



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional - CTDR
Departamento de Tecnologia Sucrialcooleira-DTS



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE MELAÇO E MELADO

LUAN MAIA DE ARAÚJO

Junho
2017



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional - CTDR
Departamento de Tecnologia Sucroalcooleira–DTS



AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE MELAÇO E MELADO

LUAN MAIA DE ARAÚJO

Trabalho de Conclusão do Curso de Tecnologia em Produção Sucroalcooleira do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para a Graduação em Tecnologia em Produção Sucroalcooleira.

**Orientadora: Prof.^a Dra. Erika Adriana de
Santana Gomes**

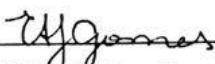
**Junho
2017**

LUAN MAIA DE ARAÚJO

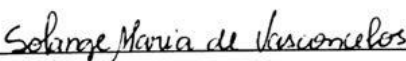
**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE MELAÇO
E MELADO**

TCC aprovado em 09/06/17 como requisito para a conclusão do curso
de Tecnologia em Produção Sucoalcooleira da Universidade Federal da
Paraíba.

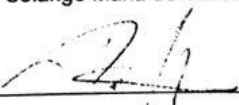
BANCA EXAMINADORA:



Prof.ª Dr.ª. Erika Adriana Santana Gomes - (UFPB –Orientadora)



Prof.ª Dr.ª. Solange Maria de Vasconcelos (UFPB – Membro Interno)



Prof. Dr. Pablo Teles Nogueira - (UFPB – Membro interno)

A663 Araújo, Luan Maia de.

Avaliação físico-química de melado e melado. [recurso eletrônico] / Luan Maia de Araújo. – 2017.

33 p.: il.: color. + CD.

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Orientador: Prof. Dra. Erika Adriana de Santana Gomes.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação - Tecnologia em Produção Sucoalcooleira) – CTRD/UFPB.

1. Melado. 2. Melado 3. Análise Físico-química. I. Erika Adriana de Santana Gomes II. Universidade Federal da Paraíba. III. Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional. IV. Título.

CDU: 664.157

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais e a minha orientadora por terem sido os principais responsáveis por essa conquista. O amor de vocês me deram forças pra continuar.

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora Erika Adriana de Santana Gomes, pela sua valiosa orientação, pelo seu incentivo, paciência e compreensão, não somente por ter me ensinado, mas por ter me feito aprender e crescer como pessoa, meu eterno agradecimento.

A minha mãe Coeli de Fatima Bezerra Maia meu pai Gildenor Andrade de Araújo e meus irmãos Dennys e Erick por sempre terem me apoiado e amado incondicionalmente.

A minha namorada Mariana Rocha por sempre estar ao meu lado e ter muito me apoiado e me dado carinho.

Meus agradecimentos aos amigos Tialyson, Ana Carolina, Maira e Sarah companheiros de trabalhos, considerado como irmãos pela ajuda que me deram, fazendo parte da minha formação eirão continuar presentes em minha vida.

Aos técnicos de Laboratório do Departamento de Tecnologia Sucroalcooleiro em especial a: Claudinha, Diego, Hebert e José Carlos por me ajudarem inúmeras vezes, contribuindo para a minha qualificação profissional.

A Usina Monte Alegre pela oportunidade de realização do Estágio Curricular e poder aplicar os conhecimentos teóricos obtidos durante minha graduação. Em especial, desejo apresentar meu agradecimento a Gerente Industrial Dra. Marlene, ao Químico Jailson, ao supervisor de processo Lenilson, ao encarregado Renildo a responsável pelo laboratório Zilmapor todos os ensinamentos e pela paciência em transmitir os seus conhecimentos sobre usina.

Aos colaboradores e amigos que fiz na usina pelo auxílio e dedicação durante a realização do estágio.

A todos os meus professores que me fizeram evoluir academicamente, profissionalmente e como ser humano.

Deus obrigado por ter colocado pessoas maravilhosas na minha vida, pessoas que muito me ajudaram e continuam ajudando a me tornar uma pessoa melhor a cada dia. Obrigado por me dar saúde e força e tudo que eu necessitei para chegar aqui.

RESUMO

O melaço é o subproduto da fabricação de açúcar em usinas já o melado é o produto da concentração do caldo de cana em engenhos, eles apresentam uma gama de aplicabilidade tais como: produção de álcool, alimentação humana, fonte de carbono para microrganismos, produção de ração animal entre outros. A quantidade e qualidade dos mesmos são influenciada pelas etapas do processo, qualidade da matéria-prima e a forma como o processo foi conduzido. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade físico-química de 8 amostras de melaço e melado, variando o processo produtivo, marcas e lotes. A caracterização foi feita por meio das análises de °Brix, polarização, pureza, açúcares redutores (A.R), açúcares redutores totais (A.R.T.), amido, acidez, cor lúmensa, % cinzas sulfatadas e % umidade. Os resultados obtidos mostraram que melaços e melados apresentaram variações das análises físico-química, principalmente em relação a forma de produção, observado pelo teor de AR e ART. Quanto as demais análises dos melaços e melado foram detectadas desconformidades quando comparado com a literatura e a legislação, respectivamente. Portanto, avaliando as análises de melaço foi detectado um baixo esgotamento e o melado foi constatado uma baixa inversão, fatores que podem ser otimizados com o acompanhamento efetivo das condições térmicas dos cozedores na usina e dos tachos na produção artesanal dos engenhos.

PALAVRAS-CHAVE: melado, melaço, análises físico-químicas, esgotamento, inversão.

ABSTRACT

Molasses can be a by-product of the manufacture of sugar in plants as a product of the concentration of the sugar cane juice at machine, he presents a range of applicability such as: production of alcohol, food, carbon source for micro-organisms, animal feed production among others. The quantity and quality of molasses is influenced by the steps of the process, quality of raw material and the way in which the process was conducted. The present study aimed to evaluate the physical and chemical quality of 8 samples of molasses, varying the production process, tags and lots. The characterization was done through analyses of ° Brix, polarization, purity, reducing sugars (S.R), total reducing sugars (SRT) , starch, acidity, colour, sulphated ash% and % moisture. The results showed that the molasses showed variations of the physical-chemical analysis, particularly in relation to production form, observed by the S.R. content and S.R.T. As the other reviews of the molasses from the plants and machines non-conformities were detected when compared with literature and law, respectively. Therefore, evaluating the analyses of molasses was detected a low breakdown for samples of the plant and a low inversion for samples of machines, factors that can be optimized with the effective monitoring of the thermal conditions of the vacuum pan and plant pots in the artisan production of the devices.

KEYWORDS: molasses machine, molasses power plant, quality physical chemistry, analysis, exhaustion.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resultados das análises físico-químicas de amostras de melaço de cana-de-açúcar de diferentes fabricantes.....	27
Tabela 2- Resultados do percentual de açúcar recuperável.....	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de cozimento em duas massa.....	16
Figura 2-Sistema de cozimento em três massas.....	17

Sumário

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Objetivo Geral	12
1.2	Objetivos Específicos.....	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	A cana de açúcar	14
2.2	Processo de Produção de Açúcar	14
2.3	Cozimento	15
2.4	Análises Físico-químicas de Melaço	17
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
4.1	Pol do melaço.....	22
4.2	Brix refratométrico.....	22
4.3	Pureza em sacarose.....	23
4.4	%Umidade	23
4.5	Açucares redutores (AR).....	23
4.6	Açucares Redutores totais (ART).....	24
4.7	%Amido	24
4.8	Acidez	25
4.9	Cor ICUMSA.....	25
4.10	Cinzas sulfatadas	25
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
6	CONCLUSÃO.....	31
7	REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

O melaço é um líquido viscoso obtido como resíduo da fabricação do açúcar cristal, refinação do açúcar bruto já o melaço é produzido artesanalmente. Dependendo da forma como é produzido, o melaço e melado possui diferentes teores de sacarose, quantidades significativas em: cálcio, ferro, magnésio, potássio e vitamina B6. No Brasil, o melaço constitui o principal subproduto da indústria do açúcar, sendo produzido na proporção de 40 a 60 quilos por tonelada de cana processada. Devido ao elevado teor de açúcares redutores totais e demais componentes, o melaço é utilizado, principalmente, na fabricação de álcool etílico, mas também são aplicados em processos biotecnológicos como matéria-prima para a produção de proteína e ração animal (MEZARROBA, 2010).

O melado ou mel de engenho é produzido a partir do caldo de cana-de-açúcar concentrado, com uma faixa de 65 e 74° Brix que são os sólidos insolúveis, entretanto, é necessário o acompanhamento da concentração para não ocorrer a formação dos cristais de sacarose, pois não é algo desejável para o melado. Para evitar a cristalização é necessário inverter a molécula de sacarose em frutose e glicose que são açúcares não cristalizáveis e essa inversão pode ser feita de forma espontânea, deixando o caldo descansar por aproximadamente 12 h antes de começar a concentrar ou adicionar ácido cítrico até atingir o pH entre 4,0 e 4,5 (CHAVES, 2008). A cristalização espontânea pode deixar sabor indesejável no melaço decorrente da ação de micro-organismos.

O melaço é resultante da produção de açúcar, na safra 2016-17 de acordo com dados da (CONAB) a produção foi de 39.962,8 mil toneladas de açúcar produzido no Brasil, entretanto, esse processo é mais complexo do que o melado, pois todas as etapas envolvidas (lavagem da cana, extração do caldo, tratamento e clarificação do caldo, evaporação, cozimento, cristalização e centrifugação) e a forma como são conduzidas alteram o teor de açúcares redutores totais no melaço e também afetam o rendimento dos cristais produzidos.

A produção de mel na última safra foi de 29,14 a 43,71 milhões de toneladas, sendo a produção de açúcar na proporção de 71,0 kg por tonelada

de cana processada, logo se toda a cana plantada no Brasil fosse utilizada para a produção de açúcar resultaria numa produção na faixa de 51,72 milhões de toneladas (NOVA CANA, 2017).

A caracterização físico-química do melaço permite avaliar as condições de processamento do caldo de cana durante a produção de açúcar, onde o teor de sacarose removido do caldo e o residual no mel final indica o potencial de esgotamento ocorrido no processo. Fatores como a qualidade da matéria-prima, tratamento do caldo deficiente e a falta de controle dos parâmetros de temperatura e pressão durante a formação dos cristais, dentro dos cozedores, favorecem a irregularidade dos cristais bem como pode reduzir o rendimento.

Visto a complexidade da produção do açúcar, devido as diversas operações envolvidas e a interferência da matéria prima o produto final e os subprodutos, apresentam características variáveis. A identificação físico-química dos melaços quanto ao % AR (açúcares redutores) e %ART (açúcares redutores totais), possibilitará utilizá-lo de forma otimizada como fonte de carbono na produção da celulose bacteriana, enzimas e nos processos biotecnológicos em geral.

1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo principal avaliar os parâmetros físico-químicos de tipos e lotes de melaços e melado, os quais são destinados ao uso doméstico e industrial.

1.2 Objetivos Específicos

- Realizar análises físico-químicas (°Brix, polarização, pureza, açúcares redutores (AR), açúcares redutores totais (ART), acidez, amido, %cinzas sulfatadas e %umidade) as quais caracterizam qualitativamente os açúcares avaliados;
- Avaliar as diferenças entre os melaços e melado de acordo com os resultados obtidos.
- Propor possíveis melhorias na produção.

- Identificar as características **que podem favorecer** a aplicação em processos biotecnológicos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A cana de açúcar

O Brasil é um dos maiores produtores de cana-de-açúcar no mundo. A cultura é a maior em toneladas produzidas. De acordo com dados do IBGE 2016 durante a safra 2016 foi produzido cerca de 728,5 milhões de toneladas numa área plantada de aproximadamente 9,6 milhões de hectares.

Em 1887 o pesquisador *Soltweld* realizou o primeiro cruzamento entre as espécies de canas conhecidas com o intuito de produzir canas mais adaptáveis e com maiores rendimentos. Seguindo a mesma ideia anos mais tarde o engenheiro agrônomo José Vizioli foi nomeado para criar a primeira estação experimental localizada na cidade de Piracicaba; seus primeiros desafios foram controlar doenças como o mosaico da cana e o carvão da cana. Atualmente o maior programa experimental de melhoramento genético do Brasil é o RIDESA (Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético) onde um estudo das variedades de cana realizado pela UFSCar, a partir 138 usinas dos estados de São Paulo e do Mato Grosso do Sul mostraram que 65% da cana plantada, são canas da RIDESA. Esses programas sempre buscam novos desafios quanto a otimização da matéria-prima (teor de açúcar no caldo, teor de fibras, conhecimento de novas doenças, resistência a pragas etc.) (CESNIK, 2007).

2.2 Processo de Produção de Açúcar

A sacarose é a matéria prima do açúcar de mesa, ela é um carboidrato formado a partir de dois monossacarídeos, composta por frutose e glicose encontradas principalmente na cana-de-açúcar e na beterraba. Possui fórmula molecular $C_{12}H_{22}O_{11}$. Na produção de açúcar o seu esgotamento deve ser o máximo para evitar perdas, essas perdas podem ser observadas no residual de sacarose do mel final e na torta do filtro que são subprodutos da produção de açúcar (ALBUQUERQUE, 2011).

O processo de fabricação de açúcar ocorre basicamente por: lavagem da cana, moagem, tratamento do caldo adequado, reduzindo a quantidade de

impurezas no processo, concentração em evaporadores até aproximadamente 65 °Brix, formação dos cristais em cozedores, resfriamento para complementar a cristalização, centrifugação para separar os cristais de açúcar do mel, secagem e empacotamento. (REIN,2013)

Na etapa de centrifugação são produzidos os méis A, B , melaço, magma e açúcar onde os méis A e B e o magma são utilizados na etapa de cozimento para a produção de açúcar e o melaço ou mel final é enviado para a produção de etanol ou utilizado como suplemento em ração animal. Para ser utilizado na etapa de fermentação o melaço precisa ser diluído para permitir o aproveitamento dos açúcares pelos micro-organismos. Devido ao volume de mel gerado ser maior do que a capacidade das destilarias, uma quantidade considerável é armazenado, sendo considerado, como subproduto. (HUGOT,1969)

2.3 Cozimento

O cozimento é a operação unitária que visa o máximo esgotamento do xarope vindo da evaporação. Usualmente esse processo é realizado em cozedores a vácuo de batelada. Para a máxima recuperação esse processo não é realizado em um único estágio sendo normalmente em dois ou três estágios. É indicado a utilização do sistemas de duas massas só para xaropes de baixas purezas ($P_z < 82$), pois com isso se tem um menor consumo de vapor para valores aceitáveis de esgotamento (REIN,2013).

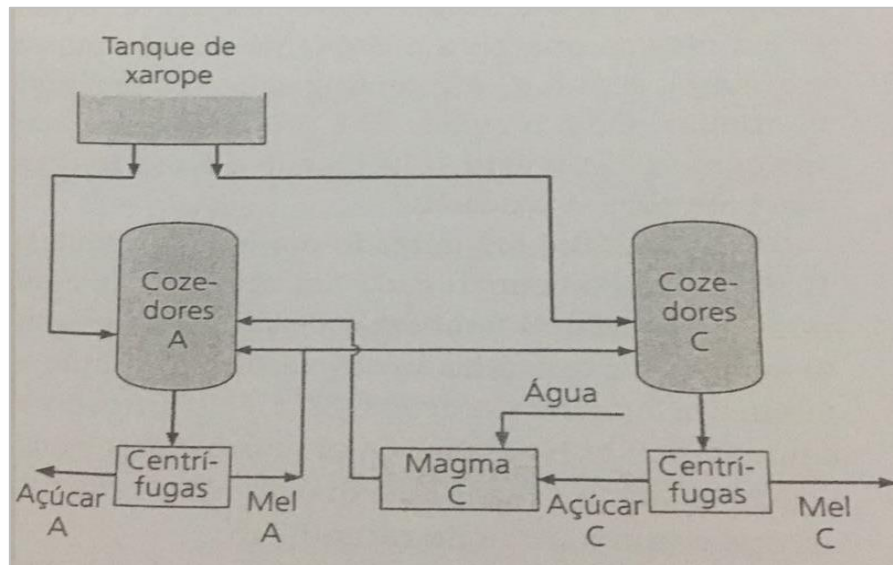
A principal vantagem do sistema de duas massas (Figura 1) é a simplicidade do processo em comparação dos sistemas de três massas, entretanto, a capacidade de esgotamento é menor.

O processo de duas massa acontece de modo que o cozimento C é alimentada por uma mistura do mel proveniente do cozimento A e xarope, produzindo o mel final e o açúcar C, esse por sua vez é misturado com água para se produzir o magma que serve de semente (cristais base) para o crescimento dos cristais de açúcar A.

O cozimento A é alimentado por uma mistura entre xarope, magma e mel A e essa mistura deve chegar a um grau de pureza entre 80-82%,para que seja conseguido um máximo esgotamento num sistema de duas massas.

Nocozimento A é produzido o açúcar A e o mel A. No sistema de duas massas o esperado é a produção de um mel final com uma pureza de 35%(REIN,2013).

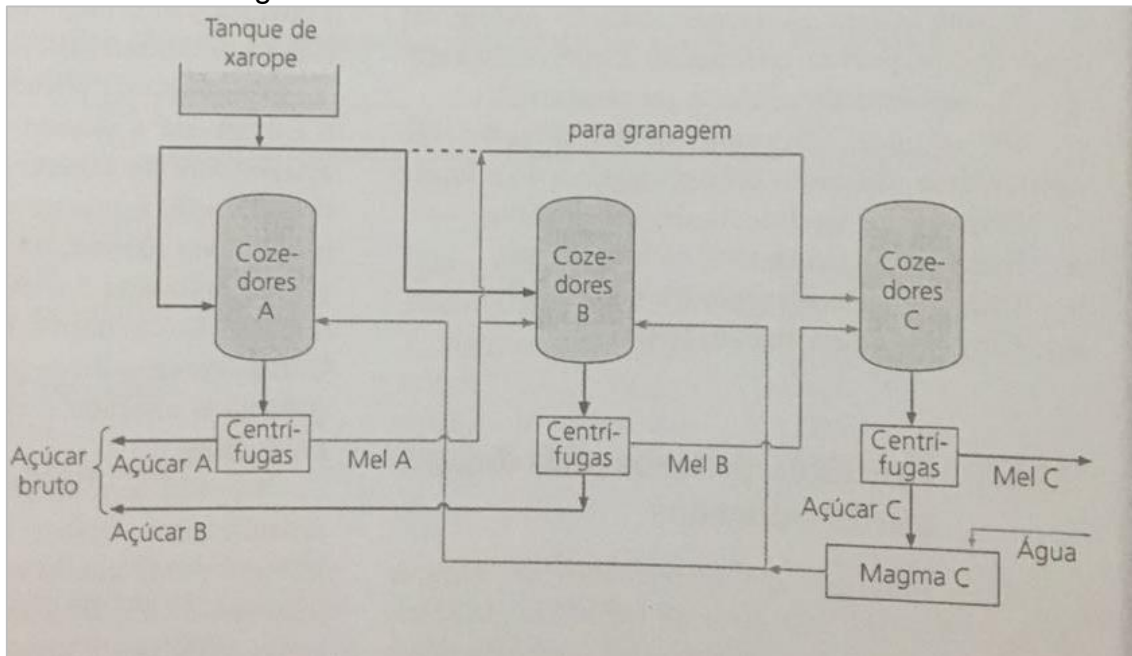
Figura 1 – Sistema de cozimento em duas massa.



Fonte:REIN,2013.

A Figura 2 ilustra um sistema de três massas onde a principal vantagem em comparação com o de duas é o esgotamento das massas com purezas maiores, logo uma maior produção de açúcar. O processo de três massa acontece de modo que o cozimento C é alimentado por uma mistura entre mel A,B e xarope com uma pureza entre 60-70°Brix, produzindo o mel final e o açúcar C, que é misturado com água para se produzir o magma que serve de semente para o crescimento dos cristais de açúcar A e B. O sistema de cozimento em 3 massas é indicado para méis de pureza acima de 82°Z, pois consegue um maior esgotamento consequentemente uma maior produção de açúcar visto que tanto o açúcar A quanto o açúcar B são comercializáveis(REIN,2013).

Figura 2-Sistema de cozimento em três massas.



Fonte:REIN,2013.

2.4 Análises Físico-químicas de Melaço

Na fabricação de açúcar e álcool todos os processos são importantes para a qualidade do produto final. Dentre eles se destaca o laboratório de controle de qualidade, que dentre outras atividades tem como objetivo: avaliar a qualidade da matéria prima, monitorar os processos produtivos através das análises de produtos intermediários e subprodutos, quantificar as perdas de processo, avaliar as qualidades dos produtos finais (CALDAS,2005).

Para uma boa confiabilidade nos resultados das análises é necessário: um sistema de amostragem que esteja em harmonia com a capacidade do laboratório edo processo. É necessário uma estrutura física compatível com as atividades do laboratório, assim como um *layout* adequado e funcional, ou seja, equipamentos confiáveis; analistas competentes e perfeitamente treinados (CALDAS,2005).

A análises realizadas no laboratório são importantes para o processo, pois a produção está diretamente ligada aos valores liberados pelos mesmos,

portanto, é necessário o investimento em equipamentos adequados e na qualificação dos analistas no intuito de agilizar e obter resultados cada vez menos influenciados por possíveis falhas analíticas (CALDAS,2005).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Atualmente a cana-de-açúcar representa de 65 até 70 % do custo final do açúcar e do álcool, o preço de compra está regularizado de acordo com a lei Nº4.870 de dezembro de 1965. A mesma fixa a média de preço de acordo com as taxas de sacarose na cana e pureza do caldo de acordo com valores fornecidos no último triênio, podendo o preço aumentar ou diminuir, dependendo da qualidade da cana fornecida. Outro ponto importante, regulamentado por lei é que a cana deve ser entregue no máximo 48 horas posterior ao corte (ALBUQUERQUE,2011).

Os processo de cozimento e cristalização do mel visam a maior recuperação possível da sacarose na massa cozida, visando maior produção de açúcar, redução de custos e racionalização da energia. Na prática o esgotamento do mel depende da máxima evaporação da massa cozida nos cozedores, chegando a concentrações entre 93 a 95 °Brix. O resfriamento das massas nos cristalizadores ocorre no intuito de cristalizar a sacarose que ainda permanece em solução e é recuperável, sendo necessário reaquecer a massa até a temperatura de saturação para diminuir a viscosidade e separar por centrifugação os cristais de açúcar do mel final(ALBUQUERQUE,2011).

Para a análise do esgotamento do mel final existem diversas formulas na literatura, onde as mais aceitassão: o cálculo da recuperação do açúcar, considerando as purezas do açúcar “ P_S ”, do xarope” P_J ”e do mel final” P_M ”(Equação 1), e a relação dos açucares redutores com o teor de cinzas presentes no mel final, indicando que quanto maior essa relação maior o esgotamento do mel(REIN,2013).

$$\text{Açúcar recuperado} = \frac{100 \times P_S \times (P_J - P_M)}{P_J \times (P_S - P_M)} \text{Equação(1)}$$

Pinho *et al*, em 2015 caracterizou o melaço produzido no Pará quanto ao: pH, condutividade elétrica, acidez, teor de voláteis, umidade e cinzas com a finalidade de comparar qualitativamente com a legislação alimentar vigente. Foi possível constatar que os produtos analisados apresentaram-se dentro dos padrões exigidos: pH = 4,69 a literatura de Silva *et al.*, (2003) recomenda pH = 4,7; condutividade elétrica 0,67 mS/cm a qual depende de ácidos orgânicos e dos sais minerais (Alves *et al.*, 2005); valor médio da acidez 54,40 meq/kg,

estando acima do valor estabelecido pela legislação que permite acidez máxima de 10% (ANVISA, 1978); o teor de voláteis ou umidade variou entre 14,65 e 25,87%, com média igual a 20,24%, estando dentro da faixa estabelecida pela legislação para o melado, que permite um máximo de 25% (ANVISA, 1978). Entretanto, comparando o teor de umidade com a Composição Brasileira dos Alimentos o valor determinado está abaixo do valor especificado nas análises realizadas, os quais apresentam teor de 22,10% (Taco, 2006). O teor de cinzas variou entre 1,93 e 5,75%, com média de 3,49%, estando dentro do estabelecido pela legislação para o melado que permite o máximo de 6% (ANVISA, 1978).

Vários estudos estão sendo realizados, aplicando o melaço em diversos processos biotecnológicos, sendo utilizado como nutriente de micro-organismos para a produção de enzimas, películas de polissacarídeos empregadas desde a reconstrução da pele humana, produção de compósitos e até o uso como embalagem de alimentos, viabilizando dessa forma a produção em grande escala.(melaços brasileiros,2017)

A celulose bacteriana se difere da celulose vegetal, principalmente devido as características das fibras nanométricas, contra o caráter micrométrico da vegetal. São excretadas através da parede celular, com estrutura macroscópica mecanicamente e fisicamente mais resistentes, abrindo grandes oportunidades de aplicações tecnológicas e biológicas, muito além das obtidas pela celulose vegetal (Doniniet al. 2010).

Tyagi e suresh, (2015) avaliaram a produção da enzima celulase, utilizando como fonte de carbono para os microrganismos o melaço da cana-de-açúcar hidrolisado e acidificado na proporção de 1:4 (melaço:H₂SO₄) sob aquecimento. Foi verificado que o meio acidificado e aquecido apresentou melhores resultados com relação à produção da enzima.Foi verificada a preferência da frutose como nutriente para os micro-organismos.

ROSSMANN, (2008) avaliou a otimização da produção de biossurfactantes, utilizando o melaço da cana e a manipueira (líquido residual da produção da farinha de mandioca) como fonte de carbono. A utilização de substratos agroindustriais tem sido uma alternativa para estimular e viabilizar a produção de enzimas por micro-organismos, reduzindo os custos com os insumos dos meios de cultura. Nesse estudo, o surfactante produzido por uma

das culturas testadas formou emulsões estáveis com o querosene em diferentes condições de salinidade, temperatura e pH comumente encontrados na área ambiental.

Gonçalves *et al.*, (2006), estudou a produção de carvão aditivado utilizando o bagaço de cana acrescido em diferentes proporções de melaço, visando otimizar a agregação das partículas. A caracterização dos carvões ativados foi realizada pela análise de isothermas de adsorção física de nitrogênio gasoso (N₂). Os carvões ativados preparados com pequena adição de melaço apresentaram-se tão eficientes na descoloração de líquidos quanto um carvão ativado comercial, utilizado como referência, demonstrando aplicabilidades variadas desse subproduto.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A caracterização dos melaços foi realizada, utilizando as metodologias das análises físico-químicas da área sucroalcooleira (Pol, °Brix, Pureza em Sacarose, açúcares redutores (AR), açúcares redutores totais (ART), %umidade, %amido, acidez, cinzas sulfatadas e cor ICUMSA)(CALDAS, 2005).

As análises foram realizada no laboratório da usina Monte Alegre, em triplicata para melhor representação dos dados obtidos.

As amostras de melado foram adquiridas no comércio local e as amostras de melaço foram obtidas aleatoriamente.

Os méis analisados foram codificados em: E1, E2, U0, U1, U2, U3, U4 e U5 onde os méis E1 e E2 são artesanais e os demais são provenientes da produção de açúcar em usinas. Os méis U1 e U2 são de mesma procedência, contudo de lotes distintos e o mesmo ocorre com as amostras U3 e U4.

4.1 Pol do melaço

A Pol representa o teor sacarose aparente existente no melaço. Para a realização dessas análises foram utilizados 100,0 g de amostra e 400,0 g de água destilada. Pesaram-se 26,000 g da amostra e dissolveu-se com 100,0 mL de água destilada. Em seguida foram adicionado 8,0 g de Octapol (clarificante) e agitou-se até completa homogeneização. Filtrou-se, em papel de filtro quantitativo, desprezando-se os primeiros 10,0 ml da amostra e coletando o restante para realizar a leitura sacarimétrica no Sacarímetro *Bellingham Stanley*. O resultado da Pol foi obtido através da Equação 2:

$$\%Pol_{melaço} = Pol_{leitura} \times 5 \quad (2)$$

4.2 Brix refratométrico

Para a determinação do °Brix do melaço o qual representa a porcentagem aparente de sólidos dissolvidos em solução açucarada, pesaram-se 100,0 g da amostra de melaço, adicionaram-se 400,0 g de água destilada, em seguida a solução foi homogeneizada e realizou-se a leitura no

Refratômetro *Bellingham Stanley-RFM 712*. O °Brix foi calculado aplicando-se a Equação (3).

$$^{\circ}Brix_{melaço} = ^{\circ}Brix_{leitura} \cdot 5 \quad (3)$$

4.3 Pureza em sacarose

A pureza em sacarose nas amostras de melaço foi determinada, utilizando a Equação (4).

$$Pureza = \left(\frac{Pol_{MELAÇO}}{^{\circ}BRIX_{MELAÇO}} \right) \times 100 \quad (4)$$

4.4 %Umidade

A umidade das amostras foi medida em base úmida, aplicando-se a Equação (5), após a secagem das amostras em estufa a 105°C até alcançar massa constante.

$$Umidade = \left(\frac{m_{inicial} - m_{seco}}{m_{inicial}} \right) \times 100 \quad (5)$$

4.5 Açúcares redutores (AR)

A quantificação dos açúcares redutores (sacarose e glicose) foi realizada, utilizando 4,0 g de melaço, diluído em 100,0 mL de água e em seguida a solução foi homogeneizada e denominada como amostra. Na sequência, foi transferido para um balão de 500,0 mL e completado com água destilada. Realizou-se a titulação em condensador Redutec da amostra (solução), em ebulição, com azul de metileno 1%, acrescentado de: 5,0 ml de solução Fehling A, 5ml de solução Fehling B e 25,0 ml de água destilada até a mistura atingir uma coloração “vermelho tijolo”. O volume da amostra gasto na titulação foi anotado e o valor % de AR, foi calculado, utilizando a Equação (6).

$$\%AR = \frac{625}{Volume_{gasto}} \quad (6)$$

4.6 Açúcares Redutores totais(ART)

A determinação dos açúcares redutores totais dos melaços foram realizadas, utilizando-se 2,0 g de melaço diluído em 100,0 mL de água destilada. Em seguida a solução foi homogeneizada e denominada como amostra (solução). A amostra foi transferida para um balão de 500,0 mL e completada com água destilada. Posteriormente, foi transferida para um béquer, o qual foi aquecido em banho-maria a 70 °C por 10 minutos. Adicionou-se 10,0 mL de uma solução de ácido clorídrico 1:1, e após esfriar, foram adicionadas 3 gotas de fenolftaleína e neutralizado com solução de NaOH a 26% (m/v) até surgimento da coloração avermelhada. A titulação da amostra em ebulição adicionada de: azul de metileno 1%, 5,0 ml de solução Fehling A, 5ml de solução Fehling B e 25,0 mL de água destilada em condensador Redutec até a mistura atingir uma coloração “vermelho tijolo”. O volume gasto na titulação foi anotado e o valor % de ART foi calculado, utilizando a Equação (7).

$$ART = \frac{1250}{Volume_{gasto}} \quad (7)$$

4.7%Amido

O teor de amido nas amostras de melaço, foi realizada diluindo-se 50,0 mL do melaço em 50,0 mL de água destilada. Em seguida adicionaram-se 10,0 mL dessa solução para uma proveta graduada de 100,0 mL e adicionar 10,0 mL de ácido clorídrico (1:1), completando o volume com álcool etílico anidro até 60,0 mL. Agitase vigorosamente a solução a qual foi mantida em repouso por 20 minutos. Após os 20 minutos, anotou-se o volume de material decantado. O teor de amido, foi calculado utilizando-se a equação (8).

$$\%Amido = Volume_{decantado} \times 3,33 \quad (8)$$

4.8 Acidez

Utilizaram-se 10,0 mL de melão e foram diluídos em 100,0 mL de água destilada, e filtrados com algodão. Utilizaram-se 10,0 mL dessa amostra com 3 gotas de fenolftaleína e titulou-se com solução de NaOH 0,1% N até a virada de cor. Foi anotado o volume gasto. E a acidez foi quantificada, utilizando a Equação (9).

$$Acidez = Volume_{gasto} \times 0,49 \quad (9)$$

4.9 Cor ICUMSA

A leitura da cor ICUMSA foi determinada, utilizando uma diluição do melão 1:6 (m/m) em água destilada. Em seguida mediu-se o °Brix no refratômetro e determinou-se a massa para a análise de cor (Equação 10).

$$m = \frac{100}{^{\circ}Brix_{cor}}(10)$$

Mediu-se a nova amostra no valor da massa calculada e completou-se para 100,0 g com água destilada, homogeneizando-a. A amostra foi Pré-filtrada com membrana de vidro e em seguida filtrada à vácuo com membrana de 0,45µm. Foi corrigido o pH até 7,0 com solução de NaOH ou HCl (5% - v/v). Realizou-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro (FEMTO CIRRUS 60SA). O valor obtido foi relacionado com a Equação (11).

$$Cor_{ICUMSA} = Absorbancia * 1000/0,01002 \quad (11)$$

4.10 Cinzas sulfatadas

Pesaram-se 5,0 g de amostra num cadinho de porcelana, o qual deverá ter sido previamente incinerado, esfriado e tarado. Depois o conjunto foi aquecido com ácido sulfúrico e incinerado numa mufla, inicialmente a temperatura mais baixa e depois a 500 – 600° C. Quando a cinza estiver

pronta, isto é, não restar nenhum resíduo preto de matéria orgânica, o conjunto é retirado da mufla, colocado num dessecador para resfriar e seguido pela pesagem até atingir a temperatura ambiente. A diferença entre o peso do conjunto e o peso do cadinho vazio representa a quantidade de cinzas na amostra.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios dos resultados obtidos para as 8 amostras de melaço e melado analisados com relação aos parâmetros físico-químicos estão apresentados na Tabela 1 (VILELA, 2016). Os valores obtidos para os melaços serão comparados com a Melaços Brasil, 2017, e os melados de acordo com Vilela, 2016 e os limites mínimo e máximo da legislação ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária).

Tabela 1- Resultados das análises físico-químicas de amostras de melaço de cana-de-açúcar de diferentes fabricantes.

Melaços e melados	°BRIX	POL (°Z)	Pz (%)	AR (%)	ART (%)
E1	80,0	34,8	43,50	35,1	77,2
E2	80,5	43,7	54,30	29,8	83,3
U0	76,5	38,2	49,87	17,2	61,3
U1	67,0	48,8	72,80	12,9	62,8
U2	68,5	47,4	69,20	8,7	58,7
U3	76,5	39,0	50,98	16,9	59,0
U4	77,3	39,9	51,53	17,9	58,4
U5	75,0	45,0	60,00	12,8	60,1
Melaços Brasil	82,9	39,4	48,19	13,0	59,2
Vilela, 2016	73 -83,1	-	-	26-59	-
ANVISA	65-74	-	-	≥50	-

Melaços e melados	Acidez (%)	Amido (%)	Cor ICUMSA (U.I)	%umidade (b.u.)	%cinzas
E1	2,45	6,66	21.500,00	23,9	0,83
E2	3,33	4,99	24.400,00	19,1	3,01
U0	2,35	9,99	99.800,00	24,1	4,37
U1	4,90	8,32	122,420,00	36,2	5,30
U2	1,23	16,65	99.900,00	27,0	7,36
U3	1,96	9,99	112.820,00	15,4	7,30
U4	3,19	9,99	47.405,00	15,8	8,70
U5	2,94	3,33	88.233,00	25,6	5,50
Melaço brasil	1,30	-	73.852,00	18,4	9,80
Vilela	2,18-11,04	-	-	10-23,6	0,23-1,6
ANVISA	<10	-	-	< 25	<6

Fonte: Autor, 2017.

Avaliando os dados E1 e E2 da Tabela 1, referentes aos melados pode-se observar que o °Brix, apresentaram valores próximos, provavelmente devido à similaridade da técnica de produção dos melaços artesanais onde não ocorre a cristalização da sacarose e sim a inversão do caldo para evitar a cristalização do mel, ocorrendo a concentração do caldo até 65 – 74°Brix. Nas mesmas amostras pode-se observar que ambas apresentaram uma baixa inversão da sacarose, causando a presença de cristais, que poderia ser evitado com a acidificação, visto que os resultados do grau de acidez estão abaixo do regulamentado pela (ANVISA,1978).

A pureza representa a relação ente o teor de sacarose (Pol) e de sólidos totais (°Brix), portanto, pode-se verificar que os melaços apresentaram boa recuperação de sacarose, confirmado pelos teores reduzidos dos açúcares redutores e redutores totais de AR e ART, respectivamente.

A pureza dos méis finais (U0, U1, U2, U3, U4 e U5), são resultantes de processos de cozimento com sistema de duas massa que é o mais comum no Nordeste e os seus esgotamentos não estão de acordo com a literatura (35 - 41%) (HUGOT, 1969). Isso ocorre em razão da qualidade da matéria-prima utilizada a qual disponibiliza um caldo de baixa pureza, produzindo maior quantidade de melaço com elevada pureza, ou seja, contendo a sacarose que não foi recuperada no cozimento e cristalização.

Segundo (PAYNE,1989) um caldo com 80% de pureza produzirá 2,4 vezes mais melaço que um caldo com 90% de pureza, além de que o tempo do esgotamento é maior para caldo de baixas purzas, os quais são oriundos de matérias-primas armazenadas por mais de 48 horas, onde ocorre a inversão da sacarose. Portanto, a logística do processamento da cana deve buscar reduzir o tempo entre o corte da cana e o processamento.

Outro fator que pode influenciar a pureza elevada do melaço são falhas de processo que justificam a pureza dos melaços U1 e U2, pois são oriundos de usinas da mesma região e a qualidade da cana é similar. As falhas operacionais mais comuns são: aumento do tempo da lavagem nas centrífugas com a finalidade de diminuir a cor do produto final. Entretanto, causa a diluição dos cristais formados e o aumento da pureza do mel; os baixos tempos de cozimento e adição de semente sem granulometria definida, dificultam a transferência da sacarose para as sementes, produzindo cristais sem

uniformidade e a falta de controle termodinâmico nos cozedores, devido à falta de automação o que causa a inversão da sacarose.

A cor elevada dos melaços proveniente das usinas pode estar relacionada ao aquecimento excessivo realizado durante o esgotamento. Isso é decorrente da falta de automação no processo de cozimento, o que pode interferir na qualidade do produto final, devido ao aparecimento de resíduos orgânicos decorrentes da reação de *Maillard*. Quanto a cor do melado o aquecimento ocorre até a concentração do °Brix (73 - 83,1), sendo cessado em seguida, resultando em menor tempo de aquecimento e coloração.

As umidades dos produtos avaliados encontram-se dentro dos padrões exigido na literatura, ou seja abaixo de 25% (ANVISA,1987) exceto os méis U1 e U2 que pode estar relacionado ao tempo de lavagem excessivo da massa cristalizada na centrifuga.

Quanto as análises de cinzas as amostras U2, U3 e U4 estão fora das especificações, segundo a Anvisa, 1987. Ressalta-se os baixos valores determinados para as amostras de melado E1 e E2, provavelmente devido a quantidade reduzida de solução de hidróxido de cálcio utilizada no tratamento do caldo. As cinzas geralmente representam o teor de cloreto de potássio e quanto maior o percentual maior será a solubilidade da sacarose no meio, produzindo um mel esgotado com pureza elevada, portanto, o percentual de cinzas é influenciado tanto pela matéria prima quanto pelo tratamento do caldo (Gomes et al,2016).

O teor de amido obtido nas análises de melaço variaram de 3,33 a 16,65%, estando esses valores relacionados principalmente com a qualidade da matéria-prima utilizada.

O amido e a dextrana são polissacarídeos presentes no caldo. Entretanto, a dextrana é decorrente da degradação enzimática da sacarose e polimerização da glicose onde a frutose permanece na solução, podendo ser determinada analiticamente. O amido está presente no caule e nas folhas da cana, onde a presença de ambos dificulta a recuperação da sacarose no processo. Ou seja, pode-se constatar que a recuperação poderá ser otimizada com o controle do teor de degradação enzimática, reduzindo o tempo de estocagem pós-colheita e acompanhando as variedades utilizadas, pois as canas com menor teor de fibras são mais propensas a ataques microbiológicos.

Os ácidos orgânicos, como o ácido cítrico presentes nos melaços e melados avaliados, influenciam o sabor, odor, cor, estabilidade e a manutenção de qualidade. Produtos mais ácidos são naturalmente mais estáveis quanto à deterioração, uma vez que a acidez elevada reduz o risco de desenvolvimento de micro-organismos. Portanto, o melado é menos propenso a contaminações microbiológicas, devido aos baixos índices de acidez apresentados sendo os mais indicados para aplicações em processos biotecnológicos.

A qualidade da cana-de-açúcar engloba características físico-químicas e microbiológicas que podem afetar, significativamente, a recuperação do açúcar.

Os valores percentuais de açúcar recuperáveis foram calculados aplicando-se a equação 1, considerando a pureza do açúcar e do xarope como sendo 99,7% e 84,0%, os quais são valores aproximados aos encontrados na região de onde foram coletados os méis e a relação entre açúcares redutores/cinzas sulfatadas dos melaços, os quais estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2- Resultados do percentual de açúcar recuperável

Melaços	Açúcar recuperáveis (%)
U0	81,30
U1	49,52
U2	57,60
U3	80,44
U4	80,01
U6	71,75
Rein, 2013	83,5-86,1

Fonte: Autor, 2017.

Avaliando os resultados da Tabela 2 pode-se observar que os méis analisados se encontram com baixa recuperação, principalmente os melaços U1 e U2, possivelmente por falhas de produção como: excesso de moagem o qual exige que o processo produtivo seja acelerado, reduzindo o tempo de esgotamento da sacarose nos cozedores e cristalizadores, diminuindo a quantidade de açúcares recuperáveis, gerando um mel final rico em açúcares redutores totais.

6 CONCLUSÃO

As amostras E1 e E2 que são de melado e de acordo com as análises realizadas estarem de acordo com a literatura estão fora das especificações exigidas pela ANVISA, para os parâmetros de °Brix e %AR.

As amostras U1, U2 se encontram fora das especificações para °Brix, Pureza e cinzas onde os resultados de pureza mostraram um baixo esgotamento e conseqüentemente redução na produção de açúcar e um melado rico em açúcares redutores e na sacarose que não foi cristalizada.

A caracterização físico-química dos melados apresentaram variabilidade devido as condições de processamento e as características das matérias-primas utilizadas, podendo ser minimizadas com a otimização do acompanhamento do processo produtivo.

A caracterização físico-química dos melados permitiu avaliar: fatores críticos do funcionamento do processo produtivo de açúcar, quantificar a recuperação de açúcar das usinas, além de viabilizar a aplicação do melado, subproduto da indústria sucroalcooleira, como fonte de carbono para processos biotecnológicos, através da identificação dos teores dos açúcares redutores disponíveis.

É necessário a avaliação analítica por cromatografia líquida dos melados, associada a caracterização físico-química para possibilitar a quantificação dos açúcares redutores (glicose e frutose), pois alguns estudos indicam a preferência dos micro-organismos pela glicose como fonte de carbono.

7 REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, F. M. Processo de Fabricação do Açúcar. Recife: Editora Universitária/UFPE, 2011.
- ALVES, R. M. O. et al., Características físico-químicas de amostras de mel de Meliponamandacaia Smith (Hymenoptera: Apidae). Cienc. Tecnol. Aliment. v 25, nº4. Campinas out./dez.. 2005.
- ANVISA, Resolução – Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (CNNPA), nº 12, de 30 de março de 1978. Aprova normas técnicas especiais relativas a alimentos e bebidas em todo o território brasileiro. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/12_78_melaco.htm, acesso em 07/06/2017.
- CALDAS, Celso. Novo Manual para Laboratórios Sucroalcooleiros, Piracicaba.STAB - Sociedade dos técnicos açucareiros e alcooleiros do Brasil, 2012.
- CALDAS, Celso. Teoria básica das análises sucroalcooleira /Celso Caldas-Maceió: Central analítica,2005.
- CESNIK, Roberto. Melhoramento da cana-de-açúcar: marco Sucroalcooleiro no Brasil. 2007.
- CHAVES, José Benício Paes. Como Produzir Rapadura, Melado e Açúcar Mascavo. Viçosa, Minas Gerais. Centro de Produções Técnicas, 2008.
- CONAB, Acomp. safra bras. cana, v. 3 - Safra 2016/17, n. 2 - Segundo levantamento, Brasília, p. 1-72, agosto 2016.
- DONINI, Í. A. N. et al. ECLÉTICA, 2010.
- GOMES, Erika Adriana de Santana; VASCONCELOS, Solange Maria; ARAÚJO, Luan Maia; AZÊVEDO, Maira Raely de Lira.Characterização do melaço de cana-de-açúcar para aproveitamento como nutriente de microrganismos produtores de celulase. X Nacional da STAB, Ribeirão Preto – SP, 2016.
- GONÇALVES, G. C., MENDES, E. S., PEREIRA, N. C. e SOUSA, J. C.. Produção de carvão ativado a partir de bagaço e melaço de cana-de-açúcar. Acta Sci. Technol. Maringá, v. 28, n. 1, p. 21-27, Jan./Jun, 2006.
- HUGOT, E. Manual da engenharia açucareira. São Paulo: Mestre Jou, 1977.

Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). Métodos físico-químicos para análise de alimentos/coordenadores Odair Zenebon, NeusSadoccoPascuet e Paulo Tiglea -- São Paulo:Instituto Adolfo Lutz, 2008.

JORNAL DA BIOENEGIA.RIDESA liberará 16 novas variedades de cana-de-açúcar no próximo dia 25 de novembro. Disponível em: <http://www.canalbioenergia.com.br/ridesa-liberara-16-novas-variedades-de-cana-de-acucar-no-proximo-dia-25-de-novembro/>. Acessado em :07/06/2017

MEZAROBA, S.; MENEGUETTI, C. C. GROFF, A. M. Processos de produção do açúcar de cana e os possíveis reaproveitamentos dos subprodutos e resíduos resultantes do sistema. In: Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial. VII, 2010. Campo Mourão-PR, novembro de 2010.

Melaços Brasileiros. Especificação técnica do melaço de cana líquido. Disponível em: <http://melacos.com.br/especificacoes-tecnicas>. Acessado em :07/06/2017.

A produção de cana-de-açúcar no Brasil (e no mundo). Disponível em:<https://www.novacana.com/cana/producao-cana-de-acucar-brasil-e-mundo/>.Acessado em :06/06/2017

PAYNE, John Howard. Operações unitárias na produção de açúcar de cana.Tradução: FlorenalZarpelon - São Paulo. Ed. nobel:STAB,1989.

PINHO, A. C.; SILVA, B.P. P. C.; BARBOSA, I.C.C.; SILVA, A. S.; SOUZA, E. C. Caracterização físico-química do melado de cana produzido no município de Igarapé-Mirim-PA. In: Congresso Brasileiro de Química, Recursos Renováveis Inovação e Tecnologia. 55º, 2015 Goiânia – GO, Anais ISBN 978-85-85905-15-6, Goiânia, novembro 2015.

REIN, Peter. Engenharia do Açúcar de Cana. Berlin: Bartens, 2013.

TACO. Tabela Brasileira de composição de alimentos - NEPA-UNICAMP. - Versão II. 2. ed.Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2006.

TYAGI, N.; SURESH, S. Production of cellulose from sugarcane molasses using *Gluconacetobacterintermedius* SNT-1: optimization & characterization. *Journal of Cleaner Production*. Índia. v. 112, p.71 – 80, julho 2015.

RAMOS, Roberto. Levantamento sistemático da produção agrícola. 2016.

ROSSMANN, M. Otimização da produção e propriedades tensoativas de biossurfactantes em meio à base de melaço e manipueira. 2008. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Visosa, Viçosa, MG, 2008.

SILVA, F. C. da; CESAR, M. A. A.; SILVA, C. A. B. Pequenas Indústrias rurais da cana-de-açúcar: melado, rapadura e açúcar mascavo. – Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003.

VILELA, Casarin Dayse. Avaliação da Qualidade Físico-Química de Amostras de Melado. 2016. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR Campus Campo Mourão, 2016.