



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO REGIONAL**  
**TECNOLOGIA EM PRODUÇÃO SUCROALCOOLEIRA**



**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS OPERACIONAIS DE PRODUÇÃO DE  
MELADO E RAPADURA ATRAVÉS DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS**

**ROSA HELENA CÉSAR FREIRE DE SOUZA**

João Pessoa/ PB

2020

**ROSA HELENA CÉSAR FREIRE DE SOUZA**

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS OPERACIONAIS DE PRODUÇÃO DE  
MELADO E RAPADURA ATRAVÉS DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS**

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

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Erika Adriana de Santana  
Gomes.

João Pessoa

2020

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S729a Souza, Rosa Helena Cesar Freire de.

AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS OPERACIONAIS DE PRODUÇÃO DE  
MELADO E RAPADURA ATRAVÉS DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS /  
Rosa Helena Cesar Freire de Souza. - João Pessoa, 2020.  
66 f. : il.

Orientação: Erika Adriana de Santana Gomes.  
Monografia (Graduação) - UFPB/CTDR.

1. Melado. 2. Rapadura. 3. Análises. 4. Parâmetros. I.  
Gomes, Erika Adriana de Santana. II. Título.

UFPB/BC

## **AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS OPERACIONAIS DE PRODUÇÃO DE MELADO E RAPADURA ATRAVÉS DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentada ao Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional, da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para a obtenção do título de Tecnóloga em Tecnologia em Produção Sucroalcooleira.

RESULTADO: Aprovada NOTA: 9,1

### **BANCA EXAMINADORA**

E. A. Gomes

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Erika Adriana de Santana Gomes (orientadora)

Solange Maria de Vasconcelos

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Solange Maria de Vasconcelos (examinadora DTS/ UFPB)

P. N. Teles Moreira

Prof. Dr. Pablo Nogueira Teles Moreira (examinador DTS/ UFPB)

## DEDICATÓRIA

*“Procure a sabedoria e aprenda a escrever os capítulos mais importantes de sua história nos momentos mais difíceis de sua vida”*

*Augusto Cury*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, a Deus por tudo até o dia de hoje.

A minha família e minhas melhores amigas da universidade (Cybelle Marinho e Maria Kethllin) por todo o apoio e risadas tão necessárias em muitos momentos.

A minha orientadora Dr<sup>a</sup> Erika Adriana de Santana Gomes por todos os ensinamentos, conversas e oportunidades de aprender além da sala de aula com os projetos de extensão.

A todos os técnicos dos laboratórios de produção sucroalcooleira (Diego, Ana e Zé Calor) e operações unitárias (Hebert, Angela e Claudinha) do CTDR por todas as ajudas e discussões referentes aos trabalhos.

A banca, na pessoa do professor Dr<sup>o</sup> Pablo Nogueira pelas inúmeras discussões de análises e esclarecimentos e a Dr<sup>a</sup> Solange de Vasconcelos, carinhosamente chamada de mãeinha, pela oportunidade de aprendizados extra classe, assim como, todas as conversas e ensinamentos

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – Estruturas químicas das moléculas de glicose, frutose e sacarose.....                | 15 |
| Figura 2 – Engenho movido à água.....   | 18 |
| Figura 3 – Engenho movido a animais.....  | 18 |
| Figura 4 – Moenda a vapor.....  | 18 |
| Figura 5 – Fluxograma do processo produtivo da rapadura e do melado.....                        | 23 |
| Figura 6 – Caldo concentrado em banho maria.....  | 32 |
| Figura 7 – Impurezas contidas no caldo de cana que ficaram retidas no filtro.....               | 40 |
| Figura 8 – Espuma do caldo de cana.....   | 43 |
| Figura 9 – Retirando a espuma.....  | 43 |
| Figura 10 – Espuma retirada por completo.....   | 43 |
| Figura 11 – Tempo em que se adicionou CaO 10% nos caldos invertidos com AC e sumo de limão..... | 44 |
| Figura 12 – Tempo de aquecimento do caldo para adição de ácido cítrico e sumo de limão.....     | 44 |
| Figura 13 – Cristalização após uma semana de produção .....                                     | 49 |
| Figura 14 – Cristalização após duas semanas de produção .....                                   | 49 |
| Figura 15 – Cristalização após três semanas de produção.....                                    | 49 |
| Figura 16 – Cristalização após quatro semanas de produção .....                                 | 49 |
| Figura 17 – Recipiente do melado invertido com 1,44 de AC na 1º semana.....                     | 50 |
| Figura 18 – Recipiente do melado invertido com 21,6 ml de limão na 1º semana.....               | 50 |
| Figura 19 – Melado invertido com 22 ml de limão na 3º semana.....                               | 50 |
| Figura 20 – Melado invertido com 33,6 ml na 4º semana.....                                      | 50 |
| Figura 21 – Rapadura produzida no laboratório.....  | 55 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 – Parâmetros de temperatura e concentração na produção da rapadura e melado.....                            | 25 |
| Tabela 2 – Parâmetros de qualidade padrão e de referência para melado e rapadura .....                               | 26 |
| Tabela 3 – Lista de vidrarias, utensílios e equipamentos utilizados.....   | 30 |
| Tabela 4 – Quantidades de ácido cítrico e sumo de limão adicionados ao caldo.....                                    | 32 |
| Tabela 5 – Parâmetros de qualidade determinados nos caldos de cana analisados.....                                   | 38 |
| Tabela 6 – Registros de parâmetros operacionais na produção de melados invertidos com ácido cítrico .....            | 41 |
| Tabela 7 – Registros de parâmetros operacionais na produção de melados invertidos com sumo de limão .....            | 42 |
| Tabela 8 – Parâmetros dos melados invertidos com ácido cítrico alimentício.....                                      | 45 |
| Tabela 9 – Parâmetros dos melados invertidos com sumo de limão.....  | 45 |
| Tabela 10 – Parâmetros de qualidade determinados em melado comercial .....   | 47 |
| Tabela 11 – Parâmetros de qualidade determinados no branco de melado .....   | 48 |
| Tabela 12 – Quantidade de ácido cítrico calculada de forma proporcional com relação ao volume de sumo de limão ..... | 51 |
| Tabela 13 – Parâmetros de qualidade de melado invertido com ácido cítrico equivalente ao sumo de limão .....         | 52 |
| Tabela 14 – Registros de parâmetros operacionais na produção de rapadura .....                                       | 53 |
| Tabela 15 – Parâmetros de qualidade determinados na rapadura produzida .....   | 54 |
| Tabela 16 – Parâmetros determinados na rapadura comercial .....  | 55 |



## LISTA DE SIGLAS

|                  |  |
|------------------|--|
| AC               | Ácido Cítrico  |
| AR               | Açúcares Redutores   |
| °Brix            | Graus Brix   |
| °C               | Grau Celsius   |
| CaO              | Óxido de Cálcio  |
| cm               | Centímetro   |
| CNNPA            | Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos               |
| EDTA             | Ácido Etilenodiamino Tetra-Acético                                 |
| Fe <sup>3+</sup> | Íon Férrico  |
| g                | Grama  |
| g/cm             | Grama por centímetro   |
| g/l              | Gramas por Litro   |
| h                | Horas  |
| H <sup>+</sup>   | Íon Hidrogênico  |
| HCl              | Ácido Clorídrico   |
| ICUMSA           | Comissão Internacional para Métodos Uniformes de Análise de Açúcar |
| mg               | Miligramas   |
| min              | Minutos  |
| ml               | Mililitros   |
| NaOH             | Hidróxido de Sódio   |
| NTU              | Unidade Nefelométrica de Turbidez                                  |
| pH               | Potencial Hidrogeniônico   |
| TACO             | Tabela Brasileira de Composição de Alimentos                       |
| µm               | Micrômetro   |
| µS/cm            | Microsiemens por centímetro  |

## RESUMO

Os produtos artesanais, como o melado e a rapadura, estão sendo cada vez mais consumidos e produzidos. Sendo assim, percebe-se que há uma necessidade de padronização do processo e dos seus parâmetros. A temperatura e o tempo de processamento, por exemplo, interferem na qualidade dos produtos, sendo esta mensurada através dos parâmetros: cor, %umidade, °Brix e AR%, do melado e rapadura. A quantidade de açúcares redutores (%AR) nesses produtos influenciam na cristalização do melado durante o armazenamento e dificulta o ponto de moldagem da rapadura. Portanto, o objetivo desse trabalho foi analisar a relação da matéria-prima com as características dos produtos finais e acompanhar a temperatura e o tempo de cozimento deles, relacionando-os com o °Brix. Durante a produção dos melados foram utilizados ácido cítrico alimentício (AC) ou sumo do limão para avaliar a inversão da sacarose, através de análises de %AR (método Eynon Lane). Os produtos elaborados foram analisados físico-quimicamente e comparados com os dados da: literatura, legislação e produtos comerciais. Dentre os melados invertidos os que apresentaram percentual de inversão condizente com as especificações da literatura foram: o com 33, 6 ml de suco de limão e 4,04 g de AC, contribuindo para preservar as características dos mesmos durante o armazenamento. Quanto aos parâmetros da rapadura produzida foi possível determinar que a umidade está relacionada com o ponto de cristalização, portanto, deve ser acompanhada. Além disso, foi possível estabelecer um procedimento de produção para a rapadura e melado, relacionando a temperatura, tempo de cozimento e °Brix, bem como, determinou-se o percentual de insumos a serem utilizados na padronização da inversão da sacarose, agregando qualidade e otimizando o processo produtivo.

**Palavras Chaves:** Melado; rapadura; análises; processo; parâmetros.

## ABSTRACT

Artisanal products, such as molasses and rapadura, are being increasingly consumed and produced. Therefore, it is clear that there is a need to standardize the process and its parameters. Temperature and processing time, for example, interfere with the quality of the color results, % humidity, °Brix and AR%, of molasses and rapadura. The amount of reducing sugars (% AR) in these products influences the molasses crystallization during storage and makes it difficult to mold the brown sugar. Therefore, the objective of this work was to analyze the relationship between the raw material and the characteristics of the final products and monitor their temperature and cooking time, relating them to °Brix. During the production of molasses, citric acid (AC) or lemon juice was used to evaluate the inversion of sucrose, through analyzes of % AR (Eynon Lane method). The elaborated products were analyzed physically and chemically and compared with data from: literature, legislation and commercial products. Among the inverted molasses, the ones that presented a percentage of inversion consistent with the specifications were: o with 33.6 ml of lemon juice and 4.04 g of AC, contributing to preserve their characteristics during storage. As for the parameters of the rapadura produced, it was possible to determine that the humidity is related to the crystallization point, therefore, it must be monitored. In addition, it was possible to establish a production procedure for rapadura and molasses, relating the temperature, cooking time and °Brix, as well as determining the percentage of inputs to be used in the standardization of sucrose inversion, adding quality and optimizing the productive process.

**Key words:** Molasses; rapadura; analyzes; process; parameters.

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>13</b> |
| <b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>  | <b>15</b> |
| 2.1 Cana-de-açúcar .....   | 15        |
| 2.2 A Cana-de-açúcar no Brasil .....   | 16        |
| 2.3 Engenhos .....   | 17        |
| 2.3.1 Agricultura familiar e de subsistência nos engenhos .....  | 19        |
| 2.4 Produtos artesanais .....  | 20        |
| 2.4.1 A Rapadura.....  | 20        |
| 2.4.2 Melado .....   | 21        |
| 2.5 Parâmetros de produção e qualidade alimentícia .....   | 22        |
| 2.5.1 Processo de Produção de Rapadura e do Melado.....  | 22        |
| 2.5.1.1 <i>Temperatura e Ponto de Concentração</i> .....   | 24        |
| 2.5.2 Parâmetros físico-químicos da rapadura e melado .....  | 25        |
| 2.5.3 Sujidade e inversão na rapadura e no melado .....  | 27        |
| 2.5.3.1 <i>Sujidade na rapadura e no melado</i> .....  | 27        |
| 2.5.3.2 <i>Inversão do Melado</i> .....  | 28        |
| <b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>   | <b>30</b> |
| 3.1 Materiais e equipamentos .....   | 30        |
| 3.2 Metodologia.....   | 31        |
| 3.2.1 Avaliação físico-química do caldo de cana para produção de melado e rapadura .                   | 31        |
| 3.2.2 Produção de melado e rapadura .....  | 31        |
| 3.2.3 Inversão ácida da sacarose dos melados e produção da rapadura .....                              | 31        |
| 3.2.4 Avaliação de ácido cítrico equivalente ao sumo de limão na inversão de sacarose em melados ..... | 33        |
| 3.2.5 Avaliação dos parâmetros do melado e rapadura comerciais.....                                    | 33        |
| 3.2.6 Análises físico-químicas do caldo de cana, melado e rapadura.....                                | 33        |
| 3.2.6.1 <i>°Brix</i> .....   | 33        |
| 3.2.6.2 <i>pH</i> .....  | 33        |
| 3.2.6.3 <i>Umidade</i> .....   | 34        |
| 3.2.6.4 <i>Cor ICUMSA</i> .....  | 34        |
| 3.2.6.5 <i>Açúcares Redutores% (AR%)</i> .....   | 35        |
| 3.2.6.5.1 <i>Açúcares Redutores do Caldo</i> .....   | 35        |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.2.6.5.2 Açúcares Redutores da Rapadura .....  | 36        |
| 3.2.6.5.3 Açúcares Redutores do Melado .....  | 36        |
| 3.2.6.6 Cinzas Condutimétricas .....  | 37        |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>   | <b>38</b> |
| 4.1 Avaliação físico-química do caldo de cana para produção de melado e rapadura ....   | 38        |
| 4.2 Avaliação físico-química dos parâmetros operacionais de tempo de cozimento, temperatura de cozimento, °brix e grau de inversão de sacarose na produção de melados ..... | 40        |
| 4.2.1 Melados invertidos.....   | 40        |
| 4.2.3 Cristalização durante o armazenamento dos melados produzidos.....   | 49        |
| 4.2.4 Avaliação de ácido cítrico equivalente ao sumo de limão na inversão de sacarose em melados .....  | 51        |
| 4.2.5 Produção e avaliação do parâmetros físico-químicos da rapadura .....  | 52        |
| <b>5 CONCLUSÕES.....</b>  | <b>56</b> |
| <b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>   | <b>57</b> |

## **1 INTRODUÇÃO**

A rapadura e o melado são produtos da era colonial que se mantiveram vivos na cultura de um povo e nos ensinamentos da agricultura familiar. Produzidos em engenhos rústicos, desempenharam notória função na evolução histórica do Brasil sob o aspecto infra estrutural e socioeconômico, estagnados no tempo até pela legislação de qualidade, a Resolução Normativa N° 12 de 1978 (SANGUINO, 1987 apud SILVA, 2012). Contudo, o mercado e o consumidor se tornaram mais exigentes e detentores de saberes que os fazem serem seletivos, o que exige a melhor qualidade de cada produto. Dessa forma, o mercado fica restringido, necessitando da otimização dos parâmetros de qualidade para um produto final melhor.

O produtor artesanal, muitas vezes, não dispõe de um laboratório que permita um acompanhamento mais detalhado de todo o processo de fabricação, porém, existem medições simples que podem ser utilizadas no controle do processo de fabricação os quais interferem tanto na qualidade como na vida útil do produto.

Esse trabalho foi desenvolvido, visando avaliar o impacto das condições termodinâmicas e da inversão da sacarose na rapadura e melado através de análises físico-químicas. Pois, o percentual de açúcares redutores abaixo do especificado causa a cristalização do melado, durante o armazenamento, e na rapadura altera a textura e aumenta a higroscopicidade. A temperatura e o tempo de aquecimento no processamento contribuem para aumentar a coloração e a inversão da sacarose nesses produtos, entretanto, podem alterar também o sabor, precisando ser inserido um insumo que propicie a inversão na produção do melado e quanto à rapadura a temperatura de processamento deve ser controlada, obtendo assim padrões que assegurem a qualidade.

### **1.1 Objetivos**

Avaliar a influência da temperatura, tempo de processamento e o grau de inversão do melado e da rapadura produzidos no laboratório através de análises físico-química (°Brix, pH, cor ICUMSA, umidade, AR%, cinzas condutimétricas), comparando-os com a matéria-prima, produtos comerciais, legislação e a literatura.

## 1.2 Objetivos específicos

- Associar os melados produzidos a qualidade do caldo;
- Associar à cor ICUMSA do melado e da rapadura comerciais e produzidos em laboratório com as condições de temperatura e tempo no processamento;
- Avaliar a inversão do melado produzido através da análise de pH e Açúcares Redutores (AR%), relacionado com a cristalização durante o armazenamento, conforme as especificações da Resolução da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos - CNNPA nº 12, de 1978;
- Comparar a inversão dos melados produzidos, utilizando sumo de limão e ácido cítrico alimentício;
- Relacionar o teor de cinzas condutimétricas com a qualidade nutricional da rapadura e melado.
- Relacionar os parâmetros dos produtos comerciais com os obtidos dos produtos produzidos em laboratório.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

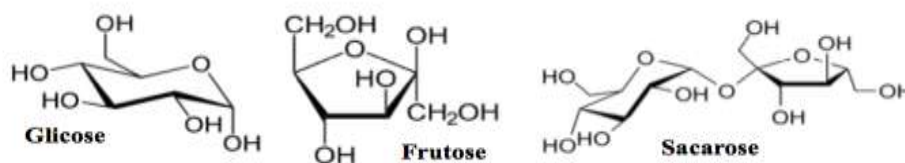
### 2.1 Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é composta, em média de 65 a 75% de água, mas seu principal componente é a sacarose, que corresponde de 70 a 91% das substâncias sólidas dissolvidos (NOGUEIRA; FERREIRA; JUNIOR, 2009). A qualidade da matéria-prima pode ser influenciada por diversos fatores, tais como: variedade da cana, condições climáticas, tipo de solo, qualidade e quantidade de fertilizantes aplicados, condições de transporte e armazenamento, e principalmente, o estágio de maturação da cana (MACHADO, 2012).

Segundo Vieira (2018), a cana-de-açúcar é considerada entre as plantas domesticadas que assumiu papel mais importante da História da humanidade. A ela se devem os maiores fenômenos de mobilidade humana, assim como implicações evidentes, em termos econômicos, comerciais e ecológicos. A qual se originou entre o sudeste Asiático e o norte da Oceania como resultado de combinações de variedades (MARIN, 2014), gerando centenas de empregos diretos e indiretos. Além do mais, é uma importante fonte de renda e desenvolvimento, pois é a principal matéria-prima para a fabricação do açúcar, álcool etílico e aguardente, além de ser utilizada como alimento no pasto na forma *in natura* (LIMA, 2012).

Dessa forma, a razão principal do processamento de cana-de-açúcar é recuperar a sacarose que é formada de uma combinação de dois monossacarídeos, frutose e glicose, conforme a Figura 1.

Figura 1: Estruturas químicas das moléculas de glicose, frutose e sacarose



Fonte: Lima (2012)

Por mais que seja uma cultura única, a composição química da cana é muito variável devido a diversos fatores, os quais são: as condições edafoclimáticas, as propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo, o tipo de cultivo, a variedade, o estágio de maturação e a idade (RIBEIRO; BLUMER; HORII; 1999).



Em média, a cana-de-açúcar possui cerca de 10 a 16% de fibras, constituída basicamente de celulose, hemicelulose e lignina, e 84 a 90% de caldo, em que 75 a 82% representa água e o restante são substâncias sólidas dissolvidas (ALBUQUERQUE, 2011).

## **2.2 A Cana-de-açúcar no Brasil**

O cultivo da cultura teve início no Brasil nos primeiros anos após o “descobrimento” por causa do fácil manejo que se adequou perfeitamente com a necessidade de ocupar as terras rapidamente e com lucros (CESAR; SILVA, 2003). O caldo extraído da cana é matéria-prima para diversos produtos, dentre eles, a rapadura e melado (MACEDO, 2008).

Martim Affonso de Souza em 1532 trouxe a primeira muda de cana ao Brasil sendo responsável pela instalação do primeiro engenho brasileiro em São Vicente (MATTOS, 1942 *apud* RODRIGUES, 2010). Portugal, observou que as novas terras eram ameaçadas por invasores e decidiu tomar posse, no entanto, isso foi uma estratégia grande para uma nação tão pequena e com recursos escassos. Sendo assim, implantaram o modelo de ocupação com a produção de açúcar que já haviam experimentado com êxito na Ilha da Madeira (MACHADO, 2012).

Segundo Abreu et al (2011), o complexo agroindustrial canavieiro constitui-se na mais antiga atividade econômica brasileira na qual, nos séculos XVI e XVII, teve na extração do açúcar da cana a sua principal riqueza. Por isso, no encerramento do primeiro período da colonização portuguesa (1624) o território nacional contava com 400 engenhos, produzindo anualmente 75.000 toneladas de açúcar (ZAMBON, 2014). Sendo assim, devido o desenvolvimento econômico do comércio de produtos procedentes da cana-de-açúcar, proporcionando a acumulação de capital, sua cultura se disseminou, acelerando cada vez mais o seu crescimento (THEODORO, 2011). Assumindo, dessa forma, notoriedade quanto à sua importância para o ciclo evolutivo da economia nacional, principalmente nos seus primórdios (BAER, 1965).

Dessa maneira, deu início a uma indústria que prosperou no Brasil, dos engenhos as grandes usinas, começando com o açúcar e atualmente abrangendo diversos produtos e subproduto gerados pela mesma matéria-prima (MACHADO, 2012).

## 2.3 Engenhos

A atividade do engenho acumula muitos anos de história e recebia esse nome porque era uma das ferramentas mais efetiva de mecanização. Dessa forma, possuindo o principal objetivo de transformar a manufatura em uma só ferramenta em que as fases da produção se convertem em uma grande unidade (CASTRO, 1947 *apud* SOUZA, 2007).

Na região Nordeste, os engenhos se expandiram a partir de dois pontos: de Olinda (que era o principal núcleo urbano da colônia no século XVI) para o sul, até Penedo e para o norte, até Goiana, chegando até a Paraíba e o Rio Grande do Norte; de Salvador a cultura da cana se expandiu para todo o Recôncavo Baiano. Esse avanço formou a “civilização do açúcar” e determinou de maneira decisiva como os núcleos de povoamento rurais e urbanos surgiram e se desenvolveram (MENEZES, 2009).

Ainda segundo Menezes (2009), esta sociedade que surgiu a partir dos engenhos estava fundamentada sobre os alicerces da aristocracia de pequenos e médios produtores, do patriarcalismo, sob a figura central do senhor de engenho, e do trabalho escravo. O qual inicialmente tentou atrair os indígenas para as plantações e fábricas, mas devido ao fracasso dessa tentativa, foi buscar no povo africano os seus trabalhadores escravos, o que resultou no tráfico de milhares de negros procedentes de diversas regiões da África.

A produção do açúcar era determinada pela safra e velocidade das moendas, a tração animal ou a água, exigiam um ritmo de trabalho intenso. Sabe-se que o trabalho nos engenhos brasileiros não parava, a moenda funcionava por dezoito a vinte horas, a moagem iniciava às quatro horas da tarde e ia até às dez horas da manhã seguinte.

A Figura 2 mostra a produção de açúcar em um engenho movido à água o qual tinha uma produção diária na moenda de 125 toneladas de cana, enquanto os movidos a animais, moíam apenas 42 toneladas (Figura 3).

Figura 2: Engenho movido à água



Fonte: Vieira (2018)

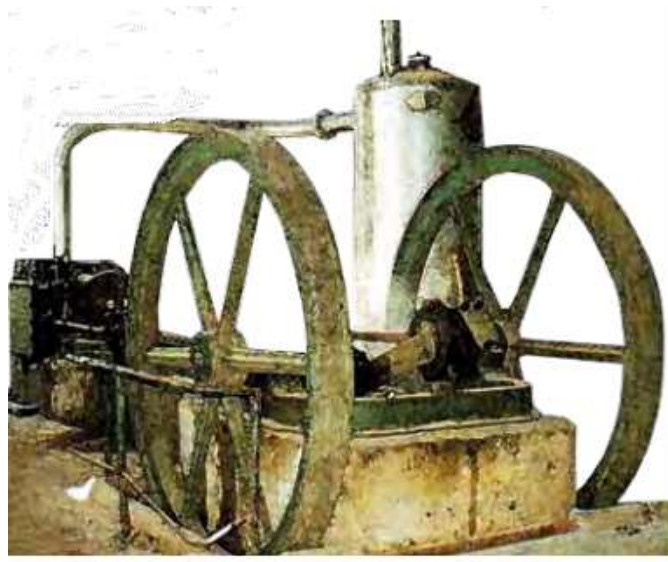
Figura 3: Engenho movido a animais



Fonte: Vieira (2018)

A partir do século XIX a velocidade de moagem aumentou com a máquina a vapor (Figura 4), pois a moenda atingiu a capacidade de moagem 3.099 toneladas de cana por dia (VIEIRA, 2018).

Figura 4: Moenda a vapor

Fonte: Almeida (1834) *apud* Azevedo (2009)

Com o passar dos anos, com a sua modernização das máquinas, além do açúcar foram criados outros produtos nos engenhos, dentre esses a rapadura e o melado. Os produtores que investiram nas modernizações dos engenhos e acreditaram no setor, tornaram-se usineiros. Alguns não conseguiram investir, mas mantiveram seus engenhos de

maneira tradicional, produzindo para vender na região e circunvizinhanças, tendo como base a agricultura familiar e de subsistência. No ano de 1950 foi justamente essa agricultura familiar e de subsistência que manteve vivo os produtos artesanais dos engenhos brasileiros (SILVA, 2010).

Conforme Silva (2010), atualmente ainda é a agricultura familiar e de subsistência que movimenta os engenhos. Contudo, com a valorização dos produtos artesanais, muitos produtores estão investindo em tecnologia, o que “obriga” os agricultores a investirem também, elevando a qualidade do produto final para o consumidor.

### **2.3.1 Agricultura familiar e de subsistência nos engenhos**

O processo de modernização da agricultura provocou bruscas mudanças no meio rural brasileiro, causando sérios problemas para a população que permanecia em pequenas propriedades e que não conseguiu se inserir na dinâmica implementada (WESZ JUNIOR *et al.*, 2009 apud POLETTE, 2019). Segundo o artigo 3º da Lei 11.326/2006, entende-se por agricultor (a) familiar aquele que atende os seguintes requisitos:

- I) não detenha propriedade com área superior a quatro módulos fiscais;
- II) utiliza mão de obra familiar nas atividades econômicas do estabelecimento;
- III) – tenha percentual mínimo da renda familiar originada de atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento, na forma definida pelo Poder Executivo; IV - dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família (BRASIL, 2006).

Contudo, o conceito não se limita a perspectiva da legislação brasileira e, com isso, passa por diversas construções teóricas. Nesse sentido, acrescenta-se que é “o setor da agricultura em que os gerentes ou administradores dos estabelecimentos rurais são também os próprios trabalhadores rurais” (FLORES, 1998, apud VIEIRA; BAHIENSE; SILVA, 2019). Em diversos estados brasileiros o plantio de cana-de-açúcar é realizado principalmente em pequenas propriedades rurais, onde a matéria-prima destina-se em partes para produção de derivados artesanais como melado, açúcar mascavo, rapadura e cachaça (FAGUNDES, 2010 apud POLETTE, 2019).

Na contramão das consequências da modernização da agricultura, começa a se revalorizar o processo de produção artesanal, resgatando-se a busca por alimentos que mantenham sua especificidade colonial e com a garantia de um produto natural e mais saudável (SULZBACHER; DAVID, 2009 apud POLETTE, 2019).

## 2.4 Produtos artesanais

A partir do conceito proposto pelo Conselho Mundial de Artesanato, na cidade de Bogotá, na Colômbia, em 1996 pode-se conceituar artesanato da seguinte forma: é toda atividade produtiva que resulte em objetos e artefatos acabados, confeccionados manualmente ou com a utilização de meios tradicionais ou rudimentares, com habilidade, destreza, qualidade e criatividade (SEBRAE, 2016).

Entorno de 13% das vendas em feiras de produtores correspondem ao artesanato (ROCHA *et al.*, 2012 apud POLETTE, 2019). Percebe-se uma carência na oferta de tais produtos artesanais e a existência de um mercado consumidor em expansão, disposto a pagar por um produto acima de tudo cultural, de qualidade e diferenciado, despertando o interesse do grupo familiar em ampliar a atividade, transformando a produção artesanal em agroindústria de processamento de cana-de-açúcar. Com o retorno da demanda por produtos tradicionais, fica evidente que as cadeias alimentares contemporâneas não estão desenraizadas nas comunidades, pois ainda existe a presença da natureza e dos contextos regionais dentro do sistema agroalimentar (WESZ JUNIOR *et al.*, 2009 apud POLETTE, 2019).

Conforme Cesar e Silva (2003), os produtores artesanais precisam entender o que é qualidade e desenvolver a cultura com o auxílio dos indicadores qualitativos e de produtividade tais como: °Brix, o pH, a temperatura e tempo de processamento, os quais interferem no produto final e devem ser acompanhados.

### 2.4.1 A Rapadura

O produto, feito de mel de engenho, algumas vezes também chamado de “raspadura”, originou-se da raspagem das camadas espessas de açúcar presas às paredes dos tachos utilizados para a fabricação do produto, e depois moldadas em fôrmas semelhantes às de tijolos (OLIVEIRA; NASCIMENTO; BRITTO, 2007).

Esse alimento possui elevado valor nutricional, devido à presença de carboidratos, proteínas, vitaminas e sais minerais, também possui características de um produto natural e orgânico. Por isso, era utilizado pelos bandeirantes em suas jornadas pelo Brasil em busca dos índios e de riquezas (NETO, 2015). Além disso, pode ser considerado um adoçante integral que preserva a maioria dos nutrientes presentes na cana-de-açúcar. Estudos relatam a existência de propriedades medicinais associadas ao consumo da rapadura, tais como a

diminuição de lesões pulmonares associadas ao tabagismo, redução de efeitos clastogênicos causados pelo arsênio, elevada ação antioxidante e função anti esclerótica (JAFFÉ, 2012 apud BRAUN, 2015).

Atualmente, há vários tipos de rapadura que podem ser fabricados, dos quais pode-se citar: rapadura pura, a qual é fabricada apenas com o mel da cana-de-açúcar, não recebendo mais nenhum ingrediente que lhe agregue sabor diferenciado. Rapadura mista, por exemplo, é aquela que recebe em sua mistura outros ingredientes, como: abóbora, gergelim, gengibre, amendoim, mamão, coco, leite, orégano, milho verde, menta, ervas finas, castanha, queijo, entre outros (CHAVES, 2008; MOREIRA, 2013; OLIVEIRA, 2014; SEBRAE, 2014 apud BRAUN, 2015). Por fim a rapadura aerada, a qual se trata de um tipo, que tem em sua composição a adição de leite em pó. O produtor da rapadura em questão não a considera uma novidade porque a característica de ser “aerada” é proveniente da técnica de produção da rapadura denominada “batida”, comumente produzida e que possui uma consistência mais macia que a tradicional (DANTAS; THOLLENT, 2005 apud BRAUN, 2015).

A rapadura vem sendo explorada na gastronomia brasileira (CHAVES, 2008). Esse produto apresenta elevada importância econômica principalmente para a agricultura familiar e nos últimos anos a produção vem aumentando, pois, as pessoas estão procurando alimentos menos processados e sem adição de substâncias químicas. No entanto, eles estão mais propensos a fontes de contaminação durante a produção, processamento e armazenamento (NOGUEIRA; FERREIRA; JUNIOR, 2009).

#### **2.4.2 Melado**

O melado é um líquido xaroposo, denso de cor amarelo âmbar com aroma e sabor próprios, além de ser um derivado com potencial de uso pelo mercado de produtos naturais utilizado de diversas formas na alimentação (BARRETO *et al.*, 2015).

Segundo Brasil (1978), o melado é o líquido xaroposo obtido pela evaporação do caldo de cana-de-açúcar ou a partir da dissolução da rapadura, por processos tecnológicos adequados. Do ponto de vista nutricional, apresenta muitos minerais e vitaminas, provenientes do caldo, como cálcio, ferro, fósforo, magnésio, potássio, vitamina A e vitaminas do complexo B (B1, B2, B5 e B6) (BELITZ, 1993 apud BARRETO *et al.*, 2015).

Segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO (UNICAMP, 2011 apud POLETTE, 2019), em 100g de melado possui 309 kcal, 22,1% de umidade,

76,6g carboidrato, 1,3g de cinzas, não são aplicadas medidas de fibra alimentar e colesterol e não contem proteína, lipídeos e fibras. Quanto aos minerais, possui: cálcio (102 mg) e o magnésio (115mg). Apesar de ser conhecido como fonte de ferro, provavelmente o ferro encontra-se na forma oxidada ( $\text{Fe}^{3+}$ ) por ser um produto de origem vegetal submetido ao calor ou proveniente de contaminação pelos utensílios o que implica em péssima ou nenhuma absorção.

De acordo com Polette (2019), majoritariamente, o melado, é produzido por produtores familiares em suas propriedades, tanto para autoconsumo quanto como complementação de renda, sendo um produto com forte apelo cultural. O melado tem uma base produtiva consolidada a muito tempo, não havendo variação de diversidade de produto ofertado ou escassez.

## **2.5 Parâmetros de produção e qualidade alimentícia**

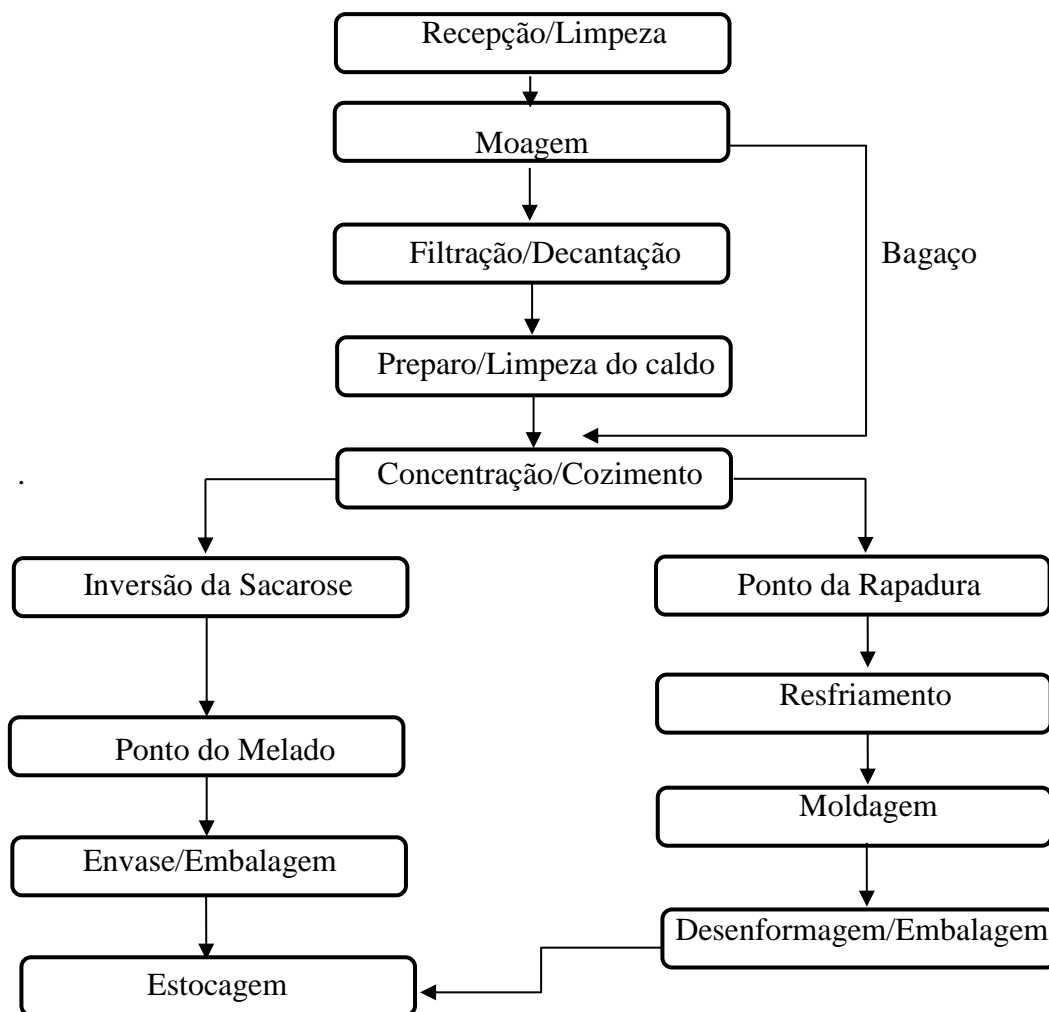
Qualidade é um importante aspecto da produção de alimentos e bebidas, variando em relação aos produtos ou serviços, em função de suas necessidades, experiências e expectativas (MACHADO, 2012). Entretanto, do ponto de vista operacional, da produção e da comercialização, qualidade é aquilo que o comprador/consumidor quer e estar disposto a pagar. Vale ressaltar que a segurança do usuário tem que ser uma preocupação constante do fabricante e do comerciante, pois o consumidor considera que o produto é de qualidade garantida (CESAR; SILVA, 2003).

De acordo com Cesar e Silva (2003), na visão atual, os parâmetros de qualidade estão disseminados no sistema de produção, ou seja, desde a escolha dos cultivares de cana, da área e do solo para plantio, corte e transporte da cana, instalações e cuidados durante as operações de fabricação, segurança dos operários até chegar ao consumidor.

### **2.5.1 Processo de Produção de Rapadura e do Melado**

O processamento da cana-de-açúcar para a produção de rapadura e melado segue praticamente as mesmas etapas, sendo utilizados os mesmos equipamentos e matéria-prima, diferenciando no cozimento, adição de insumos e no tempo de cozimento para atingir a concentração especificada (Figura 5).

Figura 5: Fluxograma do processo produtivo da rapadura e do melado



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Na recepção e limpeza da cana realiza-se a pesagem, retira-se a palha e lava-se a cana por jateamento com água, para retirar sujeiras (CERBELLA, 2014).

O melado e a rapadura são obtidos a partir do caldo de cana proveniente de um processo de corte sem a prática de queimadas, utilizando matéria prima de boa qualidade, madura e dentro do período adequado de processamento (CERBELLA, 2014).

De acordo com Zambon (2014), a moagem deve acontecer, no máximo 24 horas após o corte da cana. Elas devem ser lavadas antes da moagem, abaixo das moendas, antes do tanque de decantação, deve ser colocado uma tela grossa para separar os bagacilhos, antes de seguir para o tanque decantador. Em seguida, o caldo é bombeado para o tanque pulmão e depois para o tacho concentrador onde ocorre à evaporação. O caldo é mantido sob agitação manual com grandes espátulas de madeira para evitar a queima/aderência do produto e todo o processo é realizado a uma temperatura intensa que pode chegar a 126 °C.



No primeiro tacho é realizada a correção da acidez do caldo com adição de cal; no segundo, a clarificação por decantação, portanto, o caldo viscoso sobrenadante é removido para o tacho seguinte onde é adicionado açúcar cristalizado para a concentração do caldo; e no último tacho, obtém-se o xarope na concentração ideal, ou seja, mel muito grosso e viscoso (CERBELLA, 2014).

O mel proveniente do último tacho é transferido para um recipiente de madeira e ainda quente, é homogeneizado constantemente com espátulas de madeira até o início da cristalização sendo realizada a moldagem, desenformagem da rapadura a qual é mantida por cerca de uma hora nas formas. Após o esfriamento e secagem, em temperatura ambiente, são embaladas individualmente em sacos plásticos, sendo o armazenamento realizado sobre estrados de madeiras.

No caso do melado, do tacho concentrador ele é transferido para as embalagens plásticas de 200g e 500g, que são colocadas em caixas de papelão, para ser distribuído direto ao mercado varejista e atacadista. Já a rapadura, obtido o ponto, a massa será levada ao batedor, objetivando esfriar um pouco, sofre aeração e clarear o produto (CEBELLA, 2014). A adição de ácido cítrico para evitar a cristalização durante o armazenamento ocorre antes da produção da rapadura, ou seja, antes de solidificar (MOTA et al, 2011; JERÔNIMO, 2018).

Por fim, segundo Cebella (2014), a parte de estocagem é a mesma para os dois produtos, consiste em armazenamento sobre pallets, em local arejado, sem incidência de luz solar direta, não sujeito a variações bruscas de temperatura e protegido de aves, insetos e roedores.

#### ***2.5.1.1 Temperatura e Ponto de Concentração***

A temperatura é uma grandeza de caráter intensivo, mensurada por seus efeitos nos corpos físicos e não por uma quantidade em si (ANÁLOGICA, 2013). Por isso, a determinação correta do ponto final da temperatura de cozimento é importante para se obter um produto padronizado. O processo de cozimento dura em média 4 horas para a rapadura, pois se ficar pouco concentrada não consegue se solidificar, além de facilitar a ocorrência de contaminação microbiológica devido a umidade (CHAVES, 2008). Por outro lado, se for muito concentrada fica escura e bem consistente (ZAMBON, 2014).

O processo de concentração do melado é de 2 horas e quando fica muito concentrado pode cristalizar e escurecer (CHAVES, 2008).

Diante da importância do ponto de concentração da rapadura e melado produzidos pode-se associar a quantidade de soluto contida em um volume ou em uma massa de solvente com o teor de sólidos solúveis, correlacionando com a temperatura, viabilizando o acompanhamento do processo e a padronização da qualidade (MURILO; FINETE, 2009).

A Tabela 1 mostra alguns parâmetros de temperatura e concentração utilizados na produção de rapadura e melado.

Tabela 1: Parâmetros de temperatura e concentração na produção da rapadura e melado

| <b>Produto</b> | <b>Temperatura (°C)</b> | <b>BRIX</b> |
|----------------|-------------------------|-------------|
| Rapadura       | 114 a 120               | 88 a 91     |
| Melado         | 106 a 108               | 74 a 78     |

Fonte: Cebella (2014)

Silva (2012) observou que quanto maior o °Brix do melado, mais longo é seu período de validade, mas menor é o seu rendimento, indicando que a melhor maneira de verificar o ponto de concentração é monitorando o mesmo. Entretanto, apenas 58,3% dos produtores verificam o ponto final e desses apenas 4,2% pela temperatura e concentração, o restante é dividido em: 16,6% observam as bolhas grandes no caldo; 12,5% bolhas grandes e viscosidade; 8,3% pela temperatura e 4,2% pela consistência em água do caldo.

### 2.5.2 Parâmetros físico-químicos da rapadura e melado

A Tabela 2 apresenta os parâmetros físico-químicos da rapadura e do melado, determinados pela Resolução N° 12 de 1978 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos e alguns parâmetros da literatura, os quais agregam mais qualidade a esses produtos.

Além disso, a rapadura possui certas características sensoriais como: aspecto de massa dura, cor castanha, variando de claro a escuro com gosto doce. Já o melado possui um aspecto líquido xaroposo e denso (viscoso), cor amarelo âmbar, com aroma e sabor próprios e gosto doce (BRASIL, 1978).

Tabela 2: Parâmetros de qualidade padrão e de referência para melado e rapadura

| Parâmetro  | Rapadura       | Melado        | Referência   |
|--|----------------|---------------|--|
| BRIX   | 88 a 91        | 74 a 78       | CEBELLA, 2014  |
| Umidade (%m/m)   | 2,88 a 4,36%   | Máx. 25%      | NORMATIVA, 1978;<br>PAIXÃO <i>et al.</i> , 2018              |
| Acidez (%m/v)  | 4,40 a 5,38%   | Máx. 10%      | NORMATIVA, 1978;<br>PAIXÃO <i>et al.</i> , 2018              |
| Glicídios Totais<br>(%m/m)   | Min. 80%       | Min. 50%      | NORMATIVA, 1978  |
| Cinzas (%m/m)  | Máx. 6%        | Máx. 6%       | NORMATIVA, 1978  |
| AR (%m/m)  | 4,60 a 11,44%  | Min. 25%      | PAIXÃO <i>et al.</i> , 2018;<br>BARRETO <i>et al.</i> , 2015 |
| Turbidez (NTU)   | 37,67 a 45     | -             | PAIXÃO <i>et al.</i> , 2018                                  |
| Condutividade Elétrica<br>( $\mu\text{S}/\text{cm}-20^{\circ}\text{C}$ ) | 722,33 a 1.916 | 142,7 a 922,5 | PAIXÃO, 2018;<br>VILELA, 2016                                |
| pH   | 5,0 a 5,5      | 4,0 a 4,5     | PAIXÃO, 2018;<br>BARRETO <i>et al.</i> , 2015                |

Fonte: Autor (2020)

O °Brix mede o teor de sólidos solúveis presentes na amostra por meio do refratômetro (MARTINS; SILVA, 2016).

A análise de cor é uma das mais importantes para a qualidade dos produtos sucroalcooleiros e utiliza-se o método ICUMSA (Comissão Internacional para Métodos Uniformes de Análise de Açúcar) para avaliá-los de acordo com os padrões de qualidade internacionais.

A condutividade apresenta uma síntese de aplicações no solo onde ela tem sido utilizada como um indicador no monitoramento de características, como salinidade, textura, estratificação, umidade, densidade, matéria orgânica e derivados, CTC, lixiviação, partição de doses de herbicidas, definição de bordas em classificação de solos, classes de drenagem, recarga de lençol freático, entre outras (CORWIN; LESCH, 2005 apud MOLIN; RABELLO, 2011). Todas essas particularidades do solo influenciam nos componentes do

caldo, nos quais estão os sais e os minerais que consequentemente serão apontados na referida análise, assim como, influenciaram no percentual de cinzas.

As cinzas representam os materiais inorgânicos presentes na amostra (FARIA, 2012), assim como, o pH é determinado a partir da concentração de íons  $H^+$  e é realizado pelo método potenciométrico (BETANNI *et al.*, 2014). A acidez da amostra, por outro lado, contabiliza o teor de ácidos no produto.

### **2.5.3 Sujidade e inversão na rapadura e no melado**

Além dos parâmetros físico-químicos, a sujidade e a inversão do melado também influenciam na qualidade dos produtos. A análise de sujidades leves e pesadas é realizada em vários produtos com objetivo de avaliar a qualidade higiênica inerente ao produto e ou a adulteração do mesmo (NETO; ROSSIGNOLI; CAMPOS, 2017).

#### **2.5.3.1 Sujidade na rapadura e no melado**

Segundo Resolução RDC nº 14 (2014), matéria estranha é qualquer material não constituinte do produto associado a condições ou práticas inadequadas na produção, manipulação, armazenamento ou distribuição e a classifica-se em:

- Macroscópicas: detectadas por observação direta, podendo ser confirmada com auxílio de instrumentos ópticos;
- Microscópicas: detectadas com auxílio de instrumentos ópticos com ampliação óptica mínima de 30 vezes;
- Inevitáveis: quando ocorrem no alimento mesmo com a aplicação das Boas Práticas;
- Indicativas de falhas das Boas Práticas de Fabricação: artrópodes vivos ou mortos, inteiros ou em partes, teias e excrementos, partes indesejáveis da matéria-prima, pelos humanos e de outros animais, areia, terra e outras partículas macroscópicas, fungos filamentosos e leveduras que não sejam característicos dos produtos, animais vertebrados ou invertebrados não citados anteriormente, e outros materiais não relacionados ao processo produtivo;
- Indicativas de riscos à saúde humana: baratas, formigas, moscas que se reproduzem ou que tem por hábito manter contato com fezes, cadáveres e lixo, bem como

barbeiros, em qualquer fase de desenvolvimento, vivos ou mortos, inteiros ou em partes; roedores: inteiros ou em partes, assim como, outros animais. Além de objetos rígidos, pontiagudos e ou cortantes e filmes plásticos que possam causar danos à saúde do consumidor.

Portanto, materiais estranhos presentes nos alimentos diminuem a confiança e a aceitabilidade do ponto de vista sanitário e estético, uma vez que fabricantes, consumidores e órgãos de fiscalização esperam que os alimentos sejam inteiramente livres de qualquer sujidade (BARBIERI *et al.*, 2001 apud BELÉ, 2019).

#### **2.5.3.2 Inversão do Melado**

O melado quando estocado pode cristalizar caso não seja promovido algum grau de inversão da sacarose durante a fase de concentração do caldo. A cristalização é considerada uma falha de produção importante, a qual deprecia o produto para o mercado. Na inversão, determinada pela temperatura, acidez e concentração de sacarose do xarope, ocorre a hidrólise da sacarose, que se transforma em glicose e frutose (CERBELLA, 2014).

No caso da inversão pela temperatura, o xarope fica mais tempo concentrando já que o calor juntamente com a acidez do caldo facilita com que a sacarose presente se inverta. Contudo, essa prática acaba prejudicando a cor do produto que fica mais escura e pode até vir a queimar, dando uma característica sensorial ao produto indesejada. Em contra partida, a inversão pela acidificação do xarope proporciona um aumento da acidez com a adição de uma solução ácida, preparada a partir do ácido cítrico alimentício ou extraído de frutas, no qual se destaca o limão Tahiti (BRIGHENTI *et al.*, 2009). Se for utilizado o ácido cítrico de grau alimentar, recomenda-se preparar uma solução aquosa a 80% m/v para ser adicionada ao xarope. A mesma é adicionada ao xarope quando seu Brix está na faixa entre 50° a 60° deixando o pH na faixa de 4,5 a 5,0 (PINTO; COELHO, 1983 apud CHAVES; FERNANDES; SILVA, 2003).

- **Limão Tahiti**

A lima ácida Tahiti (*Citrus Latifolia Tanaka*) é popularmente conhecida por limão Tahiti, sendo um fruto de origem tropical, de exploração econômica relativamente recente, cujo centro de origem exato ainda é desconhecido, admitindo-se, portanto, que seja

proveniente de sementes de furtos cítricos importados do Tahiti (COELHO, 1993 *apud* JUNQUEIRA, 2009).

O limão Tahiti possui pH em torno de 2,23 e um ácido cítrico de 6,19%, os quais, correlacionados com o tamanho ideal de 45 a 65 mm, apresentam a maior acidez entre as frutas ácidas (GAYET *et al.*, 1995 *apud* BRIGHENTI *et al.*, 2009). Além disso, os níveis de inversão são crescentes, conforme o aumento da quantidade de sumo empregada, mostrando-se como uma alternativa natural de ácido cítrico, o qual é muito utilizado como conservante natural (BRIGHENTI *et al.*, 2009).

- **Ácido Cítrico Alimentício**

O ácido cítrico ou citrato de hidrogênio, 2-hidroxi-1, 2,3-propanotricarboxílico, é um ácido orgânico fraco, que pode ser encontrado nos citrinos. É o mais comum usado na indústria de alimentos, tendo aplicação como regulador do tampão citrato, redutor de pH, controle de crescimento microbiano, aromatizante, mascarador de gosto, ação quelante e cura (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2014). Atualmente, existe um predomínio da síntese do ácido cítrico por via fermentativa, principalmente o processo submerso, que é responsável por mais de 90% da produção, a partir de melaços de cana-de-açúcar e de beterraba, empregando o fungo filamentoso *Aspergillus Niger* (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2014).

Cerca de 70% da produção deste ácido cítrico é utilizada pela indústria de alimentos, 12% pela indústria farmacêutica e 18% por outras indústrias (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2014). Especificamente em melados e bebidas o mesmo age como estimulante de sabor, acidulante e antioxidante (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2014).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse estudo foram analisados melados e rapaduras comercializados e produzidos no laboratório, visando avaliar os parâmetros de qualidade (°Brix, pH, cor ICUMSA, umidade, AR% e cinzas condutimétricas) e compará-los com os padrões da Resolução da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos - CNNPA nº 12, de 1978 e com os resultados encontrados na literatura (Tabela 2).

Os experimentos foram realizados nos laboratórios de Processos e Operações Unitárias e de Tecnologia Sucroalcooleira do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional da Universidade Federal da Paraíba.

#### 3.1 Materiais e Equipamentos

A Tabela 3 apresenta as vidrarias, utensílios e equipamentos com suas respectivas marcas, utilizados para a realização dos experimentos e análises físico-químicas realizadas. Além deles, utilizaram-se caldos da variedade de cana POJ, limões da variedade Tahiti, ácido cítrico alimentício e os reagentes presentes nas Metodologias de Caldas (2011).

Tabela 3: Lista de vidrarias, utensílios e equipamentos utilizados

| Vidrarias                           | Utensílios  | Equipamentos                            |
|-------------------------------------|-------------|---|
| Provetas de 25, 50, 100 e 500 ml    | Algodão     | Dessecadores                            |
| Pipetas graduadas de 1 e 5 ml       | Espátulas   | Banho maria (Login)                     |
| Pipetas volumétricas de 5 e 20 ml   | Panela      | Fogão industrial (Venâncio)             |
| Béqueres de 100 e 600 ml            | Filtro      | Balança semi-analítica (TKS)            |
| Bureta de 25 e 50 ml                | Pré-Filtro  | Balança analítica (Bel Engineering)     |
| Balões volumétricos de 100 e 250 ml | Forma       | Refratômetro digital (Nova Instruments) |
| Funil de vidro                      | Recipientes | PHmetro digital (Technopon)             |
| Placas de Petri                     | Papel filme | Fitas de pH (Qualividros)               |
| Kitassato                           |             | Espectrofotômetro (Biospectro)          |
|                                     |             | Redutec (Solab)                         |
|                                     |             | Bomba a vácuo                           |
|                                     |             | Estufa de secagem (Solab).              |

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

## **3.2 Metodologia**

### **3.2.1 Avaliação físico-química do caldo de cana para produção de melado e rapadura**

Inicialmente, o caldo foi comprado e levado ao laboratório. No mesmo dia, foram realizadas as análises de: cor ICUMSA, pH, AR%, condutividade e cinzas%. Contudo, preferencialmente foram realizadas as análises de cor e pH, pois esses importantes para a caracterização da qualidade do caldo “in natura”.

### **3.2.2 Produção de melado e rapadura**

O caldo após ser analisado físico-quimicamente, foi colocado 990 ml em uma panela de alumínio e aqueceu-o em fogão direto para concentrá-lo. A cada 5 minutos, aferiu-se a temperatura e o °Brix. Entre 35 a 45 minutos adicionou-se a solução de leite de cal (CaO 10%) até pH entre 6,0 e 7,0 e posteriormente, retirou-se as impurezas sobrenadantes da superfície do caldo e prosseguiu-se o aquecimento até o °Brix atingir a faixa de 50 a 60.

### **3.2.3 Inversão ácida da sacarose dos melados e produção da rapadura**

Após o xarope em aquecimento atingir o °Brix estabelecido (de 50 a 60), o sumo de limão ou o ácido cítrico alimentício foram adicionados, favorecendo a inversão.

As quantidades de ácido cítrico foram definidas, segundo Pereira et al. (2006 apud BRIGHENTI *et al.*, 2009), e Brighenti et al. (2009). A quantidade de ácido cítrico ou sumo de limão utilizadas na inversão dos melados produzidos foram adaptadas da metodologia de Barreto et al., (2015), visando obter a inversão mínima de 25% de açúcares redutores.

Foram adicionadas diferentes quantidades de ácidos cítricos ou sumo de limão (Tabela 4) ao caldo, visando avaliar a inversão da sacarose, obtendo-se em torno de 230 ml de melado no final do processo



Tabela 4: Quantidades de ácido cítrico e sumo de limão adicionados ao caldo

| <b>Ácido Cítrico Alimentício (g)</b> | <b>Sumo de Limão (mL)</b> |
|--------------------------------------|---------------------------|
| 0,96                                 | 21,6                      |
| 1,2                                  | 27,6                      |
| 1,44                                 | 33,6                      |

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Em seguida, o xarope continuou a ser concentrado até a temperatura de 106 a 108 °C e uma concentração de 74 a 78 °Brix para produzir o melado.

No caso da rapadura ocorre o mesmo procedimento, a diferença está na utilização de 860 ml de caldo, além de não ser necessária a adição do ácido para inversão, concentrando-se o caldo a temperatura de 114 a 120 °C e até 88 a 91 °Brix. O processo de aquecimento do caldo da cana para a produção do melado e da rapadura em laboratório ocorreu inicialmente em fogo direto (Figura 6), para acelerar o processo de evaporação, mas para finalizar a cristalização colocou-se no banho maria para que o tempo de concentração fosse controlado.

Dessa maneira, foram produzidas 10 amostras de melados e 1 de rapadura. Dentre as 10 amostras de melado encontra-se 1 “branco” (sem inversão ácida), 3 invertidos com sumo de limão e 6 invertidos com AC.

Figura 6: Caldo concentrado em banho maria



Fonte: Autor (2020)

Em seguida, os melados foram analisados físico-quimicamente (°Brix, pH, cor ICUMSA, umidade, AR%, cinzas condutimétricas) para a determinação dos parâmetros de qualidade e comparação com os dados da legislação e da literatura (Tabela 2).

#### **3.2.4 Avaliação de ácido cítrico equivalente ao sumo de limão na inversão de sacarose em melados**

Para otimizar a inversão com ácido cítrico, proporcionalmente ao volume de sumo de limão utilizado, visando padronizar a utilização operacional, foram elaborados novos melados com: 2,13; 2,51 e 4,04 g de ácido cítrico para 164 ml de caldo. Para esses experimentos foram utilizados o caldo 4.

#### **3.2.5 Avaliação dos parâmetros do melado e rapadura comerciais**

O melado e a rapadura comerciais analisados foram adquiridos no comércio local e não tiveram as suas marcas identificadas para preservar os produtores.

#### **3.2.6 Análises físico-químicas do caldo de cana, melado e rapadura**

As metodologias utilizadas para a realização das análises físico-químicas do caldo da cana, melado e rapadura (°Brix, pH, %umidade, cor ICUMSA, AR% e cinzas condutimétricas) são específicas para a indústria sucroalcooleira (CALDAS, 2011).

As análises foram realizadas em triplicadas e procedidas as estimativas da média e desvio-padrão

##### **3.2.6.1 °Brix**

Pesou-se 50,0 g da amostra em um béquer de 100 ml e adicionou-se 50,0 g de água destilada, agitando-se até a completa dissolução. Posteriormente, realizou-se a leitura no refratômetro (CALDAS, 2011).

##### **3.2.6.2 pH**

Pesou-se 50,0 g da amostra em um béquer de 100 ml e adicionou-se 50,0 g de água destilada e agitou-se até completa dissolução. Posteriormente, realizou-se a leitura no potenciômetro (CALDAS, 2011).

### 3.2.6.3 *Umidade*

A umidade das amostras de rapadura e melado foram determinadas, medindo-se inicialmente, o peso das placas de Petri secas e sem amostra. Posteriormente, colocou-se 20,0 g da amostra e levou-se à estufa por 6h a 105°C. A cada 2 horas as amostras foram retiradas e quantificadas seu peso em balança analítica. Para quantificar a umidade total da amostra, utilizou-se a Equação (1).

$$U\% = \left( \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} \right) * 100\% \quad (1)$$

Onde:

U = Umidade em base seca (%);  $m_1$  = massa da placa de Petri + amostra (g);  $m_2$  = massa da cápsula + amostra seca (g); m = massa da cápsula (g).

### 3.2.6.4 *Cor ICUMSA*

A leitura da cor *ICUMSA* (*Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis*) foi determinada, utilizando uma diluição de 5,0 g de caldo de cana, rapadura e melado em água destilada. Em seguida mediu-se o Brix no refratômetro e determinou-se a massa para a análise de cor (Equação 2).

$$m \frac{100}{^{\circ}\text{Brix}_{\text{cor}}} \quad (2)$$

Mediu-se a nova amostra no valor da massa calculada, utilizando a Equação 2, e completou-se para 100,0 g com água destilada, homogeneizando. A amostra foi pré-filtrada com membrana de vidro e em seguida filtrada à vácuo com membrana de 0,45µm. Posteriormente, corrigiu-se o pH até 7,0 com solução de NaOH ou HCl e realizou-se a

leitura da absorbância no espectrofotômetro, em que o valor obtido foi utilizado na Equação (3). Por outro lado, para encontrar a concentração do filtrado utiliza-se a Equação (4).

$$CorICUMSA = \left( \frac{Absorbância}{b * c} \right)$$

(3)

Onde:

b = comprimento da cubeta em cm;

c = concentração do filtrado em g/mL, em função do °Brix.

$$\text{Concentração (g/mL)} = (\text{Brix\%solução} \times \text{densidade aparente}/100)$$

### 3.2.6.5 Açúcares Redutores% (AR%)

O percentual de açúcares redutores (AR%) das amostras foram determinados, em massa, utilizando o método de *Eynon-Lane* (CALDAS, 2011).

#### 3.2.6.5.1 Açúcares Redutores do Caldo

Filtraram-se 100,0 ml da amostra em algodão e encheu-se uma bureta. Prepararam-se 3 béqueres de 100,0 ml adicionando a cada um 5 ml de Fehling A e 5 ml de Fehling B mais 10 ml de água destilada. Verteu-se 5 ml da solução da bureta, na amostra com o licor de Fehling, o qual foi colocado no Redutec, procedendo o aquecimento até ebulição o qual foi mantido por 2 minutos e em seguida adicionou-se 2 ou 3 gotas da solução indicadora de azul de metileno 1%. Em seguida, procedeu-se o gotejamento da solução da bureta sobre o licor de Fehling em ebulição até a mudança de coloração. Anotou-se o volume gasto o qual foi substituído na Equação (5).

$$AR\%caldo = \left( \frac{5}{V_g} \right) * F$$

(5)

Onde:

Vg = Volume gasto na titulação;

F = Fator de correção da concentração do licor de Fehling.

### 3.2.6.5.2 Açúcares Redutores da Rapadura

Pesaram-se 25,0 g da amostra de rapadura, dissolvendo em água deionizada e transferindo para um balão volumétrico de 100 mL, adicionou uma quantidade de padrão de açúcar invertido (2,5 g/l). Posteriormente, completou-se o volume com água destilada e enche-se uma bureta com a solução, lavando-a antes com a mesma solução. No Redutec adicionou-se 5 mL de Fehling A mais 5 mL de Fehling B além de 10 mL de água destilada, os quais foram aquecidos até a ebulição, mantendo-se por 2 min. Em seguida, adicionou-se 3 a 4 gotas do indicador de azul de metileno e por fim, titulou-se até a viragem de cor para o vermelho tijolo, anotou-se o volume gasto para ser utilizado na Equação (6).

$$AR\% \text{ rapadura} = \left[ \left( \frac{100}{V_g \cdot C_t} \right) - \left( \frac{C_s \cdot V_s}{C_t} \right) \right] * F$$

(6)

Onde:

$V_g$  = Volume gasto, em mL, na titulação da amostra;

$C_t$  = Concentração em g/100 mL da solução utilizada (amostra);

$C_s$  = Concentração em g/100 mL da solução de açúcar invertido utilizado na amostra;

$V_s$  = Volume utilizado de açúcar invertido na amostra (mL/100mL);

F = Fator de correção da concentração do licor de Fehling.

### 3.2.6.5.3 Açúcares Redutores do Melado

Pesaram-se 2,5 g da amostra de melado em um béquer de 100 mL adicionou-se água destilada para dissolver a amostra. Transferiu-se para um balão volumétrico de 100 mL e completou-se o volume com água destilada (solução A). Pipetou-se 25,0 mL da solução A para balão volumétrico de 100 mL, adicionou-se 5,0 mL da solução de EDTA 4% e três gotas da solução de hidróxido de sódio 26%, posteriormente, completou-se o volume com água destilada. Encheu-se uma bureta de 50,0 mL com a solução, lavando-a antes com a mesma solução. No Redutec adicionou-se 5 mL de Fehling A mais 5 mL de Fehling B além de 10,0 mL de água destilada, os quais foram aquecidos até a ebulição,

mantendo-se por 2 min, em seguida foram adicionadas 3 a 4 gotas do indicador de azul de metileno. Por fim, titulou-se até a viragem de cor para o vermelho tijolo, anotando-se o volume gasto para ser substituído na Equação (7).

$$AR\% \text{ melado} = \left( \frac{800}{V_g} \right) * F$$

(7)

Onde:

$V_g$  = Volume gasto na titulação;

F = Fator de correção da concentração do licor de Fehling.

### 3.2.6.6 Cinzas Condutimétricas

Filtrou-se a amostra em algodão e pesou-se 5,0 g transferindo-a quantitativamente para balão volumétrico de 100 ml, no qual completou-se o volume com água destilada. Posteriormente, lavou-se a célula de condutividade do equipamento pelo menos três vezes e encheu-a com a solução a ser lida ou caso o equipamento contenha eletrodo no lugar das células, emergi-lo na solução. Dessa forma, fez-se a medida da condutividade das amostras (água, soluções de melado e rapadura) e os valores obtidos foram substituídos na Equação (7).

$$\text{Cinzas condutimétricas \%caldo} = [K. (C_1 - (0,9. C_2))] \quad (7)$$

Onde:

$K = 18 \times 10^{-4}$ ;

$C_1$  = Condutividade da solução da amostra em  $\mu\text{S/cm}$  a  $20^\circ\text{C}$ ;

$C_2$  = Condutividade da água em  $\mu\text{S/cm}$  a  $20^\circ\text{C}$ .

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Avaliação físico-química do caldo de cana para produção de melado e rapadura

As amostras de caldos de cana utilizados na produção de melado e rapadura foram analisadas e os resultados estão apresentados na Tabela 5.

A cana da qual se extraiu o caldo era entregue diariamente no estabelecimento onde foi comprado. Assim que era recebida passava por higienização e acondicionamento. A moenda era lavada no mínimo duas vezes ao dia, proporcionando qualidade ao caldo adquirido e consequentemente aos produtos elaborados.

Apesar de serem utilizados diferentes caldos para a produção dos melados e rapadura, as avaliações serão em percentuais, visando comparar a interferência da temperatura e da inversão no processo e no produto final.

Tabela 5: Parâmetros de qualidade determinados nos caldos de cana analisados

| <b>Parâmetros</b>   | <b>Caldo 1</b> | <b>Caldo 2</b> | <b>Caldo 4</b> |
|---|----------------|----------------|----------------|
| <b>BRIX</b>   | 24,77          | 23,00          | 27,30          |
| <b>pH</b>   | 3,92           | 4,95           | 5,06           |
| <b>Condutividade (<math>\mu\text{S}/\text{cm}\cdot 20^\circ\text{C}</math>)</b> | 339,41         | 256,67         | 225,8          |
| <b>Cinzas Condutimétricas (%m/m)</b>  | 0,57           | 0,45           | 0,39           |
| <b>Cor ICUMSA (UI)</b>  | 2149,88        | 549,11         | 626,15         |
| <b>AR (%m/m)</b>  | 6,23           | 3,29           | 3,87           |

Fonte: Autor (2020)

De acordo com Brieger (1968 apud SOARES, 2017) valores de BRIX acima de 18 indica uma maturação adequada, assim como, a Instrução Normativa nº 19 que determina um teor de sólidos dissolvidos de no mínimo de 15 °Brix (BRASIL, 2013). Por outro lado, Taneja (1986 apud SOARES, 2017) enfatiza que a variedade de cana influencia significativamente no teor de sólidos solúveis. Dessa maneira, todos os caldos utilizados estão com a maturidade adequada e dentro do que determina à normativa, como todos são

provenientes da mesma variedade de cana POJ e do mesmo produtor, os teores encontrados de BRIX são próximos. As diferenças encontradas podem ser provenientes de diversos fatores, como: adubação; irrigação; tipo de solo; tempo de maturação; tempo do corte até a moagem; microrganismos e iluminação adequada.

Os valores de pH obtidos variaram de 3,92 a 5,06, demonstrando que a maioria dos caldos estão dentro da faixa adequada de 5,0 a 5,5 de garapa fresca (MARTUCCI, 1983 apud SOARES, 2017). O pH mais baixo indica que a cana provavelmente estava velha e fermentada. Contudo, o valor de açúcares redutores de caldo 2 é o menor, demonstrando que o açúcar foi perdido ou consumido por microrganismos e não invertido em AR%. Por outro lado, o caldo 1 apresentou um valor de AR% de 6,23, representando a inversão de boa parte da sacarose presente.

Em relação ao AR%, segundo Rodrigues et al. (2018), o valor máximo permitido em caldos deve ser 1,0%. Esse mesmo valor é citado por Brieger (1968 apud OLIVEIRA *et al.*, 1999), dessa maneira, percebe-se que os valores obtidos na Tabela 5 estão bem acima do especificado. Contudo, deve-se levar em consideração os fatores que interferiram na inversão da sacarose do caldo como: características da matéria-prima bem como, a interferência do tempo entre o corte e a moagem e a realização das análises.

Segundo Sartori (2017), quanto mais madura a cana-de-açúcar, menor a quantidade de AR% e menor a condutividade do caldo. Na Tabela 5 percebe-se que para valores de AR% menores a condutividade também é menor, contudo, não necessariamente o caldo que tem o menor AR% tem a menor condutividade e isso pode ser explicado pela variação na composição de sais e minerais do caldo.

Paralelamente a condutividade estão as cinzas condutimétricas, as quais também sofrem influência dos componentes presentes no caldo (HAMERSKI, 2009), ou seja, quanto maior a condutividade maior o teor de cinzas e isso é demonstrado na Tabela 5.

A cor ICUMSA do caldo de cana é influenciada pelos compostos fenólicos e flavonoides e o seu escurecimento se dá pela oxidação, principalmente da clorofila e dos fenólicos (PRATI; MORETT, 2010). Goodacre e Coombs (1978 apud SARTORI, 2017) relatam que a proporção de cor pode ser atribuída as reações enzimáticas, as quais dependem da maturação da cana e do pH do caldo. Percebe-se que na Tabela 5 o caldo 1 possui o menor pH e consequentemente a maior cor, demonstrando que houve oxidação provavelmente acética no meio. Contudo, com os outros caldos leva-se em consideração que a maturação da cana pode ter influência, assim como, não se pode descartar reações enzimáticas diferentes, as quais podem ter interferido nos resultados.



Entretanto, mesmo com todo o cuidado, o caldo apresentava impurezas (Figura 7) que eram decorrentes da moagem, na qual acaba passando bagacilhos e da própria limpeza que não retirou toda a areia contida no colmo da cana. Por esse motivo, foi utilizado um filtro para reter a maior parte das impurezas.

Figura 7: Impurezas contidas no caldo de cana que ficaram retidas no filtro



Fonte: Autor (2020)

## **4.2 Avaliação físico-química dos parâmetros operacionais de tempo de cozimento, temperatura de cozimento, °Brix e grau de inversão de sacarose na produção de melados**

### **4.2.1 Melados invertidos**

O caldo 1 (Tabela 5) foi utilizado na produção dos melados invertidos com ácido cítrico nas concentrações de: 0,96; 1,2 e 1,44g e o caldo 2 com sumo de limão nos volumes de: 21,6; 27,6 e 33,6 ml e os valores referentes as temperaturas e °Brix, durante os processos produtivos estão especificados nas Tabela 6 e 7. Esse acompanhamento foi realizado a cada 5 minutos, ressaltando que nos cinco primeiros minutos não ocorreram variações significativas devido ao pouco tempo de aquecimento, por isso não foram registrados.

Tabela 6: Registros de parâmetros operacionais na produção de melados invertidos com ácido cítrico

| t (min)  | Concentrações de ácido cítrico (g/990mL) |      |                  |      |                  |      |
|----------|--|------|------------------|------|------------------|------|
|          | 0,96                                     |      | 1,2              |      | 1,44             |      |
|          | Temperatura (°C)                         | BRIX | Temperatura (°C) | BRIX | Temperatura (°C) | BRIX |
| 00:05:00 | -  | -    | -                | -    | -                | -    |
| 00:10:00 | 76,9                                     | 22,9 | 98,2             | 23,1 | 97,2             | 26,1 |
| 00:15:00 | 82,5                                     | 23,0 | 97,7             | 23,7 | 99,2             | 27,0 |
| 00:20:00 | 87,7                                     | 23,7 | 98,5             | 24,5 | 98,6             | 27,6 |
| 00:25:00 | 92,5                                     | 23,9 | 98,8             | 26,1 | 99,2             | 28,0 |
| 00:30:00 | 92,5                                     | 24,6 | 98,5             | 26,7 | 99,0             | 30,6 |
| 00:35:00 | 99,3                                     | 26,9 | 98,9             | 29,1 | 99,1             | 33,8 |
| 00:40:00 | 99,2                                     | 27,3 | 99,0             | 30,5 | 99,0             | 35,3 |
| 00:45:00 | 99,0                                     | 28,2 | 100,0            | 38,6 | 99,3             | 38,4 |
| 00:50:00 | 99,5                                     | 29,6 | 100,5            | 44,1 | 99,7             | 44,8 |
| 00:55:00 | 99,5                                     | 32,0 | 101,0            | 55,5 | 100,5            | 54,9 |
| 01:00:00 | 99,4                                     | 38,3 | 101,5            | 60,2 | 102,5            | 59,0 |
| 01:05:00 | 100,0                                    | 41,1 | 103,5            | 70,2 | 106,0            | 76,4 |
| 01:10:00 | 101,0                                    | 53,0 | -                | -    | -                | -    |
| 01:15:00 | 104,5                                    | 55,0 | -                | -    | -                | -    |
| 01:20:00 | 106,5                                    | 74,4 | -                | -    | -                | -    |

Fonte: Autor (2020)

Avaliando os dados da Tabela 6 observa-se a importância da relação da temperatura com o BRIX na concentração do melado, pois esses fatores definem o tempo de cozimento. No melado invertido com 0,96 g de ácido cítrico o cozimento começou com uma temperatura mais baixa que os de 1,2 e 1,44 g, demorando mais tempo, porém, foi mais fácil de conduzir devido ao aumento gradual da temperatura, possibilitando maior controle operacional. Portanto, pode-se afirmar que o controle da temperatura gradual é importante para um bom cozimento, pois nos processos com oscilações de temperatura final as concentrações de °Brix (74 a 78) nos produtos finais não foram dentro do que estabelece a literatura (CEBELLA, 2014). Isso ocorre porque a concentração do xarope se modifica

rapidamente, pois com isso são alteradas as condições de saturação e consequentemente as características do produto, exigindo acompanhados intermitente nessa fase, dificultando a operação de verificação e controle manualmente.

Tabela 7: Registros de parâmetros operacionais na produção de melados invertidos com sumo de limão

| t(min)   | Volume de sumo de limão (mL/990 mL) |       |                     |       |                     |       |
|----------|-------------------------------------|-------|---------------------|-------|---------------------|-------|
|          | 21,6                                |       | 27,6                |       | 33,6                |       |
|          | Temperatura<br>(°C)                 | °Brix | Temperatura<br>(°C) | °Brix | Temperatura<br>(°C) | °Brix |
| 00:05:00 | -                                   | -     | -                   | -     | -                   | -     |
| 00:10:00 | 81,5                                | 27,0  | 79,5                | 23,7  | 99,0                | 25,5  |
| 00:15:00 | 83,0                                | 27,3  | 86,6                | 25,5  | 94,8                | 25,9  |
| 00:20:00 | 89,8                                | 25,6  | 91,0                | 25,9  | 96,2                | 27,4  |
| 00:25:00 | 93,3                                | 28,6  | 99,1                | 29,2  | 98,8                | 30,0  |
| 00:30:00 | 99,2                                | 34,2  | 98,3                | 29,6  | 98,8                | 32,0  |
| 00:35:00 | 99,6                                | 32,9  | 97,5                | 31,1  | 99,2                | 32,9  |
| 00:40:00 | 99,6                                | 35,2  | 99,4                | 32,2  | 98,9                | 36,0  |
| 00:45:00 | 99,7                                | 36,8  | 98,8                | 36,6  | 100,0               | 39,2  |
| 00:50:00 | 100,0                               | 39,5  | 99,0                | 40,0  | 99,0                | 39,5  |
| 00:55:00 | 100,0                               | 46,3  | 100,0               | 44,0  | 100,0               | 47,4  |
| 01:00:00 | 100,0                               | 50,6  | 102,5               | 54,1  | 101,0               | 55,5  |
| 01:05:00 | 101,5                               | 51,3  | 104,5               | 64,4  | 102,5               | 61,0  |
| 01:10:00 | 104,5                               | 60,0  | 107,0               | 68,2  | 104,0               | 64,8  |
| 01:15:00 | 106,0                               | 69,9  | 108,5               | 68,4  | 106,0               | 75,1  |
| 01:20:00 | 106,5                               | 77,0  | -                   | 84,6  | -                   | -     |

Fonte: Autor (2020)

Na Tabela 7 na coluna do °Brix do melado com 21,6 ml de sumo de limão observa-se uma variação que não ocorre nos outros. Isso deve-se a observação no tempo de aquecimento, ou seja, com 20 minutos na maioria dos melados começava a sobrenadar uma espuma (Figura 8) a qual de acordo com Carvalho (2007), contém impurezas como fragmentos sólidos, gomas, mucilagens, cera da cana, entre outros. Quando a espuma é retirada do caldo que está sendo concentrado, arrastam-se sólidos solúveis, interferindo no

°Brix (Figura 9). Com 45 minutos de aquecimento toda a espuma já foi retirada (Figura 10) e o caldo está cada vez mais concentrado, por isso, todo o sólido que restou é contabilizado não havendo variações posteriormente.

Figura 8: Espuma do caldo de cana



Fonte: Autor (2020)

Figura 9: Retirando a espuma



Fonte: Autor (2020)

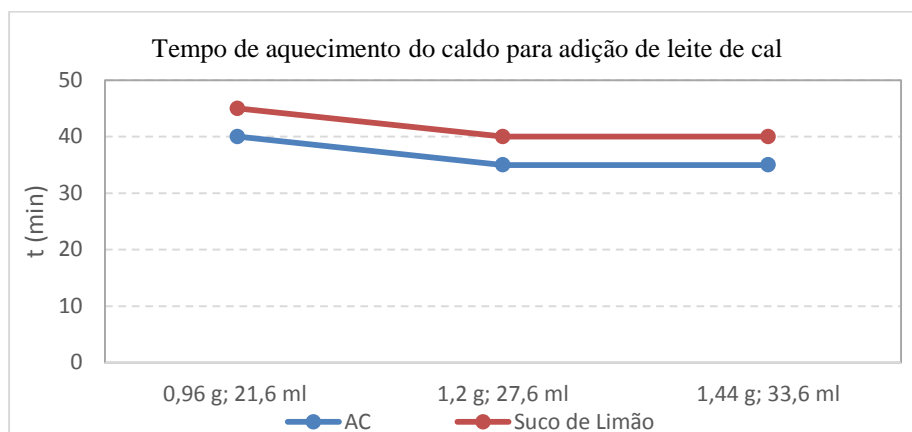
Figura 10: Espuma retirada por completo



Fonte: Autor (2020)

Outro fator importante na concentração do caldo é a adição dos insumos. A Figura 11 mostra os tempos em que os caldos levaram para entrar em ebulição que ocorreu entre 35 a 45 minutos de aquecimento e após isso o leite de cal foi adicionado. O momento de se adicionar o CaO nessa faixa de tempo vai depender exclusivamente da temperatura e da sua variação até o momento no processo.

Figura 11: Tempo em que se adicionou CaO 10% nos caldos invertidos com AC e sumo de limão

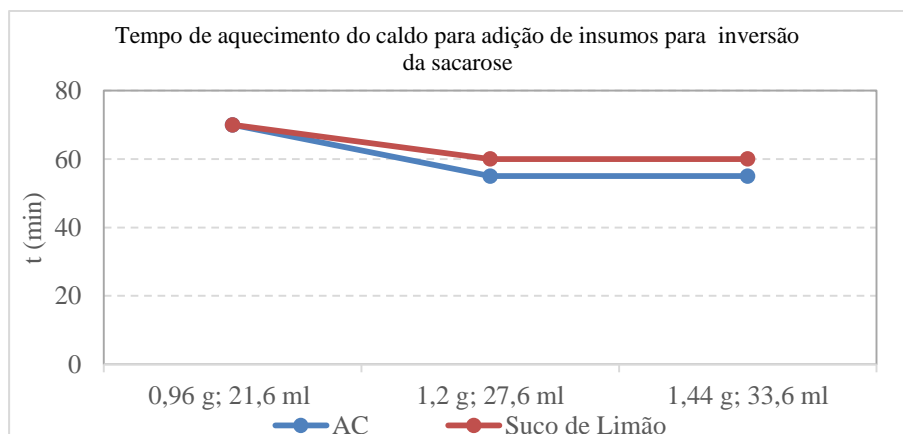


Fonte: Autor (2020)

Tanto o ácido cítrico alimentício como o sumo de limão foram adicionados quando a concentração de sólidos solúveis estava entre 50 a 60 °Brix, conforme Pinto e Coelho (1983 apud CHAVES; FERNANDES; SILVA, 2003).

A Figura 12 mostra o intervalo em minutos, de 55 a 70, que correspondem aos momentos em que as concentrações ficaram na faixa adequada de adição.

Figura 12: Tempo de aquecimento do caldo para adição de ácido cítrico e sumo de limão.



Fonte: Autor (2020)

Após a produção dos melados, os mesmos foram analisados com o intuito de avaliar o impacto do controle de temperatura, tempo de aquecimento e adição de insumos nos parâmetros de qualidade (Tabela 8 e 9). Ressaltando que os açúcares redutores e o pH são influenciados, principalmente pela adição de ácidos, mas não descartamos o fato de a temperatura contribuir para a inversão. Contudo, quanto mais tempo de aquecimento maior será o grau de inversão, consequentemente, a cor também aumenta.

Tabela 8: Parâmetros dos melados invertidos com ácido cítrico alimentício

| <b>Parâmetros</b>  | <b>Concentração de ácido cítrico (g)</b> |            |             |
|--|--|------------|-------------|
|  | <b>0,96</b>                              | <b>1,2</b> | <b>1,44</b> |
| Umidade (%m/m)   | 19,53                                    | 21,91      | 20          |
| Cor (UI)   | 920,54                                   | 657,95     | 915,62      |
| AR%  | 9,13                                     | 10,78      | 12,05       |
| pH   | 5,77                                     | 5,90       | 5,27        |
| Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}-20^\circ\text{C}$ ) | 1162,67                                  | 1039,67    | 848,20      |
| Cinzas Condutimétricas (%m/m)                              | 2,08                                     | 1,86       | 1,51        |

Fonte: Autor (2020)

Tabela 9: Parâmetros dos melados invertidos com sumo de limão

| <b>Parâmetros</b>  | <b>Volume de sumo de limão (mL)</b> |             |             |
|--|-------------------------------------|-------------|-------------|
|  | <b>21,6</b>                         | <b>27,6</b> | <b>33,6</b> |
| Umidade (%m/m)   | 14,29                               | 28,74       | 20,13       |
| Cor (UI)   | 807,44                              | 1.504,52    | 860,54      |
| AR%  | 20,27                               | 22,54       | 33,81       |
| pH   | 4,70                                | 4,64        | 4,33        |
| Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}-20^\circ\text{C}$ ) | 913,70                              | 935,70      | 825,27      |
| Cinzas Condutimétricas (%m/m)                              | 1,63                                | 1,67        | 1,47        |

Fonte: Autor (2020)

Barreto et al. (2015), determina que o percentual mínimo de açúcares redutores do melado é de 25%, e dentre todos os melados produzidos apenas atendeu essa especificação foi o que utilizou 33,6 ml de sumo de limão, apresentando valor de AR% 35% maior que o mínimo especificado (Tabela 9). Comparando com os dados da Tabela 9 com os de °Brix (Tabela 7) foi possível perceber que o melado com 33,6 ml de sumo de limão que apresentou o maior valor de % AR e um °Brix intermediário dando ênfase tanto para a quantidade de suco de limão adicionada como para o limão em si que apresenta outros tipos de ácidos em sua composição. O teor mínimo de AR% estabelecido por Barreto et al. (2015) evita a cristalização, ou “açucaramento”, apenas durante as primeiras semanas de armazenamento, portanto, o produto acaba apresentando menor tempo de vida de prateleira, além de perder suas características físico-químicas e sensoriais (DELGADO; DELGADO, 1999 apud BARRETO *et al.*, 2015).

A desvantagem da utilização do sumo de limão é que dependendo da quantidade adicionada, ocorre interferência no sabor do produto, prejudicando a característica sensorial. Observa-se na tabela 10 que o melado comercial apresenta uma inversão de AR de 78,70, justamente para ter o tempo de vida útil de aproximadamente 1 ano.

Entre os melados produzidos e o comercial o melado produzido com 27,6 ml de sumo de limão apresentou maiores concentração e cor ICUMSA (Tabela 10). Salientando que a legislação não possui nenhum padrão para a cor do melado, apenas a referência sensorial e levando em consideração que a literatura apresenta apenas a cor comparativa entre amostras, utilizamos o produto comercial como referência. Comparando a cor do melado comercial com a dos produzidos, apenas o melado com 27,6 ml de sumo de limão apresentou a cor maior que o comercial em 39,8% e os demais foram inferiores.

Tabela 10: Parâmetros de qualidade determinados em melado comercial

| <b>Parâmetros</b>  | <b>Melado Comercial</b> |
|--|-------------------------|
| BRIX   | 68,00                   |
| Umidade (%m/m)   | 8,74                    |
| Cor  | 1.076,91                |
| AR (%m/m)  | 78,70                   |
| pH   | 3,91                    |
| Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}-20^\circ\text{C}$ ) | 957,50                  |
| Cinzas Condutimétricas (%m/m)                              | 1,72                    |

Fonte: Autor (2020)

O controle do tempo de aquecimento e da temperatura mantém a cor em um padrão regular, isso porque à medida que o caldo vai concentrando e a temperatura vai aumentando ocorrendo a reação de Maillard, a qual gera compostos com pigmentação escura e de alto peso molecular, estes em sua maioria são polímeros com nitrogênio em sua molécula, denominados melanoidinas (BOBBIO; BOBBIO, 1995 apud COSTA; MELO, 2017). O ácido cítrico quando foi adicionado atuou como inibidor de escurecimento enzimático, principalmente o limão, reduzindo a cor do produto, havendo apenas interferência da reação de Maillard (SANTOS, 2014). Alguns melados apresentaram cor maior do que a esperada, provavelmente devido a diferença existente entre os limões utilizados na inversão, assim como, variação da qualidade do ácido cítrico, pois esse apesar de ser industrializado era de grau alimentício e não analítico, podendo apresentar variação.

A condutividade dos melados (Tabelas 8, 9 e 11) são maiores que das matérias-primas (Tabela 3). Isso porque segundo Ruas (1993 apud HAMERSKI, 2009), a adição de reagentes no processo de clarificação e neutralização aumentam o teor de cátions e ânions dissociados do caldo, influenciando no processo de solubilização das substâncias e no aumento ou redução do valor de cinzas. De acordo com Vilela (2016) a condutividade deve ficar entre 142,7 a 922,5 e os valores encontrados em 4 amostras superam esse valor. Entretanto, o melado comercial (Tabela 10) também supera esse valor, sendo assim, a faixa de condutividade pode ser bem maior do que o apresentando por Vilela (2016). Segundo Carvalho *et al.* (2005), esse parâmetro físico-químico tem correlação com as cinzas, pH, acidez, condições de cultivo e do solo, assim como, a concentração da amostra.



Conforme Brasil 1978, o teor de cinzas tem que ser abaixo de 6%, e os teores encontrados variam entre 1,47 a 2,08%, ou seja, todos estão dentro do permitido pela legislação brasileira.

#### 4.2.2 Produção de amostra de melado em branco

Para comparar os melados produzidos foi produzido um melado, com o caldo 1, sem utilizar insumos para inversão da sacarose, denominado de branco. A Tabela 11 mostra os seus parâmetros físico-químicos.

Tabela 11: Parâmetros de qualidade determinados no melado em branco

| Parâmetros   | Melado em branco |
|--|------------------|
| BRIX   | 86,0             |
| Umidade (%m/m)   | 4,94             |
| Cor (UI)   | 1.820,42         |
| AR (%m/m)  | 16,32            |
| pH   | 7,10             |
| Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}-20^{\circ}\text{C}$ ) | 1.033,33         |
| Cinzas Condutimétricas (%m/m)                                | 1,85             |

Fonte: Autor (2020)

Comparando a Tabela 11 com os dados da legislação (Tabela 2) percebe-se que a umidade o pH e as cinzas estão coerentes, porém o °Brix está acima do especificado e o %AR que representa a inversão da sacarose, que foi causado pela temperatura está abaixo do exigido, podendo cristalizar durante o armazenamento. Essa inversão foi maior que a dos melados invertidos com ácido cítrico (Tabela 8), mas deve-se levar em consideração que o caldo inicial já possuía um AR% elevado (Tabela 5).

Podemos observa-se que o pH no branco de melado está um pouco acima da neutralidade, demonstrando que a utilização do CaO a 10%, interfere no produto final, ressaltando que o excesso desse interfere no % de cinzas condutimétricas.

#### 4.2.3 Cristalização durante o armazenamento dos melados produzidos

As Figuras 13, 14, 15 e 16 ilustram o estado branco de melado durante o armazenamento a cada semana, possibilitando observar que quanto mais o tempo passa mais cristalizado ele fica. A cristalização começa da parte externa e se alastra por toda superfície para posteriormente, cristalizar camada por camada até a parte de baixo.

Figura 13: Cristalização após uma semana      Figura 14: Cristalização após duas semanas



Fonte: Autor (2020)



Fonte: Autor (2020)

Figura 15: Cristalização após três semanas      Figura 16: Cristalização após quatro semanas



Fonte: Autor (2020)



Fonte: Autor (2020)

A cristalização ocorre da mesma forma dos outros melados invertidos (Figuras 17, 18 e 19) que também não atingiram o mínimo necessário de AR%, diferenciando na formação dos cristais, pois ocorreu em pequenos cristais em todo o melado e foi aumentando gradativamente. Além disso, foi possível verificar que o único melado que não cristalizou foi o que atingiu o %AR acima do mínimo especificado na legislação, demonstrando a importância do controle desse parâmetro para a preservação das características do produto (Figura 20).

Figura 17: Recipiente do melado invertido com 1,44 de AC na 1ª semana



Fonte: Autor (2020)

Figura 18: Recipiente do melado invertido com 21,6 ml de limão na 1ª semana



Fonte: Autor (2020)

Figura 19: Melado invertido com 22 ml de limão na 3ª semana



Fonte: Autor (2020)

Figura 20: Melado invertido com 33,6 ml de limão na 4ª semana



Fonte: Autor (2020)

#### 4.2.4 Avaliação de ácido cítrico equivalente ao sumo de limão na inversão de sacarose em melados

Na busca por proporções entre ácido cítrico e limão na sua capacidade de inversão realizou-se a produção de novos melados invertidos com AC.

A Tabela 12 mostra as proporções de ácido cítrico calculados com uma regra de três simples para produzir melados com maiores valores de açúcares redutores (% AR) para atender a especificação da literatura e padronizar o procedimento operacional.

Tabela 12: Quantidade de ácido cítrico calculada de forma proporcional com relação ao volume de sumo de limão

| <b>Ácido Cítrico Alimentício<br/>(g)</b> | <b>Sumo de Limão<br/>(ml)</b> | <b>AR (%) Desejada</b> | <b>AR (%) Obtida</b> |
|--|-------------------------------|------------------------|----------------------|
| 2,13                                     | 21,6                          | 20,27                  | 22,74                |
| 2,51                                     | 27,6                          | 22,54                  | 18,56                |
| 4,04                                     | 33,6                          | 33,81                  | 27,12                |

Fonte: Autor (2020)

Observando os dados da Tabela 12, percebe-se que a proporção não foi numericamente atingida, mas quando foi utilizado 4,04g de ácido cítrico foi possível atingir o %AR mínimo exigido pela literatura. As variações dos valores de AR% foram provavelmente causadas pela pureza do ácido cítrico, qualidade do caldo e as características dos limões utilizados, pois os frutos são diferentes entre si em razão das condições de plantação até chegar ao consumidor, influenciando principalmente no quão ácido o mesmo pode ser.

Na Tabela 13 é possível verificar que o pH das amostras foram decrescentes na medida em que a concentração do ácido aumentou, a cor variou um pouco, provavelmente em razão do controle operacional da temperatura ser manual e o °Brix apresentou valores próximos.

Tabela 13: Parâmetros de qualidade de melado invertido com ácido cítrico equivalente ao sumo de limão

| <b>Parâmetros/Quantidade</b> | <b>2,13 g</b> | <b>2,51 g</b> | <b>4,04 g</b> |
|------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Cor (UI)                     | 107,20        | 149,49        | 92,45         |
| BRIX                         | 74,40         | 74,60         | 76,00         |
| pH                           | 4,59          | 4,52          | 4,02          |

Fonte: Autor (2020)

Os valores de pH estão de acordo com Barreto *et al.* (2015), exceto para as amostras produzidas com ácido cítrico ou lima ácida, onde os valores foram: 5,0 e 6,5. Vilela (2016) determinou valores entre 3,2 e 5,4 com adição de ácido.

#### **4.2.5 Produção e avaliação dos parâmetros físico-químicos da rapadura**

Para produzir a rapadura foi utilizado o caldo 4, os parâmetros de processo (temperatura, tempo de aquecimento e °Brix) foram acompanhados, visando avaliar o impacto nas análises físico-químicas e ainda comparar com o produto comercial.

A Tabela 14 apresenta o acompanhamento do °Brix mediante a variação da temperatura e do tempo a cada 5 minutos na produção da rapadura.

Tabela 14: Registros de parâmetros operacionais na produção de rapadura

| t (min)  | Rapadura         |      |
|----------|------------------|------|
|          | Temperatura (°C) | BRIX |
| 00:05:00 | -                | -    |
| 00:10:00 | 100,0            | 27,6 |
| 00:15:00 | 97,8             | 27,9 |
| 00:20:00 | 96,9             | 28,3 |
| 00:25:00 | 98,3             | 30,3 |
| 00:30:00 | 95,2             | 32,9 |
| 00:35:00 | 96,1             | 33,4 |
| 00:40:00 | 98,6             | 34,2 |
| 00:45:00 | 99,4             | 43,4 |
| 00:50:00 | 100,5            | 45,8 |
| 00:55:00 | 102,0            | 55,2 |
| 01:00:00 | 105,5            | 60,9 |
| 01:05:00 | 115,5            | 88,5 |
| 01:10:00 | -                | -    |
| 01:15:00 | -                | -    |
| 01:20:00 | -                | -    |

Fonte: Autor (2020)

Observa-se que a temperatura se manteve alta, o que fez com que o processo de produção fosse rápido, contudo, o BRIX alcançado foi de 88,5, atendendo a especificação da literatura (88 a 91).

A Tabela 15 apresenta os parâmetros de qualidade da rapadura produzida. Como não existe na literatura e nem na legislação parâmetro de cor para a rapadura, foi utilizado o valor do produto comercial como referência (Tabela 16).

Tabela 15: Parâmetros de qualidade determinados na rapadura produzida

| <b>Parâmetros</b>  | <b>Rapadura</b> |
|--|-----------------|
| BRIX   | 88,5            |
| Umidade (%m/m)   | -               |
| Cor IMCUSA (UI)  | 1.711,72        |
| AR (%m/m)  | 9,35            |
| pH   | 7,87            |
| Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}-20^\circ\text{C}$ ) | 940,50          |
| Cinzas Condutimétricas (%m/m)                              | 1,68            |

Fonte: Autor (2020)

Avaliando os dados da Tabela 15 podemos perceber que o pH está básico em razão da adição da solução de leite de cal ( $\text{CaO}$  a 10%). A condutividade aumentou em relação ao caldo, assim como, as cinzas, demonstrando a interação entre esses parâmetros já mencionadas.

Sabe-se que os produtos artesanais derivados da cana-de-açúcar são ricos em sais e minerais. A análise que possibilita “superficialmente” ter uma noção desse fato é justamente a condutividade. De acordo com Faria (2012), teores elevados de condutividade podem corresponder a altos teores de potássio. Contudo, existem outros sais e minerais na composição da rapadura e do melado, como: ferro, manganês, magnésio, fósforo, sódio, cobre, zinco, cálcio (NOGUEIRA *et al.*, 2009).

Dessa maneira, observa-se que existe uma qualidade nutricional nesses produtos artesanais, as quais podem ser importantes para pessoas com anemia, com deficiência de minerais ou que precisam de uma alimentação mais nutritiva (FAGUNDES, 2010). Além disso, vale salientar que os valores dos nutrientes não são fixos já que a matéria-prima possui variação nutricional devido a fatores do solo e da forma como foi conduzido o seu desenvolvimento até a maturação.

Tabela 16: Parâmetros determinados na rapadura comercial

| <b>Parâmetros</b>                         | <b>Rapadura Comercial</b> |
|---|---------------------------|
| BRIX                                      | 93,0                      |
| % Umidade                                 | 1,05                      |
| Cor ICUMSA (UI)                           | 982,54                    |
| AR%                                       | 19,84                     |
| pH  | 5,92                      |
| Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) | 557,5                     |
| Cinzas Condutimétricas (%)                | 1,00                      |

Fonte: Autor (2020)

A Tabela 16 mostra os dados análise físico-químicas da rapadura comercial, onde os valores de pH baixo e AR% elevado mostram que o produto está se degradando, pois, a sacarose já está sendo invertida, pois a quantidade de AR% está elevado para ter sido conseguido apenas com temperatura. A cor da rapadura produzida é 74% maior do que a comercial, entretanto, está próxima a cor do melado produzido.

A consistência da rapadura produzida é um fator importante para a manutenção das características do produto durante o armazenamento (Figura 21),

Cebella (2014) ressaltou que mesmo que a concentração da rapadura esteja dentro das especificações é necessário adicionar bicarbonato de sódio para facilitar a granulação do açúcar e a massa ficar bem mais consistente, adquirindo-se padronização. Contudo, o bicarbonato não foi adicionado a rapadura produzida e por esse motivo foi obtida uma consistência mais macia, a qual lembra uma rapadura batida e uma cor mais elevada.

Figura 21: Rapadura produzida no laboratório



Fonte: Autor (2020)



## 5 CONCLUSÕES

A qualidade do caldo utilizado interfere nas características do melado e da rapadura, mas como a qualidade da matéria-prima não pode ser controlada completamente, pois depende de diversos fatores inclusive os climáticos e do solo, então os procedimentos operacionais precisam ser regulamentados para que a qualidade dos produtos seja obtida.

O processo de produção do melado e da rapadura são artesanais, mas foi possível estabelecer uma relação entre a temperatura de aquecimento, tempo e °Brix, estabelecendo um procedimento operacional onde o produto final apresente as especificações das análises físico-químicas exigidas na literatura.

Foi possível determinar que 33,6 ml de sumo de limão e 4,04 g de AC invertem a sacarose do melado, preservando as características durante o armazenamento por um pequeno tempo. Entretanto, novas proporções podem ser avaliadas.

A qualidade dos insumos adicionados durante o processamento interfere no produto final e podem ser demonstrados pelas análises físico-químicas do produto final.

Os parâmetros de qualidade físico-químicos se relacionam, reforçando a importância da padronização e adequação do processo de produção.

Além disso, a inversão da sacarose é um parâmetro importante para a vida útil no mercado do melado, ressaltando que o sumo do limão demonstrou mais eficiência na capacidade de inversão. Contudo, dependendo da quantidade adicionada pode interferir nas características sensoriais do produto.

O controle da inversão da sacarose durante a produção da rapadura é fundamental para garantir a cristalização e a preservação durante o armazenamento.

Dessa forma, os resultados obtidos no presente trabalho, aliados à estudos similares, pode auxiliar na construção básica dos parâmetros operacionais desses produtos artesanais proporcionando parâmetros para futura padronização do melado e da rapadura, conferindo qualidade e credibilidade ao consumidor, já que estão retornando a mesa do brasileiro.

Por fim, vale salientar que o presente trabalho buscou padronizar e otimizar alguns parâmetros de produção do melado e da rapadura, entretanto, algumas análises que poderiam ser acrescentadas não foram possíveis em razão da paralisação no país devido ao COVID-19.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADITIVOS & INGREDIENTES. **As Propriedades do Ácido Cítrico e sua Aplicação Industrial**, 2014. Disponível em: < file:///C:/Users/c% C3%A2ndido/Documents/TCC/Invers% C3%A3o% 20 de% 20melado/% C3%A1cido% 20c% C3%ADtrico.pdf >. Acesso em: 01/03/2020.

ALBUQUERQUE, F. M. **Processo de Fabricação do Açúcar**. Editora Universitária, UFPE. 2011.

ANÁLOGICA, I. C. **Temperatura: Histórico e Conceitos**, 2013. Disponível em: < http://www.analogica.com.br/arquivos/art-002-teperatura-historico-e-conceitos.pdf> Acesso em: 17/02/2020.

AZEVEDO, E. B. **Engenhos do Recôncavo Baiano**, 2009. Disponível em: < http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/ColRotPat7\_EngenhosReconcavoBaiano\_m.pdf >. Acesso em: 08/02/2020.

BAER, Werner. **A industrialização e o desenvolvimento econômico do Brasil**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1965.

BARRETO, P. P. A. F. A. P; BETTANI, S. R; BORGES, M. T. M. R; BERNARDI, M. R. V. **Avaliação Físico-Química e Sensorial de Diferentes Melados**, 2015. Disponível em: < file:///C:/Users/c% C3%A2ndido/Documents/TCC/Produ% C3%A7% C3%A3o% 20Melado, % 20rapadura% 20e% 20a% C3%A7% C3%BAcar/diferentes% 20melados.pdf >. Acesso em: 09/02/2020.

BELÉ, J. S. A. H. S. **Análise da Qualidade Microbiológica e Sujidades em Melado de Cana-de-Açúcar**, 2019. Disponível em: < https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/11104/BEL% C3%89\_Jh% C3%A9ssica\_2019.pdf?sequence=4&isAllowed=y >. Acesso em: 14/02/2020.

BETTANI, S. R.; LAGO, C. E.; FARIA, D. A. M.; BORGES, M. T. M. R.; VERRUMA-BERNARDI, M. R. **Avaliação físico-química e sensorial de açúcares orgânicos e**

**convencionais.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.16, n.2, p.155-162, 2014.

**BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução RDC nº 14, de 28 de março de 2014,** 2014. Disponível em: < [www.anvisa.gov.br](http://www.anvisa.gov.br)>. Acesso em: 16/02/2020.

**BRASIL. Instrução Normativa Nº 19,** de 19 de julho de 2013. Disponível em: < [file:///C:/Users/diind\\_sulamita/Downloads/IN%20N%C2%BA%2019%20de%2019%20de%20junho%20de%202013.pdf](file:///C:/Users/diind_sulamita/Downloads/IN%20N%C2%BA%2019%20de%2019%20de%20junho%20de%202013.pdf) >. Acesso em: 18/03/2020.

**BRASIL. Resolução 12/33 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Normatização brasileira relativa a açúcar mascavo, melado e rapadura,** 1978. Disponível em: < <http://www.panelamonitor.org/media/dcrepo/document/files/normatizacao-brasileira-relativa-a-acucar-mascavo-melado-e-rapadura.pdf> >. Acesso em: 10/02/2020.

**BRASIL. Senado Federal. Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais,** 2006. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2006/Lei/L11326.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11326.htm). Acesso em: 10/02/2020.

**BRAUN, C. L. K. Avaliação Físico-Química, Microbiológica e de Sujidades de Rapaduras Artesanais Produzidas na Baixada Cuiabana, Mato Grosso, Brasil,** 2015. Disponível em: <[file:///C:/Users/c%C3%A2ndido/Documents/TCC/2013\\_carla\\_luciane\\_kreutz\\_braun.pdf](file:///C:/Users/c%C3%A2ndido/Documents/TCC/2013_carla_luciane_kreutz_braun.pdf)>. Acesso em: 08/02/2020.

**BRIGHENTI, D. M; CARVALHO, C. F; BRIGHENTI, C. R. G; CARVALHO, S. M. Inversão da Sacarose Utilizando Ácido Cítrico e Suco de Limão para Preparo de Dieta Energética de Apis Mellifera Linnaeus,** 1758, 2009. Disponível em: < <file:///C:/Users/c%C3%A2ndido/Documents/TCC/Invers%C3%A3o%20de%20melado/Invers%C3%A3o%20utilizando%20%C3%A1cido.pdf> >. Acesso em: 22/02/2020.

CARVALHO, R. F. **Beneficiamento dos Derivados da Cana de Açúcar**, 2007. Disponível em: < file:///E:/Faculdade/ProjetoPROBEX3/Artigos/Espuma.pdf >. Acesso em: 20/03/2020.

CALDAS, C. S. **Novo Manual para Laboratórios Sucroalcooleiros**, 2011. Disponível em: < file:///C:/Users/c%C3%A2ndido/Downloads/Livro%20-%20Celso%20Caldas.pdf >. Acesso em: 22/02/2020.

CERBELLA, H. **Fabricação de Açúcar Mascavo, Melado e Rapadura**, 2014. Disponível em: < file:///C:/Users/c%C3%A2ndido/Documents/TCC/Produ%C3%A7%C3%A3o%20Melado,%20rapadura%20e%20a%C3%A7%C3%BAcar/cpp.pdf >. Acesso em: 09/02/2020.

CESAR, M. A. Z; SILVA, F. C. **Pequenas Indústrias Rurais da Cana-de-Açúcar: Melado, Rapadura e Açúcar Mascavo**, 2003. Disponível em: <file:///C:/Users/c%C3%A2ndido/Documents/TCC/hist%C3%B3ria/Pequenasindústriasrurais\_000ft7j8ao102wyiv80ukm0vf70megy1.pdf >. Acesso em: 06/02/2020.

CHAVES, J. B. P. **Como Produzir Rapadura, Melado e Açúcar Mascavo**. Viçosa/MG, CPT. 2008.

CHAVES, J. B. P; FERNANDES, A. G; SILVA, C. A. B. **Produção de Açúcar Mascavo, Melado e Rapadura**, 2003. Disponível em: < file:///C:/Users/c%C3%A2ndido/Documents/TCC/Produ%C3%A7%C3%A3o%20Melado,%20rapadura%20e%20a%C3%A7%C3%BAcar/rapadura.pdf >. Acesso em:22/02/2020.

COSTA, I. H. L; MELO, C. W. B. **Reação de Maillard em alimentos: um estudo de revisão**, 2017. Disponível em: < file:///C:/Users/c%C3%A2ndido/Documents/TCC/Rea%C3%A7%C3%B5es/Rea%C3%A7%C3%A3o%20de%20Maillard.pdf >. Acesso em: 22/03/2020.

FAGUNDES, A. D. R. **Características nutricionais com ênfase no ferro e capacidade antioxidante de melados produzidos em Santa Catarina**, 2010. Disponível em: < https://core.ac.uk/download/pdf/30375582.pdf >. Acesso em: 30/03/2020.

FARIA, D. A. M. **Estudo nutricional e sensorial de açúcares cristal, refinado, demerara e mascavo orgânicos e convencionais**. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, SP. 2012

FOOD INGREDIENTS BRASIL. **Aplicações do Ácido Cítrico na Indústria de Alimentos**, 2014. Disponível em: < file:///C:/Users/c%C3%A2ndido/Documents/TCC/Invers%C3%A3o%20de%20melado/%C3%A1cido%20citrico%20pdf.pdf >. Acesso em: 01/03/2020.

JERÔNIMO, E. M. **Produção de açúcar mascavo, rapadura e melado no âmbito da agricultura familiar e sua importância na alimentação humana**, 2018. Disponível em: < http://agbbauru.org.br/publicacoes/Alimentando2ed/pdf/Alimentando2ed-07.pdf >. Acesso em: 03/03/2020.

JUNQUEIRA, L. P. **Fenologia e Características Físicas da Lima Ácida “Tahiti” Cultivada Sob Irrigação no Distrito Federal**, 2009. Disponível em: < https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/1507/1/2009\_LiviaPereiraJunqueira.pdf >. Acesso em: 22/02/2020.

LIMA, R. B; **Processo de clarificação de caldo de cana-de-açúcar aplicando elétrons acelerados**. São Paulo, 2012.

MACEDO, José Dionísio Borges. **Rapadura: uma arte que atravessa os tempos: fonte de renda para a agricultura familiar de Senhor do Bonfim**, Bahia, Salvador, BA, v. 8. 2008

MACHADO<sup>1</sup>, F. B. P. **Brasil, a doce terra - História do Setor**, 2012. Disponível em: < https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/historia\_da\_cana\_000fhc62u4b02wyiv80efhb2attuk4ec.pdf >. Acesso em: 22/09/2019.

MACHADO<sup>2</sup>, S. S. **Tecnologia da fabricação do açúcar**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás: IFG-Inhumas, 2012.

MARIN, F. R. **Eficiência de Produção da Cana-de-Açúcar Brasileira: Estado Atual e Cenários Futuros Baseados em Simulações Multimodelos**, 2014. Disponível em: < [https://teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/11/tde-22082014112751/publico/Tese\\_Livre\\_Docente\\_Fabio.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/11/tde-22082014112751/publico/Tese_Livre_Docente_Fabio.pdf) >. Acesso em: 07/02/2020.

MARTINS, M. B; SILVA, D. M. **Monitoramento da qualidade de concentradores de sólidos (brix): um estudo de caso**, 2016. Disponível em: < [http://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/MONITORAMENTO%20DA%20QUALIDADE%20DE%20CONCENTRADORES%20DE%20S%3%93LIDOS%20\(BRIX\)%20UM%20ESTUDO%20DE%20CASO.pdf](http://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/MONITORAMENTO%20DA%20QUALIDADE%20DE%20CONCENTRADORES%20DE%20S%3%93LIDOS%20(BRIX)%20UM%20ESTUDO%20DE%20CASO.pdf) >. Acesso em: 22/02/2020.

MENEZES, C. A. **A Cultura do Açúcar: Uma Herança dos os Antigos Engenhos de Alagoas**, 2009. Disponível em: <file:///C:/Users/c%C3%A2ndido/Documents/TCC/hist%C3%B3ria/Engenhos%20hist%C3%B3ria.pdf>. Acesso em: 06/02/2020.

MOTA, D. M; PORTO, E. A. S; COSTA, J. A; FRANÇA, R. F. S; CERRONI, M. P; NÓBREGA, A. A; SOBEL, J. **Intoxicação por Exposição à Rapadura em Três Municípios do Rio Grande do Norte, Brasil: Uma Investigação de Epidemiologia de Campo**, 2011. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/sausoc/v20n3/22.pdf> >. Acesso em: 13/02/2020.

MURILO, M. M. C. **Fundamento em Química Experimental**, 2009. Disponível em: < [https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/13408/2/Conceitos%20e%20Metodos%20V1\\_Fundamentos%20em%20Quimica%20Experimental.pdf](https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/13408/2/Conceitos%20e%20Metodos%20V1_Fundamentos%20em%20Quimica%20Experimental.pdf) >. Acesso em: 18/02/2020.

NETO, A. C; ROSSIGNOLI, P. A; CAMPOS, J. A. A. **Sujidades Leves em Rapaduras Artesanais Produzidas na Região Metropolitana de Cuiabá, Mato Grosso**, 2017. Disponível em: < <file:///C:/Users/c%C3%A2ndido/Documents/TCC/Produ%C3%A7%C3%A3o%20Melado,%20rapadura%20e%20a%C3%A7%C3%BAcar/sujidades%20em%20rapadura.pdf> > . Acesso em: < 16/02/2020.

NETO, M. P. **A Escravidão Indígena e o Bandeirante no Brasil Colônia: Conflitos, Apresamentos e Mitos**, 2015. Disponível em: < <http://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos> >

/78/EDITORA/catalogo/escravizacao\_%20indigena\_e\_o\_bandeirante\_no\_brasil\_colonial.pdf >. Acesso em: 06/03/2020.

NOGUEIRA, F. S; FERREIRA, K. S; JUNIOR, J. B. C; PASSONI, L. C. **Minerais em melados e em caldos de cana**, 2009. Disponível em: < file:///C:/Users/c%C3%A2ndido/Docum ents/TCC/Produ%C3%A7%C3%A3o%20Melado,%20rapadura%20e%20a%C3%A7%C3%BAcar/05.pdf >. Acesso em: 06/03/2020.

OLIVEIRA, J. C; NASCIMENTO, R. J; BRITTO, W. S. F. **Demonstração dos custos da cadeia produtiva da rapadura: estudo realizado no Vale do São Francisco**. Recife, v. 3, Edição Especial, maio 2007.

PINHO, A. C; SILVA, B. P. P. C; I. C. C. B; SILVA, A. S; SOUZA, E. C. **Caracterização Físico-Química do Melado de Cana Produzido no Município de Igarapé-Miri-Pa**, 2015. Disponível em: < http://www.abq.org.br/cbq/2015/trabalhos/10/8259-19102.html >. Acesso em: 07/03/2020.

PAIXÃO, L. L; CARDOZO, R. M. D; DUARTE, F. C; TEIXEIRA, L. R; DANTAS, M .R; GOMES, H. G. M. **Caracterização físico-química de rapaduras obtidas por diferentes processos tecnológicos**, 2018. Disponível em: < https://even3.blob.core.windows.net/anais/81668.pdf >. Acesso em: 06/03/2020.

POLETTE, C. M. V. **Caracterização Físico-Química e Sensorial de Melados Comerciais de Cana-de-Açúcar**, 2019. Disponível em: < https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/10960/POLETTE\_Carolina\_2019.pdf?sequence=8&isAllowed=y>. Acesso em: 09/02/2020.

RIBEIRO, C.A.F; BLUMER, S.A.G; HORII, J. **Fundamentos da Tecnologia sucroalcooleira**. Universidade Federal de São Paulo. Piracicaba, 1999.

RODRIGUES, J.D.; JADOSKI, C. J.; FAGAN, E. B.; ONO, E. O.; SOARES, L. H.; DOURADO NETO, D. **Fisiologia da produção de cana-de-açúcar**. São Paulo: Editora Andrei, 2018.

RODRIGUES, L. D. **A Cana-de-Açúcar como Matéria-Prima para a Produção de Biocombustíveis: Impactos Ambientais e o Zoneamento Agroecológico como Ferramenta para Mitigação**, 2010. Disponível em: < <http://atividaderural.com.br/artigos/5601927a79cad.pdf> >. Acesso em: 07/02/2020.

SEBRAE. **Artesanato Brasil**, 2016. Disponível em: < [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS\\_CHRONUS/bds/bds.nsf/dfad41051c6d27627519027375a462c0/\\$File/6078.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/dfad41051c6d27627519027375a462c0/$File/6078.pdf) >. Acesso em: 10/02/2020.

SILVA, C. M. **A Produção Artesanal e Agricultura Familiar de Várzea Grande/MT**, 2010. Disponível em: < [https://www.ufmt.br/ufmt/site/userfiles/file/adr/Disserta%C3%A7%C3%B5es/Dis\\_serta%C3%A7%C3%A3o\\_CarlosMagno.pdf](https://www.ufmt.br/ufmt/site/userfiles/file/adr/Disserta%C3%A7%C3%B5es/Dis_serta%C3%A7%C3%A3o_CarlosMagno.pdf) >. Acesso em: 08/02/2020.

SILVA, I. M. L. **O Mundo Entorno do Engenho Sergipe**, 2013. Disponível em: < <file:///C:/Users/c%C3%A2ndido/Documents/TCC/hist%C3%B3ria/Engenhos.pdf> >. Acesso em: 06/02/2020.

SILVA, M. M. P. **Caracterização da Produção e Avaliação de Indicadores de Qualidade Tecnológica de Amostras de Melado do Estado de São Paulo**, 2012. Disponível em: < <file:///C:/Users/c%C3%A2ndido/Documents/TCC/hist%C3%B3ria/rapadura%20e%20melado.pdf> >. Acesso em: 10/02/2020.

SOARES, E. A. **Avaliação Físico-Química e Sensorial de Caldo de Cana-de-Açúcar**, 2017. Disponível em: < [file:///C:/Users/diind\\_sulamita/Downloads/Par%C3%A2metros%20do%20caldo.pdf](file:///C:/Users/diind_sulamita/Downloads/Par%C3%A2metros%20do%20caldo.pdf) >. Acesso em: 18/03/2020.

SOUZA, I. P. **Do engenho à usina: estudo diacrônico da terminologia do açúcar**, 2007. Disponível em: < [https://teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8142/tde-26102007-154413/publico/DISSERTACAO\\_IVAN\\_PEREIRA\\_SOUZA.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8142/tde-26102007-154413/publico/DISSERTACAO_IVAN_PEREIRA_SOUZA.pdf) >. Acesso em: 01/03/2020.

THEODORO, A. D. **Expansão da cana-de-açúcar no Brasil: ocupação da cobertura vegetal do cerrado**. 2011, Araçatuba. FTA, 2011.



VIEIRA, A. **Madeira, Canaviais, Engenhos e Escravos**, 2018. Disponível em: < file:///C:/Users/c%C3%A2ndido/Downloads/C-RotaOBranco\_02.pdf >. Acesso em: 07/02/20.

VIEIRA, J. P. L; BAHIENSE, D. V; SILVA, S. M. **Produção Acadêmica sobre Sucessão Rural e Agricultura Familiar: Uma Análise do Contexto Brasileiro do Período (2003-2018)**, 2019. Disponível em: < file:///C:/Users/c%C3%A2ndido/Documents/TCC/Produ%C3%A7%C3%A3o%20Melado,%20rapadura%20e%20a%C3%A7%C3%BAcar/Agricultura%20familiar.pdf >. Acesso em: 09/02/2020.

VILELA, D. C. **Avaliação da qualidade físico-química de amostras de melado**, 2016. Disponível em: < http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6002/1/CM\_COALM \_2016\_2\_01.pdf >. Acesso em: 20/03/2020.

ZAMBON, J. J. **Produção de Açúcar Mascavo e Rapadura a partir do processamento da cana-de-açúcar como alternativa de renda para a agricultura familiar**, 2014. Disponível em: < file:///C:/Users/c%C3%A2ndido/Documents/TCC/Produ%C3%A7%C3%A3o%20Melado,%20rapadura%20e%20a%C3%A7%C3%BAcar/Produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20melado%20e%20rapadura.pdf > . Acesso em: 05/02/2020.