

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**SUBSTITUIÇÃO DE FLOCULANTE COMERCIAL POR
BIOFLOCULANTE DE *Moringa oleífera* Lamarck NO SETOR
SUCROENERGÉTICO**

Cristhyane Millena de Freitas
Tecnóloga em Biocombustíveis

2017

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**SUBSTITUIÇÃO DE FLOCULANTE COMERCIAL POR
BIOFLOCULANTE DE *Moringa oleífera* Lamarck NO SETOR
SUCROENERGÉTICO**

Cristhyane Millena de Freitas

Orientadora: Profa. Dra. Márcia Justino Rossini Mutton

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Microbiologia Agropecuária

2017

F866s Freita, Cristhyane Millena
Substituição de Floculante comercial por Biofloculante de *Moringa oleífera Lamarck* no Setor Sucroenergético / Cristhyane Millena de Freita. - - Jaboticabal, 2017
x, 99 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017
Orientadora: Márcia Justino Rossini Mutton
Banca examinadora: Maria Benincasa Vidotti, Octávio Antonio Valsechi.
Bibliografia

1. Biocombustíveis. 2. Tratamento do caldo. 3. *Moringa oleífera Lam.* 4. Biofloculante. 5. Molécula carcinogênica. 6. Processo fermentativo. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 576.8.633.61

CERTIFICADO DE APROVACAO



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal

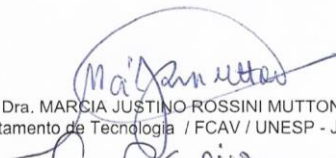


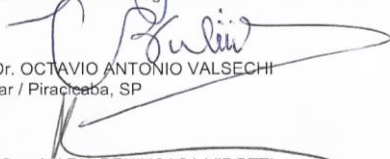
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: SUBSTITUIÇÃO DO FLOCULANTE COMERCIAL POR BIOFLOCULANTE DE
Moringa oleífera LAMARCK NO SETOR SUCROENERGÉTICO

AUTORA: CRISTHYANE MILLENA DE FREITA
ORIENTADORA: MARCIA JUSTINO ROSSINI MUTTON

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em MICROBIOLOGIA
AGROPECUÁRIA, pela Comissão Examinadora:


Profa. Dra. MARCIA JUSTINO ROSSINI MUTTON
Departamento de Tecnologia / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. OCTAVIO ANTONIO VALSECHI
UFSCar / Piracicaba, SP


Profa. Dra. MARIA BENINCASA VIDOTTI
Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza / FATEC - Jaboticabal, SP

Jaboticabal, 16 de fevereiro de 2017.

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

CRISTHYANE MILLENA DE FREITA - nasceu aos 22 de agosto de 1982, na cidade de Taquaritinga, estado de São Paulo. Em janeiro de 2012 ingressou no curso de Tecnologia em Biocombustíveis na Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal, recebendo o título de Tecnólogo em Biocombustíveis em dezembro de 2014. A partir de fevereiro de 2012 passou a integrar os grupos de pesquisa “Processos Biotecnológicos aplicados à Agroindústria” e “Fisiologia e Manejo Sustentável da cana-de-açúcar”, participando de diversos projetos, com bolsa FAPESP. Em março de 2015 ingressou no programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agropecuária, em nível de mestrado da FCAV - UNESP, no qual obterá o título de Mestre em fevereiro de 2017.

Aos meus pais, Mauro Aparecido de Freitas e Célia Regina de Souza Freitas,
minha irmã Lidiane Aline de Freitas, e meu companheiro Maicon Augusto
Tavares de Souza, por toda paciência, carinho, amor e incentivo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a Profa. Dra. Márcia R.J. Mutton e Prof. Miguel Angelo Mutton, pela oportunidade, pela confiança, principalmente por me darem condições de uma nova caminhada, incentivando e me mostrando que seria capaz de trilhar este caminho, sempre com ensinamentos esclarecedores, vocês realmente fazem valer a profissão honrosa de professores, e se hoje tenho este título é pelo incentivo e aprendizagem de vocês.

Ao Programa de Pós-Graduação de Microbiologia Agropecuária.

A Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal e aos professores do curso de pós-graduação pelo aperfeiçoamento profissional.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

A Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal (FATEC Jab) pela disponibilização de equipamentos para realização de parte das análises do projeto.

A minha querida irmã Lidyane, pela paciência, amor, carinho e ensinamentos.

Aos meus pais pelo apoio, incentivo e amor incondicional, se hoje estou alcançando esta realização, é porque vocês me deram condições e sempre estiveram ao meu lado.

Ao meu querido companheiro Maicon, pela infinita paciência, amor e acima de tudo compreensão pela ausência ao longo dos dias, você realmente faz sentido ao significado da palavra companheiro.

Aos meus amigos de laboratório que levarei para toda vida: Lidyane, Gustavo, Franciele, Letícia, Aline, Vitor, Karen e Juliana com vocês aprendi demais e também vivi momentos inesquecíveis, alguns cansativos, mas sempre com muita alegria.

Aos amigos de Laboratório que convivi pouco tempo, mas que também foram importantes: Osania, Nayara Montijo, Rita, Marcel, Matheus Irene, Welton, Silvia, Marcelo e Jorge.

Ao técnico de Laboratório Sérgio Nobokuni.

SUMÁRIO

RESUMO	III
ABSTRACT	IV
LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE TABELAS	VIII
1.0 INTRODUÇÃO	10
2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Cana-de-açúcar	13
2.1.1 Composição do Caldo de Cana	14
2.1.2 Etapas Preliminares – Corte, Carregamento e Transporte (CCT).....	16
2.1.3 Preparo da Cana	17
2.1.4 Extração do Caldo	18
2.2 Tratamento do caldo	20
2.2.1 Caleagem.....	23
2.2.2 Agentes Floculantes.....	24
2.2.3 Polímeros sintéticos – (Poli-eletrólitos Sintéticos).....	24
2.2.4 Polímeros Naturais	26
2.3 Produção de Açúcar.....	27
2.3.1 Classificação de Açúcares	29
2.3.2 Sacarose - Cristalização.....	30
2.4 Açúcar VHP	33
2.4.1 Critérios de Qualidade do Açúcar VHP	34
2.5 Produção de Etanol.....	37
2.5.1 Preparo do Mosto	38
2.5.2 Fermentação Etanólica.....	39
2.5.3 Levedura	40
2.6 <i>Moringa Oleífera Lam</i>	42
2.7 Acrilamida	45
2.7.1 Propriedades da Acrilamida.....	46
2.7.2 Toxidade da Acrilamida	48
2.7.3 Legislação da Acrilamida	48

3.0 MATERIAL E MÉTODOS	51
3.1 Instalação e condução do experimento.....	51
3.2 Delineamento Experimental e Análise dos Dados	51
3.3 Preparo do Extrato semente de moringa	52
3.4 Obtenção dos caldos clarificados	53
3.4.1 Caracterização do caldo clarificado.....	54
3.5 Preparo e caracterização dos mostos.....	55
3.6 Processo Fermentativo	55
3.6.1 Caracterização do vinho	56
3.7 Produção de açúcar	56
3.8 Quantificação de Acrilamida	58
3.9 Análises Estatísticas	58
4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
4.1 Qualidade da Matéria-Prima para produção de Etanol e Açúcar.....	59
4.2 Produção de Etanol.....	60
4.2.1 Caracterização do Caldo Clarificado.....	60
4.2.2 Características e Fermentação do mosto.....	63
4.2.3 Caracterização do Vinho	66
4.3 Produção de Açúcar.....	69
4.3.1 Caracterização do Caldo Clarificado.....	69
4.3.2 Qualidade do Açúcar	72
4.4 Análise de Acrilamida.....	78
5.0 CONCLUSÕES	80
6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

SUBSTITUIÇÃO DE FLOCULANTE COMERCIAL POR BIOFLOCULANTE DE *Moringa oleífera* Lamarck NO SETOR SUCROENERGÉTICO

RESUMO

O aumento na produção da indústria sucroalcooleira é conhecido e envolve várias etapas ao longo do processo. Uma etapa fundamental é a clarificação do caldo, onde são adicionados polieletrólitos sintéticos a base de acrilamida, objetivando a rápida sedimentação de impurezas presentes no caldo de cana na produção de açúcar e etanol. Considerando-se que a molécula constituinte deste insumo pode ficar retida no cristal de açúcar e na levedura, sua utilização deve ser controlada, uma vez que apresenta ações cancerígenas e neurotóxicas ao ser humano. Um bioextrato que pode ser promissor e que apresenta ação coagulante, é o de semente de *Moringa oleífera Lamarck*. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi comparar os reflexos do emprego de extrato de semente de moringa, com diversas concentrações do polímero à base de acrilamida comercial, como auxiliares de sedimentação na clarificação do caldo de cana, avaliando se ao final do processo ocorre a permanência de resíduos de acrilamida e a qualidade na produção de açúcar e etanol. O extrato de moringa (13mg/L), apresentou características tecnológicas e viabilidade fermentativa, semelhantes comparado ao polímero. O emprego de dosagens superiores a 1,5mg/L de polímero, acarreta redução dos teores de açúcares. Para produção de açúcar o extrato de semente de moringa, apresentou as características dentro do estabelecido para o açúcar VHP, sendo que a pol, a umidade e a cor foram similares ao polímero (1,5mg/L). O extrato semente de moringa, apresenta potencial para seu emprego como floculante, sendo equivalente com o polímero à base de acrilamida de 1,5 mg/L. Ao quantificar os teores de acrilamida, no açúcar produzido e na levedura separada do processo fermentativo, verificou-se que os resíduos dessa biomolécula, encontravam-se abaixo do limite de detecção.

Palavras-chave: biocombustíveis; Tratamento do caldo; *Moringa oleífera Lam*; biofloculante; molécula carcinogênica; processo fermentativo;

REPLACEMENT OF COMMERCIAL FLOCULANT BY BIOFLOCULANT OF MORINGA OÍÍFERA Lamarck IN THE SUCROENERGÉTIC SECTOR

ABSTRACT

The increase in production of sugar and ethanol industry is known and involves several steps throughout the process. A key step is the sugar cane juice clarification, where synthetic acrylamide based polyelectrolytes are added, aiming a rapid sedimentation of impurities present in sugarcane juice, for sugar and ethanol production. Considering that the constituent molecule of this input can be retained in the sugar crystal and in the yeast, its use must be controlled, since it presents carcinogenic and neurotoxic actions to the human being. A bioextract that may be promising and exhibits coagulant action is the one of *Moringa oleifera* Lamarck seed. In this context, the objective of this study was to compare the use of *Moringa* seed extract with various concentrations of the commercial acrylamide based polymer as sedimentation aids, in the clarification of sugarcane juice, evaluating at the end of the process the permanence of acrylamide residues and the quality of sugar and ethanol production. The moringa extract (13mg/L) presented technological characteristics and fermentative viability similar to the polymer. The use of dosages higher than 1.5mg/L of polymer, leads to reduction of sugar content. For sugar production, the *Moringa* seed extract presented characteristics within the established for the VHP sugar, being Pol, humidity and color similar to the polymer (1.5mg/L). The *Moringa* seed extract presents potential for its use as a flocculant, being equivalent to the acrylamide polymer of 1.5 mg/L. By quantifying the contents of acrylamide in the sugar produced and in the yeast separated from the fermentation process, it was found that the residues of this biomolecule were below the limit of detection.

Key words: Biofuels; Sugar cane juice treatment; *Moringa oleifera* Lam; Bioflocculant; Carcinogenic molecule; Fermentative process.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Composição tecnológica do caldo de cana-de-açúcar.....	20
Figura 02: Composição das partículas em suspensão do caldo: Grosseiras, Coloidais e Moleculares.....	21
Figura 03: Esquema do Preparo de Cana. Disponível em: http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfpLIAL/monografia-rendimento-fermentação?part=3	23
Figura 04: Conjunto ou tanden de moagem. http://hdl.handle.net/12345678	25
Figura 05: http://hdl.handle.net/12345678/556 - Difusor de cana-de-açúcar de leito móvel.....	25
Figura 06: Decantador em escala laboratorial, com sistema de luzes.....	27
Figura 07: Tratamento de Caldo de Cana para Fabricação de Açúcar – Processo de precipitação.....	30
Figura08: Tratamento de Caldo de Cana para Fabricação de Açúcar – Cadeia do Polímero.....	31
Figura09: Produção de Açúcar http://www.ebah.com.br/content/ABAAAASVoAK	34
Figura 10: Solubilidade da sacarose pura em água em função da temperatura. http://www.ebah.com.br/content/ABAAAQ0gA ..	38
Figura 11: Cenário provável da produção agrícola em 2022.....	44
Figura12: Fonte: http://www.jornaldomingo.co.mz/index.php/reportagem/4306-chegou-a-fabrica-de-processamento-da-moringa	49
Figura 13: Sources: Trees for life (Fonte: árvores para a vida). International Research Journal of Pharmacy. Vol.3 Iss.6.06/2012.....	51
Figura 14: Estrutura química da acrilamida. Fonte: http://omar-mostacero.blogspot.com.br	53
Figura 15: Sementes de moringas secas e maceradas.....	58
Figura 16: Extrato de semente de moringa com diluição em CaCl ₂ em agitação por 10 minutos e posterior filtração a vácuo.....	59
Figura 17: Moagem da cana CTC5.....	59
Figura 18: Ajuste do pH, com adição de leite de cal – pH 6,0 (produção de etanol) e pH 7,0 -8,0 (produção de açúcar).....	60
Figura 19: Rotoevaporador de simples efeito, concentração do caldo clarificado a brix 60°.....	63
Figura 20: Cozedor de simples efeito, formação de cristais mantidos na zona metaestável.....	64

Figura 21: Açúcares produzidos a partir de diferentes floculantes.....	83
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Comissão Internacional para Métodos Uniformes de Análise de Açúcar – ICUMSA.....	36
Tabela 02: Valores médios obtidos para Brix, pH, Pol, Pureza e ART do caldo clarificado com 5 diferentes auxiliares de sedimentação, a partir de 1 variedades de cana-de-açúcar. Jaboticabal-SP. Safra 2015/2016.....	67
Tabela 03: Valores médios obtidos para Acidez total, Cinzas, Turbidez e Fenol do caldo clarificado com 5 auxiliares de sedimentação. Jaboticabal-SP. Safra 2015/2016.....	68
Tabela 04: Resultados para ART e Acidez total Total do Mosto obtido a partir de caldo clarificado com 5 auxiliares de sedimentação. Jaboticabal-SP. Safra 2015/2016.....	71
Tabela 05: Resultados obtidos para Viabilidade Celular (B.C), Brotamento (Brot.) e Viabilidade de Brotos (V.B) no início e final do processo fermentativo de mostos obtido a partir de caldo clarificado com 5 auxiliares de sedimentação. Jaboticabal-SP. Safra 2015/2016.....	72
Tabela 06: Resultados obtidos para pH, Acidez total Total, ARRT e Glicerol do vinho resultante do processo fermentativo utilizando-se mostos preparados a partir de caldos clarificados com 5 auxiliares de sedimentação.....	74
Tabela 07: Resultados obtidos para o Teor Alcoólico e Eficiência Fermentativa do processo fermentativo utilizando-se mostos preparados a partir de caldos clarificados com 5 auxiliares de sedimentação.....	75
Tabela 08: Valores médios obtidos para Brix, pH, Pol, Pureza e ART do caldo clarificado com 5 diferentes auxiliares de sedimentação, a partir de 1 variedades de cana-de-açúcar. Jaboticabal-SP. Safra 2015/2016.....	76
Tabela 09: Valores médios obtidos para Acidez total, Cinzas, Turbidez e Fenol do caldo clarificado com 5 auxiliares de sedimentação. Jaboticabal-SP. Safra 2015/2016.....	77
Tabela 10: Valores médios obtidos para Pol e Umidade do açúcar produzido com 5 auxiliares de sedimentação. Jaboticabal-SP. Safra 2015/2016.....	79
Tabela 11: Valores médios obtidos para Fenol e Cinzas do açúcar produzido com 5 auxiliares de sedimentação. Jaboticabal-SP. Safra 2015/2016.....	82
Tabela 12: Valores médios obtidos para pH, Cor e Amido do açúcar produzido com 5 auxiliares de sedimentação. Jaboticabal-SP. Safra 2015/2016.....	83
Tabela 13: Valores médios obtidos para quantificação de acrilamida na levedura do processo fermentativo, para produção de etanol com 5 auxiliares de sedimentação. Jaboticabal-SP. Safra 2015/2016.....	85

Tabela 14: Valores médios obtidos para quantificação de acrilamida no açúcar, proveniente da produção de açúcar com 5 auxiliares de sedimentação. Jaboticabal-SP. Safra 2015/2016.

86

1. INTRODUÇÃO

A produção de cana-de-açúcar no Brasil é crescente, a safra 2016/2017 indicou uma moagem de aproximadamente 684,77 milhões de toneladas, com crescimento de 2,9% em relação ao total processado na safra passada (2015/2016), que somou 665 milhões de toneladas (CONAB,2016).

Esse aumento da moagem decorre especialmente da expectativa de maior consumo de etanol e açúcar. A produção total de açúcar do país foi de 39,96 milhões de toneladas, uma alta ante os 33,8 milhões de toneladas do ano anterior, enquanto o etanol teve 27,5 bilhões de litros (CONAB, 2016).

Logo, se tem uma expectativa, de algumas usinas, sobre o aumento para safra de 2017/2018, em 27%, relacionado a safra de 2016/2017 (NOVA CANA (a), 2016).

Com tamanha previsão de crescimento, uma etapa essencial e de alto custo para a indústria é o tratamento do caldo, cuja finalidade de remover compostos inibidores da levedura na produção de etanol, e impurezas que afetam negativamente a cristalização da sacarose, na produção de açúcar. Atualmente este processo é realizado com adição de polieletrólitos sintéticos (polímeros) que tem em sua constituição acrilamidas.

Este composto pode apresentar ações neurotóxicas e carcinogênicas ao ser humano, se permanecerem no produto final (OMS, 2002). Desta maneira, elevadas concentrações podem resultar em retenção destas moléculas nos cristais de açúcar, assim como nas leveduras resultantes do processo

fermentativo, as quais após secas são destinadas ao consumo animal e em alguns casos utilizada, em aromas de produtos alimentícios.

No entanto este não é o único ponto fundamental, o custo deste produto, é de U\$6,00/ L, para o qual se utiliza na maioria das indústrias brasileiras, a dosagem de 1,5ml/L, totalizando aproximadamente em uma tonelada de caldo, U\$4.500,00/t de caldo. Esta dosagem é empregada no Brasil, entretanto, em outros países, como o Canadá esta quantidade pode alcançar 20ml/L (KEMIRA, 2016).

Neste contexto, a condução deste tratamento deve ser realizada com rigor e critérios técnicos, de modo que todo insumo adicionado seja realmente removido.

Sob esta ótica, buscando obter resultados através dos ganhos de qualidade, os produtos naturais apresentam-se como alternativa importante que poderão viabilizar o processo produtivo. Dentre estes, destacam-se os extraídos de plantas tais como, a semente de *Moringa oleifera* Lamarck, que é amplamente utilizada como floculante, inclusive no tratamento de água para o consumo humano (EGBUIKWEM E SANGODOYIN, 2013).

Além disso, a moringa pode ser produzida no local que vai ser utilizada, já que se trata de uma planta de fácil adaptação e crescimento rápido, logo no primeiro ano, podendo atingir a 4 metros de altura, com flores e frutos, tornando-se uma alternativa segura e barata (AWAD, 2013).

Ullah *et al* (2015), comprovaram que a semente de moringa é composta de duas cadeias α -helicoidais estabilizada por quatro pontes dissulfureto, que a torna estável e resistente a alterações de pH e temperaturas até 98°C.

Tais propriedades é que tornam as sementes de moringa com potencial floculante.

Esta temperatura é de extrema importância para o tratamento do caldo de cana, uma vez que este é aquecido a 105°C, seguido de retirada de gases incondensáveis, através da agitação do mesmo, no qual sua temperatura sofre uma queda de aproximadamente 10°C, para então ser adicionado os floculantes, evidenciando o potencial da semente de moringa.

Para tanto são necessários estudos que possam comprovar a similaridade do extrato de semente de moringa com o polímero á base de acrilamida comercial, objetivando o tratamento do caldo de cana, com menores custos e análises que possam comprovar se há a presença de resíduos de acrilamida, no açúcar produzido e levedura do processo fermentativo quando se utiliza os polímeros comerciais.

2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar ocupa atualmente no Brasil, cerca de 8.973,2 mil hectares sendo que o principal estado produtor é São Paulo, com 62% da produção nacional (CONAB, 2016).

É uma planta C₄, apresentando elevada eficiência fotossintética e potencial para acúmulo de açúcares na forma de sacarose (MUTTON, 2008). De forma geral, a planta é constituída por sistema radicular; pela parte aérea composta pelos colmos, onde a sacarose é predominantemente armazenada, e das folhas dispostas ao redor do colmo, sendo que no seu topo se localiza a gema apical (MANTELATTO, 2005).

Um dos principais elementos que norteiam e sustentam o processo agroindustrial sucroenergético é o adequado emprego das variedades de cana-de-açúcar. As variedades são híbridas obtidos por um cuidadoso e criterioso trabalho de seleção, no qual as principais características agrícolas a serem atendidas são a produtividade, rusticidade, resistência às pragas e doenças além de características industriais como alto teor de sacarose e médio teor de fibras (STUPIELLO, 1989; MARTINS, 2004; MATSUOKA, 2000; ANDRADE, 2013).

É uma cultura versátil e com múltiplas utilizações, desde alimentação animal, até a produção de açúcar e etanol. Em seu processamento agroindustrial nada se perde, sendo totalmente sustentável, da sua moagem, obtém-se o caldo que pode ser destinado à produção de açúcar, da cachaça, do etanol, da rapadura e outros; o bagaço é empregado para cogeração de energia, para alimentação animal, para produzir fertilizantes ou para produzir o combustível de segunda geração; as folhas poderão ser usadas como cobertura morta ou ração

animal. Assim, a agroindústria da cana-de-açúcar, direciona-se a integrar os sistemas de produção alimentar, não alimentar e energético, envolvendo atividades agrícolas e industriais, e ainda evidencia vantagens comparativas às outras matérias-primas, pelo fato de apresentar maior taxa de retorno energético, além de onde o Brasil, ter os menores custos de produção do mundo (HAMERSKI, 2009).

A composição química da cana-de-açúcar é muito variável; porém, qualitativamente ela se assemelha nas variedades cultivadas. Os colmos são constituídos basicamente por água (74,5%), matéria orgânica (25%) e matéria mineral (0,5%); além disso, esses constituintes não se encontram nas mesmas proporções nas diferentes partes do colmo. Os sólidos solúveis (°Brix) podem ser constituídos como açúcares e não açúcares (orgânicos e inorgânicos). Entre os açúcares, a sacarose é o componente mais importante, com um teor médio no caldo em torno de 18%, seguida da glicose (0,4%) e frutose (0,2%), (ANDRADE, 2013).

2.1.1 Composição do Caldo de Cana

O caldo de cana é obtido através do processamento de moagem dos colmos. Apresenta em sua composição cerca de (75%-82%) água, (15-24%) açúcares, e em menores quantidades, substâncias nitrogenadas, ceras, lipídios, pectinas, materiais corantes (clorofila, antocianinas, compostos polifênicos) e sais minerais (figura 01). O pH do caldo é pouco ácido (5,0 a 5,5) contendo alta concentração de nutrientes. (MARTINI et al., 2011; MUTTON, 2008).

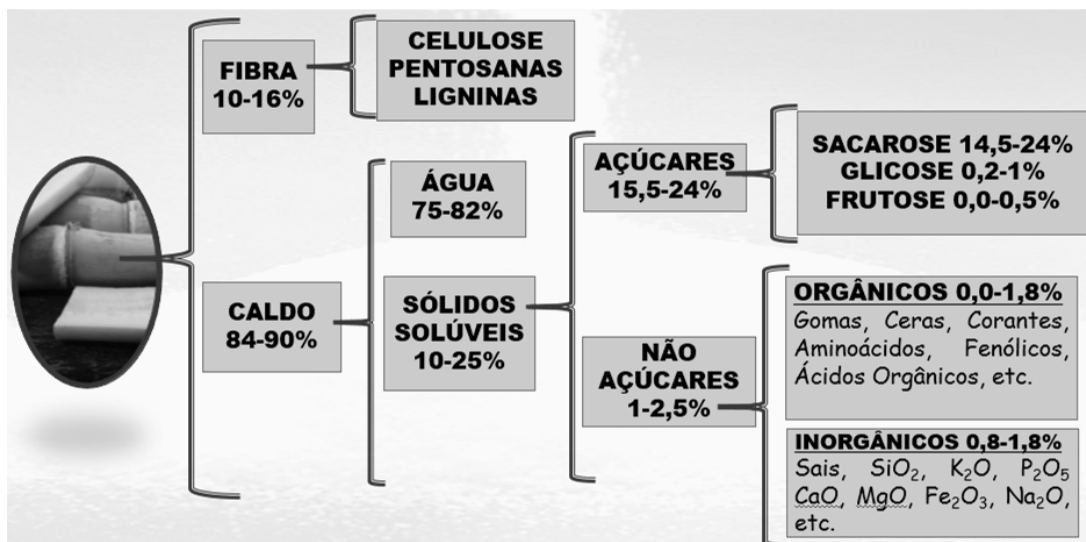


Figura 01 - Composição tecnológica do caldo de cana-de-açúcar Fonte: Stupiello, 1989.

O caldo de cana é caracterizado por ser um líquido opaco, variando em tonalidades de verde, espumoso e viscoso. É uma mistura complexa, constituída por uma suspensão estável a qual contém um grande número de partículas (Figura 02) com tamanhos diferentes (AOKI, 1987).



Figura 02 – Composição das partículas em suspensão do caldo: Grosseiras, Coloidais e Moleculares Fonte: Elaboração Própria.

Dentre as partículas suspensas destacam-se fragmentos de celulose (bagacilho), terra, areia, argila, amido, ceras, gorduras e gomas. Entre os componentes solúveis do caldo encontram-se a sacarose, glicose, frutose, proteínas, oligossacarídeos, polissacarídeos, ácidos orgânicos, aminoácidos e sais (DOHERTY; RACKEMANN, 2008).

2.1.2 Etapas Preliminares – Corte, Carregamento e Transporte (CCT)

O corte, carregamento e transporte (CCT) da cana-de-açúcar pode ser definido como etapas do processo de produção de cana que se apresentam conectadas, estas devem atender as demandas, sobrevividas do processo de extração do caldo e produção (Ripoli e Ripoli, 2011).

Sua execução pode ocorrer de diversas maneiras (MUTTON, 2009). Este sistema opera da seguinte forma: o corte da cana-de-açúcar pode ser manual ou mecânico de colmos, sem queima (cana crua) ou queimadas sendo que, devido a ações de diversas entidades e da sociedade, foi promulgada a Lei da Queima da Cana (Lei nº 11.241/2002) na qual proíbe a queimada. O carregamento pode ser feito de forma manual ou mecanizada (com colhedoras ou com carregadoras de cana). O transporte é feito quase em sua totalidade por caminhões, mas pode ser feito através de ferrovias e hidrovias (MUNDIM, 2009).

Os custos do corte, carregamento e transporte representam 30% do custo total de produção da cana, sendo que somente os gastos com transporte equivalem a 12% desse total (EMBRAPA, 2016).

2.1.3 Preparo da Cana

Após o corte, carregamento e transporte da cana, os caminhões chegam até as unidades industriais e são pesados e amostrados, estas amostras seguem para o Laboratório do PCTS (Pagamento de cana por teor de sacarose) O caminhão a ser amostrado é estabelecido através de sorteio automático realizado na balança, liberando à carga um código de barras, de tal maneira, que o analista do laboratório é impossibilitado de rastrear a origem da mesma, evitando possíveis fraudes. Neste setor da indústria é levado em conta incentivos pelo maior teor de sacarose na cana e deságios pela matéria estranha mineral e os açúcares redutores presentes. (COSTA, 2015; FERNANDES, 2016).

Após descarregamento na mesa de recepção, a cana é transportada por esteiras até os equipamentos de preparo; normalmente existe um ou dois conjuntos de facas rotativas, que tem a finalidade de picar a cana (quando inteira) e/ou nivelar a camada de cana na esteira, facilitando o trabalho do desfibrador (Figura 03). Este equipamento, composto de um rotor com martelos oscilantes e uma placa desfibradora, desintegra a cana e abre as células que contêm os açúcares, facilitando o processo de extração desses açúcares pela moenda (pelo menos 82% das células devem estar abertas para se conseguir uma boa eficiência de extração nas moendas) (NOVA CANA, 2016).

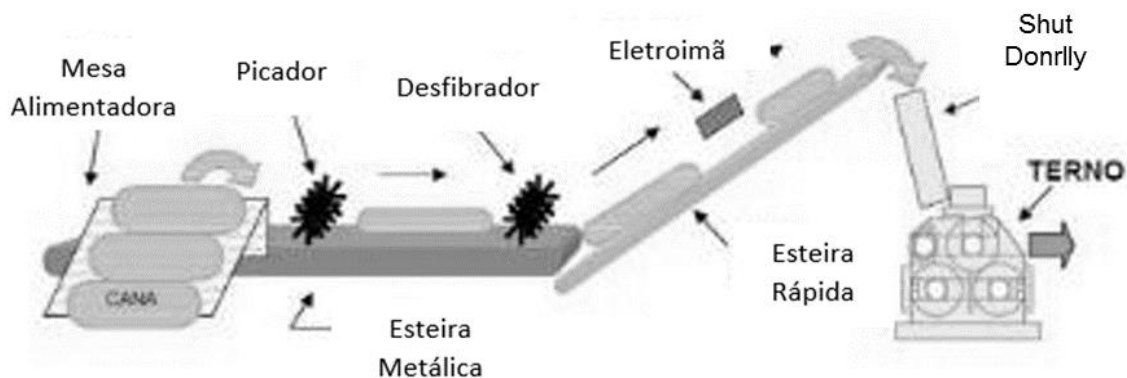


Figura 03 –Esquema do Preparo de Cana. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfplIAL/monografia-rendimento-fermentação?part=3>.

2.1.4 Extração do Caldo

O processamento de cana para produção de açúcar e etanol, ocorre de forma conjunta. A extração dos açúcares contidos na cana pode ser feita por dois processos: moagem e difusão. A moenda extrai o caldo através de pressão exercida sobre a cana desfibrada, enquanto o difusor, retira açúcar da cana através de lixiviação proporcionada por inserção de água a 75°C (ALBUQUERQUE, 2011).

Na moenda se obtém o caldo e também como subproduto o bagaço de cana-de-açúcar no final do processo (Figura 04). E este é encaminhado para caldeira, como combustível, uma vez que seu teor de umidade seja de aproximadamente 50%.

Este equipamento de extração geralmente tem em sua constituição de quatro a seis ternos de moagem. Após a passagem pelo primeiro destes ternos, a proporção de caldo cai em relação a fibra, tornando mais difícil a extração do caldo residual. Para que isso ocorra com mais eficácia, usinas utilizam-se do

processo de embebição. Esta pode ser simples ou composta, sendo que a composta é a mais utilizada. Admite-se que o processo de extração por moenda resulta em dois caldos, o primário e o secundário (COSTA, 2015).

Comumente, o caldo extraído do primeiro terno é enviado para a fábrica de açúcar, por apresentar uma pureza maior, enquanto o restante vai para a destilaria, sendo destinado à produção de etanol.

A moagem através deste processo apresenta uma eficiência de extração de açúcares da ordem de 94% a 97,5%, além do bagaço, com umidade em torno de 50%.

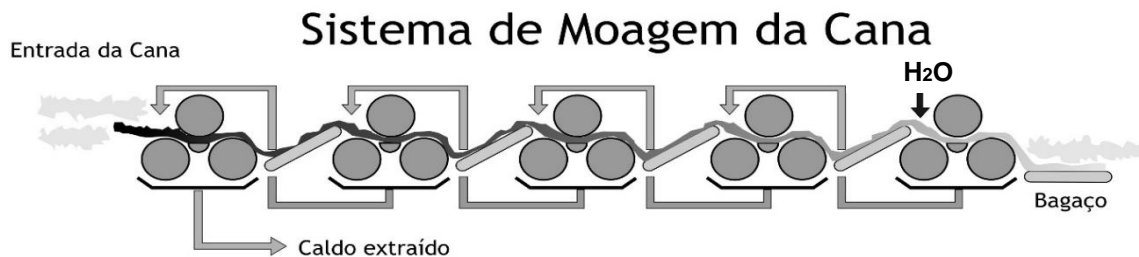


Figura 04: Conjunto ou tanden de moagem. <http://hdl.handle.net/12345678/573>

A moagem também pode ocorrer através do difusor (Figura 05), sendo que a cana desfibrada é transportada regularmente através de uma única esteira. Dentro do mesmo, esta recebe água a 75°C constantemente, que se infiltra no “colchão” de cana e remove os açúcares presentes dentro das células. Na parte inferior do difusor há compartimentos que recolhem o caldo extraído e o bombeiam novamente para dentro do difusor, sendo o mesmo recuperado no primeiro compartimento do equipamento (REIN, 2012).

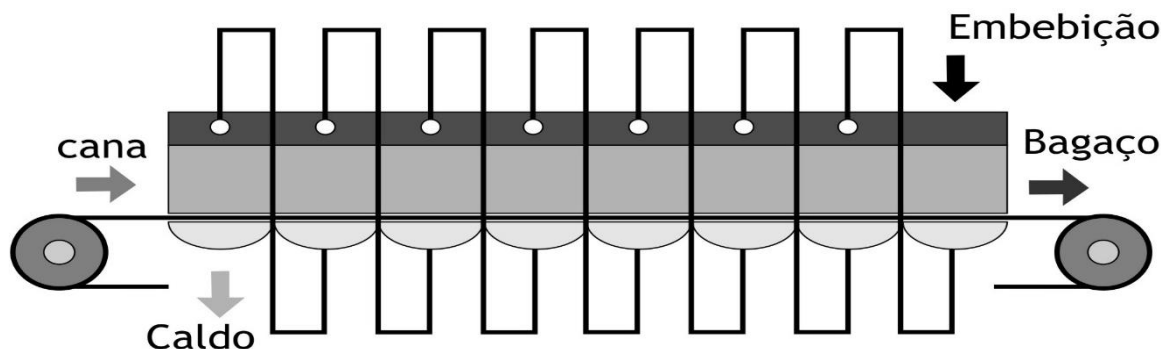


Figura 05: <http://hdl.handle.net/12345678/556> - Difusor de cana-de-açúcar de leito móvel.

As duas formas de extração têm no final do processo, como subproduto da indústria sucroalcooleira, o bagaço.

2.2 Tratamento do caldo

Após a extração, o caldo de cana apresenta em sua constituição água, sólidos solúveis (açúcares, ácidos orgânicos, proteínas, compostos fenólicos, gomas, compostos inorgânicos, lipídios, dentre outros) e elevada concentração de impurezas. Estas impurezas são divididas em insolúveis ou grosseiras, correspondendo a terra, pequenas partículas de bagaço em suspensão, pedras, dentre outros (REIN, 2012).

Embora estejam solubilizados no caldo, no processo fermentativo estas impurezas podem apresentar efeito negativo sobre a microbiota fermentativa. Havendo destaque para ácidos e compostos fenólicos como importantes inibidores do crescimento/desenvolvimento das leveduras em fermentação (RAVANELLI, 2011).

O tratamento do caldo é uma etapa físico-química no processo para produção de etanol, extremamente importante para eliminar estas impurezas

indesejáveis e aumentar a eficiência do processo. Este antecede o preparo do mosto, que é o caldo de cana com condições e características apropriadas para a levedura, quando preparado adequadamente e com eficiente etapa de clarificação o potencial produtivo do etanol atinge sua excelência.

Este tratamento químico realiza-se através da adição de hidróxido de cálcio ao caldo de cana até elevação do pH para 5,8-6,0 (para conservação dos nutrientes que serão utilizados pela levedura posteriormente). Em seguida, realiza-se o aquecimento a 100-105°C, e com isto há a formação de precipitados mais densos que a solução, chamado de fosfato de cálcio (STEINDL, 2010).

Para produção de açúcar esta etapa do processo é fundamental, para garantir a excelência da qualidade do açúcar e reduzindo perdas. O objetivo é a máxima remoção de matéria em suspensão, almejando uma reação aproximadamente neutra e com cor adequada para o produto final. (ALBUQUERQUE, 2011). Também ocorre adição de hidróxido de cálcio, para correção do pH para 7,0-8,0 (conservação da sacarose), e posteriormente o processo acontece da mesma forma já citado, para produção de etanol.

Este tratamento ocorre em etapas, a primeira etapa do tratamento do caldo consiste na remoção das impurezas grosseiras, de forma que caldo extraído é submetido a peneiramento (DMS, Vibratória, “Cush-Cush” ou Rotativa) para retirada do bagacilho. Em seguida hidrociclones ou turbos filtro removem parte das impurezas minerais, principalmente terra, constituindo a parte física do processo (ALBUQUERQUE, 2011).

Seguido do processo químico, que ocorre após o aquecimento do caldo, na decantação (Figura 06), onde ocorre a adição de um polieletrólitos sintéticos a base de acrilamida, que tem por função auxiliar na decantação dos fosfatos de

cálcio aumentando a velocidade da reação de sedimentação, permanecendo por período de 1 a 2 horas (REIN, 2012).



Figura 06: Decantador em escala laboratorial, com sistema de luzes. Fonte: Acervo pessoal.

É importante destacar que a formação do precipitado de fosfato de cálcio é resultado da reação entre a cal adicionada ao caldo e o fósforo já presente neste. O fosfato de cálcio adsorve e arrasta parte do material suspenso no caldo extraído, porém esta etapa é muito mais eficiente e rápida se houver adição de um auxiliar de sedimentação.

Atualmente as indústrias utilizam como floculantes os polímeros (polieletrólitos sintéticos) que agrupam coágulos formados em flocos de peso e densidade maiores e estes sedimentadores são compostos por acrilamida, molécula que apresenta ações cancerígenas e neurotóxicas ao ser humano (FREITA, 2014).

2.2.1 Caleagem

O tratamento químico realiza-se através da adição de hidróxido de cálcio ao caldo de cana. As diferenças básicas são as temperaturas sob os quais o caldo irá receber o leite de cal, quando se utiliza a caleagem a frio, o caldo de cana está em sua temperatura ambiente, sendo dosado desta forma e seguido de aquecimento (100-105°C), balão de flash (30 segundos) e para o decantador, no qual permanecerá até que ocorra a reação de arraste dos fosfatos do caldo. (EGGLESTON; MONGE; PEPPERMAN, 2002).

Na caleagem intermediária, o caldo misto, é aquecido à aproximadamente 65°C. Após sair da linha de aquecedores, o caldo é direcionado ao tanque de dosagem de leite de cal, onde permanece por aproximadamente 8 minutos até elevação do pH. Na sequência eleva-se a temperatura à 100°C, direciona-se o caldo para o balão de flash e decantador (EGGLESTON; MONGE; PEPPERMAN, 2002).

Na caleagem a quente, o caldo é aquecido a aproximadamente 80-90°C, recebe leite de cal, novamente aquecido a 100-105°C, flasheado (balão de flash) e transferido para o decantador (DELGADO; CESAR, 1977).

A caleagem (Figura 07), reage com os componentes do caldo resultando em três tipos de reações: 1) Formação de substância insolúvel; 2) Formação de substâncias que permanecem solúveis e 3) Coagulação de suspensões coloidais e de suspensões grosseiramente dispersas (ALBUQUEQUE, 2011).

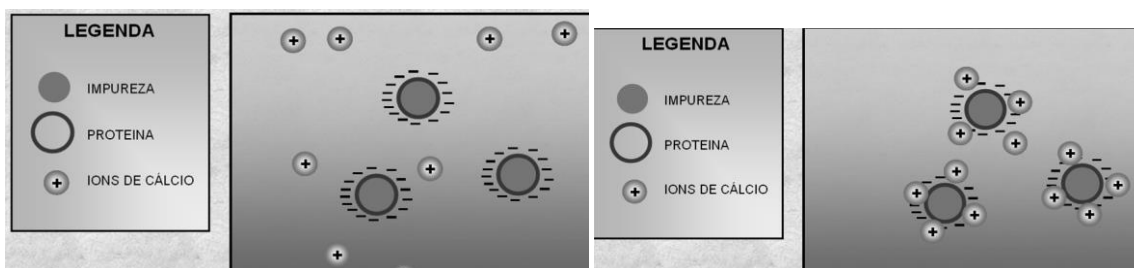


Figura 07: Tratamento de Caldo de Cana para Fabricação de Açúcar – Processo de precipitação – produzido por Paulo Sérgio Gangorra Filho.

2.2.2 Agentes Floculantes

Os agentes floculantes tem como função o agrupamento das partículas coloidais em tamanhos suficientemente grande para favorecer a sedimentação.

Os floculantes utilizados nas usinas sucroalcooleiras, geralmente são dissolvidos em água, para que ocorra a formação dos flocos no processo de clarificação do caldo de cana (SIMONI; SKILLSQUIMICA, 2016). Assim, à medida que aumenta o peso molecular do agente floculante (polímero), temos de imediato um aumento na velocidade de sedimentação e consequentemente um caldo mais límpido e claro (SIMONI; SKILLSQUIMICA, 2016).

2.2.3 Polímeros sintéticos – (Polieletrólitos Sintéticos)

Polímero vem do grego poli (muitas), com a junção de mero (partes), definindo completamente sua composição, sendo este uma repetição de muitas partes de um composto químico. Estes são macromoléculas, formadas pela união de moléculas menores, chamadas de monômeros, sendo que toda vez que esta junção ocorre temos como produto polímeros. Tais polímeros sintéticos são solúveis em água e sua função é a floculação secundária, ou seja agrega melhoras a floculação, aumenta a velocidade de decantação, reduz o volume de

lodo, diminui a pol da torta, e o mais importante torna o caldo mais transparente. (ALBUQUERQUE, 2011; SIMONI; SKILLSQUIMICA, 2016).

Em sua grande maioria os polímeros são usados na disposição de lodo como espessantes e em processos de separação das águas residuais provenientes de fabricação de alimentos, álcool e celulose, usinas de tratamento de esgoto da cidade, fábrica de cerveja, fabricação de açúcar, águas residuais com elevado teor de matéria orgânica, águas residuais da indústria têxtil e outras indústrias (SNATURAL, 2016).

Os polímeros utilizados pela indústria sucroalcooleira, são constituídos de copolímeros de acrilamida e acrilato de sódio em proporções variáveis, com características aniônicas, esta característica é que os torna promissores, uma vez que as impurezas do caldo de cana apresentam cargas positivas. (ALBUQUERQUE, 2011).

Eles possuem radicais livres que em contato com o caldo caledado, reagem com os fosfatos de cálcio formando flocos com elevada densidade, sedimentando rapidamente (COSTA, 2015).

Para que ocorra esta interação estes polímeros são dissolvidos em água, fazendo com que as moléculas se abram, produzindo uma cadeia linear e longa (Figura 08).

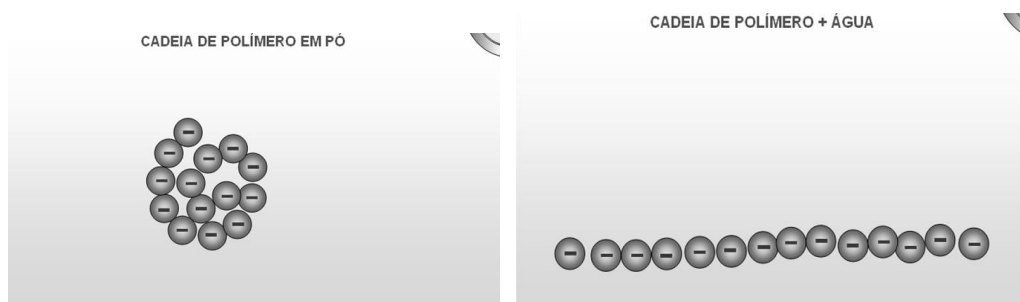


Figura 08: Tratamento de Caldo de Cana para Fabricação de Açúcar –Cadeia do Polímero – produzido por Paulo Sérgio Gangorra Filho.

Neste sentido, estes polímeros podem ter acrilamidas que são parcialmente hidrolisadas, podendo ser incorporados como resíduos nos produtos finais, tais como açúcar ou a levedura. Esta pode ser utilizada para alimentação de animais, e como consequência, apresentar características neurotóxicas.

Tais características podem provocar transtornos permanentes estruturais e funcionais no cérebro humano, além de fortes indícios de comprometer a fertilidade dos indivíduos. Outra ação da acrilamida é o desenvolvimento de tumores benignos e malignos em diversas partes do corpo, podendo resultar em óbito (OMS, 2002; ANVISA, 2005).

Por esta razão países como Estados Unidos, não toleram dosagens acima de 5 mg/L no tratamento do caldo de cana, visando não comprometer o produto final, com resíduos. A realização de estudos para a comprovação da presença de resíduos desta molécula é de fundamental importância. Cabe destacar ainda, que outros países como Canadá utilizam dosagens ainda mais elevadas (20 mg/L) devido a matéria-prima processada. (PAYNE, 1989; ÚNICA, 2016; KEMIRA, 2016;).

2.2.4 Polímeros Naturais

Estudos com produtos naturais, objetivando a substituição do polímero comercial tem sido realizado. Os resultados obtidos têm confirmado a possibilidade do emprego do extrato de semente de moringa (MACRI, *et al.* 2014; COSTA, *et al.* 2016.).

Geralmente estes polímeros tem como características ser aniônicos, catiônicos ou não iônicos. Podem ser naturais ou tratados quimicamente para

formar aminas aniônicas ou catiônicas. A utilização desta classe é de grande importância para uma produção sustentável, sendo inclusive utilizados no tratamento de água potável (SNATURAL, 2016).

No mercado, atualmente existe um polímero natural preparado a partir do extrato da casca da planta *Acacia mearnsii*, popularmente conhecida como “acácia-negra”. Este produto é composto por taninos condensados, cujos elementos constituintes são os flavonoides resorcinol, pirogallol e catechol (BELGACEM; GANDINI, 2008), que conferem uma característica catiônica (MANGRICH et al., 2014).

A utilização para esta finalidade é difundida principalmente entre as unidades sucroenergéticas produtoras de açúcar orgânico, uma vez que a eficiência é ligeiramente inferior ao polímero preparado a partir de acrilamida.

2.3 Produção de Açúcar

A produção de açúcar do Brasil na importante região do centro-sul deverá ser da ordem de 39,96 milhões de toneladas, uma alta de 33,8 milhões de toneladas na comparação com a de 2015/2016 (UDOP, 2016).

Este salto de produtividade, favorece o açúcar em relação ao etanol, havendo uma fabricação em torno de 71 kg de açúcar ou 42 litros de etanol para cada tonelada de cana processada, tornando a safra açucareira. O país é responsável por mais da metade do açúcar comercializado no mundo, com projeção de incremento de 3,25%, até 2018/2019. E colher 47,34 milhões de toneladas de cana (ÚNICA, 2016).

A produção do açúcar ocorre através várias das operações unitárias que constituem o seu processamento (Figura 09). Desde a pesagem da cana, amostragem do caminhão, limpeza da cana, preparo, desintegração, extração do caldo, tratamento do caldo, aquecimento, decantação, evaporação, cozimento, centrifugação, e etapas finais.

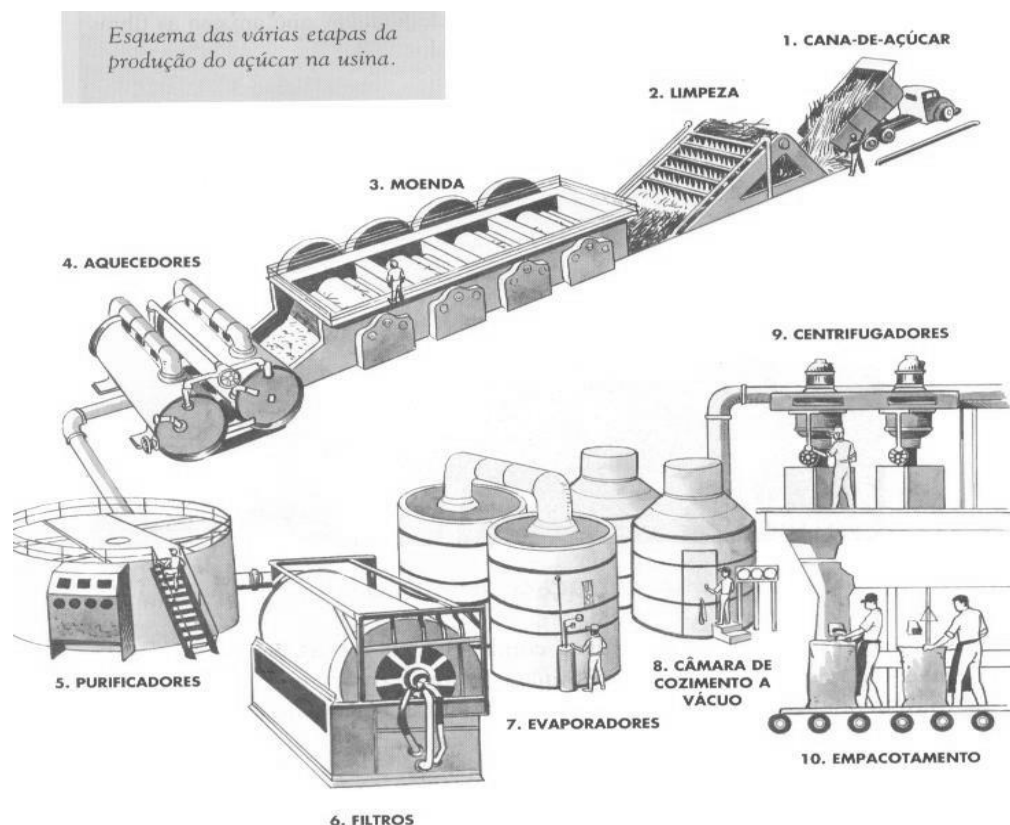


Figura09: Produção de Açúcar Disponível em : <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAASVoAK>.

Após a extração do caldo realiza-se o aquecimento e a decantação, subsequentes ao tratamento do caldo sendo que, nesta etapa se define o açúcar a ser produzido.

Em seguida, realiza-se a evaporação do caldo, até o brix atingir de 55 a 65°, em linhas de evaporadores, obtendo o xarope.

Este então, agora denominado xarope, é enviado segue para a etapa de cozimento, resultando na massa cozida que através da cristalização e da centrifugação proporcionam a separação dos cristais de açúcar e do mel final.

Os cristais de açúcar são direcionados para as etapas finais de secagem, classificação, acondicionamento e armazenamento.

A avaliação da qualidade do açúcar, é determinada segundo os métodos analíticos recomendados, ICUMSA (Internacional Commission for Uniform Methods of the sugar Analysis) (SANTOS, 2008).

2.3.1 Classificação de Açúcares

Diversos tipos de açúcares são produzidos no Brasil, esta diferença de características está diretamente relacionada ao tratamento do caldo e impactando sobre a qualidade do produto final (MANDRO,2016).

A classificação do açúcar produzido, tem relação direta com sua coloração e características físico-químicas. Tais características são definidas pela ICUMSA (International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis). Esta, avalia polarização, açúcares redutores (AR), cor, cinzas condutimétricas, dextrana, amido, umidade e turbidez.

Como exemplo tem-se a cor do açúcar, quanto mais baixo esse índice, mais claro ou mais branco, é o açúcar. À medida que esse índice aumenta, o açúcar vai adquirindo uma coloração mais escura (SANTOS, 2008).

Os diferentes tipos de açúcares produzidos e ofertados ao mercado seguem este princípio conforme Tabela 01.

Parâmetros	Unidade		Açúcar Branco	Cristal	VHP	VVHP	Mascavo
			Refinado				
Cor ICUMSA	U.I.	Máx.	45	100-200	450	1200	3000
Polarização	°Z	Min.	99,8	99,60	99,1 a 99,50	99 a 99,49	85-91
Umidade	%	Máx.	0,04	0,07	0,10	0,15	2,0-4,0
Cinzas	%	Máx.	0,04	0,07	0,12	0,15	0,5-1,5
Amido	mg/Kg	Máx.	–	–	250	80	–
Turbidez	NTU	Máx.	–	50	50	–	–

Tabela 01: Comissão Internacional para Métodos Uniformes de Análise de Açúcar – ICUMSA.

2.3.2 Sacarose - Cristalização

Durante o desenvolvimento fisiológico da planta através da atividade fotossintética, é produzida a glicose. Através de diversos processos metabólicos parte da glicose é transformada em frutose, que se ligando a glicose se condensam para formar sacarose e água. No processo inverso, pode ocorrer a hidrólise da molécula de sacarose, seja por via enzimática, por ação da invertase, ou ácida, por procedimentos físico-químicos, tais como a hidrólise com ácidos a temperatura elevada ou a utilização de resinas sulfônicas (ORDÓÑEZ, 2005; HONIG, 1953).

A sacarose é o componente de maior importância no processamento da cana. Sua forma cristalizada é de grande interesse na indústria, sendo susceptível a reações importantes. (MANTELATTO, 2005).

A cristalização consiste na mudança de moléculas, da sua fase líquida para uma fase sólida cristalina, no caso da molécula de sacarose seu objetivo é duplo, ocorre em duas etapas (ALBUQUERQUE, 2011).

A primeira fase consiste, em transformar o açúcar em solução (caldo clarificado que foi evaporado até 55 – 65° brix, tornando-se xarope), em seu estado cristalino, através do cozimento, que ocorre através da concentração da solução, por meio de evaporação de água, até o aparecimento e crescimento dos cristais de açúcar (HONIG, 1969).

Na segunda este xarope que já, denomina-se massa cozida, é direcionado para o processo de centrifugação, resultando em cristais de açúcar e mel, sempre visando rendimentos elevados para o açúcar como produto comercial, e baixa presença destes no mel (ALBUQUERQUE, 2011).

Para cristalizar a sacarose, a concentração deve ser superior àquela correspondente a uma solução saturada, conduzindo, de forma regulada, a solução até uma zona de supersaturação. Este processo deve ocorrer a temperaturas inferiores a 100°C, uma vez que elevadas temperaturas promovem danos ao material como, por exemplo, caramelização dos açúcares, fato no qual resulta em maior cor do produto final (PAYNE, 1989).

Nas indústrias açucareiras, a temperatura de cozimento do xarope, é da ordem de 60-70°C. Nesta etapa é subsequente, a eliminação de água, por evaporação, obtendo uma solução mais concentrada, sem ultrapassar o nível de saturação. Assim, a água removida da solução saturada, determina um maior ou menor grau de supersaturação. (ALBUQUERQUE, 2011).

Existem quatro zonas de saturação das soluções açucaradas, sendo: saturada, metaestável, intermediária e lábil. Admite-se que na zona saturada, todos as moléculas de sacarose encontram-se dissolvidas no xarope, neta etapa o coeficiente de supersaturação é igual a 1,0 (Figura 10).

A partir da concentração da solução com a retirada de água, esta adquire um aspecto supersaturado, caminhando até o aparecimento de cristais (REIN, 2012).

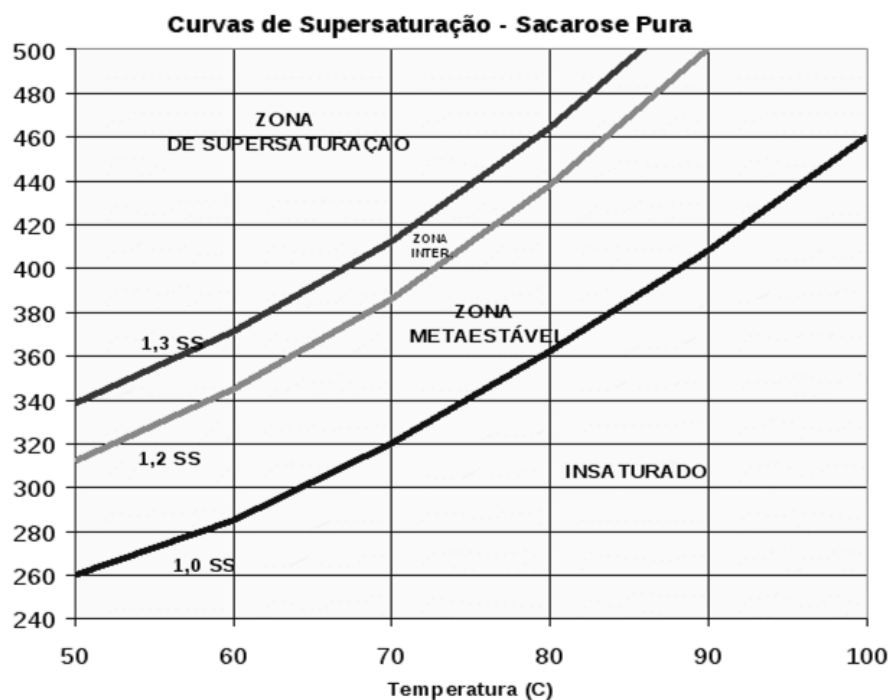


Figura 10: Solubilidade da sacarose pura em água em função da temperatura. <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAQ0gAK/alcool-acucar-unidade-iii-cozimento?part=2>.

A primeira zona de supersaturação alcançada pelo material é a metaestável, esta também é a primeira zona acima da linha de saturação, que se caracteriza pelo acúmulo de sacarose envolta de núcleos (pequenos grãos de açúcar), originando os cristais de açúcar.

Há ocorrência do crescimento normal do cristal, não havendo o perigo de formação de novos grãos (cristalizações espontâneas). Nesta etapa, o coeficiente de supersaturação é igual a 1,1 (ALBUQUERQUE, 2011).

Conforme a solução perde água e concentra-se, entra na zona de supersaturação intermediária. Esta caracteriza-se pelo aparecimento de

pequenos cristais a partir do momento que se adiciona pequena quantidade de açúcar, ou seja, com a adição de mais sólidos na solução, aumentando, por consequência, sua concentração, a molécula de sacarose passa de seu estado líquido para o sólido rapidamente.

Neste caso, o coeficiente de supersaturação é igual a 1,2. A última zona de supersaturação alcançada pela solução é a lábil. Nesta etapa a sacarose cristaliza-se espontaneamente, sem necessidade de interferência externa, formando pequenos cristais de açúcar.

Admite-se coeficiente de supersaturação igual ou maior a 1,3. Nesta zona, a formação e crescimento dos cristais, fogem do controle, resultando uma formação espontânea.

Nas usinas de açúcar brasileira, o cozimento ocorre utilizando o método da sementeira. Tal método consiste na adição de pequenos e uniformes cristais de açúcar (núcleos) quando a solução está em seu estado de supersaturação metaestável. Desta maneira, os cristais adicionados crescem de maneira uniforme, formando açúcares de tamanho igual (ALBUQUERQUE, 2011).

2.4 Açúcar VHP

Do Inglês "Very High Polarization" (polarização muito alta), desenvolvido em 1993, este açúcar é utilizado como matéria-prima para a produção de açúcar refinado ou em outros processos de industrialização, a fim de transformá-lo em diferentes tipos de açúcar para o consumo, aplicado na fabricação de produtos assados, bebidas, biscoitos, refrigerantes, chocolates, laticínios, produtos de confeitaria e produtos farmacêuticos (RAÍZEN, 2011).

A maior parte do açúcar VHP do mundo é produzido no Brasil, a partir da cana de açúcar. Desse modo, o açúcar VHP é exportado em maior proporção.

Sua exportação está agregada a sua composição, pois apresenta cristais amarelados em sua composição. A comercialização do açúcar VHP, costuma ser a granel, uma vez que ainda não é um produto final. Variações sobre a forma de acondicionamento da carga existem, porém a padronização é um dos elementos chaves para que o produto possa ser considerado uma commodity (MACEDO, 2015).

Existem várias etapas envolvidas na produção de açúcar VHP, mas a principal, na qual traz sua definição é o tratamento do caldo, onde utiliza-se a caleagem (defecação) simples, que consiste na utilização de leite de cal, para correção do pH em 7,0 – 8,0 seguidas de aquecimento do caldo e adição de polímeros.

No processo de fabricação do açúcar VHP não ocorre adição de enxofre, como no açúcar cristal branco, fato que traz uma redução no custo de produção (MACEDO, 2015).

2.4.1 Critérios de Qualidade do Açúcar VHP

O açúcar VHP é conhecido como Hi-Pol Sugar, devido a sua Pol de mais de 99,1%, porcentagem de sacarose aparente na massa. Este açúcar bruto pode ser transformado em outros diferentes tipos de açúcar, por isso sua grande procura para exportação.

Este açúcar é constituído de carboidratos na forma de cristais de sacarose de cor amarelada ou marrom claro e é produzido a partir do caldo de cana-de-açúcar livre de fermentação.

Para que possa ser exportado, deve ser produzido sem a utilização de dióxido de enxofre durante o processo de fabricação e deve também possuir níveis baixos de amido (máximo de 250 mg/Kg) (MANTELATTO, 2005).

No caso da polarização, há uma relação, quanto maior, máxima será a pureza do produto, quanto maior a pureza, maior a capacidade de adoçar. O açúcar VHP tem entre 99,1-99,50% de polarização, e cor até 450 unidades ICUMSA. A polarização do açúcar oficialmente expressa em °Z (graus Zucker) define a porcentagem de sacarose no açúcar, cujo valor para açúcar de consumo direto é sempre superior a 99,7%.

É considerado um produto de elevadíssima pureza, similar até mesmo a alguns produtos farmacêuticos, uma vez que os 0,3% de “impurezas” presentes correspondem a glicose/frutose (0,04%), água (0,04%), sais minerais (0,05%), outros sacarídeos (0,04%), sendo o restante constituído pela pequena participação de polissacarídeos, amido, partículas sólidas minúsculas, compostos coloridos das células e da casca da cana, etc (COPERSUCAR, 2007).

Açúcares com teores de sacarose inferior a 99,5% são basicamente utilizados como matéria-prima para posterior refino e nunca são consumidos diretamente, exceto nos casos de açúcar mascavo, rapadura, etc.

A umidade do açúcar VHP é de no máximo 0,10%, tornando seu transporte mais seguro, sendo ideal para exportação, já que a ausência de umidade facilita o transporte a granel (ICUMSA, 2016). Esta mede o teor de água presente no açúcar, considera-se a umidade do açúcar como um fator determinante para sua qualidade e seu valor de mercado, uma vez que está diretamente relacionada ao tempo de armazenamento do produto, além de resultar em empedramento do mesmo. A quantidade de água presente no cristal

favorece o desenvolvimento de micro-organismos, os quais podem deteriorar o produto e torná-lo danoso à saúde humana (HUGOT, 1969).

As cinzas e a Turbidez, são de 0,12% e 50 NTU, respectivamente. (ICUMSA, 2016).

A cor pode ser denominada como o principal item da caracterização da qualidade do açúcar, mede a maior ou menor capacidade de passagem da luz através de uma solução de açúcar na concentração de 50%, em um comprimento de onda definido (420 nm). Na sua quase totalidade, a indústria alimentícia utiliza açúcares classificados com cor <45 U.I., <100 U.I., <150 U.I., < 200 U.I., e menor que 400 U.I., esta escala ascendente indica visualmente um amarelamento nos cristais (OLIVEIRA *et al*, 2007).

Ainda segundo Oliveira *et al* (2007), comumente se associa um açúcar de menor cor a uma melhor qualidade do açúcar, tal fato só se torna verdadeiro quando analisamos indústrias, onde é conhecido o impacto que um açúcar de maior cor traz para produtos acabados que tem na sua cor ou transparência o diferencial de mercado, tais como: refrigerantes, bebidas alcoólicas amargas, balas refrescantes, fármacos, sorvetes, entre outros.

A cor do açúcar também está diretamente relacionada a forma de tratamento do caldo a ser utilizada, um açúcar com coloração mais branca, sofrerá mais tratamentos químicos, admitindo o uso de sulfitação com enxofre, além das etapas dos demais açúcares, assim como aqueles com colorações amareladas ou amarronzadas, que terá caleagem, seguida de aquecimento e adição e polímeros.

Para os compostos fenólicos presentes no açúcar, seu aumento é associado ao escurecimento do cristal de açúcar (SIMIONI *et al.*, 2006). O

processo de clarificação do caldo, na produção de cristais de sacarose, pode não remover o excesso de compostos fenólicos sintetizados. Essa biomolécula pode se unir a outros compostos como as proteínas (VICKERS et al., 2005) e tornar-se, no momento de formação do cristal de açúcar, inclusive, aumentando a intensidade da cor escura, o que influencia negativamente a qualidade do produto.

Provando que sua presença, contribui de modo direto para a determinação da cor dos açúcares.

2.5 Produção de Etanol

O etanol é o álcool etílico (C_2H_5OH) produzido desde os tempos antigos pela fermentação dos açúcares encontrados em produtos vegetais (cana, cereais e beterraba e outros).

Atualmente, grande parte do etanol produzido é realizado por meio da fermentação (bioetanol), embora também ocorra de forma sintética, através de fontes como eteno que é derivado de petróleo (BASTOS e BNDS 2007).

O novo conceito de bioetanol corresponde a sua fabricação utilizando como matéria-prima a biomassas vegetais.

O etanol desperta de modo crescente a atenção de pesquisadores, empresas e governos. Isso decorre das forças de preços e perspectivas de esgotamento das fontes não-renováveis de combustíveis fósseis, assim como de preocupações de natureza ambiental, relacionadas à emissão de substâncias que comprometem o meio ambiente (BNDS, 2007).

Fato este comprovado na estreita colaboração da nova tecnologia dos carros flex-fuel, capazes de utilizar qualquer proporção de etanol ou gasolina,

havendo preferência dos consumidores ao etanol, devido a seu custo mais baixo (UDOP,2016). E também do atual acordo firmado pelo Brasil, na 21ª Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas, sobre Mudanças Climáticas (COP 21), envolvendo a redução das emissões de gases de efeito estufa em 37% até 2025, e 43% até 2022, para o qual o etanol participará em 18% (FAPESP, 2016).

Esta porcentagem representa 50% a mais de milhões de litros de etanol, até 2030, e aproximadamente 35% de toneladas de cana-de-açúcar (Figura 11) necessitando de novas unidades para suprir tamanha demanda.



Figura 11: Cenário provável da produção agrícola em 2022. Fonte: Icone (Tiago Cirillo).

2.5.1 Preparo do Mosto

Toda solução açucarada apta a ser fermentada denomina-se mosto. Para tanto, deve apresentar concentrações ideais de açúcares, nutrientes, temperatura, pH e concentrações mínimas de micro-organismos contaminantes (LIMA et al., 2001).

O pH ideal para um eficiente desempenho fermentativo está na faixa de 4,0 a 4,5, tornado a correção deste necessária no preparo do mosto (MUTTON, et al, 2012).

A temperatura ideal do mosto, para o metabolismo das leveduras durante a fermentação deve ser entre 30°C e 34°C. Temperaturas inferiores prolongam o tempo de fermentação, enquanto temperaturas elevadas inibem o crescimento celular, especialmente na presença de elevados teores de etanol. (STUPIELLO, 1989).

A concentração de açúcares pode afetar tanto a produção de biomassa celular de leveduras, quanto o processo fermentativo. As células de leveduras em presença de elevados teores de açúcares, mesmo na presença de oxigênio tem a respiração reprimida e tendem a fermentar, fato relacionado ao efeito Crabtree, no qual ocorre inibição da atividade de enzimas respiratórias, inativando as mitocôndrias (ANGELIS, 1992; STUPIELO, 1981; e MUTTON, *et al*, 2012).

Para uma fermentação eficiente o preparo do mosto deve ser realizado levando em consideração todos estes critérios.

2.5.2 Fermentação Etanólica

A fermentação alcoólica é a principal etapa do processo de produção de etanol, pois nela o açúcar e outros componentes do mosto são transformados em álcool etílico, gás carbônico e compostos secundários (YOKOYA, 1995).

O principal agente fermentativo é a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, na qual, utiliza de um grande número de fontes de carbono para seu crescimento, havendo preferência pela glicose (hexose) (LALUCE, *et al*. 2012; YOUNG, *et al*. 2010).

Há também a presença de outros microrganismos, que são introduzidos involuntariamente no sistema. Estes contaminantes competem, pelos nutrientes,

com as leveduras do processo. Tais microrganismos são indesejáveis e responsáveis pela redução do rendimento alcoólico e depreciação na qualidade do produto final.

Nesta fermentação também ocorre a formação de ácidos, o acético e lático, são os principais ácidos encontrados na fermentação alcoólica, ambos são inibidores do crescimento das leveduras (NARENDRANATH *et al*, 2003).

O ácido acético é um produto formado em pequenas quantidades na fermentação, enquanto o ácido lático é o principal metabólito produzido pelas bactérias lácticas.

A eficiência do processo fermentativo, está atrelado a qualidade da matéria-prima, pH, acidez total, temperatura, concentração de açúcares do meio, disponibilidade de nutrientes e presença de microrganismos contaminantes (MUTTON, *et al*, 2012).

O tempo de fermentação necessário, para seu início, é dependente da viabilidade celular (que deverá ser superior a 85%) e características do mosto (LALUCE, *et al.*; AMORIM, 1996).

2.5.3 Levedura

A levedura apresenta, para o seu bom desempenho, certas exigências que lhe permitem desenvolver o seu metabolismo de maneira adequada e, conseqüentemente, a obtenção de um produto final com características que atendam às exigências do mercado (NOVAES, 1992).

Mutton & Mutton (2002) ressaltam a importância do estudo do comportamento da microbiota fermentativa frente ao mosto proveniente de cana danificada, uma vez que a eficiência do processo fermentativo pode ser

diretamente influenciada pelos componentes do caldo. Além da qualidade da matéria-prima, outros fatores afetam o processo fermentativo, tais como pH, acidez total, temperatura, concentração de açúcares do meio, etanol, disponibilidade de nutrientes e presença de microrganismos contaminantes.

A matéria-prima e as condições operacionais podem influenciar sensivelmente a estabilidade e o desempenho das leveduras durante a fermentação.

As leveduras são células eucarióticas altamente tolerantes às variações do pH do meio, sendo por isso denominadas acidófilas. Contudo, o pH ideal para um eficiente desempenho fermentativo é ao redor de 4,0 a 4,5. A correção do pH é importante tanto para a multiplicação como para o processo fermentativo, e na prática é feita com a aplicação de ácido sulfúrico (ANGELIS, 1992).

CHAVES & PÓVOA (1992) afirmam que a acidez total natural verificada no caldo de cana é praticamente suficiente quando consideramos os valores requeridos para uma fermentação adequada

A temperatura ideal para o metabolismo das leveduras durante a fermentação encontra-se na entre 28 e 34 °C. Temperaturas inferiores a 30-32 °C prolongam o tempo de fermentação enquanto temperaturas elevadas inibem o crescimento celular, especialmente na presença de elevados teores de etanol (STUPIELLO, 1989).

A levedura também pode ser considerada como um dos subprodutos da indústria sucroalcooleira, no qual, após o processo fermentativo, para cada litro produzido, sobram cerca de 30 gramas de levedura seca. Se levarmos em conta a produção brasileira anual de álcool, que atinge os 15 bilhões de litros, sobram 450 mil quilos de levedura (FAPESP, 2016).

Atualmente todo esse excedente é reaproveitado em rações animais, além de uma série de outros produtos alimentícios, como exemplo os alimentos processados, substituindo os aditivos químicos na obtenção de sabor, aroma e coloração, entre outros. Na área da indústria farmacêutica, o Japão já retira os ácidos nucleicos presentes na levedura para a produção de medicamentos (FAPESP, 2016).

2.6 *Moringa oleífera* Lam

A *Moringa* é uma espécie arbórea e perene, pertencente à família Moringaceae, nativa do noroeste da Índia (Figura 12) e amplamente distribuída na Índia. Popularmente conhecida como lírio-branco ou simplesmente como moringa, esta espécie de ampla adaptação climática, é fonte de vários princípios ativos e substâncias de valor alimentício e farmacológico, entre outros (GUALBERTO, *et al.* 2014).



Figura 12: Fonte: <http://www.jornaldomingo.co.mz/index.php/reportagem/4306-chegou-a-fabrica-de-processamento-da-moringa>

Podendo ser cultivada em quase todos os tipos de solo, em até 1.400 metros de altitude, exceto onde houver ocorrências de terreno com excesso de água, inundações ou terreno encharcado (JESUS, *et al.*, 2013).

Esta planta é amplamente utilizada em diversos programas sociais em países como África, Brasil entre outros, como floculante no tratamento de água para consumo humano, em substituição a componentes químicos como sulfato de alumínio e cloreto de polialumínio (PAC), ocasionando respostas satisfatórias (PEREIRA, *et al*, 2011).

Além disso, o coagulante extraído das sementes da Moringa se destaca dos coagulantes químicos por ser natural e biodegradável. Essas questões podem ser interessantes quando se considera como importante o desenvolvimento sustentável. (POUMAYE, *et al*, 2012).

Em estudos recentes foi investigada a estabilidade térmica da moringa, onde se comprovou que temperatura de fusão é de aproximadamente 98°C, além de não haver indícios de transição na dobragem térmica, não sendo irreversível e comprovando sua alta estabilidade térmica, tal fato pode ser atribuído a descoberta desta ser uma albumina 2S que contém oito cisteínas residuais que formam quatro pontes dissulfeto, e sua estrutura globular compacta (ULLAH, *et al*, 2015).

Ainda segundo, Ullah, *et al* (2015), há a presença duas proteínas de cadeia com alta sequência, com peso molecular de 3,5 e 7,5 KD, enquanto todas as outras cinco proteínas floculativas encontradas, são de pequenas cadeias básicas com único peso molecular de aproximadamente 6,5KD.

A eficácia do processo de coagulação-floculação está diretamente relacionada à estas proteínas presentes nas sementes de moringa, e sua extração é maximizada quando se utilizam soluções salinas contendo CaCl_2 (0,1 mol/L), podendo-se obter quantidades seis vezes maiores em relação à extração realizada somente com água (FREITA, 2014).

Esta estabilidade mais a capacidade floculativa, torna a semente de moringa promissora no tratamento do caldo de cana-de-açúcar. Costa (2015) e Macri, *et al* (2014) citam a semelhança com polímeros comerciais, justamente por essas características.

Estas características, agregadas ao fato que os polímeros, utilizados para sedimentação das partículas em suspensão, no tratamento do caldo de cana, possuem em sua constituição moléculas de acrilamida, que são carcinogênicas, e que podem deixar resíduos ao final do processo de fabricação de etanol e açúcar, fato de extrema importância, no qual para cana-de-açúcar, não haverá possibilidades de resíduos desta molécula, uma vez que, apresenta em sua constituição, apenas proteínas.

A moringa é utilizada como fonte de alimentação nutritiva (Figura 13), em vários países, principalmente na África, onde seu uso é mais intenso.

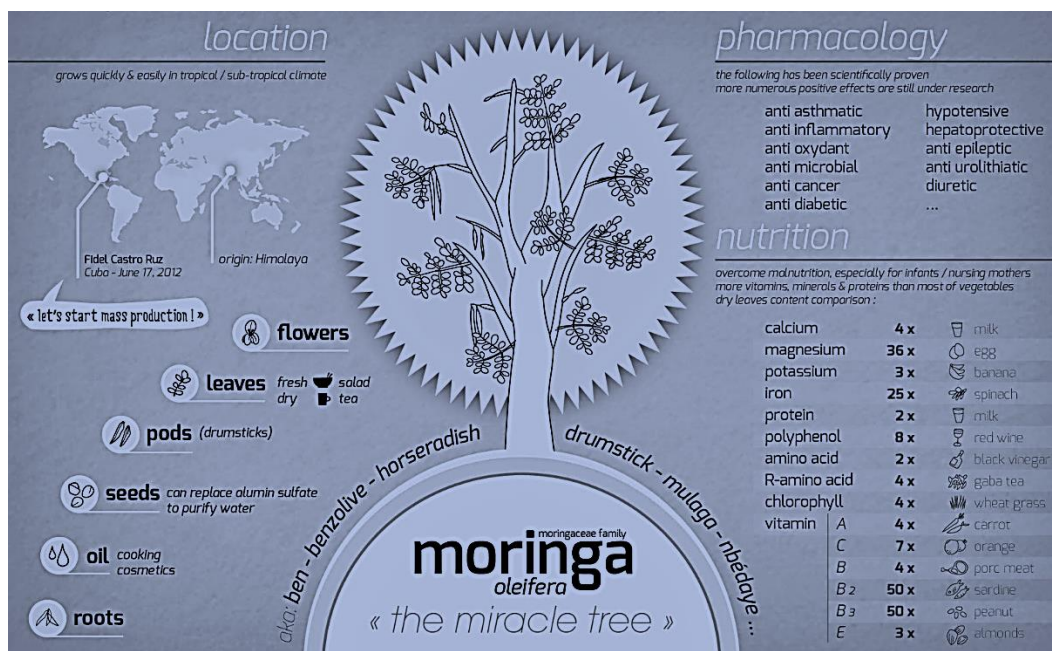


Figura 13: Sources: Trees for life (Fonte: árvores para a vida). International Research Journal of Pharmacy. Vol.3 Iss.6.06/2012.

2.7 Acrilamida

A acrilamida é uma substância química usada na produção de poliacrilamida (é o polímero de acrilamida, no qual absorve água), a qual é empregada no tratamento de água potável, águas de reuso e também como floculante no tratamento do caldo de cana, para remover partículas e outras impurezas. Além disso, pode ser produzida em alguns alimentos preparados a altas temperaturas (FAQ, 2016).

A poliacrilamida combinada com o material sólido, torna mais fácil sua filtragem ou remoção de substâncias indesejáveis. Existem apenas níveis muito baixos de acrilamida e poliacrilamida na água após o tratamento, porém é desconhecido no tratamento do caldo de cana (FAQ, 2016).

A acrilamida é conhecida por ser carcinogênica, estudos no ano 2002, na Suécia, revelaram a presença de elevados níveis desta molécula em certos tipos de alimentos processados a altas temperaturas. Desde então, tem sido encontrada nesse tipo de alimento em outros países, incluindo Holanda, Noruega, Suíça, Reino Unido e Estados Unidos (Tareke, *et al.*, 2002; FAQ, 2016).

Parte dos estudos realizados pelo Centro Nacional de Pesquisa Toxicológica da FDA (U.S. Food and Drug Administration) comprovou, que a formação deste composto em alimentos se dá pela reação a temperaturas elevadas entre açúcares redutores e o aminoácido asparagina, precursores abundantes nestes alimentos, através da reação de Maillard (FDA, 2016; SOARES,2006).

O comitê de de Especialistas em Aditivos Alimentares da OMS / FAO (JECFA) ao estudar sobre acrilamida, concluiu que, esta pode ser "um problema de saúde humana", uma vez que testada, altas doses em animais causou câncer.

2.7.1 Propriedades da Acrilamida

A acrilamida, cuja designação química oficial é 2-propenamida, corresponde a um composto de estrutura vinílica de origem sintética (Figura 14). A sua produção comercial começou em 1954, sendo o composto obtido a partir da hidratação do acetonitrilo pelo ácido sulfúrico monohidratado a 90 ou 100 °C.

A partir da solução de sulfato resultante, a acrilamida é extraída pela neutralização com amônia e subsequente arrefecimento para isolar os monómeros cristalinos. Para suprimir a formação de subprodutos, podem ser adicionados sais de cobre à solução. Alternativamente, a acrilamida pode ser produzida através de uma conversão catalítica direta na qual uma solução aquosa de acetonitrilo é passada por uma camada fixa de cobre metálico a 200 °C.

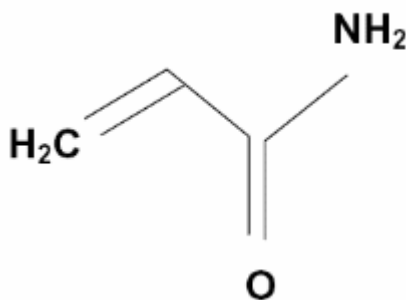


Figura 14: Estrutura química da acrilamida. Fonte: <http://omar-mostacero.blogspot.com.br>.

Com a fórmula molecular C_3H_5NO e o peso molecular de 71,08, a acrilamida é um sólido branco, inodoro, cristalino à temperatura ambiente, podendo apresentar-se como uma solução aquosa a 40% (m/v).

Possui polimerização rápida e exotermicamente, a temperaturas acima do seu ponto de fusão (81,0-84,5 °C), em soluções concentradas, em meio ácido ou se exposta a radiação ultravioleta (KAZANTSEV E SHIRSHIN, 2004).

É altamente solúvel em água e em solventes orgânicos polares como o metanol, o etanol, o éter dimetílico ou a acetona e insolúvel em benzeno e heptano (ERIKSSON, 2005).

Aproximadamente 90% da acrilamida produzida é usada na síntese de poliácrlamida, 9% é usada como intermediário químico (por exemplo na formação de N-butoxiacrilamida e N-metoxiacrilamida) e 1% para usos diversos.

A poliácrlamida corresponde a um polímero, usado sobretudo, no tratamento do caldo de cana, processamento de papel ou pasta de celulose e no processamento de minerais. É também utilizado na indústria de cosméticos, na produção de alguns materiais para embalagem de alimentos, em produtos químicos de uso agrícola e na formulação de plásticos e de tintas (SOARES, 2006).

A poliácrlamida é, igualmente, usada para tratamento das águas residuais e para purificação de água potável, possuindo uma ação floculante. Trata-se do único polímero que remove adequadamente certo tipo de partículas da água (ÒTLES E ÒTLES, 2004).

Contudo, em cada uma das utilizações referidas, permanece sempre no produto final uma quantidade residual da acrilamida não polimerizada, o que poderá constituir um risco (SOARES, 2006).

2.7.2 Toxidade da Acrilamida

A acrilamida foi classificada pela Agência Internacional de Pesquisa sobre o cancro como sendo um provável carcinogénico para o homem, uma vez que há evidências suficientes de que é carcinogénico para os animais (IARC, 1999).

Também foi classificada como neurotóxica ao homem e classificada como possível carcinogênea, pelo JECFA (The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) /Codex Alimentarius (2011), FDA (2016).

Estudos feitos sobre a toxicidade da acrilamida revelaram que, em animais de laboratório, a acrilamida poderá exercer efeitos tóxicos no sistema nervoso e nos genes e, inclusive, ser indutor de cancro (SOARES, 2006).

A exposição à acrilamida pode ocorrer no local de trabalho ou no ambiente após libertações para o ar, água, solo, ou água subterrânea, penetrando no organismo quer pela via respiratória, quer através do consumo de alimentos ou água contaminados. Também pode ser absorvida através do contacto com a pele. Outras fontes de exposição à acrilamida são os cosméticos, os materiais de empacotamento dos alimentos, o fumo do cigarro (ativo e passivo), existindo também a possibilidade de uma possível formação endógena no corpo humano (Matthys *et. al.* 2005).

2.7.3 Legislação da Acrilamida

A acrilamida é utilizada no fabrico de plásticos e no processamento de papel, dando origem em alguns casos à produção de materiais que podem ser usados como embalagens de alimentos. Nesse sentido, e considerando que os

alimentos estarão em contato com essas superfícies e que poderá haver uma migração deste contaminante, segundo o decreto-lei n.º. 197/2007, tem que ter o valor para o Limite de Detecção (LD) do método de análise de 0,01 mg/kg (10 ppm) no alimento.

Por outro lado, e sabendo que a acrilamida polimerizada (não tóxica) pode ser usada em processos de depuração da água, funcionando com o agente floculante, existe o risco de haver vestígios de acrilamida não polimerizada absorvidas no polímero usado. Por esta razão houve a necessidade de definir um limite legal limite de 0,5 µg/L (0,005 ppm) em água (Portaria 518/2004 e 518/2004 e Resolução RDC nº 274/2005), valor este, também recomendado pela Organização Mundial de Saúde.

No caso de alimentos segundo a ANVISA (2016), o risco presumido de câncer para ingestão em torno de 4-5 µg/kg /kg ou 0,004-0,005 ppm por/dia. Outro estudo realizou testes em animais onde apresentaram toxicidade com neuropatia em porções diárias, ingerindo 500 µg/kg ou 0,5 ppm. (SOARES, 2006).

No caso do JECFA/ FAO/OMS (2011) não há estabelecida uma ingestão tolerável, porém este cita, que deve ser a mais reduzida possível, sendo uma ingestão média, de 1 mg/kg (0,001 ppm) porção/dia; alta de 4 mg/kg (0,004 ppm) porção/dia.

O nível mínimo de acrilamida a exigir uma etiqueta de aviso era de 0,2 µg/kg pessoa/ dia. Uma proposta mais recente pretende alterar este limite para 1,0 µg/kg pessoa/ dia, o que obriga por exemplo, os produtores de batatas fritas a colocarem notas de avisos nas embalagens.

As autoridades da Califórnia sugerem que os produtores coloquem um aviso do tipo: "Aviso: Cozer, assar, fritar e torrar alimentos ricos em hidratos de carbono, leva à formação de acrilamida, uma substância química, reconhecida como causadora de câncer pelo Estado da Califórnia (SOARES, 2006).

Neste contexto, sabemos que o açúcar em seu processo produtivo na atualidade, utiliza-se de polímeros a base de acrilamida para tratamento do caldo, porém não há estudos para averiguar se ao final do procedimento resta algum resíduo desta molécula.

O açúcar é um alimento altamente consumido por toda população mundial, portanto o cuidado com os aspectos de segurança e qualidade se fazem necessários. Uma gestão de qualidade associada à segurança alimentar é imprescindível para que eliminem substâncias nocivas e se mantenha os padrões microbiológicos. (TOLEDO, 2001).

3.0 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Instalação e condução do experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Tecnologia do Açúcar e do Álcool e Microbiologia das Fermentações da FCAV/UNESP, campus Jaboticabal SP, na safra 2015/2016. Utilizaram-se colmos provenientes da variedade de cana-de-açúcar CTC5 de uma unidade industrial da cidade de Jaboticabal. A planta apresentava-se sadia sem infestação de pragas ou doenças.

Os colmos foram colhidos no período útil de industrialização, no mês de julho, sem queima prévia da palha. As sementes e folhas de moringa foram obtidas de planta adulta cultivada no Horto florestal na FCAV/UNESP.

3.2 Delineamento Experimental e Análise dos Dados

Para caracterização dos resultados obtidos adotou-se delineamento experimental em blocos ao acaso, com 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos por caldos clarificados com 1 floculante comercial com 4 concentrações (Polieletrólito Sintético Comercial) e um Extrato de Sementes de Moringa, além de tratamento Testemunha (no qual não houve adição de nenhum floculante).

O floculante sintético comercial utilizado foi o Kemtalo Sep A3XL (Kemira A3XL). A recomendação do fabricante para o Brasil é de 5 mg/L.

As dosagens do floculante foram:

- 1,5 mg/L de floculante sintético comercial (Dosagem 1);
- 5 mg/L de floculante sintético comercial (Dosagem 2);

- 10 mg/L de floculante sintético comercial (Dosagem 3);
- 20 mg/L de floculante sintético comercial (Dosagem 4);
- 13 mg/L de extrato de semente de moringa *Oleífera Lam* (E.S.M), Costa *et al* 2016;

3.3 Preparo do Extrato semente de moringa

As sementes da moringa foram coletadas entre maio e julho de 2016. Foram dispostas em estufa a 55°C por 12 horas. A seguir foram descascadas e maceradas manualmente em cápsula de porcelana (Figura 15).



Figura 15: Sementes de moringas secas e maceradas. Fonte: Acervo Pessoal.

Para a extração do princípio ativo da semente, adicionou-se 1g de semente para 100 mL de solução CaCl_2 1 mol/L e água (Figura 16). A mistura ficou em agitador rotativo por 10 minutos, seguida de filtração a vácuo, utilizando-se papel de filtro qualitativo para retenção das partículas grosseiras insolúveis (OKUDA, 2011).



Figura 16: Extrato de semente de moringa com diluição em CaCl_2 em agitação por 10 minutos e posterior filtração a vácuo. Fonte: Acervo Pessoal.

3.4 Obtenção dos caldos clarificados

Os caldos foram obtidos por extração em moenda (figura17). Ajustou-se o Brix 16° , sendo posteriormente submetidos ao processo de clarificação por caleagem simples, com elevação do pH até 6,0 para produção de etanol e pH 7,0 – 8,0 para produção de açúcar (Figura 18).



Figura 17: Moagem da cana CTC5. Fonte: Acervo Pessoal.

O caldo foi aquecido até ebulição, adicionando-se os auxiliares de floculação no decantador previamente a adição do caldo aquecido.



Figura 18: Ajuste do pH, com adição de leite de cal – pH 6,0 (produção de etanol) e pH 7,0 -8,0 (produção de açúcar). Fonte: Acervo Pessoal.

3.4.1 Caracterização do caldo clarificado

Os caldos clarificados foram submetidos às análises de:

- Brix (Sólidos Solúveis) – Teor de sólidos solúveis no caldo foi realizada em refratômetro digital de bancada (Refractometer RFM712) de leitura automática, com correção de temperatura (CONSECANA, 2007).
- Pol – De acordo com metodologia do CONSECANA (2007).
- Pureza – Quantificada seguindo a relação de Pol/Brix*100%.
- pH – De acordo com leitura direta em pHmetrô digital modelo TEC-2, Tecnal, São Paulo (AOAC, 1980).
- Acidez total total – Determinada por método titulável utilizando metodologia recomendada pela AOAC (1980).
- Turbidez – Realizada através turbedímetro digital, em NTU, conforme metodologia CTC (2005).

- Cinzas totais – Segundo CTC (2005) leitura digital em condutivímetro.
- Compostos fenólicos totais – Para o procedimento das análises de teores de compostos fenólicos totais, seguiu-se a metodologia de Folin-Ciocalteu (1927).
- Açúcares Redutores Totais (ART) – Segundo metodologia Lane e Enyon (1934).

3.5 Preparo e caracterização dos mostos

Os caldos clarificados foram padronizados a brix 16° e pH 4,5 através da adição de ácido sulfúrico 10N. Na sequência quantificou-se a acidez total e os açúcares redutores totais (ART), seguindo metodologias citadas no item 3.4.1.

3.6 Processo Fermentativo

Os mostos foram padronizados a temperatura de 30-32°C e submetidos a inoculação com a levedura *Saccharomyces cerevisiae* na concentração de 30 g/L (base úmida). Deve-se destacar que o fermento apresentava Viabilidade Celular superior a 85%.

O processo foi realizado em erlenmeyers de 500mL. Dispostos em B.O.D. com temperatura controlada a 30°C. Os frascos permaneceram até decréscimo do Brix para valores inferiores a 1, ou estabilização em período de meia hora.

A alimentação com mosto foi realizada em duas etapas, primeiramente adicionou-se 100mL de mosto com o fermento previamente adaptado e, após 1 hora, complementou-se o volume com mais 150mL.

Após 40 minutos desta segunda alimentação e no final do processo fermentativo, foram retiradas alíquotas para determinação da viabilidade celular, índice de brotamentos e viabilidade de brotos (LEE, *et al*, 1981).

Ao final do processo, o vinho foi centrifugado a 2500g/30°C, para separação da levedura e do vinho.

3.6.1 Caracterização do vinho

O vinho foi submetido as análises de brix, pH, acidez total total, seguindo metodologias já citadas no item 3.4.1. Também se quantificou:

- Açúcares Redutores Residuais Totais (ARRT) - Segundo metodologia Lane e Enyon (1923).
- Glicerol – Foi quantificado seguindo metodologia CTC (2005).
- Teor Alcoólico – O vinho era destilado, realizando leitura em Densímetro Digital Antoon-Paar DMA 500.

3.7 Produção de açúcar

Após o tratamento de caldo, estes foram concentrados até Brix 60° em rotoevaporador de simples efeito (Figura 19), com temperatura de 70°C e rotação constante a 6 rpm, resultando o xarope.

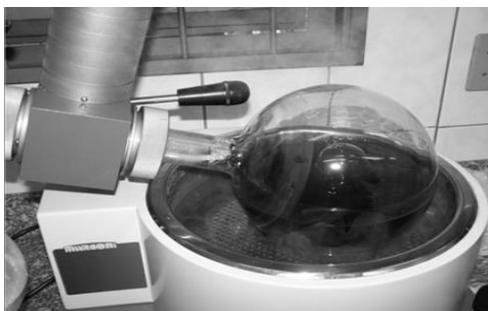


Figura 19: Rotoevaporador de simples efeito, concentração do caldo clarificado a brix 60°. Fonte: Acervo Pessoal.

A massa cozida foi obtida através de cozedor piloto, sendo o cozimento realizado à temperatura de $61 \pm 2^\circ\text{C}$ (Figura 20). A nucleação de cristais foi realizada através do uso de “sementes” de 0,6mm. A seguir, o processo foi mantido na zona metaestável de supersaturação, com alimentação de xarope a 60° Brix.

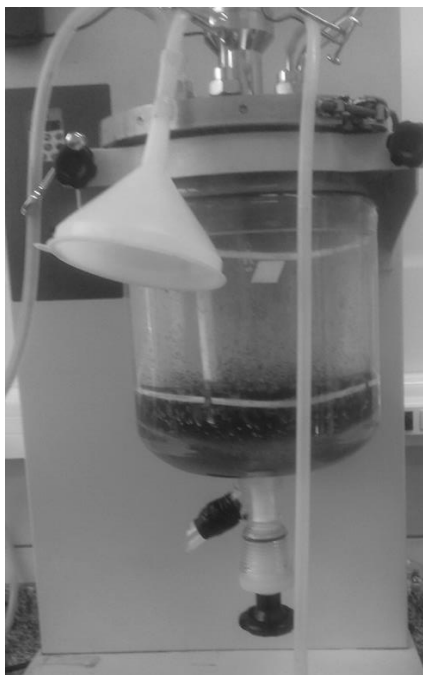


Figura 20: Cozedor de simples efeito, formação de cristais mantidos na zona metaestável. Fonte: Acervo Pessoal.

Após o cozimento, realizou-se separação dos cristais de açúcar do mel em centrífuga a 6300g por 5 minutos. Utilizou-se vapor para lavagem do açúcar com pressão de 1kgf/cm^2 por 2 segundos/minuto. O açúcar foi submetido ao processo de secagem iniciando com secador de fluxo de ar quente à 40°C com agitação e, em seguida, em estufa à 35°C por 12 horas.

A qualidade do açúcar obtido foi determinada através das análises de Pol, pH, cinzas, umidade, cor, compostos fenólicos (CTC, 2009).

3.8 Quantificação de Acrilamida

Efetuiu-se extração das amostras, em duplicata, com etanol em agitador rotativo a temperatura ambiente. Os extratos obtidos foram analisados por cromatografia a gás com detector de ionização em chama. A quantificação foi realizada por padronização externa, utilizando-se curva analítica contendo acrilamida em etanol. As amostras e padrões foram analisados conforme condições do equipamento CG 2010 – Shimadzu.

3.9 Análises Estatísticas

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F, e as médias obtidas comparadas pelo Teste de Tukey(5%), utilizando-se o programa Assistat versão 7.7.

4.0 Resultados e Discussão

4.1 Qualidade da Matéria-Prima para produção de Etanol e Açúcar

Antes da realização dos tratamentos, procedeu-se as análises do caldo extraído, cujo resultados médios obtidos para as características tecnológicas da variedade de cana CTC5 foram: brix de 20,2; pH de 5,1; acidez total total de 0,89; pol de 18,2; pureza de 90,09 e ART de 19,32. Segundo Amorim (2006) estes resultados indicaram que a cana estava dentro dos parâmetros considerados adequados, sendo estes da ordem de 5,0 a 5,5 para o pH, $\leq 0,80$ g/L H₂SO₄ para acidez total total, Pol $\geq 14\%$, Pureza $\geq 85\%$ e ART $\geq 15\%$, exceto a acidez total que estava um pouco acima de $\leq 0,80$ g/L H₂SO₄, porém este não é um parâmetro que deve ser analisado isoladamente.

O teor de cinzas solúveis do caldo extraído, foi de 0,82%, 14,82% superior ao relatado na literatura por Delgado (1977), que é de 0,2 a 0,7%. Este teor elevado, pode estar relacionado à características da variedade e/ou associado a suplementação do solo com vinhaça, uma vez que o teor de cinzas, pode ser um indicativo da presença de potássio e cálcio no caldo extraído.

A turbidez do caldo extraído, quantifica as partículas em suspensão contidas do caldo, foi de 1089 NTU. A clarificação do caldo interfere diretamente neste parâmetro tecnológico, onde após o tratamento do caldo, essas partículas devem ser removidas ao máximo para não interferirem no processo fermentativo.

Quanto aos açúcares redutores (AR) obteve-se 0,69%, valor que está dentro da faixa recomendada por Amorim (2006) que é de $\leq 0,8\%$. Para manter a fisiologia da planta, deve haver a inversão da molécula de sacarose em glicose e frutose (RIPOLI e RIPOLI, 2011). Colmos maduros aptos para a colheita,

apresentam menores teores de AR (glicose e frutose) e elevados teores de sacarose.

Os compostos fenólicos são biomoléculas sintetizadas pelas plantas, principalmente através das vias do acetato. Se constituem em uma das mais difundidas classes de metabólitos secundários. De modo geral podem estar relacionados ao estresse metabólico das plantas, porém são interferentes na fermentação alcoólica, o caldo extraído apresentava valores de 406,7 mg/L.

4.2 Produção de Etanol

4.2.1 Caracterização do Caldo Clarificado

Para o brix do caldo clarificado (Tabela 02) foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, apesar dos valores ficaram bem próximos, o menor valor foi para o tratamento testemunha e o maior para o E.S.M (13 mg/L).

Tabela 02 – Valores médios obtidos para Brix, pH, Pureza e ART do caldo clarificado com 5 diferentes auxiliares de sedimentação, a partir de 1 variedades de cana-de-açúcar. Jaboticabal-SP. Safra 2015/2016.

Tratamentos	Brix	pH	Pureza(%)	ART (%)
E.S.M.	16,65A	5,7B	85,22	14,54A
Dosagem 1	16,50B	5,9A	85,23	13,85A
Dosagem 2	16,30C	5,9A	85,77	12,57B
Dosagem 3	16,20D	5,9A	85,62	10,12C
Dosagem 4	16,20D	5,9A	85,30	10,49C
Testemunha	15,72E	5,9A	82,59	13,43AB
DMS	0,06	0,08	3,49	1,15
CV	0,18	0,66	1,80	4,03
F	468,0**	6,8**	2,52ns	52,26**

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Teste de Tukey 5%). As letras comparam médias na coluna. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$) * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$). DMS - Desvio Mínimo Significativo. CV - Coeficiente de Variação. *E.S.M (Extrato de semente de moringa)

Deve-se destacar que os valores detectados são inferiores aos do caldo extraído. Antecedendo ao processo de clarificação dos caldos, procedeu-se à

padronização para 16°Brix para todos os tratamentos, mas pode-se concluir que a utilização de um tratamento no caldo, independente do floculante utilizado, apresenta mais sólidos solúveis, do que sua não utilização, fato este observado por Costa (2015) e *Macri et al* (2014).

Também ocorreu a padronização do pH do caldo extraído (Tabela 02), sendo ajustados para 6,0, com intuito da conservação dos nutrientes, que serão disponibilizados no processo fermentativo para as leveduras. Os resultados apresentam efeito significativa, sendo que o menor valor foi obtido para o extrato de semente de moringa(E.S.M), reduzindo o pH em apenas 5%, mas este fato já é esperado uma vez que ocorreram reações de arraste de íons entre as moléculas de cálcio e o fosfato do caldo. Esta redução pode ser considerada insignificante, mantendo os nutrientes disponíveis.

Para a Pureza (Tabela 02) não se observou diferença significativa, todos estavam acima dos valores estipulados pela indústria, exceto a pureza da testemunha que estava 2,83% abaixo do recomendado por Amorim (2006).

Para o ART (tabela 02) verificou-se que a maior média ocorreu para o extrato de semente de moringa (E.S.M), que não diferiu significativamente da dosagem 1 (polímero 1,5 mg/L) e da testemunha, mas foi 30% superior, quando se utilizou as maiores dosagens do polímero à base de acrilamida (dosagem 2, 3 e 4). Deve-se ressaltar, que houveram reduções consideráveis de ART quando se utilizou as dosagens de 3 e 4 do polímero à base de acrilamida, sendo de 30% e 27,85% respectivamente, esta queda pode ocasionar menores rendimentos fermentativos, quando se utiliza os polímeros, acelera precipitação de impurezas, porém a quantidade elevada deste floculante pode ter ocasionado o arraste de açúcares como glicose e frutose.

Tabela 03 – Valores médios obtidos para Acidez total, Cinzas, Turbidez e Fenol do caldo clarificado com 5 auxiliares de sedimentação. Jaboticabal-SP. Safra 2015/2016.

Tratamentos	Acidez total	Cinzas	Turbidez	C.F.T
	Total g/L H ₂ SO ₄	%	NTU	mg/L
E.S.M.	0,81A	0,71B	615AB	295B
Dosagem 1	0,84A	0,62C	775A	287B
Dosagem 2	0,75AB	0,58CD	823A	259B
Dosagem 3	0,60C	0,57CD	763A	261B
Dosagem 4	0,65BC	0,52D	413B	259B
Testemunha	0,64BC	0,79A	876A	345A
DMS	0,14	0,06	266,31	49,02
CV	8,75	4,23	16,31	7,50
F	10,23**	56,23**	8,57**	9,84**

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Teste de Tukey 5%). As letras comparam médias na coluna. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$) * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$). DMS - Desvio Mínimo Significativo. CV - Coeficiente de Variação. *CFT= (Compostos Fenólicos Totais) *E.S.M (Extrato de semente de moringa)

Avaliando-se os teores de acidez total (Tabela 03), observou redução em todos os tratamentos, tal remoção é resultante do tratamento de caldo por caleagem simples, que adsorve moléculas ácidas e sedimentam no decantador juntamente com os fosfatos de cálcio formados através das reações entre o leite de cal adicionado e os fosfatos presentes na matéria-prima (ALBUQUERQUE, 2011).

Os teores de cinzas (Tabela 03) demonstraram reduções em todos os tratamentos. A testemunha removeu baixos teores da ordem 3,65% em relação ao caldo extraído, seguido do extrato de semente com 13,41%, o polímero à base de acrilamida, com dosagem 1, com 24,31% e para os outros três tratamentos (2, 3 e 4) a redução foi de aproximadamente 32%, estes valores estão próximos a Martins *et al* (2016), quando avaliou redução de cinzas com tratamento de polímero, observou reduções de 37%.

Comparando-se os efeitos dos flocculantes na turbidez (Tabela 03), constatou-se que a utilização do polímero à base de acrilamida com maior

dosagem (4), resultou em um caldo mais translúcido em relação aos outros tratamentos, alcançando índice de remoção da ordem de 62%. O extrato de semente de moringa removeu aproximadamente 43%, sendo próximo as demais dosagens. A remoção de turbidez é um dos principais parâmetros de avaliação da capacidade de clarificação, pois a maior turbidez se deve à presença dos não-açúcares no caldo e, a redução desta, pode ser indício de remoção destes componentes (gomas, amido, proteína) (EGGLESTON, 2000).

Quanto aos compostos fenólicos do caldo clarificado (Tabela 03) observou-se que a testemunha foi o tratamento que apresentou maior valor e diferiu significativamente dos demais tratamentos, que não diferiram entre si, e resultaram em redução de aproximadamente 35% (dosagem 1, 2, 3, 4 e E.S.M), Costa (2014), obteve resultados similares aos deste trabalho, e constatou também a remoção de fenóis pelo processo de caleagem simples com adição de floculantes. Alguns autores citam que este processo físico-químico é incapaz de reduzir o teor destas moléculas no caldo e outros acreditam que tal remoção de Compostos fenólicos totais está diretamente relacionada a matéria-prima processada, a qual varia não só o teor destes compostos, mas também as suas características.

4.2.2 Características do mosto e Fermentação

Na tabela 04 estão apresentados os valores médios obtidos para acidez total e Açúcares Redutores Totais (ART) dos mostos preparados a partir de caldo clarificado com o emprego dos diferentes floculantes.

O brix e o pH do mosto, foram ajustados para 16 ± 1 e $4,5\pm 0,3$ respectivamente, motivo pelo qual não foi verificado diferença significativa entre estes parâmetros e por isso não estão na tabela.

A acidez total dos mostos (Tabela 04), observou-se que não houve diferença significativa para os tratamentos, onde todos apresentaram um acréscimo, justamente pela correção do pH, que é feita através da adição de ácido. Estes resultados são semelhantes ao de Costa (2015), no qual não identificou diferença significativa, entre flocculantes comerciais e o de semente de moringa.

Para o ART, (Tabela 04), percebeu-se que os tratamentos tiveram uma ligeira redução em relação ao caldo clarificado, ressaltando que os tratamentos dosagem 3 e 4 é o que estão com baixos teores de açúcares.

Tabela 04 – Resultados para ART e Acidez total Total do Mosto obtido a partir de caldo clarificado com 5 auxiliares de sedimentação. Jaboticabal-SP. Safra 2015/2016.

Tratamentos	Acidez total	ART
	g/L H₂SO₄	%
E.S.M.	1,05	14,45A
Dosagem 1	1,07	13,68AB
Dosagem 2	1,09	12,40C
Dosagem 3	1,06	9,96D
Dosagem 4	1,04	10,35D
Testemunha	1,04	13,12BC
DMS	0,22	0,99
CV	23,22	3,52
F	0,25ns	69,78**

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Teste de Tukey 5%). As letras comparam médias na coluna. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$) * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$). DMS - Desvio Mínimo Significativo. CV - Coeficiente de Variação. *E.S.M (Extrato de semente de moringa)

Porém, houve destaque para o extrato de moringa, no qual obteve-se o maior valor de ART, sendo que este valor é superior aos observados por Macri,

et al. (2014) e Costa (2015), que obtiveram valores de 13,72% e 12,7%, respectivamente.

Considerando-se que para a realização de fermentações, com altos índices de rendimentos, o fermento deve apresentar viabilidade celular (Tabela 05) superior a 85% (AMORIM, 2006). Observou-se que a levedura utilizada neste ensaio atendia as recomendações estipuladas, com 98% de viabilidade.

No início do processo fermentativo (Tabela 05), o extrato de semente de moringa e os tratamentos com dosagem 3, 4 do polímero à base de acrilamida, apresentaram os maiores índices de viabilidade. O menor índice foi para o tratamento testemunha sem adição de floculantes. Neste sentido verificou-se que todos os tratamentos estavam na porcentagem recomendada.

Observou-se que no brotamento inicial e a viabilidade e brotos inicial (Tabela 05) a dosagem1 foi o que apresentou os menores valores.

Tabela 05 – Resultados obtidos para Viabilidade Celular (V.C), Brotamento (Brot.) e Viabilidade de Brotos (V.B) no início e final do processo fermentativo de mostos obtido a partir de caldo clarificado com 5 auxiliares de sedimentação. Jaboticabal-SP. Safra 2015/2016.

Tratamentos Floculante	V.C. Inicial	V.C. Final	Brot. Inicial	Brot. Final	V.B. Inicial	V.B. Final
	%					
E.S.M.	97,94A	96,06A	20,65AB	23,48	100A	99,50A
Dosagem 1	95,92B	95,04AB	21,80B	25,74	100A	96,77A
Dosagem 2	92,73C	92,14B	18,30C	20,28	97,06A	97,04A
Dosagem 3	98,37A	94,34B	23,83A	24,57	97,31A	96,33A
Dosagem 4	98,16A	95,45AB	21,08B	25,23	98,84A	97,83A
Testemunha	87,33D	84,82C	12,37D	25,45	90,19B	84,83B
DMS	1,44	3,33	0,06	11,81	6,08	4,31
CV	0,66	1,56	4,23	21,34	2,73	1,96
F	192,19**	39,52**	56,23**	0,63ns	7,66**	36,39**

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Teste de Tukey 5%). As letras comparam médias na coluna. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$) * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 = p < .05$). DMS - Desvio Mínimo Significativo. CV - Coeficiente de Variação. *E.S.M (Extrato de semente de moringa)

É importante para o processo industrial que esta viabilidade seja o maior possível, já que a levedura pode ser reutilizada por muitos ciclos de fermentação. Para tanto é necessário que elas se multipliquem para manterem o índice recomendado. Ao final da fermentação, novamente foi quantificada a porcentagem de células vivas, índice de brotamento e a viabilidade dos brotos, para melhor avaliação dos impactos dos mostos submetidos a diferentes floculantes e da fermentação sobre a levedura. Estes resultados estão apresentados na Tabela 05. O tratamento E.S.M, para a viabilidade de brotos final apresentou maior média e diferiu apenas do tratamento testemunha. O brotamento final não apresentou diferença significativa. Na viabilidade final das células, a testemunha apresentou 14,74% de redução em relação aos outros tratamentos.

Ao comparar o início da viabilidade dos brotos com o final do processo, notou-se que houve aumento deste parâmetro, este fato é decorrente do decréscimo da quantidade de açúcares presentes no substrato a medida que a levedura o consome para realização de seus processos metabólicos.

Quando esta concentração atinge valores inferiores a 6%, as leveduras metabolizam açúcares através de sua via respiratória, a qual resulta na produção de 38 ATP, quebra da glicose além de novas células de levedura (VENTURINI FILHO, *et al*, 2013).

4.2.3 Caracterização do Vinho

Na tabela 06 estão apresentados os valores obtidos para, pH, Acidez total Total, ARRT e Glicerol do vinho resultante do processo fermentativo.

O brix dos tratamentos foram $\leq 1,0$, evidenciando que a fermentação já havia sido encerrada. Para o pH dos vinhos (tabela 06), observou-se os maiores valores ocorreram para as doses de 2 e 4 do polímero. Contudo a menor redução do pH foi para o polímero à base de acrilamida de dosagem 4, porém este não é um interferente do processo.

Avaliando os açúcares residuais redutores totais (ARRT), verificou-se que o tratamento testemunha foi o que apresentou maior porcentagem da ordem de 0,10%, que diferiu dos demais tratamentos, que apresentaram valores significativamente menores. De um modo geral os valores foram inferiores a 0,20%, que indicam uma boa fermentação.

Tabela 06 – Resultados obtidos para pH, Acidez total Total, ARRT e Glicerol do vinho resultante do processo fermentativo utilizando-se mostos preparados a partir de caldos clarificados com 5 auxiliares de sedimentação.

Tratamentos	pH	Acidez total	ARRT	Glicerol
Floculante (F)		g/L H ₂ SO ₄	(%)	(%)
E.S.M.	3,35B	2,35C	0,07B	0,08B
Dosagem 1	3,37B	2,25E	0,07B	0,09B
Dosagem 2	3,57A	2,26DE	0,06BC	0,08B
Dosagem 3	3,45B	2,33CD	0,05C	0,08B
Dosagem 4	3,69A	2,45B	0,05C	0,10B
Testemunha	3,37B	2,62A	0,10A	0,13A
DMS	0,11	0,07	0,01	0,02
CV	1,46	1,44	11,49	13,27
F	18,75**	67,01**	23,85	7,65**

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Teste de Tukey 5%). As letras comparam médias na coluna. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$) * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$). DMS - Desvio Mínimo Significativo. CV - Coeficiente de Variação.

Para a acidez total do vinho (Tabela 06), os teores variaram de 2,25 a 2,62g/L sendo que os maiores valores ocorreram para a testemunha. Os resultados observados são similares aos determinados por Mutton. *et al.* (2012), que avaliando a Acidez total Total de 12 ciclos fermentativos em uma unidade industrial, verificaram teores máximos de 2,2 g/L.

O Glicerol (Tabela 06), é normalmente produzido pelas leveduras havendo correlação inversa com a eficiência fermentativa (MAIORELLA, *et al*,1983). No presente estudo o maior valor quantificado foi para o tratamento testemunha, provavelmente por não ter recebido, tratamento do caldo. A fermentação de substratos “in natura”, pode contribuir com interferentes que alteram a rota metabólica das leveduras, os resultados são inferiores aos encontrados por Macri. *et al.* (2014), Costa (2015) e Mutton. *et al.* 2014), no qual obtiveram maiores teores de glicerol.

Tabela 07 – Resultados obtidos para o Teor Alcoólico e Eficiência Fermentativa do processo fermentativo utilizando-se mostos preparados a partir de caldos clarificados com 5 auxiliares de sedimentação.

Tratamentos	Teor Alcoólico	Eficiência Fermentativa
Floculante (F)	(%)	(%)
E.S.M.	6,83A	83,57AB
Dosagem 1,5	7,00A	87,02A
Dosagem 5,0	6,21AB	78,01BC
Dosagem 10	5,66BC	77,40C
Dosagem 20	5,63BC	77,05C
Testemunha	4,96C	57,70D
DMS	0,87	5,61
CV	6,27	3,18
F	16,91**	69,15**

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Teste de Tukey 5%). As letras comparam médias na coluna. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$) * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$). DMS - Desvio Mínimo Significativo. CV - Coeficiente de Variação.

Este fato é claramente observado, quando se avalia o teor alcóolico e eficiência fermentativa (Tabela 07), no qual, verifica-se que o maior valor foi estatisticamente igual para tratamento polímero à base de acrilamida com dosagem 1, (teor utilizado no Brasil, por unidades produtoras), e o tratamento com extrato de semente de moringa. Para testemunha o teor alcóolico foi 33% menor do que, para os demais tratamentos. Com maior dose de polímero

observou-se redução no teor alcoólico do vinho. Tais resultados são inferiores aos determinados por Macri *et al.* (2014), que determinaram valores de 8,5 a 9,0%.

A eficiência fermentativa, (Tabela 07), foi maior estatisticamente para o polímero á base de acrilamida, com dosagem 1, que não diferiu significativamente do E.S.M. Os tratamentos com maiores teores de polímero á base de acrilamida se mantiveram próximos estatisticamente, mas vale ressaltar que estes se encontravam abaixo de 80%, demonstrando que maiores teores de floculantes não melhoram o processo fermentativo.

4.3 Produção de Açúcar

4.3.1 Caracterização do Caldo Clarificado

Para o brix, pol e pureza do caldo clarificado (Tabela 08), não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, e os menores valores encontrados destes parâmetros, foi para o tratamento testemunha.

Tabela 08 – Valores médios obtidos para Brix, pH, Pol, Pureza e ART do caldo clarificado com 5 auxiliares de sedimentação, a partir de 1 variedades de cana-de-açúcar. Jaboticabal-SP. Safra 2015/2016.

Tratamentos	Brix	pH	Pol(%)	Pureza(%)
E.S.M.	17,05	6,37B	14,43	84,35
Dosagem 1	17,15	6,62A	14,54	84,75
Dosagem 2	17,17	6,60A	14,77	86,01
Dosagem 3	17,00	6,60A	14,58	85,75
Dosagem 4	16,87	6,62A	14,41	85,57
Testemunha	16,82	6,67A	13,99	83,16
DMS	0,38	0,10	1,23	6,26
CV	0,97	0,72	3,73	3,21
F	2,94ns	20,10**	0,93ns	0,61ns

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Teste de Tukey 5%). As letras comparam médias na coluna. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$) * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$). DMS - Desvio Mínimo Significativo. CV - Coeficiente de Variação. *E.S.M. (Extrato de semente de moringa)

Para o pH (Tabela 08), houve diferença significativa, onde o menor média foi para o tratamento E.S.M, sendo de 4%, porém este valor está próximo ao encontrado por Costa (2014), que obteve, pH de 6,3. A redução deste parâmetro ocorre decorrente da remoção do hidróxido de cálcio por precipitação, o qual é eliminado pelo lodo (ALBUQUERQUE, 2011). Contudo, deve-se atentar para que este caldo não apresenta valores inferiores a 6,0, pois em baixo pH, a molécula de sacarose pode sofrer inversão em glicose e frutose, as quais não são cristalizáveis (HONIG, 1969).

Não se obteve diferença significativa para acidez total do caldo clarificado (Tabela 09), embora o E.S.M e a dosagem 4 tenham apresentado as menores médias.

Analisando-se a porcentagem de cinzas no caldo clarificado (Tabela 09), identificou-se uma redução média de 10%, em relação ao caldo extraído, exceto para o tratamento testemunha, no qual ocorreu um acréscimo de 5,7%. Costa et al. (2014) cita que os teores de cinzas solúveis variam de acordo com a matéria-prima processada e, em alguns casos, pode aumentar significativamente no caldo clarificado em relação ao extraído, resultante do acréscimo de cálcio no processo, de ajuste do pH. Estas cinzas podem resultar em incrustações nos evaporadores (WALTHER et al., 1998; DOHERTY *et al.*, 2011), além de ficarem retidas nos cristais de açúcar (ALBUQUERQUE, 2011).

A turbidez do caldo clarificado (Tabela 09), se reduziu para todos os tratamentos em relação ao caldo extraído, porém o tratamento testemunha foi o que menos apresentou esta remoção, com apenas 27,82%, enquanto nos demais tratamentos, esta porcentagem foi em média de 80%, Costa *et al.* (2014), avaliando o extrato de semente de moringa obteve, reduções de 77%. A remoção

menor do tratamento testemunha, está diretamente relacionado com a não sedimentação do lodo, resultando em maiores partículas em suspensão. O material em suspensão é responsável pela maior parte da turbidez do caldo (ALBUQUERQUE, 2011). Quando este material em suspensão, não é eliminado de forma efetiva, poderá causar incrustações nos evaporadores, e interferir na centrifugação, resultando em um açúcar de baixa qualidade. (ALBUQUERQUE, 2011).

Tabela 09 – Valores médios obtidos para Acidez total, Cinzas, Turbidez e Fenol do caldo clarificado com 5 auxiliares de sedimentação. Jaboticabal-SP. Safra 2015/2016.

Tratamentos	Acidez total	Cinzas	Turbidez	C.F.T
	g/L H ₂ SO ₄	%	NTU	mg/L
E.S.M.	0,50	0,74B	385B	288B
Dosagem 1	0,54	0,74B	224B	285B
Dosagem 2	0,59	0,74B	154B	261B
Dosagem 3	0,57	0,75B	164B	265B
Dosagem 4	0,50	0,73B	167B	263B
Testemunha	0,60	0,87A	786A	345A
DMS	0,23	0,05	242,40	47,01
CV	18,91	3,33	33,66	7,24
F	0,74ns	18,50**	21,87**	8,94**

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Teste de Tukey 5%). As letras comparam médias na coluna. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$) * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$). DMS - Desvio Mínimo Significativo. CV - Coeficiente de Variação. *E.S.M. (Extrato de semente de moringa)*C.F.T.(Compostos Fenólicos Totais)

Em relação aos compostos fenólicos totais (Tabela 09), observou-se que o tratamento testemunha resultou nos maiores valores destas biomoléculas. Cabe ressaltar que os compostos fenólicos apresentam uma relação direta com a cor do açúcar, sendo que quanto maior a presença destas moléculas, maior é a tonalidade amarela do produto. Os valores determinados neste experimento foram inferiores aos obtidos por Costa (2015), que constatou fenóis entre 400 e 600 mg/L.

4.3.2 Qualidade do Açúcar

Após caracterização, o caldo da CTC5 foi processado, sendo submetido a clarificação, evaporação, cozimento, cristalização e centrifugação para separação dos cristais de açúcar e do melaço. O açúcar foi secado e caracterizado quanto a Pol (Tabela 10), Umidade (Tabela 10), Fenol (Tabela 11), Cinzas (Tabela 11), pH (Tabela 12), Cor (Tabela 12) e Amido (Tabela 12).

Avaliando-se a pol, do açúcar (Tabela 10), evidenciou-se que o extrato de semente de moringa (E.S.M), foi estatisticamente igual ao tratamento com polímero á base de acrilamida, nas dosagens 1, 2 e 3. Os tratamentos com dosagem 4 e Testemunha foram 3% inferiores aos demais, sendo que no entanto, segundo ICUMSA (2016), um açúcar para ser considerado VHP, tem que ter, pol de 99,1 a 99,5. Os tratamentos testemunha e polímero a base de acrilamida de dosagem 4 estavam abaixo destes valores, mas estes são destinados para processamento, em indústrias, tais como refinarias, alimentícias, farmacêuticas, entre outras.

Tabela 10 – Valores médios obtidos para Pol e Umidade do açúcar produzido com 5 auxiliares de sedimentação. Jaboticabal-SP. Safra 2015/2016.

Tratamentos	Pol	Umidade (%)
E.S.M.	99,10A	0,31B
Dosagem 1	99,16A	0,37B
Dosagem 2	99,01A	0,59B
Dosagem 3	99,27A	1,00A
Dosagem 4	96,67B	1,18A
Testemunha	95,97B	0,64B
DMS	0,92	0,35
CV	0,41	22,59
F	51,35**	19,87**

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Teste de Tukey 5%). As letras comparam médias na coluna. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$) * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$). DMS - Desvio Mínimo Significativo. CV - Coeficiente de Variação. *E.S.M. (Extrato de semente de moringa)

Costa (2014) e Betani *et al* (2014), obtiveram valores de 97%, quando determinaram a pol no açúcar VHP produzido nos seus experimentos.

Na tabela 10, estão apresentados os valores de Umidade, onde observou-se que o tratamento com E.S.M, e o polímero a base de acrilamida na dosagem 1, foram os que resultaram em uma menor umidade, sendo 68% menor que os demais tratamentos.

Os polímeros com dosagens de 3e 4 tiveram uma umidade muito elevada. Deve-se destacar que a umidade dos cristais está relacionada a película de mel envolto do cristal não separada na centrifugação. (ALBUQUERQUE, 2011).

Costa (2014), obteve menores resultados de umidade da ordem 0,5%, estudando o extrato de folhas de moringa. Madaleno (2010), estudando a qualidade de açúcar, obteve valores da ordem 0,20%, uma menor retenção de umidade, conduz à menor oportunidade de haver degradação do produto por microrganismos contaminantes (CHEN & CHOU, 1993), indicando que o açúcar pode ser armazenado sem risco de degradação.

Quanto ao teor de cinzas no açúcar (Tabela 11), o principal composto encontrado devem ser as concentrações remanescentes de cálcio, que são consequência do processo de clarificação não adequado (MADALENO, 2010). Que pode produzir a formação de flocos pequenos que não tem força para decantar. O aumento dos teores de cinzas deprecia a qualidade do produto, pois no processo de refino, os sais de cálcio podem causar incrustações nos equipamentos utilizados na obtenção de açúcar refinado (CHEN & CHOU, 1993). Este fato pode ser observado claramente neste trabalho (Tabela 11), onde o tratamento testemunha, que, não recebeu nenhum floculante como auxiliar e

sedimentação, foi o que obteve o maior valor de cinzas, sendo 75%, superior aos demais.

Observou-se também que a adição de maiores quantidades de floculantes, resultou em incremento de cinzas no açúcar. Por outro lado, os resultados de cinzas do presente estudo, são similares aos de Madaleno (2010), Costa (2014) e Rossato Junior (2012), com 0,30%, 0,40% e 0,50%, respectivamente.

Os compostos fenólicos totais, foram maiores para o tratamento testemunha e polímero a base de acrilamida de dosagem 4, porém estes valores foram inferiores aos obtidos por Rossato Junior (2012), que alcançou valores da ordem de 300 mg/Kg em seus tratamentos. Deve-se considerar ainda que a presença de teores elevados de compostos fenólicos presentes nos cristais de açúcar, contribuem de modo direto para a determinação da cor.

Costa (2014), avaliando o extrato de semente de moringa, obteve valores similares ao presente estudo, em torno de 150 mg/Kg, o autor ressalta, que a presença de compostos fenólicos, pode promover a formação de cor no cristal de açúcar, promovendo a deterioração do produto conforme o tempo de armazenamento, advertindo que o uso de extrato de sementes de moringa como auxiliares de sedimentação do caldo de cana pode resultar em um produto com maior tempo de armazenamento, devido ao baixo teor de fenol.

Na tabela 12, estão apresentados os resultados de pH, dos açúcares produzidos, os valores foram estatisticamente similares para o extrato de semente de moringa, dosagem de 1 e de 3. O maior pH foi para o tratamento de dosagem 4. Deve-se considerar que o processo de produção de açúcar é todo realizado com o caldo clarificado e xarope em pH 7,0/8,0, uma vez que

impossibilita a degradação ácida ou alcalina da sacarose, e procede em cristais com faixa de pH próximo a neutralidade (FARIA, 2012).

Tabela 11 – Valores médios obtidos para Fenol e Cinzas do açúcar produzido com 5 auxiliares de sedimentação. Jaboticabal-SP. Safra 2015/2016.

Tratamentos	Fenol (mg/Kg)	Cinzas (%)
E.S.M.	122,29B	0,28E
Dosagem 1	105,00C	0,25F
Dosagem 2	120,20B	0,52C
Dosagem 3	105,30C	0,47D
Dosagem 4	153,75A	0,83B
Testemunha	153,40A	1,01A
DMS	12,90	0,09
CV	4,44	0,71
F	62,13**	22,74**

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Teste de Tukey 5%). As letras comparam médias na coluna. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$) * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$). DMS - Desvio Mínimo Significativo. CV - Coeficiente de Variação. *E.S.M. (Extrato de semente de moringa)

Os resultados do presente estudo (tabela 12), variam de 6,0 a 6,4, tais valores são similares aos determinados por Bettani *et al.* (2014), que observaram pH variando de 6,0 a 6,7 em diferentes amostras de açúcares.

Albuquerque (2011), cita, que esta redução de pH, ocorre devido a produtos da decomposição alcalina, como ácidos orgânicos, em especial, o ácido láctico ao longo do processo, porém apesar desta redução, a inversão da sacarose é inibida em pH acima de 6,0, para tanto, no presente estudo todos os valores foram superiores a este, comprovando que não ocorreu perda de sacarose, quando analisou-se o açúcar final.

Tabela 12 – Valores médios obtidos para pH, Cor e Amido do açúcar produzido com 5 auxiliares de sedimentação. Jaboticabal-SP. Safra 2015/2016.

Tratamentos	pH	Cor (U.I.)	Amido (mg/L)
E.S.M.	6,1BC	221D	334D
Dosagem 1	6,0C	175E	380CD
Dosagem 2	6,2AB	233C	273E
Dosagem 3	6,1BC	275B	425C
Dosagem 4	6,4A	274B	572B
Testemunha	6,0C	452A	1110A
DMS	0,22	9,36	57,10
CV	1,56	1,50	4,82
F	10,95**	22,28**	614,20**

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Teste de Tukey 5%). As letras comparam médias na coluna. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$) * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$). DMS - Desvio Mínimo Significativo. CV - Coeficiente de Variação. *E.S.M. (Extrato de semente de moringa)

Nas análises de cor dos açúcares (Tabela 12), os menores resultados, foram para a dosagem 1, seguido do extrato de semente de moringa, e a maior cor, foi para o tratamento testemunha, alcançando 61% de superioridade aos demais. Este comportamento pode ser verificado na figura 21

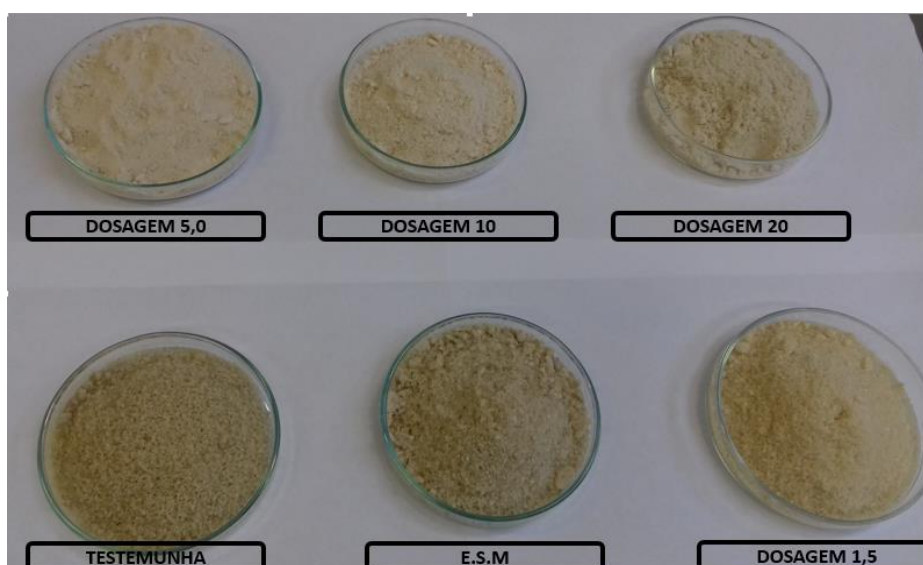


Figura 21: Açúcares produzidos a partir de diferentes floculantes. Fonte: Acervo Pessoal.

Os fatores importantes para manter a cor do açúcar a um nível mínimo são a uniformidade do tamanho dos cristais, a ausência de falsos grãos e um

bom processo de separação (centrifugação) (ALBUQUERQUE, 2011). Também, é considerável, dizer que o desenvolvimento da cor na evaporação é mínimo ou quase nulo, ressaltando que a maior cor ocorreu para o tratamento sem adição de floculantes.

Segundo ICUMSA (2016), o açúcar para ser considerado VHP, deve ter no máximo 450 U.I., todos os açúcares produzidos estavam dentro do estabelecido. Costa (2015), utilizando floculante a base de acrilamida 1,5 mg/L e extrato de semente de moringa, obteve aproximadamente 500 U.I. e 650 U.I. respectivamente, tais valores são superiores aos encontrados no presente estudo.

Para as concentrações de amido do açúcar (Tabela 12), observou-se a seguinte ordem decrescente de valores: Testemunha, dosagem 4, dosagem 3, dosagem 2, E.S.M e dosagem 1. Ou seja, o E.S.M. Apresentou o mesmo efeito da dosagem 1 (polímero 1,5 mg/L), e a dosagem 2 (5 mg/L) foi a que apresentou maior redução de amido.

Os finos grânulos desse carboidrato podem se dispersar facilmente no caldo, durante o processo de extração, e depois se gelatinizarem com o aquecimento do caldo no processo de clarificação, não ser eliminado e se concentrar nos cristais de açúcar (HONIG, 1969).

Em concentrações altas, pode aumentar a viscosidade do caldo, dificultando a recuperação da sacarose, em sua forma cristalizada. Segundo a ICUMSA (2016), o açúcar VHP, pode conter no máximo, 250 mg/Kg de amido, no presente estudo todos estavam acima deste nível, porém o tratamento testemunha estava 75% superior a este valor.

4.4 Análise de Acrilamida

Na Tabela 13, estão apresentados os dados das análises de quantificação de acrilamida nas leveduras separadas, após o processo fermentação etanólica de cada tratamento. Observou-se que em os tratamentos efetuado as leveduras apresentaram teores de acrilamida abaixo dos níveis de detecção do método de análise que era de 11mg/Kg (11ppm). Assim pode-se constatar que se obteve valores menores ou nulos de acrilamida na levedura do processo, inclusive empregando-se maiores dosagens.

Tabela 13 – Valores médios obtidos para quantificação de acrilamida na levedura do processo fermentativo, para produção de etanol com 5 auxiliares de sedimentação. Jaboticabal-SP. Safra 2015/2016.

Tratamentos	Acrilamida mg/Kg
E.S.M.	<LD 11
Dosagem 1	<LD 11
Dosagem 2	<LD 11
Dosagem 3	<LD 11
Dosagem 4	<LD 11
Testemunha	<LD 11
Açúcar Industrial	<LD 11

L.D: Limite de Detecção.

A quantificação de acrilamida, nos açúcares produzidos em escala laboratorial (Tabela 14), provenientes dos tratamentos efetuados, resultou também em valores abaixo do limite de detecção, ou seja, não foi detectado relação entre tratamento com maiores dosagens do flocculante de polímeros de acrilamida e maior nível de acrilamida residual no açúcar produzido.

Este limite de detecção utilizado é estipulado segundo o Decreto Lei nº.197/2007, nacional, para alimentos e embalagens. Segundo FDA, 2003 (Food

and Drug Administração), regulamento Federal title 21, sec. 173.5, o uso de floculantes de acrilamida no processamento de açúcar é regulado, podendo ser utilizado uma quantidade máxima de 10 mg/Kg (10 ppm) no caldo de cana. A FDA (2016), ainda não estipulou um nível máximo admissível para acrilamida em açúcar, no entanto, segundo the Ministry of Health and Welfare, pesquisas estão sendo conduzidas em açúcares mascavos, para tal determinação.

Os resultados da acrilamida neste estudo, demonstram que após etapas de processamento da produção de açúcar e leveduras da produção de etanol, todos os tratamentos se mantiveram abaixo do limite de detecção.

Tabela 14 – Valores médios obtidos para quantificação de acrilamida no açúcar, proveniente da produção de açúcar com 5 auxiliares de sedimentação. Jaboticabal-SP. Safra 2015/2016.

Tratamentos	Acrilamida mg/Kg
E.S.M.	<LD 11
Dosagem 1,5	<LD 11
Dosagem 5,0	<LD 11
Dosagem 10	<LD 11
Dosagem 20	<LD 11
Testemunha	<LD 11

L.D: Limite de Detecção

Também se avaliou um açúcar produzido pela indústria sucroalcooleira, e neste também não houve detecção ao limite estabelecido, de resíduos de acrilamida, no produto final, o açúcar.

5.0 CONCLUSÕES

O extrato de moringa (13mg/L), nas características tecnológicas e viabilidade fermentativa e produção de açúcar foi semelhante comparado aos polímeros estudados.

O emprego de dosagens superiores a 1,5mg/L de polímero, acarreta redução dos teores de açúcares próximos à 30%.

O extrato semente de moringa, apresenta potencial para seu emprego como floculante, sendo equivalente ao polímero à base de acrilamida de dosagem 1,5 mg/L.

Ao quantificar os teores de acrilamida, no açúcar produzido e na levedura recuperada do processo fermentativo, verificou-se que os resíduos dessa biomolécula, encontravam-se abaixo do limite de detecção.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADVFN, disponível em 08/12/2016.
<http://br.advfn.com/investimentos/commodities/acucar/historia>. 2016

ALBUQUERQUE, L. M. **Processo de Fabricação de Açúcar**. 2. Ed. UFPE: Recife, 2011.

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

AMREIN T.M., et al. **Occurrence of acrylamide in selected foods and mitigation options**. Food Additives and Contaminants 24(S1): 13-25. 2007.

ANDRADE, L. A. B. **Cultura da cana-de-açúcar**. In: CARDOSO, M. G. Produção de aguardente de cana. 3. ed. ampl. e revis. Lavras: Editora UFLA, p. 26-56, 2013.

ANGELIS, D. F. **Agentes físicos, químicos e microbiológicos que afetem a fermentação alcoólica**. Apud In: MUTTON, M.J.R; MUTTON, M.A. **Aguardente de cana: Produção de Qualidade**. Jaboticabal. Funep. P.49-66. 1992.

ANVISA Agência Nacional de Vigilância Sanitária. http://www.anvisa.gov.br/alimentos/aulas/reuniao_visas_curitiba07/acrilamida.pdf. Disponível em 23/12/2016.

ANVISA, disponível: http://www.anvisa.gov.br/alimentos/aulas/reuniao_visas_curitiba07/acrilamida.pdf. 2005.

AOKI, I.V. **Clarificação de caldo de cana : comparação entre os processos de sulfitação e carbonatação**. 177p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

AWAD, M.; WANG, H.; LI, F. **Preliminary study on combined use of Moringa seeds extract and PAC for water treatment**. Research Journal of Recent Sciences, 2 (8), 52-55, 2013.

BASTOS, V.D; **Etanol, álcoolquímica e biorrefinarias**. Biblioteca digital BNDS. 2007.

BELGACEM, M.N; GANDINI, A. **Monomers, Polymers and Composites from Renewable Resources**. Elsevier The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK Radarweg 29, PO Box 211, 1000 AE Amsterdam, The Netherlands, First edition 2008.

BETTANI, S. R.; LAGO, C. E.; FARIA, D. A. M.; BORGES, M. T. M. R.; VERRUMABERNARDI, M. R. **Avaliação físico-química e sensorial de açúcares orgânicos e convencionais**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.16, n.2, p. 155- 162, 2014.

BNDS - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Etanol, álcoolquímica e biorrefinarias**. Biblioteca digital BNDS. 2007.

CALIFORNIA(<http://www.foodnavigator-usa.com/news/ng.asp?id=60365>, consultado em 2006/07/15)

CHAVES, J.B.P; PÓVOA, M.E.B. **A qualidade da aguardente de cana-de-açúcar**. Apud In: MUTTON, M.J.R; MUTTON, M.A. **Aguardente de cana: Produção de Qualidade**. Jaboticabal. Funep. P.93-132. 1992.

CHEN, J. C. P.; CHOU, C. **Cane sugar handbook: a manual for cane sugar manufacturers and their chemists**. 12nd. ed. New York: John Wiley & Sons, 1120p.1993.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra Brasileira**. Cana-de-açúcar. V.2. Safra 2015/2016-n.4 – Quarto Levantamento. 2016.

COSTA, G. H. G.; **Emprego do extrato de moringa (Moringa oleífera Lamarck) na clarificação do caldo de cana para produção de açúcar e etanol**. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp Jaboticabal, 2015.

COSTA, G.H.G.; MASSON, I.S.; ROVIERO, J.P.; MUTTON, M.J.R, **Reflexos do processamento de cana-de-açúcar bisada na qualidade do açúcar VHP**. *Boletim do Centro de Processamento de Alimentos*, v.32, n.2, 2014.

COSTA, G.H.G.; MASSON, I.S; FREITA, L.A.; ROVIERO, J.P., MUTTON, M.J.R.; **Use of Moringa oleífera Lamarck leaf extract as sugarcane juice clarifier: effects on clarified juice and sugar.** *Food Science and Technology*, v.34, n.1, 2014.

COSTA, G.H.G; FREITA, C.M.F; MENDES, F.Q; MUTTON, M.R.J. **Extrato de sementes de moringa como floculante de caldo de cana-de-açúcar.** *Pesquisa agropecuária Brasileira*, Brasília, v.51, n.10, p.1794-1798, out. 2016.

CTC. **Manual de métodos de análises para açúcar.** Piracicaba, Centro de Tecnologia Canavieira, Laboratório de análises, Disponível em CD ROM. 2009.

Decreto-Lei n.º 197/2007, de 15 de Maio. PÁGINAS DO DR : 3166 a 3230. http://www.segurancaalimentar.com/leg_desc1.php?id=1858. Lei n.º 4/2003, de 10 de Janeiro. Foi promovida a consulta ao Conselho Nacional do Consumo.

Decreto-Lei nº 306/2007, de 27 de Agosto. Estabelece o regime da qualidade da água destinada ao consumo humano, procedendo à revisão do Decreto-Lei nº 243/2001, de 5 de Setembro. Estabelece ainda os critérios de repartição da responsabilidade pela gestão de um sistema de abastecimento público de água para consumo humano, quando a mesma seja partilhada por duas ou mais entidades gestoras. Disponível em: (<http://dre.pt/pdf1sdip/2007/08/16400/0574705765.pdf>)

Decreto-Lei portaria MS n.º 518/2004 / Ministério da Saúde. O Ministério da Saúde publicou no Diário Oficial da União do dia 14 de dezembro de 2011 a Portaria nº 2.914, de 12-12-2011, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <http://www.cqa.com.br/legislacao.html>, 2011.

Decreto-Lei n. 11.241, de 19 de setembro 2002. Dispõe sobre eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar. Diário Oficial [do] Estado de São Paulo, São Paulo, SP, 20 set. 2002. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/norma?id=217>>. Acesso em: 22 jan. 2013.

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

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

DOHERTY, W. O. S.; RACKEMANN, D. W. **Stability of sugarcane juice – a preliminary assessment of the colorimetric method used for phosphate analysis.** *Zuckerindustrie*, v. 133, n. 1, p. 24-30, 2008.

DOHERTY, W. O. S. **Improved Sugar Cane Juice Clarification by Understanding Calcium Oxide-Phosphate-Sucrose Systems.** *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, n. 59, p. 1829-1836, 2011.

EGBUIKWEM, P. N., SANGODOYIN, A. Y. **Coagulation efficacy of Moringa oleifera seed extract compared to alum for removal of turbidity and E. coli in three different water sources.** *Eur. Int. J. Sci. Technol.*, 2 (7): 13-20. 2013.

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.

EGGLESTON, G.; MONGE, A.; PEPPERMAN, A. **Preheating and incubation of cane juice to liming: a comparison of intermediate and cold lime clarification.** *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.50, 2002.

EMBRAPA, Disponível em http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_133_22122006154842.html. Acesso em 10/11/2016.

ERIKSSON, SUNE -**Acrylamide in food products: Identification, Formation and analytical methodology.** Doctoral Thesis Sweden. 2005.

Especificações de açúcares.
<http://www.titaniumtrade.com.br/alimentos/acucar.html>

FAQ, Frequently Asked Questions Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/faqdinamica/index.asp?Secao=Usuario&usersecoes=28&userassunto=173>. 2016.

FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.
<http://revistapesquisa.fapesp.br/2002/06/01/riqueza-nas-sobras-da-usina/> 2016.

FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.
http://agencia.fapesp.br/brasil_pode_produzir_10_bi_de_litros_de_etanol_de_segunda_geracao_ate_2025_diz_onu/23060/. 2016

FDA- U.S. Food and Drug Administration (FDA). 2006. Survey Data on Acrylamide in Food: Individual Food Products, 2002-2006. Accessed online at: <http://www.fda.gov/Food/FoodborneIllnessContaminants/ChemicalContaminants/ucm053549.htm>. 2016

FDA-, Food and Drug Administration, Center for Devices and Radiological Health. Code of Federal Regulations, Title 21, Part 101 – Food Labeling. Section 101.4(b),(20). April 1, 2003.

FERNANDES ,A.C. Disponível em : <https://www.novacana.com/usina/como-e-feito-processamento-cana-de-acucar/>. Acesso em 10/11/2016.

Folin, O, Ciocalteu, V, **On tyrosine and tryptophane determinations in proteins.** *The journal of biological chemistry*, Bethesda, v. 73, n. 2, p.627-50. 1927.

FREITA, C.M; COSTA, G.H.G; MENDES, F.Q; MUTTON, M.J.R; FREITA, L.A. **Moringa seed extract as sugarcane juice clarifier.** *Ciência & Tecnologia*. v.6. 2014.

GUALBERTO, A.F.; FERRARI, G.M.; ABREU, K.M.; PRETO, B.; LIMA, FERRARI, J.L. **Characteristics, properties and potential of moringa (Moringa oleifera Lam.): agroecological aspects.** *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. 2014.

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.

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.

HUGOT, E. **Manual de Engenharia Açucareira**, Trad. M OCQUE, I. Vol.1 e Vol. 2 Editora mestre Jou, São Paulo- SP, 1969.

IARC - International Agency for Research on Câncer. **Acrylamide**. IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, Vol. 60. International Agency for Research on Cancer, Lyon, France, 389-433. 1999.

ICUMSA, Internacional Commission for Uniform Methods of the sugar Analysis. Tabela de conteúdo e índice. 2015.

JECFA - FAO/OMS Expert Committee on Food Additives. **Evaluation of Certain Contaminants in Food: Seventy-second Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives**. Accessed online at: http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_959_eng.pdf.2011

JESUS, A.R; MARQUES, N.S; SALVI, E.J.N.R; TUYUTY, P.L.M; PEREIRA, A.S. **Cultivo da Moringa Oleífera**. *Instituto Euvaldo Lodi – IEL/BA*. 2013.

KAZANTSEV, O.A.; SHIRSHIN, K.V. **Spontaneous polymerization of (meth)acrylamides in concentrated aqueous solutions**. *Polymer*, 45. 5021-5029. 2004.

KEMIRA, **Produtos químicos para Processamento de cana de açúcar e produção de Bioethanol**. *Sugar & Bioethanol*. 2016.

LALUCE, C.; LONGO, E.; SPONCHIADO-POMBEIRO, S.R.; CILLI, E.M.; GALLARDO, J.C.M; MASIERO, M.O.C. *Bioenergia, Desenvolvimento, Pesquisa e Inovação:Fronteiras*. **A Complexidade da produção de bioetanol em fermentações abertas de matérias-primas industriais**. Editora Unesp. Cultura Acadêmica. 2012.

LANE, J. H.; EYNON, L. **Determination of reducing sugars by Fehling's solution with methylene blue indicator**, Normam Rodge, London, 8p., 1934.

LEE, S.S.; ROBINSON, F.M.; WONG, H.Y. **Rapid determination of yeast viability**. *Biotechnology Bioengineering Symposium*, n.11, 1981.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica**. 3. ed. Sarvier: São Paulo, 2000.

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, Piracicaba, v. 24, n.3, p. 36-39, 2006.

MACEDO, M.A. **Potencial do mercado doméstico para o açúcar VHP**. Monografia apresentada ao Programa de PósGraduação em Gestão do Setor Sucroenergético – MTA. 2015.

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).2011.

MACRI, R. C. V; COSTA, G. H. G; MONTIJO, N. A; FERREIRA, A. S.; MUTTON, M. J. R. **Moringa extracts used in sugarcane juice treatment and effects on ethanolic fermentation**, v.13, p. 4121-4130, 2014.

MAIORELLA, B.; BLANCH, H.W.; WIT.-KE, C.H.; **By-product inhibition effects on ethanolic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae***. *Biotechnology and Bioengineering*, v.25, p.103-121, 1983.

MANDRO, J,L. **Processo de Peroxidação de açúcar tipo VHP na produção de açúcar refinado: implicações químicas, tecnológicas e microbiológicas**. Dissertação apresentada para obtenção do título de mestre e ciências. 2016

MANGRICH, A.S; DOUMER, M. E.; MALLMANN, A. S.; WOLF, C. R. **Química Verde no Tratamento de Águas: Uso de Coagulante Derivado de Tanino de *Acacia mearnsii***. 6 (1), 2-15. Data de publicação na Web: 17 de julho de 2013. *Rev. Virtual Quim.*, 2014

MANTELATTO, P. E. **Estudo do processo de cristalização de soluções impuras de sacarose de cana-de-açúcar por resfriamento**. 272 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2005.

MAPA, Ministério da Agricultura. Disponível em: 17/06/2016. <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cana-de-acucar/saiba-mais>. 2016.

MARTINI, C. et al. **Yeast composition of sugar cane juice in relation to plant varieties and seasonality**. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 27, n. 5, p. 710-717, Sept./Oct. 2011.

MARTINS, K.C.; FREITA, C.M.; SILVA, A.F.; ROVIERO, J.P.; IRENE, M.C.; MUTTON, M.J.R.; **Clarification of sugarcane juice with flocculants for sugar production.** *Ciência & Tecnologia*. v.8. 2016.

MARTINS, N.G.S. **Os fosfatos na cana-de-açúcar.** 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MATSUOKA, S. **Relatório anual do programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar.** Araras, UFSCar, CCA, DBV, 2000.

MATTHYS, C. et. al. **Risk assessment of dietary acrylamide intake in Flemish adolescents.** *Food Chem. Toxicol.*, 43. 271-278. 2005.

MUNDIM, J. U. C. **Uso de Simulação de Eventos discretos para o dimensionamento de frota para colheita e transporte de cana-de-açúcar.** Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Logísticos, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MUTTON, M.J.R.; MISSIMA, J.O.D.; SILVANO, N, SANTO, R.F.P.; COSTA, G.H.G. **Qualidade tecnológica do melaço de cana-de-açúcar bisada.** In: *V Semana de Tecnologia do curso de Biocombustíveis – FATEC Jaboticabal*, 5., 2012. Resumos da v semana de tecnologia, Jaboticabal, FATEC, 2012.

MUTTON, M.J.R; MUTTON, M.A.; **Maturadores químicos em cana-de-açúcar: III – Efeitos na fermentação etanólica e microbiota do mosto.** 8º Congresso Nacional da Stab. Recife, p.452 – 7, 2002.

MUTTON, M.J.R; MUTTON, M.A; MADALENO, L.L; ROSSATO, J.A.S.J; GUIMARAES, E.R; RAVANELLI, G.C; FERRO, M.I.T, FERNANDES, O.A. **Estresses bióticos em cana-de-açúcar: reflexos quali-quantitativos na matéria-prima no processamento industrial.** Bioenergia, Desenvolvimento, Pesquisa e Inovação: Fronteiras. Editora Unesp. Cultura Acadêmica. 2012.

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 <<http://www.apta.sp.gov.br>> Acesso em: 01/11/2016.

NARENDRANATH, N.V; JACKES, K.A; LYONS, T.P; KELSALL, D.R.; **Bacterial contamination and control in ethanol production.** The alcohol Texbook. 4 ed. Nottingham University Press. P 287-298, 2003.

NOVA CANA. Disponível em : <https://www.novacana.com/usina/como-e-feito-processamento-cana-de-acucar/>. Acesso em 10/11/2016.

NOVA CANA. Disponível em : <https://www.novacana.com/n/cana/safra/sao-martinho-previsoes-safra-cana-2017-18-191216>. 2016.

NOVAES, F.V. **Processos Fermentativos**. Apud In: MUTTON, M.J.R; MUTTON, M.A. **Aguardente de cana: Produção de Qualidade**. Jaboticabal. Funep. P.37-65. 1992.

NTP. 2012. TR-575: **NTP Technical Report on the Toxicology and Carcinogenesis Studies of Acrylamide (CAS No. 79-06-1) in F344/N Rats and B6C3F1 Mice (Feed And Drinking Water Studies)**. Accessed online at: http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/LT_rpts/TR575_508.pdf. 2012.

OETTERER, M. **Mono e dissacarídeos - propriedades dos açúcares**. "Escola superior de agricultura "Luiz de Queiroz" departamento de agroindústria, alimentos e nutrição, 2016.

OKUDA, T; BAES, A.U; NISHIJIMA, W; OKADA, M; **Coagulation mechanism of salt solution extracted active component in *Moringa oleifera* seeds**. *Water Research*, v. 35, n.3,p. 830–834. 2011.

OLIVEIRA, D. T; ESQUIAVETO, M. M. M; SILVA JÚNIOR, J. F. **Impacto dos itens da especificação do açúcar na indústria alimentícia**. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 27(supl.): 99-102, ago. 2007

OMS – Organização Mundial da Saúde. **Consecuencias sanitarias de las presencia de acrilamida en los alimentos**. OMS. Genebra, 2002.

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de Alimentos**. Componentes dos Alimentos e Processos. Porto Alegre: Artmed, 2005.

ÖTLES, SEMIH; ÖTLES, SERKAN. **-Acrylamide in food. Chemical structure of acrylamide**. *Electron. J. Environ. Agr. Food Chem.*, 3, n° 5. ISSN 1579-4377. 2004.

PAYNE, J. H. **Operações Unitárias na Produção de Cana**. Nobel/STAB: Piracicaba, 1989.

PAYNE, J. H. **Operações Unitárias na Produção de Cana**. Nobel/STAB: Piracicaba, 1989.

PEREIRA, DF, ARAÚJO, NA, SANTOS, TM, SANTANA, CR, SILVA, GF, **Aproveitamento da torta da Moringa oleifera Lam para tratamento de água produzida**. *Exacta*, v. 9, n. 3, p. 323-331, 2011.

POUMAYE, N, MABINGUI, J, LUTGEN, P, BIGAN, M, **Contribution to the clarification of surface water from the Moringa oleifera: Case M'Poko River to Bangui**, Central African Republic. *Chemical Engineering Research and Design*, v.90, n.12, 2012.

RAÍZEN, Revista Raízen, ano 1, nº2, dezembro, 2011. Disponível em: https://www.raizen.com.br/download/.../revista_raizen_-_2.pdf

RAVANELI, G.C; GARCIA, D.B; MADALENO L.L; MUTTON, M.A; STUPIELLO J.P; MUTON, 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**. 2ed. Berlin:Bartens, 2012.

RIPOLI, T.C.; RIPOLI, M.L.; **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. 2 ed. Ed. dos autores: Piracicaba, 2011.

ROSSATO JUNIOR, J.A.S. **Diatraea saccharalis (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae) e Mahanarva fimbriolata (Stal) (Hemiptera: Cercopidae) em cana-de-açúcar: impacto na qualidade da matéria-prima, açúcar e etanol**. Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Entomologia Agrícola). 2012.
SANTOS,

SANTOS, F.A. **Análise de trilha dos principais constituintes orgânicos e inorgânicos sobre a cor do caldo em cultivares de cana-de-açúcar**. Dissertação apresentada á Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de Magister Scientiae.2008.

SCHWAN, R. F.; DIAS, D. R.; DIAS, R. W. de. Fermentação. In: CARDOSO, M das G. **Produção de aguardente de cana-de-açúcar**. 3. ed. Lavras: UFLA, p. 81-101, 2013.

SIMIONI, K. R.; SILVA, L. F. L. F.; BARBOSA, V.; RÉ, F.E.; BERNADINO, C. P.; SKILLSQUIMICA, disponível em :http://www.skillsquimica.com.br/material_dow http://www.skillsquimica.com.br/material_download/pdf4.pdf, 2016.

SNATURAL, Disponível em: 04/12/2016 <http://www.snatural.com.br/Produtos-quimicos-tratamento-agua-Floculantes.html,2106>.

SOARES, C.M.D. **Determinação dos teores de acrilamida em alimentos**. Dissertação de candidatura ao grau de Mestre, apresentada à Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto. 2006.

STEINDL, R.J, **Clarification of cane juice for fermentation**. Proc. Int. Soc. *Sugar Cane Technol.* Australia, v. 27, p. 1-10, 2010.

STUPIELLO, J.P. Alguns aspectos de qualidade da matéria-prima: Stab: açúcar, álcool e subprodutos. V.7, n.3,4 e 5. P. 542-44, 1989.

TAREKE, E., RYDBERG P., AND P. KARLSSON. **Analysis of Acrylamide, a Carcinogen Formed in Heated Foodstuffs**. Journal of Agricultural and Food Chemistry 50: 4998-5006. 2. 2002.

TOLEDO, J. C. **Gestão da qualidade na agroindústria**. In: BATALHA, M. O. (Orgs.). Gestão agroindustrial. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

UDOP – União dos Produtores de Bioenergia. Disponível em 17/06/2016. <http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=1123601>. 2016.

UDOP, Disponível em: 17/06/2016 Erro! A referência de hiperlink não é válida..

ULLAH, A; MARIUTTI R; MASOOD, R; CARUSO, I.P; COSTA, G.H; FREITA, C.M; MUTTON, M.J.R; **Crystal Structure of mature 2S albumin from moringa oleífera seeds**. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2015.

UNICA - União Canavieira do Estado de São Paulo. **Perspectivas para os mercados de açúcar e etanol.** 2016. [Online] <http://www.bmfbovespa.com.br/pt-br/download/Marcos_Jank-Painel4.pdf>. [10/02/2016].

VENTURINI FILHO, W.G.; BRUNELLI, L.T.; TONIATO, J, NOJIMOTO, T, NOVAES, F.V.; **Métodos simples para quantificar o metabolismo anaeróbio e aeróbio de leveduras alcoólicas.** *Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos*, Curitiba v.31, n. 2, p. 227-236, 2013.

VICKERS, J. E.; GROF, C. P. L.; BONNETT, G. D.; JACKSON, P. A.; KNIGHT, D. P.; ROBERTS, S. E.; ROBINSON, S. P.; **Overexpression of polyphenol oxidase in transgenic sugarcane results in darker juice and raw sugar.** *Crop Science*, Madison, v. 45, p. 354-362, 2005.

WALTHER, D. C.; KHAN, F.; WHITELAW, R. **Some factors affecting the concentration of silica in cane juice evaporators.** *Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association*, 72, p. 223-227. 1998.

YOUNG, E; LEE, S; ALPER, H. **Optimizing pentose utilization in yeast: the need for novel tools and approaches.** *Biotechnol. Biofuels*, v.3p.24-35, 2010.

YOKOYA, F. **Fabricação de Aguardente de cana.** Campinas: Fundação Tropical de Pesquisas e tecnologia “André Tosello”. 92 p. (Série Fermentações Industriais). 1995.