



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO DE ENGENHARIAS
ENGENHARIA QUÍMICA

ANA SARAH MAIA BARBOSA

Estudo do Processo de Produção de Cera Vegetal do Tipo I na Indústria Agrocera
– Russas/CE

MOSSORÓ, RN

2018

ANA SARAH MAIA BARBOSA

**Estudo do Processo de Produção de Cera Vegetal do Tipo I na Indústria Agrocera
– Russas/CE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado na Universidade Federal
Rural do Semi-Árido – UFERSA,
campus de Mossoró, com o objetivo de
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Química.

Orientador: Rafael Barbosa Rios

MOSSORÓ/RN

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

B238e Barbosa, Ana Sarah Maia.
Estudo do Processo de Produção de Cera Vegetal
do Tipo I na Indústria Agrocerá - Russas/CE / Ana
Sarah Maia Barbosa. - 2018.
24 f. : il.

Orientador: Rafael Barbosa Rios.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
Química, 2018.

1. Cera de Carnaúba. 2. Processo de Produção.
3. Análises físico-químicas. I. Rios, Rafael
Barbosa, orient. II. Título.

ANA SARAH MAIA BARBOSA

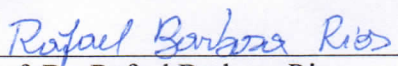
**Estudo do Processo de Produção de Cera Vegetal do Tipo I na Indústria Agrocera
– Russas/CE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado na Universidade Federal
Rural do Semi-Árido – UFERSA,
campus de Mossoró, com o objetivo de
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Química.

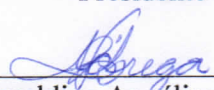
Orientador: Rafael Barbosa Rios

DATA DA APROVAÇÃO: 07 / 03 / 18

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Rafael Barbosa Rios
UFERSA
Presidente



Prof. Dra. Geraldine Angélica Silva da Nobrega
UFERSA
Primeiro Membro



Prof. Dr. Francisco Wilton Miranda da Silva
UFERSA
Segundo Membro

MOSSORÓ - RN
2018

RESUMO

A cera de carnaúba é um produto oriundo das folhas da *Copernicia prunifera*, conhecida popularmente como Carnaúba, e pode ser encontrada em três tipos: tipo I, III e IV. Esse produto possui grandes aplicações na indústria, podendo ser utilizado em indústrias de cosméticos, de alimentos, de fármacos, entre outras. Atualmente, os estados do Ceará, do Piauí e do Rio Grande do Norte são os principais produtores no Brasil. Devido às suas diversas aplicações, o mercado da cera de carnaúba vem crescendo cada vez mais, o que justifica a realização de um estudo para descrever todo o processo de produção da cera, viabilizando, assim, o preparo de projetos e otimizações. Dessa forma, o presente trabalho tem o objetivo de detalhar o processo de produção de cera de carnaúba do Tipo I da empresa Agrocera, localizada na cidade de Russas-CE. São descritas também, as análises físico-químicas realizadas na matéria-prima e no produto final. Por fim, são apresentadas algumas sugestões que visam melhorar o processo produtivo e a realização das análises.

Palavras-chave: Cera de carnaúba. Processo de produção. Análises físico-químicas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cera de carnaúba do Tipo I.....	10
Figura 2 – Preço do pó olho e pó palha (R\$/kg) de Out/2016 – Set/2017....	12
Figura 3 – Equipamentos de extração sólido-líquido em laboratório.....	14
Figura 4 – Fluxograma do processo de produção da cera de carnaúba do Tipo I.....	16
Figura 5 – Controle de temperatura no destilador.....	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Especificações da AMERWAX para cera de carnaúba do Tipo I... ..	11
Tabela 2 – Exportações de cera de carnaúba – Out/2016 a Set/2017.....	13
Tabela 3 – Análises do produto final.....	17

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1 – Cera de Carnaúba.....	9
2.2 – Pó Olho	11
2.3 – Mercado	12
2.4 – Aplicações	13
2.5 – Extração Sólido-Líquido	13
3. PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CERA TIPO I	15
4. ANÁLISES FÍSICO QUÍMICAS	17
4.1 – Determinação do teor de cera na matéria-prima.....	17
4.2 – Determinação do teor de umidade	18
4.3 – Determinação do teor de cinzas	18
4.4 – Determinação do índice de acidez	19
4.5 – Determinação do índice de saponificação.....	19
4.6 – Determinação do índice de iodo	20
4.7 – Determinação da faixa de fusão.....	20
5. SUGESTÕES PARA MELHORIA DO PROCESSO.....	21
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
7. REFERÊNCIAS	24

1. INTRODUÇÃO

A cera de carnaúba é um produto oriundo das folhas da *Copernicia prunifera*, conhecida popularmente como Carnaúba, e típico de regiões áridas, como o Nordeste. Sua produção se dá em maior escala nos estados do Ceará, do Rio Grande do Norte e do Piauí. A cera apresenta diversas propriedades tais como: fixação de solventes; brilho; resistência e dureza da película formada; conferindo a este produto um maior valor agregado (DINI, 1977).

As ceras naturais possuem ampla utilização no setor industrial, podendo serem usadas como produto para polimento (pisos, automóveis, etc.); para proteção de couro; na indústria de papel e de embalagens; na produção de tintas e vernizes; na elaboração de biofilmes; na indústria de cosméticos, de alimentos e farmacêutica (FREITAS, 2011).

A cera de carnaúba apresenta-se em três tipos: I, III e IV. A cera do Tipo I é proveniente do pó olho, que é o pó extraído da folha ainda fechada da carnaubeira. Essa cera tem grande utilização na indústria de cosméticos, de alimentos e de fármacos. Os Tipos III e IV têm origem do pó da palha, sendo o Tipo III de cor marrom escura, normalmente utilizada em tintas, vernizes e cera para polimento; e o Tipo IV de cor preta, sendo geralmente empregada na fabricação de papel carbono (FREITAS, 2011).

Devido às suas diversas aplicações industriais, a cera de carnaúba possui grande mercado interno e externo. No Brasil, a produção de cera nos estados do Ceará, do Piauí e do Rio Grande do Norte chega a aproximadamente 18 mil toneladas, sendo 15 mil toneladas dos Tipos III e IV e 3 mil toneladas do Tipo I. Dessa produção, 50% é desenvolvida no Ceará, 40% no Piauí e 10% no Rio Grande do Norte e demais estados (CONAB, 2017). De acordo com a CONAB (2015), estima-se que mais de 85% do que é produzido no Brasil vai para o exterior.

O processo produtivo da cera de carnaúba inicia-se com a retirada do pó da folha da palmeira, que posteriormente será submetido a um processo de extração por solvente, para se obter a cera bruta. Em seguida, esta passa por um processo de beneficiamento até que se obtenha o produto final, a cera em forma de escamas.

A Agrocera, Indústria Comércio e Exportação de Cera Vegetal, é uma empresa de beneficiamento e comercialização de cera de carnaúba, fundada em 2007 na zona rural de Russas – CE, que atua no mercado exterior, em países da América do Norte, Europa e Ásia. Nesta empresa, o processo de inovação é constantemente desenvolvido,

aperfeiçoado e introduzido nos produtos, para que se possa fornecer alta qualidade e valor agregado.

Informações sobre o processo de produção da cera Tipo I são pouco difundidas, merecendo mais estudos para se avaliar se a melhor rota para tal produção é a que atualmente vem sendo utilizada, bem como para otimizar os valores operacionais adotados no processo, como a temperatura nas colunas de separação (extração e destilação) e pressão de alimentação.

Além disso, é de suma importância para a indústria produtora de cera ter conhecimento do teor de cera presente no pó de seus fornecedores, visto que, além de mostrar a qualidade do mesmo, também define o preço que deverá ser pago por quilograma do produto. Dessa forma, no estágio realizado na Agrocera, foram feitas análises químicas da matéria-prima através do processo de extração sólido-líquido, afim de se obter o teor de cera presente no pó.

Assim, o presente trabalho tem o objetivo de detalhar as etapas do processo produtivo da cera do Tipo I, desde a análise da matéria-prima, processo industrial, até a análise do produto final, como forma de ajudar em trabalhos futuros de projeto e otimização de tal processo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – Cera de Carnaúba

O termo cera é usado normalmente para se referir a uma mistura de compostos apolares de cadeia longa podendo constituir uma variedade de classes de lipídios, como os álcoois e ácidos graxos livres de cadeia longa (FREITAS, 2011).

A cera de carnaúba pode ser descrita como um sólido plástico, bastante duro, que apresenta um ponto de fusão entre 81 e 86 °C, e é constituído de uma complexa mistura de ésteres de ácido e hidroxiácidos (MARQUES, 2012). Uma análise citada por Jumelle (1921) revelou a seguinte composição: índice de ácido de 2 a 7%, índice de saponificação 73 a 83°, índice de iodo 13,5, ácidos graxos 48%, álcoois 53 a 54%, hidrocarbonetos 1,6%, índice de acetilo 55% e teor de cinzas 0,14 a 0,51% (FREITAS, 2011).

A cera de carnaúba do Tipo I tem coloração amarelo-claro e é produzida a partir do pó extraído do “olho” da carnaubeira. Normalmente é comercializada na forma de escamas e é empregada na fabricação de cosméticos e no recobrimento de produtos alimentícios, devido ao seu baixo índice de acidez, reduzido percentual de impurezas e

por tornar-se incolor durante o processo de fusão (OLIVEIRA, 2006). A Figura 1 apresenta a cera de carnaúba do Tipo I.

Figura 1 – Cera de carnaúba do Tipo I.



Fonte: www.pontes.ind.br.

A *American Wax Importers and Refiners Association* (AMERWAX) publicou em 1960 a primeira versão de suas especificações para a cera de carnaúba, as quais sofreram a última revisão em 1976 e ainda constituem uma norma de referência, sendo adotada pelas empresas exportadoras e a maioria dos importadores do produto (OLIVEIRA, 2006). Na Tabela 1 encontram-se as especificações para a cera do Tipo I.

Tabela 1 – Especificações da AMERWAX para cera de carnaúba do Tipo I.

PROPRIEDADE FÍSICO-QUÍMICA	CERA BRUTA		CERA FILTRADA	
	MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO
Ponto de Fusão (°C)	83	-	83	-
Ponto de Ebulição (°C)	310	-	310	-
Matéria Volátil – Umidade Inclusa (%)	-	2,0	-	Irrisório
Impurezas Insolúveis (%)	-	1,0	-	Irrisório
Índice de Acidez (mg KOH/g)	2,0	6,0	2,0	6,0
Índice de Saponificação (mg KOH/g)	78,0	88,0	78,0	88,0
Teor de Hidrocarbonetos Parafínicos (%)	-	2,0	-	2,0
Matéria Resinosa Solúvel em Acetona a 15 °C (%)	-	5,0	-	5,0
Solubilidade em Benzeno a 25 °C (%)	-	8,0	-	8,0

Fonte: Oliveira, 2006.

Devido a utilização desse produto na fabricação de cosméticos e medicamentos, também são tomadas como referências as normas das farmacopeias americana e europeia, que determinam a cor amarelo-pálido, massa específica de aproximadamente 0,97 g/cm³ e percentual máximo de cinzas de 0,25 %, entre outros requisitos (OLIVEIRA, 2006).

2.2 – Pó Olho

O pó olho é aquele extraído das folhas mais novas da carnaúba, que ainda estão fechadas, conhecidas como “olho”. Esse pó, considerado mais nobre, pois possui uma menor quantidade de impurezas, produz a cera do Tipo I, que é de melhor qualidade e apresenta uma cor amarelo-ouro (FREITAS, 2011).

O corte da folha de carnaúba é feito com varas de bambu, com uma foice presa na extremidade. Durante a coleta das folhas, elas são separadas em “olho” que são as folhas ainda fechadas e “palha”, as folhas que estão completamente abertas. Após o corte, elas

são levadas para o local de secagem, onde são expostas ao sol por um período de 6 a 12 dias. Em seguida, inicia-se o processo de retirada do pó cerífero, que pode ser manual ou através de máquinas (FREITAS, 2011).

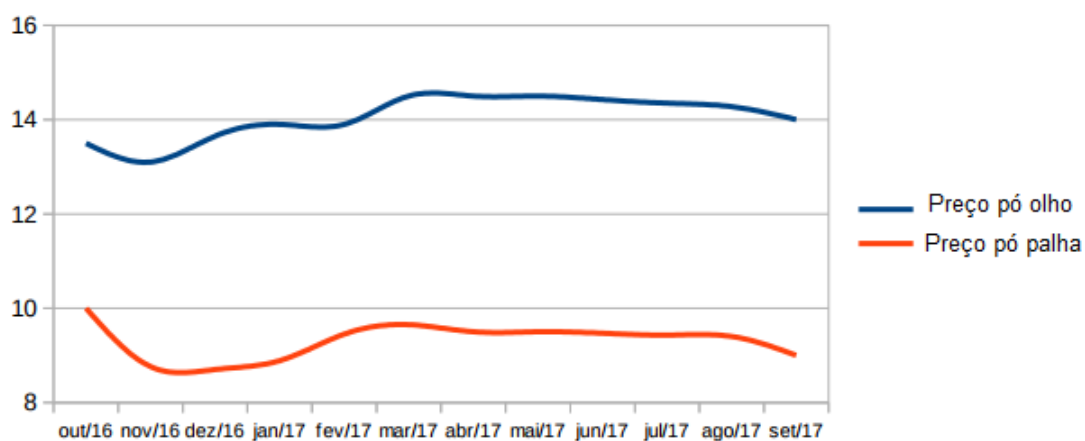
De acordo com a Câmara Setorial da Carnaúba – Ceará (2009), para que o pó olho apresente uma melhor qualidade e possa fornecer uma maior quantidade de cera, é necessário que o produtor siga algumas recomendações importantes, como: não utilizar sacos nos quais já tenha sido armazenado pó palha, afim de evitar mistura entre eles; não utilizar produtos químicos que venham prejudicar a qualidade da cera; proteger a mercadoria com lona durante o transporte, entre outras.

2.3 – Mercado

Devido às suas diversas aplicações industriais, a cera de carnaúba possui grande mercado interno e externo. De acordo com a CONAB (2017), a produção nacional de pó cerífero e cera, em 2016, chegou a 19.631 toneladas e teve um valor de produção avaliado em R\$ 211,5 milhões. Essa produção ficou concentrada principalmente nos estados do Ceará e do Piauí, que juntos representam 95% da produção total do país.

A Figura 2 mostra o comportamento dos preços do pó olho e do pó palha no período de Outubro de 2016 a Setembro de 2017. O período em que houve queda nos preços representa o período de maior oferta da matéria-prima.

Figura 2 – Preço do pó olho e pó palha (R\$/kg) de Out/2016 – Set/2017.



Fonte: Conab (2017).

A maior parte da cera produzida é exportada e cerca de 80% dessas exportações correspondem ao estado do Ceará. A Tabela 2 apresenta os dados correspondentes ao período de Outubro de 2016 a Setembro de 2017 dos principais compradores.

Tabela 2 – Exportações de cera de carnaúba – Out/2016 a Set/2017.

Descrição do País	Preço (em US\$)	Toneladas	Preço (em US\$/kg)
Estados Unidos	15.767,324	2.456	\$6,42
Alemanha	12.281,427	1.791	\$6,86
China	8.293,434	1.280	\$6,48
Japão	7.693,393	1.195	\$6,44
Outros países	15.755,977	2.411	\$6,54

Fonte: Conab (2017).

Como pode ser observado, os Estados Unidos é o principal destino da cera produzida no Brasil. No período analisado, cerca de 73,58% das exportações foram remetidas apenas a 4 países, onde 46,49% foram destinadas a Alemanha e EUA (CONAB, 2017).

2.4 – Aplicações

Uma das principais aplicações da cera do Tipo I é na indústria do setor alimentício, onde é utilizada como revestimento para proteção de frutas, queijos, entre outros. São também utilizadas na fabricação de biofilmes e emulsões, afim de retardar a deterioração de alguns alimentos (FREITAS, 2011).

Na indústria farmacêutica, as ceras podem ser utilizadas como veículo ou excipientes na fabricação de comprimidos ou cápsulas de medicamentos. Já na indústria de cosméticos, elas são utilizadas para endurecer e dar consistência aos produtos, formando um filme protetor e retendo umidade. São bastante empregadas nas formulações de batons, cremes para as mãos, cremes de limpeza e produtos para cabelo (DINI, 1977).

2.5 – Extração Sólido-Líquido

Um sólido pode conter diversas substâncias, sejam biológicas, orgânicas ou inorgânicas. Muitas vezes torna-se necessário extrair algum desses componentes, com a finalidade de aumentar a pureza do sólido ou, em alguns casos, para se obter uma solução concentrada do soluto extraído do sólido. O segundo caso geralmente ocorre quando o soluto possui alto valor agregado (COELHO FILHO, 2015).

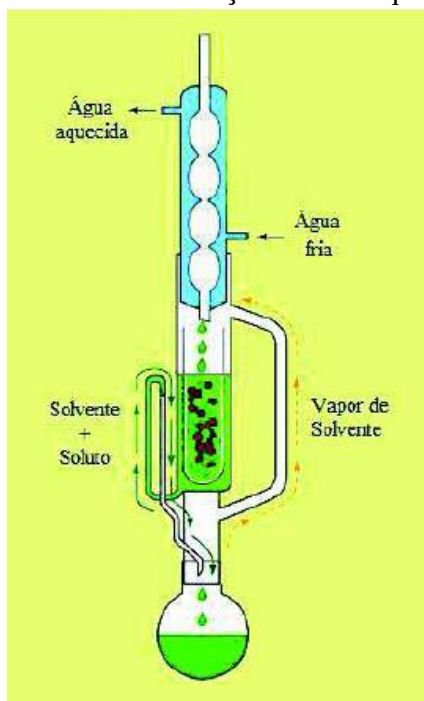
A separação dos componentes de um sólido pode ser feita através de uma extração sólido-líquido, também chamada de lixiviação, muito utilizada em diversos setores industriais, como por exemplo, nas indústrias de beneficiamento de minérios, de produção

de açúcar, de extração de óleos de sementes e produção de cera de carnaúba (COELHO FILHO, 2015).

A extração sólido-líquido envolve a remoção de uma fração solúvel de um material sólido por meio de um solvente líquido (FAGGION, 2016). Esse processo se dá por meio da transferência de massa, na qual ocorre o transporte de um componente de uma região de maior concentração para outra de menor concentração, através de uma força motriz dada pelo gradiente de concentração.

Embora muito aplicada industrialmente, a extração sólido-líquido também é encontrada em escala laboratorial. No laboratório, utiliza-se um extrator do tipo Soxhlet, que consiste em um reservatório de vidro central, acoplado com um frasco de destilação de solventes na base e um condensador na parte superior. O extrator permite extrair o soluto por meio de um solvente volátil, onde este carrega o soluto para o frasco de destilação. Devido ao reciclo constante de solvente, não é necessário um grande volume do mesmo para que a extração seja eficiente (COELHO FILHO, 2015). A configuração dos equipamentos de extração é mostrada na Figura 3.

Figura 3 – Equipamentos de extração sólido-líquido em laboratório.



Fonte: Coelho Filho (2015).

3. PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CERA TIPO I

O processo de produção da cera de carnaúba se inicia com o recebimento da matéria-prima, o pó extraído da folha da carnaubeira. Em seguida, é realizada uma análise da matéria-prima em laboratório, através de uma extração por solvente, afim de determinar o rendimento de cera. Após a aprovação, a matéria-prima é estocada e identificada através de etiquetas, por tipo, número de romaneio, fornecedor e rendimento, caracterizando cada um dos lotes.

Durante o processo, é levado ao misturador pó cerífero e casca de arroz, que é utilizada para facilitar o processo de extração. A mistura resultante é colocada no extrator, juntamente com o solvente alcoólico ISO 60/115, e aquecida por aproximadamente 1 hora. Em seguida, se inicia o processo de lavagem, de 4 a 6 vezes, para extrair toda a cera contida no pó. É gerado no extrator um composto de cera fundida, água resultante da perda de umidade e palha de arroz. Os resíduos que ficam são geralmente compostos por palha de arroz e impurezas, sendo chamado de bagana.

Após a última lavagem, ocorre a recuperação do solvente. A mistura líquida é levada ao destilador, sendo aquecida, e o solvente e a água evaporam para o condensador, restando a cera líquida contida no fundo do recipiente. No condensador a mistura de solvente e água é resfriada, voltando ao estado líquido e separada por diferença de massa específica. A água retorna a “piscina” para ser reaproveitada para a caldeira e o solvente é bombeado e envasado em tanques para reutilização.

A cera bruta recebida da etapa anterior é introduzida no tanque de derretimento. Existe no interior do tanque de derretimento uma parede encamisada, por onde circula o vapor para aquecimento da cera, e uma peneira que tem a finalidade de retirar impurezas que se encontravam em meio à cera bruta.

Depois de processada, a cera é enviada para a etapa posterior que consiste no tanque de cozimento, onde o produto passa pelo equipamento com temperatura mantida entre 110 e 120 °C para cera do Tipo I. Nessa etapa é adicionado um elemento filtrante, a diatomita, que é utilizada para facilitar o processo de filtração e adsorver impurezas que estejam contidas na cera. A cera é bombeada e passa pelo interior do filtro prensa, equipamento que dispõe de paredes de papel fino ou tecido que retém as argilas misturadas às impurezas. Os resíduos liberados do filtro geralmente precisam passar por um outro processo para retirada do restante de cera.

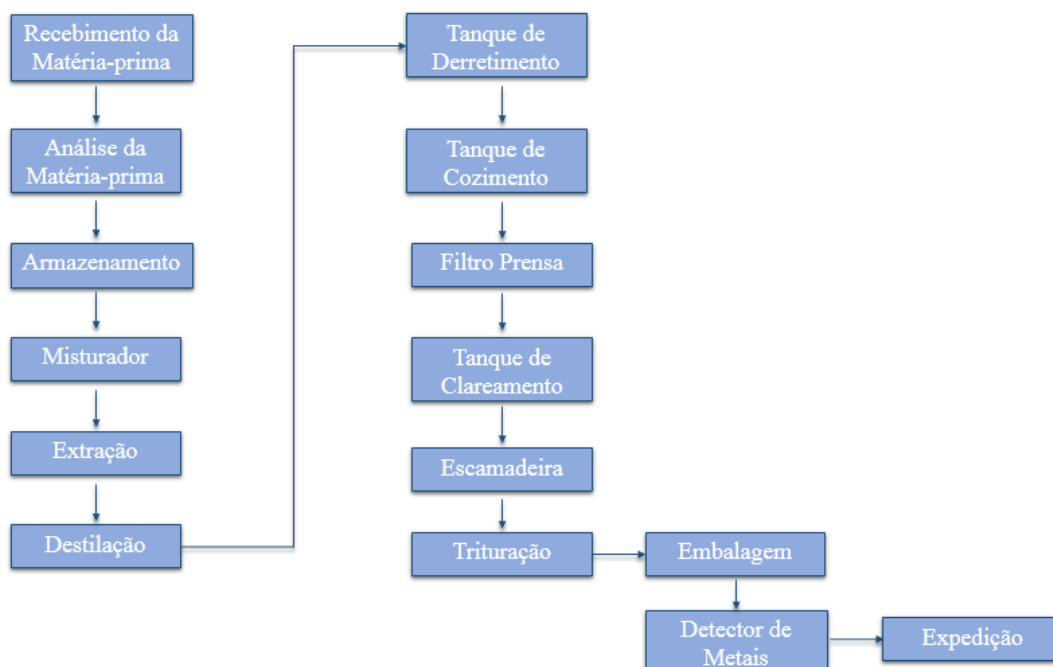
O produto que sai do filtro é, então, submetido ao processo de clareamento, onde é tratada com peróxido de hidrogênio até atingir a coloração desejada. Em seguida, a mistura é aquecida para a retirada total do peróxido.

Após a retirada do peróxido, a cera é encaminhada para a escamadeira, que possui um tambor com circulação de água em temperatura ambiente. Dessa forma, ao entrar em contato com o tambor, a cera líquida é resfriada e se solidifica. A cera sólida se liga ao tambor, formado um filme sobre o mesmo, que será raspado na parte posterior da máquina, formando as escamas. Estas são transportadas para o silo, por meio de uma rosca que quebra as escamas até o tamanho ideal.

Ao final dessa etapa, a cera é embalada em sacos de poliestireno valvulados transparente com capacidade para 25 kg ou em *Big bags* de 500 kg, e é estocada. Todo lote de produto final antes de ser embarcado passa pelo detector de metais garantindo que o mesmo está livre de contaminação, e, após a liberação das análises, o produto pode ser entregue aos clientes.

O fluxograma contendo cada uma das etapas do processo produtivo da cera de carnaúba do Tipo I é mostrado na Figura 4.

Figura 4 – Fluxograma do Processo de Produção da Cera de Carnaúba do Tipo I.



Fonte: Autoria própria.

4. ANÁLISES FÍSICO QUÍMICAS

As análises físicas e químicas têm a finalidade de verificar se a cera está dentro dos padrões de especificação determinados, sendo realizadas de acordo com as normas técnicas da ABNT e da American Wax Importers and Refiners Association (AMERWAX). Essas análises são feitas tanto para a matéria-prima como para o produto final.

A análise feita na matéria-prima determina o rendimento da cera e se dá através de um processo de extração sólido-líquido, onde o pó é submetido a diversas lavagens com um solvente orgânico. Já para o produto final são realizadas as análises mostradas na Tabela 3.

Tabela 3 – Análises do produto final.

Determinação do teor de umidade
Determinação do teor de materiais voláteis
Determinação do teor de cinzas
Determinação do índice de acidez
Determinação do índice de saponificação
Determinação do índice de iodo
Determinação do ponto de fusão
Determinação do teor de impurezas insolúveis

Fonte: Autoria própria.

4.1 – Determinação do teor de cera na matéria-prima

No estágio realizado na Agrocera foram realizadas análises da matéria-prima a fim determinar o rendimento de cera. A análise da matéria-prima baseia-se no processo de extração sólido-líquido. Para realizar esse procedimento pesa-se uma amostra de pó, aproximadamente 10 g, em um cartucho de papel filtro. O cartucho deve ser fechado com algodão para evitar o arraste de impurezas durante o processo de lavagem.

Em seguida, o cartucho é lavado com o solvente alcoólico ISO 60/115, em um copo extrator, durante um período de 4 horas e a cera extraída durante a lavagem fica contida no balão de fundo chato.

Ao final das lavagens é feita a recuperação do solvente e este é armazenado em uma embalagem apropriada e levado para a fábrica onde será utilizado no processo. A

cera contida no balão de fundo chato é transferida para um cadinho de porcelana e aquecida até que se evapore todo o solvente que restou.

O cadinho de porcelana é pesado antes e depois de receber a cera. O rendimento pode ser determinado através da Equação 1:

$$\%CERA = \frac{MC_f - MC_i}{MA} \cdot 100 \quad (1)$$

sendo:

MC_f : Massa do cadinho final;

MC_i : Massa do cadinho inicial;

MA : Massa da amostra.

4.2 – Determinação do teor de umidade

Esse método baseia-se na perda por dessecação em estufa e visa determinar a quantidade de substâncias voláteis eliminadas durante o procedimento. Primeiramente a amostra deve ser triturada até a formação de um pó fino. Em seguida, pesa-se uma certa quantidade do pó em papel de filtro chato, que será levado para a estufa à temperatura de 105 °C por aproximadamente 5 horas. Ao final desse tempo, a amostra é arrefecida à temperatura ambiente em dessecador e em seguida submetida a nova pesagem.

O cálculo do teor de umidade é feito por meio da Equação 2:

$$P(\%) = \frac{P_1 - P_2}{P_A} \quad (2)$$

Em que P_1 representa o peso do papel filtro contendo amostra antes da dessecação, P_2 representa o peso do papel filtro contendo amostra após a dessecação e P_A é o peso da amostra.

4.3 – Determinação do teor de cinzas

Primeiramente, um cadinho vazio já calcinado deve ser pesado e em seguida, é adicionada ao mesmo uma certa quantidade da amostra a ser analisada. Após a pesagem a amostra contida no cadinho é totalmente queimada com o auxílio de um bico de Bunsen. Em seguida, o cadinho é levado a um forno mufla com temperatura de 1000 °C, por onde

deve permanecer durante três horas e depois é transferido para um dessecador, onde permanecerá por 12 horas. Ao final do procedimento o cadinho é novamente pesado.

O cálculo do teor de cinzas é feito utilizando os valores do cadinho calcinado (P_1), cadinho com a amostra (P_2) e do cadinho pesado após o dessecador (P_3), como é mostrado na Equação 3:

$$\%CINZAS = \frac{P_3 - P_1}{P_2 - P_1} \cdot 100 \quad (3)$$

4.4 – Determinação do índice de acidez

O índice de acidez corresponde a quantidade necessária de uma base, em mg, para neutralizar a acidez livre de 1 g de amostra. Para isso, é pesada uma determinada quantidade de amostra em um frasco de Erlenmeyer de 250 mL, adiciona-se álcool neutralizado e mistura-se até que a amostra esteja totalmente dissolvida. É adicionado fenolftaleína 1% como indicador e a amostra é titulada com solução de hidróxido de potássio 0,1 M, até o aparecimento da coloração rósea.

O índice de acidez (IA) pode ser determinado através da Equação 4:

$$I_a = V \cdot f \cdot M \cdot \frac{56,1}{m} \quad (4)$$

sendo:

V: volume de hidróxido gasto (mL);

f: fator da solução de hidróxido de potássio;

M: molaridade da solução de hidróxido de potássio;

m: massa da amostra.

4.5 – Determinação do índice de saponificação

O índice de saponificação I_s exprime, em miligramas, a quantidade de hidróxido de potássio necessária para neutralizar os ácidos livres e saponificar os ésteres existentes em 1 g de substância.

O procedimento consiste em pesar, em um balão de 250 mL, a quantidade de amostra indicada (m), adicionar 25 mL de solução alcóolica de hidróxido de potássio e

aquecer durante 30 minutos. Acrescenta-se 1 mL de fenolftaleína e titula-se com ácido clorídrico.

O índice de saponificação é dado pela Equação (5):

$$I_s = 28,05 \cdot \frac{n_1 - n_2}{m} \quad (5)$$

Em que n_1 e n_2 são os volumes de ácido clorídrico gastos no procedimento e no teste em branco, respectivamente, e m é a massa da amostra.

4.6 – Determinação do índice de iodo

O índice de iodo I_i , expressa, em gramas, a quantidade de iodo suscetível a complexação em 100 g de substância. O método de determinação do índice de iodo consiste em dissolver uma certa quantidade de amostra em 15 mL de clorofórmio, utilizando um recipiente de 250 mL. Acrescenta-se 25 mL de solução de brometo de iodo e conserva o recipiente sob proteção da luz durante 30 min. Em seguida, adiciona-se 10 mL de iodeto de potássio e 100 mL de água. Titula a solução com tiosulfato de sódio 0,1 M até que a coloração amarela tenha parcialmente desaparecido. Adiciona-se 5 mL de solução de amido e continua a titulação, adicionando o tiosulfato de sódio gota a gota, até o total desaparecimento da coloração amarela. Deve ser realizado um teste em branco, nas mesmas condições e sem amostra.

O cálculo do índice de iodo é dado pela Equação 6:

$$I_i = \frac{1,269(n_2 - n_1)}{m} \quad (6)$$

Em que n_1 e n_2 são os volumes de tiosulfato de sódio gastos no teste em branco e na titulação, respectivamente, e m é a massa da amostra.

4.7 – Determinação da faixa de fusão

Intervalo de fusão de uma substância é aquela compreendida entre a temperatura na qual a substância começa a fundir-se ou a formar gotículas na parede do tubo capilar e a temperatura na qual está completamente fundida, o que é evidenciado pelo desaparecimento da fase sólida.

Para realizar essa análise é necessário fundir a substância rapidamente a temperatura não superior a 10 °C acima do ponto de fusão completo. Inserir a substância fundida na extremidade do capilar até formar coluna de 8 a 12 mm de altura e esfriar à temperatura de 15 °C, mantendo-o, no mínimo, por 16 horas. Deve-se prender o tubo capilar no termômetro de forma tal que a coluna de substância se localize na altura do bulbo de mercúrio. O sistema deve ser colocado em banho de óleo e aquecido com agitação constante. A temperatura na qual a substância começa a ascender no capilar é o ponto de fusão.

5. SUGESTÕES PARA MELHORIA DO PROCESSO

O processo de produção da cera de carnaúba é bastante simples e apresenta bom rendimento da matéria-prima. Porém, algumas falhas podem ser observadas, como a falta de um sistema de controle de temperatura e pressão nos equipamentos e ainda, a inexistência de um controle da quantidade de matéria-prima utilizada. Com isso, podem ser feitas algumas sugestões buscando melhorar a eficiência do processo e reduzir possíveis gastos desnecessários.

Devido à falta de um controle da quantidade de matéria-prima utilizada, algumas vezes pode haver a necessidade de rodar todo o processo novamente para que se consiga atingir a meta de produção desejada, 10.000 kg por taxada. Esse problema pode ser resolvido através de um balanço de massa para estipular a quantidade de matéria que deve ser utilizada, considerando as perdas de 0,5% no extrator e 30% no filtro prensa. Com base nas análises realizadas em laboratório, o rendimento médio de cera no pó olho é de 80%, assim, esse valor é tomado como base para a realização do balanço de massa do processo.

O balanço de massa está representado na Equação 7, sendo m a quantidade de pó que deve ser alimentado no extrator.

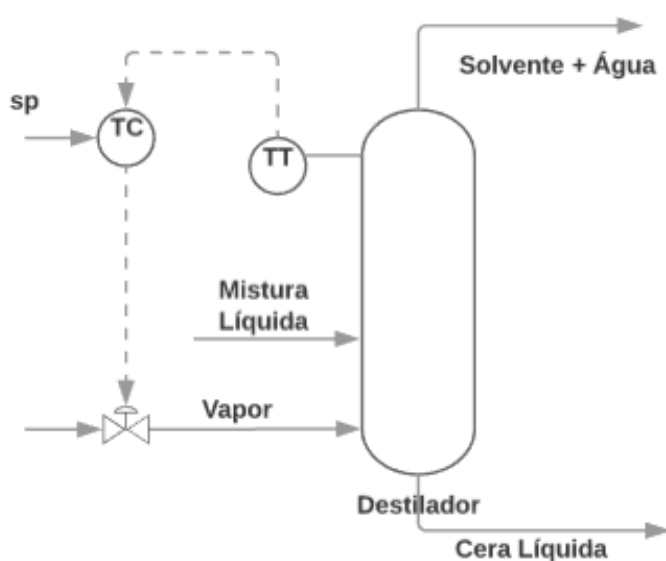
$$m - 0,2m - 0,005 \cdot (0,8m) - 0,3 \cdot (0,995 \cdot 0,8m) = 10.000 \quad (7)$$

$$m = 17.950 \text{ kg}$$

A média de pó utilizada é de 17.000 kg. Logo, considerando as condições acima, a quantidade de matéria está abaixo da necessária, sendo preciso rodar o processo mais de uma vez para se obter a meta desejada, o que acarreta mais gastos.

Outra sugestão a ser feita é introduzir um sistema de controle de temperatura no destilador, afim de evitar que o equipamento opere com valores de temperatura muito acima ou abaixo do valor desejado. Se a temperatura do destilador se encontrar em um valor abaixo do necessário, o solvente e a água não irão evaporar totalmente e a cera líquida não sairá pura. No caso de temperaturas elevadas, isso pode comprometer a eficiência do solvente, bem como ocasionar um envelhecimento precoce do solvente durante os ciclos de reutilização. Com isso, pode ser introduzido um sistema de controle do tipo *feedback*, como mostrado na Figura 5.

Figura 5 – Controle de temperatura no destilador.



Fonte: Autoria própria.

Através desse sistema, o transmissor de temperatura envia um sinal para o controlador PID, que o compara com o *set point* (sp) e em caso de haver diferença nos valores, a vazão de vapor que aquece o equipamento é ajustada através de uma válvula de controle. A válvula de controle deve ser do tipo falha-fecha e controlador deve estar em modo de ação reversa. É importante também adicionar, na caldeira, um alarme de segurança para pressões e temperaturas muito elevadas, visto que essas condições podem causar danos aos equipamentos e gerar situações de risco aos operários.

Outro aspecto importante é a pureza do solvente. Em processos de extração é necessário que o solvente apresente alto grau de pureza para que a extração apresente bom rendimento. Como o solvente recuperado é reutilizado no processo, é importante verificar a purificação do mesmo após a sua recuperação, afim de assegurar que houve a

completa separação entre solvente e água, visto que a presença desta pode reduzir o desempenho do solvente durante o processo.

Em relação ao laboratório de análises, é necessário uma melhor estrutura e condições de trabalho e a construção de um laboratório dentro da fábrica, para que possam ser realizadas todas as análises necessárias, uma vez que só é realizada análise da matéria-prima.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o período de estágio na Agrocera, foi possível observar que o processo de produção da cera de carnaúba é simples e apresenta um bom rendimento da matéria-prima. Entretanto, percebeu-se que o processo poderia ser melhorado em alguns pontos. Com isso, foram feitas algumas sugestões buscando melhorar o desempenho do processo e a qualidade do produto.

Por meio do controle de temperatura no destilador pode-se assegurar que o equipamento trabalhe nas condições recomendadas e que há completa evaporação de solvente e água, tornando a cera pura. É importante também, avaliar a purificação do solvente após a sua recuperação, a fim de que a sua reutilização apresente um bom rendimento durante a extração. É possível ainda, ter um controle da quantidade de matéria-prima utilizada, evitando que se realize o processo mais de uma vez para se obter a quantidade de cera desejada.

Pode-se, então, concluir, que a adoção dessas sugestões podem levar a uma melhoria no processo produtivo, visto que este apresenta algumas falhas. É necessário também uma melhor estrutura e condições de trabalho no laboratório de análises.

7. REFERÊNCIAS

CÂMARA SETORIAL DA CARNAÚBA. **A carnaúba: preservação e sustentabilidade.** Fortaleza, 2009.

COELHO FILHO, Antônio Carlos de Andrade. **Extração sólido-líquido a quente de lipídios de alimentos industrializados.** 2015. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Química). Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Carnaúba (Pó Cerífero e Cera).** Fortaleza, 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Cultura da carnaúba.** Fortaleza, 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Proposta de preços mínimos: Safra 2015/2016.** Brasília, 2015.

DINI, Maria Elizette. **Preparação e incorporação de um derivado de cera de carnaúba em emulsões.** 1977. 103 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Químico-Farmacêutica). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1977.

FAGGION, Heron. **Equilíbrio e cinética em processo de extração de solúveis da erva-mate por compressão cíclica.** 2016. 83 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

FREITAS, Milena Maria de Meneses. **Obtenção de álcoois de cadeia longa a partir da cera de carnaúba.** 2011. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

JUMELLE, Henri. **Les huiles végétales: origens, procédés de préparation, caracteres et emplois.** Paris: Librairie J.-b. Bailliere Et Fils, 1921.

MARQUES, Jéssica Souza. **Uso do pó da palha de carnaúba em compósitos de quitosana.** 2012. 74 f. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

NASCIMENTO, Edvânia Bezerra do et al. A Cera de Carnaúba: Origem, Produção e Mercados. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL, 8., 2014, Campo Mourão. **Anais...** Santos: Fatec, 2014.

OLIVEIRA, Alyne Maria Sousa. **Comércio da cera de carnaúba e meio ambiente: barreiras e vantagens mercadológicas.** 2006. 154 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2006.