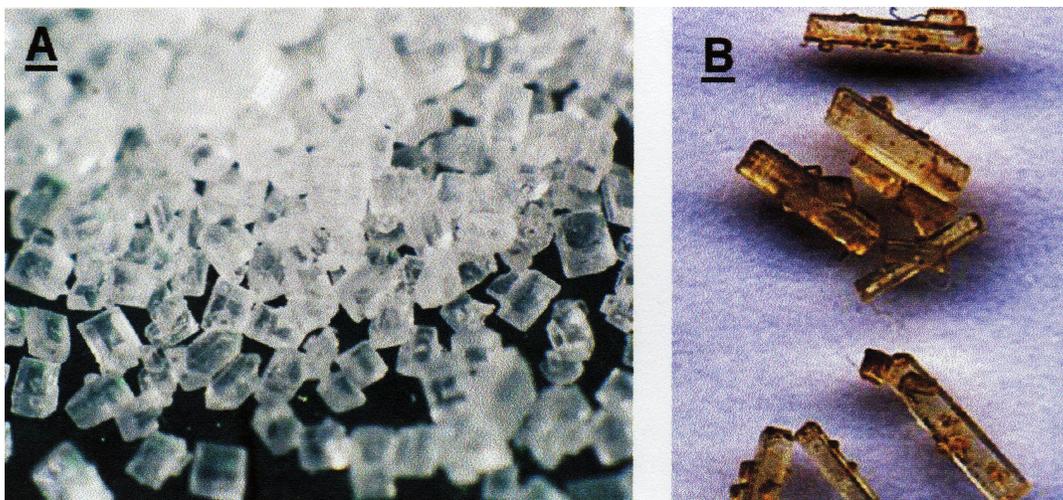


Figura 5: (A) Açúcar cristal com forma geométrica normal X (B) Açúcar alongado devido a presença de dextrana durante o processo.

Fonte: WENDEL, 2009, p. 32.

Por outro lado as *dextranas* de massa molar de $1,0 \times 10^4$ a $2,5 \times 10^7$ Da são amplamente utilizadas na formulação de alimentos nas funções de agentes espessantes, geleificantes, inibidor de cristalização e emulsificante em produtos como: sucos, bebidas lácteas, sorvetes, xaropes. Contudo a sua presença quando introduzida como contaminantes do açúcar na indústria alimentícia causa problemas como o entupimentos de filtros e tubulações, alteração de viscosidade em xaropes, deformação de balas, formação de precipitados e turvação em bebidas alcoólicas.

Indústrias que usam açúcar contaminado com dextrana em seus produtos, podem apresentar problemas de qualidade, como encolhimento de balas, fraturas em tabletes de açúcar e turbidez em bebidas (VANE, 1981).

Segundo Clarke (1997), a dextrana, quando presente em nível de 300ppm, causa distorção na polarização do açúcar bruto, propiciando problemas na refinação do mesmo. O nível de 400ppm de dextrana pode alterar a alongação do cristal açúcar refinado e aumento da viscosidade. Problemas na alongação do cristal de açúcar brutos também podem ocorrer na presença de 600ppm de dextrana.

Em termos de especificações técnicas as maiorias das usinas adotam padrões definidos pela Cooperativa de Produtores da Cana-de-açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo – COPERSUCAR, que são apresentados na tabela 01. No entanto esses valores apresentam ligeiras variações em açúcares que não

pertencem a cooperados, pois eles não classificam o açúcar de acordo com as normas da cooperativa.

Tabela 01: Especificações físico-químicas dos principais tipos de açúcar comerciais produzidos no Brasil.

Parâmetro	Unidade	Limite	Tipo					Exportação
			1	2	2G	3	4	VVHP
Polarização	°Z	Mínimo	99,8	99,7	99,7	99,7	99,7	99,6
Cor INCUMSA	UI	Máximo	100	150	150	200	400	450
Sulfito	mg.Kg ⁻¹	Máximo	15	10	15	15	20	<1
Dextrana	mg.Kg ⁻¹	Máximo	-	100	100	150	-	100
Amido	mg.Kg ⁻¹	Máximo	-	180	180	180	-	100
Insolúveis	1 a 10	Máximo	5	5	4	9	-	-
Part. Magnetizáveis	mg.Kg ⁻¹	Máximo	2	1	1	5	-	-
Granulometria	AM (CV %)				<0,6 (<35)			

Onde: °Z = graus Zucker, AM = tamanho médio do cristal, CV = uniformidade do cristal

Fonte: WENDEL, 2009, p.33.

Segundo Lopes (1993) afirma que no Brasil, recomenda-se que o teor de dextrana no açúcar cristal seja no máximo 250 ppm. Mas em alguns casos como na produção de açúcar tipo exportação este teor não pode ultrapassar 150 ppm.

Tilbury (1971) demonstrou que a biodeterioração, ocasionada pelo *Leuconostoc mesenteroides*, microorganismo causador de dextrana na cana cortada, acarreta efeitos econômicos prejudiciais, levando a uma perda diária de 4,75% de sacarose.

2.3 COMBATES À DEXTRANA

No Brasil já estão sendo desenvolvidas pesquisas com enzimas que controlam a produção de dextranas para se realizar o controle nos processos industriais.

Uma das enzimas que vem sendo utilizada pelos produtores de açúcar é a *Dextranase Plus L*[®] produzida pela LNF Latino Americana Indústria Química. Ela realiza a hidrólise das ligações *alfa-1,6-glicosídicas* em moléculas de *dextrana*,

fazendo com que a molécula diminua seu tamanho. Amenizando significativamente os efeitos da *dextrana* solúvel sobre a viscosidade do caldo e do xarope evitando com que as mesmas alterem a qualidade do produto final. As enzimas não atuam sobre nenhum outro substrato além daquele em que se deseja, no caso da dextranase citada anteriormente, ela atua somente sobre a dextrana (NASCIMENTO, 2007).

Mas o melhor combate já verificado durante os anos de estudo, é o tratamento da lavoura para que não haja meio de penetração da bactéria nos colmos da cana. Também fazer sempre um planejamento de corte para que quando não for possível transportar a cana em tempos curtos ela também não fique exposta na lavoura, logo após seu corte onde existirão caminhos de entradas de microorganismos formadores de dextranas (OLIVEIRA, 2002).

3 MÉTODOS

Para o estudo de caso foram utilizados dados coletados de usinas da região de MACATUBA-SP. Estes valores são utilizados pelas empresas para fazer o acompanhamento do processo verificando os impactos que as dextranas acarretam ao rendimento e a qualidade do açúcar final.

Também foram coletadas varias amostras de cana infestada com brocas onde contém rachaduras e ferimentos que serviam de entrada para as bactérias formadoras de *dextranas*. Em seguida foram realizadas analises de BRIX, POL e PUREZA no caldo proveniente desta cana para verificar o resultado do processo de deterioração causado pelas bactérias que infestaram a cana atacada pela broca que abre caminho para entrada do *Leuconostoc*, bactéria formadora de *dextrana*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 RESIDUAIS DE DEXTRANA NO AÇÚCAR FINAL

No açúcar final também foi observado o aumento de dextranas, mas este teve mais relação com o tempo de corte da cana e seu transporte até a usina.

Canas com tempo de estoque maior que 72 horas teve sua taxa de dextrana no açúcar final elevada de 50 ppm para até 300 ppm. Isso ocorre muito em tempo de chuvas onde não é possível retirar a cana cortada na lavoura no tempo certo e as condições de temperatura e umidade favorecem a formação da mesma. Nesses casos a concentração é tão grande que fica impossível abaixar a taxa durante o processo de fabricação e o açúcar então é desclassificado aumentando ainda mais os prejuízos da indústria.

No gráfico 01 podemos observar que conforme aumenta a quantidade de dextrana no caldo, também aumenta o residual no açúcar final. Isso pode ser verificado comparando o segmento da linha azul e vermelha. A linha vermelha representa a dextrana no caldo e a linha azul representa a dextrana no açúcar final.



Gráfico 1- Relação entre dextrana no caldo e no Açúcar final.

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Conforme já citados por autores, o tempo de cana exposta às intempéries do campo após seu corte em épocas chuvosas é um dos fatores que mais influência a

formação de dextrana. Podemos comprovar estas afirmações através da análise de dados de tempo decorridos entre corte e entrega da cana na usinas obtidos dos produtores da região citada. No gráfico 02 podemos ver a relação entre o tempo e a contaminação no caldo da cana.

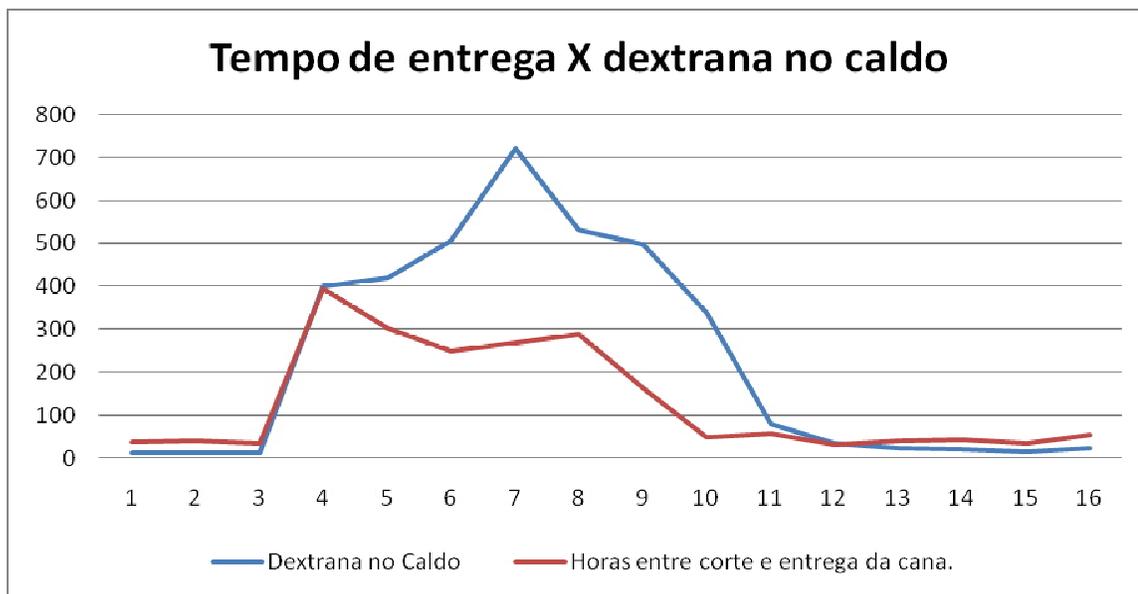


Gráfico 2: Relação entre tempo de corte e entrega da cana na usina.
Fonte: Elaborada pelo Autor.

Podemos observar que no período indicado no gráfico tivemos uma relação entre a dextrana contida no caldo e o tempo de entrega da cana. As linhas acompanham os valores conforme já visto no gráfico anterior. Aumento de tempo de exposição no campo é igual a aumento de dextrana no caldo que consequentemente resultará em residual de dextrana no açúcar final causando a desclassificação do mesmo.

4.2 PERDAS POR DETERIORAÇÃO DA SACAROSE

Na figura 6 podemos verificar visualmente a mudança de característica da cana quando a mesma sofre ataques de insetos que abrem caminhos para a penetração dos microorganismos causadores de *dextranas*.



Figura 6: (A)Cana com os colmos normais; (B)Cana com os colmos danificados por infestação de broca contendo dextrana. .

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Pode-se verificar conforme a tabela 02 que a cana infestada teve perdas consideráveis no rendimento devido a queda da concentração de sacarose.

Observou-se este resultado através da diminuição da pureza nos caldo analisado, a pureza é o indicador da quantidade de sacarose contida em uma solução açucarada.

Tabela 02: Resultado de análises comparativas de cana.

ANALISE	CANA	BRIX %	POL %	PUREZA
Referência	Valores médios para região central Estado de São Paulo.	24,0	22,0	91,5
1	Cana sem infestação	23,8	21,80	91,60
	Cana com infestação	19,20	16,65	86,72
2	Cana sem infestação	24,30	22,32	91,85
	Cana com infestação	19,40	16,73	86,24
3	Cana sem infestação	24,10	22,04	91,45
	Cana com infestação	21,30	18,95	88,97
4	Cana sem infestação	21,20	18,80	88,68
	Cana com infestação	18,00	14,70	81,67
5	Cana sem infestação	23,30	21,26	91,24
	Cana com infestação	20,00	20,00	86,41
6	Cana sem infestação	22,80	20,56	90,17
	Cana com infestação	21,50	19,28	89,68
7	Cana sem infestação	21,30	19,20	90,14
	Cana com infestação	19,70	17,36	88,12
8	Cana sem infestação	23,30	21,30	91,12
	Cana com infestação	17,30	14,00	80,92

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Em todas as amostras analisados na tabela nº 02 obteve-se resultados positivos para diminuição de sacarose, o que afeta diretamente o rendimento final do processo produção de açúcar.

O rendimento da produção de açúcar é determinado por quantidade de sacarose que se consegue cristalizar no processo de fabricação de açúcar que no Brasil não se difere em nenhum aspecto em sua maioria nas usinas.

Para se determinar quanto é possível fazer de açúcar por tonelada de cana moída tem que pegar o valor de POL e multiplicar por 70%. Valores médios de recuperação conseguidos por usinas em nossa região.

Como exemplo para fazer comparação de rendimento, vamos pegar os valores da amostra 01:

- Para uma tonelada de cana boa teríamos:

$1000 \text{ Kg} \times 21,26\% = 212,6 \text{ kg}$ de sacarose

$212,6 \text{ kg} \times 70\% = \mathbf{148,82 \text{ kg}}$ de sacarose (açúcar cristal).

- Para uma tonelada de cana infestada teríamos:

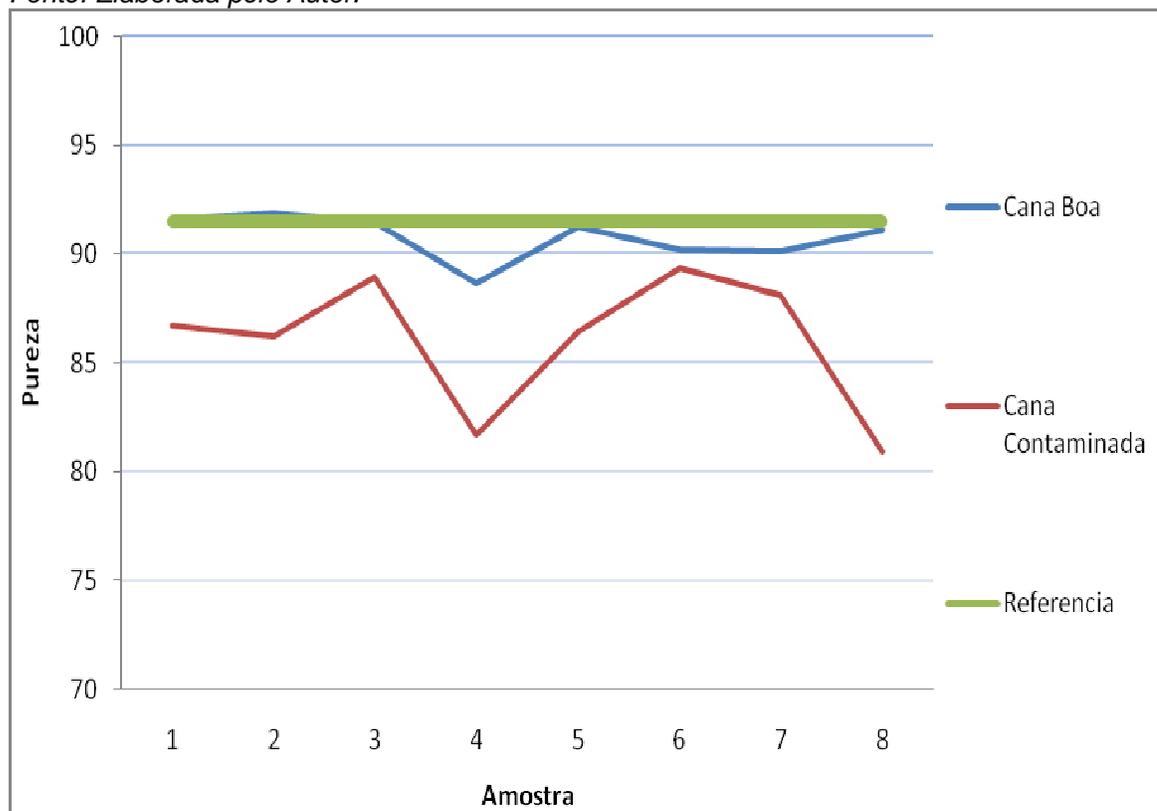
$1000 \text{ Kg} \times 16,65\% = 166,5 \text{ kg}$ de sacarose

$166,5 \text{ kg} \times 70\% = \mathbf{116,55 \text{ kg}}$ de sacarose (açúcar cristal).

Uma diferença de rendimento aproximada dos 20% o que são valores que deixam os usineiros muito preocupados, pois lotes de cana infestados podem ser grandes o bastante para alimentar a usina por semanas, causando prejuízos irreparáveis.

No gráfico 3 podemos ver mais claramente como o resultado de purezas mais baixas fica evidente em cana com infestação.

Grafico 03: *Relação de pureza entre cana boa e cana infestada com dextrana*
Fonte: *Elaborada pelo Autor.*



A linha vermelha indica resultados de cana com infestação enquanto que a linha azul mostra resultados de cana boa tendo como base a linha verde que é um valor referência de pureza para caldo de cana da região central do estado de São Paulo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do levantamento bibliográfico, da coleta de dados e do estudo de caso podemos concluir que infestações de microorganismos produtores de *dextranas* afetam diretamente o rendimento e a qualidade do açúcar derivado de cana-de-açúcar e que compromete a remuneração do açúcar brasileiro.

Ainda são necessários estudos mais aprofundados com relação às *dextranas* enquanto contaminante aos processos industriais de fabricação de açúcar para que haja um estímulo a desenvolvimento de novos produtos que possam amenizar os efeitos que ela causa ao açúcar cristal.

A melhor maneira que existe para controle da dextrana até o momento são os cuidados na lavoura em manter o planejamento de corte p/ que a cana não fique exposta a infestações de microorganismos e que as boas práticas de higiene das ferramentas e manutenção dos maquinários sejam garantidas. Também dentro da indústria são necessários cuidados com higienização dos equipamentos para que o processo não seja um multiplicador de *dextrana*.

Não podemos perder produtividade, pois a demanda esta aumentando e cada vez mais as áreas disponíveis para o cultivo de cana estão ficando escassas. Devemos buscar o combate das fontes geradoras, pois tratar as *dextranas* é inviável financeiramente.

REFERENCIAS

ALVAREZ, F. J.; CARDENTY. Pratical aspects of the control of dextran at Atlantic Sugar Association. **Int. Journal Sugar**, São Paulo, v.90, n.1078, p.182-184, 1988.

AQUINO, D. S. **Produção de dextranas por novas linhagens de bactérias da cana de açúcar**. 2006. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

BERTOUSO, M.T.S. **O Efeito Da Dextrana Na Deformação De Balas Duras**. 2000 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Biológicas)- Universidade Sagrado Coração, Bauru-SP, 2000.

CALDAS, C.; SILVA, J.F.J.; CARVALHO, D.T.F. A dextrana na produção de **açúcar** de mesa. **Stab**,[S.l:s.a], v.17, n.1.

CLARKE, A.M. **Dextrana en los ingenios azucares**: presencia y control: sugar y Azucar. **Local de publicação: editora, ano.** p.38-45, Nov., 1997.

COOPERSUCAR. Métodos de Análise: Normas. In: 3º SIMPOSIO INTERNACIONAL COPERSUCAR, São Paulo, 1985. **Anais...** São Paulo: [s.n], 1985.

ENGENHO NOVO TECNOLOGIA LTDA. **Processo de Flotação no Tratamento de Xarope de Açúcar**. 2002. Apostila.

HUGOT, E., **Manual da Engenharia Açucareira**. São Paulo; Editora Mestre Jou, 1969, p. 1950.1969.

JESUS, Charles F. D, **Validação da Simulação Dinamica das Etapas de Evaporação e Cristalização da Produção com dados obtidos em Plantas Industriais**. 2004. 214 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - UFSCAR, São Carlos, 2004.

LEGENDRE, B.L. et al. **Developments in sugar cane agriculture that affect prodessing**. Local de publicação: *Zuckerindustries*,1999.

LOPES, C.H. **Manual de controle de qualidade de açúcar da Sucral**. São Carlos: [s.n],1993. 62p.

NASCIMENTO, D. Para limitar teores de amido e dextrana no açúcar final, usinas aderem ao tratamento enzimático. **Ideianews**, 2007. Disponível em: <http://www.ideaonline.com.br/boletins_especiais/arquivos/BoletimEspecial25_1.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2010.

OLIVEIRA, A. S. **Fatores que Interferem na Produção de Dextrana por Microrganismos Contaminantes da Cana-de-açúcar**. Semina, Londrina, v. 23, n. 1, p. 99-104, dez. 2002.

PARAZZI, C. **Matéria-prima para indústria do Açúcar e do álcool.** : [S.l:s.e], 1984.

REUNION Consultoria. **Tratamento do caldo.** São Paulo, 1999. 50 f. Apostila. [S.l:s.n.].

RODRIGUES, S. **Estudo da síntese enzimática de dextrana na presença de maltose como acceptor.** 2003. 244 f. Tese (Doutorado em Engenharia de alimentos) – Faculdade de engenharia de alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

TILBURY, R.H. **Biodeterioration of harvested sugarcanein Jamaica.** Birmingham: University of Birmingham, 1971. 391p.

VANE, W.G. **Los problemas que seguem com la presencia del dextran en los productos azucareros.** Sugar y Azucar, São Paulo. ,[S.l:s.v], ano. p.134, 198.

VECHIA, Tercio M. D e ANDRADE, Antonio R. **O cozimento do Açúcar.** 2004. Apostila de Consultoria.

WENDEL, A. F. B. **Dextranas em açúcar e em aguardente de cana.** 2009. 91 f. (Tese de Doutorado em Engenharia Química) – Faculdade de engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.