



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

DANIELA MIRELA LIMA PINHEIRO

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

MOSSORÓ/RN

2018

DANIELA MIRELA LIMA PINHEIRO

**Estudo do Processo de Produção de Cera Vegetal do Tipo IV 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.

P654e Pinheiro, Daniela Mirela Lima.
Estudo do Processo de Produção de Cera Vegetal
do Tipo IV na Indústria Agroceras-Russas/CE /
Daniela Mirela Lima Pinheiro. - 2018.
31 f. : il.

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

1. Cera de Carnaúba. 2. Cera do Tipo IV. 3.
Processo Produtivo. 4. Análise de Qualidade. I.
Rios, Rafael Barbosa , orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

DANIELA MIRELA LIMA PINHEIRO

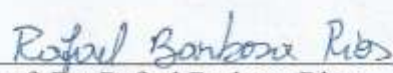
**Estudo do Processo de Produção de Cera Vegetal do Tipo IV na Indústria
Agrocera – Russas/CE**

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

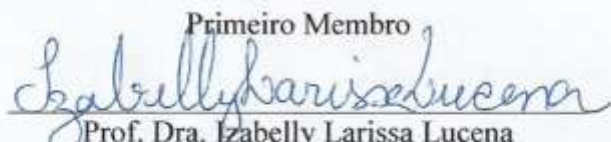
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Rafael Barbosa Rios
UFERSA
Presidente



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



Prof. Dra. Izabelly Larissa Lucena
UFERSA
Segundo Membro

MOSSORÓ - RN

2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e por ter me dado de presente uma mãe e três irmãs tão empenhadas no meu crescimento pessoal e profissional.

Aos meus melhores amigos Jefferson William, Savina Oliveira e Amália Ribeiro pelo companheirismo e lealdade desses anos.

Ao meu namorado Alefjohn pela paciência ao me ouvir e será sempre meu refúgio para onde voltarei.

Ao meu orientador Rafael Rios que é minha referência de professor e fonte de incentivo. Agradeço o meu supervisor Josiel pela dedicação e empenho em ensinar.

Aos meus amigos da engenharia química e em especial ao meu grupo composto por Layane, Rafael, Sarah e Alexandre.

RESUMO

A cera de carnaúba é uma cera produzida a partir de uma planta típica do Nordeste brasileiro e apresenta diversas aplicações, como na área médica, na indústria de cosméticos, de material de limpeza e de alimentos. O processo de produção dessa cera é pouco difundido, necessitando de estudos para descrevê-lo e, assim, permitir trabalhos de otimização desse processo. O presente estudo teve como objetivo compreender e descrever o processo produtivo da cera de carnaúba do Tipo IV da indústria Agrocera e analisar o teor de cera contido na matéria-prima do processo. Para alcançar tais objetivos, realizou-se visitas ao processo produtivo e análises do teor de cera contidos no pó da palha (PP) e no pó do olho (PO). Sugeriu-se algumas modificações no processo como o controle das temperaturas da caldeira e do extrator, tanto para melhorar o processo, quanto para garantir uma maior segurança. Além disso, sugeriu-se também a substituição da fonte energética da caldeira que é a poda de cajueiro, por outra que apresente um maior poder calorífico como, por exemplo, o gás natural, dentre outras sugestões. O balanço de massa para o processo sugeriu que uma quantidade de 21.321 kg de PP é necessária para uma produção específica de 10.000 kg por batelada. No tocante as análises de teor de cera, os valores dos rendimentos das amostras apresentaram uma média de 67%.

Palavras-chave: Indústria de Cera. Cera de carnaúba. Cera Tipo IV.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma do processo produtivo da cera Tipo IV.....	17
Figura 2 – Fluxograma dos equipamentos do processo produtivo.	18
Figura 3 – Simulação no Aspen Hysys v.10.....	19
Figura 4 – Composição mássica da fase leve	20
Figura 5 – Sistema de controle 1.	21
Figura 6 – Sistema de controle 2.	22
Figura 7 – Sistema de controle 3.	23
Figura 8 – Sistema de controle 4.	24
Figura 9 – Sistema de controle 5.	24
Figura 10 – Fluxograma do processo produtivo	25

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Propriedades físico-químicas da cera de carnaúba.	14
Tabela 2 – Especificações da cera do Tipo IV.	15

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1. Cera.....	11
2.2. Cera de carnaúba.....	12
2.3. Tipos de cera.....	13
2.4. Propriedades físico-químicas da cera de carnaúba	13
2.5. Aplicações da cera Tipo IV.....	14
2.6. Parâmetros de qualidade da cera Tipo IV	14
2.7. Extração sólido-líquido.....	15
3. PROCESSO INDUSTRIAL DE PRODUÇÃO DA CERA DO TIPO IV	16
4. SUGESTÕES DE MELHORIAS PARA O PROCESSO	18
4.1. Sistema de controle da planta industrial	20
4.2. Balanço de massa.....	25
5. ANÁLISES DE QUALIDADE	27
5.1. Determinação do teor de cera	27
5.2. Determinação do teor de umidade e de matéria volátil.....	28
5.3. Determinação do índice de acidez	28
5.4. Determinação do índice de saponificação	29
5.5. Determinação do índice de éster	29
5.6. Determinação do ponto de fusão	29
5.7. Determinação do teor de impurezas insolúveis	30
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Sociedade Brasileira de Farmacognosia, as ceras são ésteres resultantes da esterificação dos álcoois de cadeia longa, por ácidos carboxílicos de cadeia longa. Nas plantas, as ceras estão ligadas às paredes celulares externas do tecido epidérmico, sobretudo em frutos e folhas, para proteger o vegetal de corpos intrusos. Um exemplo de cera vegetal é a cera de carnaúba.

A carnaubeira, cujo nome científico é *Copernicia prunifera*, é uma espécie de palmeira nativa do Brasil, com altura média de 7 a 10 metros, possuindo tronco reto e cilíndrico com diâmetro entre 15 e 25 cm (ALVES e COELHO, 2006). Segundo Carvalho e Gomes (2008), o material ceroso ou cutícula, que reveste as folhas da carnaúba, mantém o equilíbrio de água no interior da planta. Essa cutícula depois de extraída é chamada pó de carnaúba, tornando-se a matéria-prima básica para produção de cera, que tem grande importância para indústria química, eletrônica, cosmética, alimentícia e farmacêutica.

O Brasil é o único país do mundo que produz e exporta cera de carnaúba. Os principais estados produtores são Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí. Dados mostraram que de janeiro a agosto de 2012 foram exportados cerca de U\$ 37 milhões de cera de carnaúba. O extrativismo da planta para a produção da cera é uma das principais fontes de renda para os produtores, principalmente na época de estiagem. Além da importância social e econômica, já que garantem uma forma de sustento para os pequenos produtores, a extração do pó não causa danos ao meio ambiente (NASCIMENTO *et al.*, 2014).

A cera obtida da carnaúba pode ser de três tipos: Tipo I, Tipo III e Tipo IV e esta classificação dependerá se o pó da matéria-prima será extraído do olho ou da palha da carnaubeira. De acordo com a Câmara Setorial da Carnaúba (2009), o pó da carnaúba extraído da palha (PP) produz uma cera escura, na qual é produzida a cera Tipo III e IV. Esses tipos de cera são direcionados para a indústria de produtos de limpeza, de polimento para automóveis e na conservação de móveis e madeiras. Já o pó da carnaúba extraído do olho (PO) é mais claro e produz a cera Tipo I, com o tom bastante amarelado. Esta última é utilizada para elaboração de ceras de assoalhos, preparo de emulsões, e para uso na indústria cosmética e farmacêutica.

Tendo em vista o acompanhamento e entendimento do processo produtivo dos três tipos de cera da indústria Agrocera, situada em Russas-CE, desenvolveu-se um trabalho com o objetivo de estudar detalhadamente o processo produtivo da cera Tipo IV, bem como mostrar sugestões de melhoria deste processo que passa por basicamente três etapas: extração sólido-

líquido, destilação e refino. E ainda, mostrar como são feitas as análises de qualidade da matéria-prima.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Cera

Cera é o éster de um ácido graxo de cadeia longa com um álcool graxo de cadeia também longa (PERKINS, 1993). Os ésteres de ceras são um dos principais componentes das ceras naturais. As ceras podem ser classificadas de acordo com a origem, propriedades químicas, físicas e aplicações industriais. Dependendo da origem, ela pode ser classificada em naturais ou sintéticas. As ceras naturais podem ser classificadas em vegetais, animais e minerais (GANDRA, 2006).

Segundo Ferreira *et al.* (2005), a cera depositada no exterior da cutícula – epicuticular – pode ser depositada de várias formas físicas, formando camadas finas, placas ou cristais de diferentes tamanhos e formas. A cera se destaca como a principal barreira protetora contra as perdas de água, a ação de patógenos, radiações solares e aos contaminantes.

A quantidade e a composição das ceras vegetais variam com a espécie, das condições climáticas, do organismo estudo, e da fenologia da planta. A cera epicuticular é uma complexa mistura de diferentes compostos alifáticos, normalmente contendo séries homólogas de alcanos, álcoois, aldeídos, acetonas e ésteres (FERREIRA *et al.*, 2005).

De acordo com Gandra (2006), as ceras naturais são amplamente utilizadas na indústria têxtil, alimentícia (chicletes, chocolates, frutas), química, farmacêutica, na medicina e na fabricação de cosméticos (emulsões, cremes, batons). Sendo, então, importante o conhecimento exato de sua composição e propriedades físico-químicas.

O uso de ceras tem como finalidade de minimizar a perda de massa (umidade) e, consequentemente, o amolecimento e murchamento nas frutas. A aplicação de cera também tem por objetivo dar maior brilho à fruta, melhorando a qualidade visual da mesma. A cera apresenta também uma ação antifúngica e minimiza desordens na casca de frutas (JOMORI *et al.*, 2003).

As ceras provenientes da carnaúba, ouricouri e candelilla são exemplos típicos de ceras vegetais mais importantes, tanto do ponto de vista técnico quanto comercial (GANDRA, 2006).

2.2. Cera de carnaúba

A carnaubeira pode atingir cerca de 25 metros, com aproximadamente 15 a 25 centímetros de diâmetro de tronco. Sua ocorrência está nos pontos mais próximos dos rios, preferindo solos argilosos, aluviais e com capacidade de suportar alagamento prolongado durante épocas de chuva, sendo ainda bastante resistente a elevados teores de salinidade (ALVES e COELHO, 2006).

Segundo Nascimento (2004), a necessidade de exploração da carnaubeira, ocorreu devido ao fim do ciclo produtivo de algodão na região nordeste do país. Da carnaubeira pode ser aproveitado quase tudo; as raízes produzem medicamentos, do caule se extrai a madeira, das folhas se extrai a cera e são feitas coberturas de casas, cordas e chapéus, os frutos servem de comida para o gado, da polpa são feitos doces, e do caroço é extraído o óleo, além de ser extraído cera, o seu principal subproduto.

As principais aplicações da cera de carnaúba são: informática (chips, tonners, código de barras), polidores (piso, móveis, carros, couro), indústria alimentícia (polimento de frutas e queijos, goma de mascar, doces, refrigerantes), farmacêutica (revestimento de cápsulas), cosmética, tintas, papel carbono, filmes plásticos e outros. Apesar das diversas aplicações, a extração da cera não causa danos ao meio ambiente, atendendo as exigências dos mercados por produtos de qualidade e base natural (NASCIMENTO, 2004).

O uso da bagana, que é um subproduto do processo de produção da cera, na agricultura permite que as plantações cresçam mais rapidamente e uniformemente. A bagana decompõe-se rapidamente, garantindo maior umidade e redução da temperatura do terreno (ALVES e COELHO, 2006).

Embora se conheça as inúmeras aplicações da cera de carnaúba, a indústria nacional não detém o domínio da tecnologia de transformação. Diante disso, quase que a totalidade da cera é exportada de forma bruta. Os países que a importam fazem as devidas transformações, tornando-a, assim, componente de diversos produtos comercializados mundialmente. A indústria brasileira domina tecnologicamente a aplicação da cera em produtos de limpeza e polimento para assoalhos e automóveis, e mais recentemente em emulsões para conserva de frutas e em alguns cosméticos (ALVES e COELHO, 2006).

Analisando quimicamente, a cera de carnaúba é a mais dura das ceras vegetais, apresentando ponto de fusão a 85 °C. Esta cera é composta principalmente de éster mericílico do ácido cerático, sendo uma combinação dos ácidos melísico e cerático. Seja qual for a cor e

o aspecto da cera, esta é sempre uma massa dura, quebradiça, fácil de se reduzir a pó e que durante a fusão se desprende um cheiro de feno (FREITAS, 2011).

2.3. Tipos de cera

Concluído o processo de industrialização, a cera de carnaúba se classifica em três tipo: I, III, IV. O Tipo I, de cor amarelo claro, é o mais nobre, originado da extração do “pó de olho” e tem utilizações mais nobres, como nas indústrias cosmética, farmacêutica, alimentícia e em emulsões. Os outros dois tipos de cera se originam do “pó da palha”. A cera do Tipo III tem cor marrom escura e é filtrada, sendo normalmente usada em tintas, vernizes e ceras de polimento. Já a cera do Tipo IV é preta e é centrifugada, e dentre as diversas aplicações é usada, normalmente, na fabricação de papel carbono (FREITAS, 2011).

O pó da palha é o pó extraído das folhas mais velhas e que estão completamente abertas, sendo este a matéria-prima para a produção das ceras do Tipo III e IV. Já o pó do olho é extraído das folhas mais novas e ainda fechadas e é o precursor para se produzir a cera do Tipo I.

Segundo Nascimento (2014), a demanda das indústrias da química fina, informática, farmacêutica, cosmética e alimentícia, pelas ceras do Tipo I e III, que possuem maior grau de pureza, estão sediadas em países dos continentes Americano, Europeu e Asiático. Já nos países em desenvolvimentos, a cera mais vendida é a cera Tipo IV.

No que se refere ao mercado interno, existe a demanda pelos Tipos III e IV, que são direcionadas para a indústria de limpeza e polimento. O polimento de assoalhos é feito com a cera Tipo III e IV, já o polimento de automóveis e calçados são feitos com a cera do Tipo I (NASCIMENTO, 2014).

Dentre os três tipos de cera, foi dado ênfase a cera do Tipo IV, tratando de algumas das suas aplicações mais específicas, bem como de algumas especificações da mesma.

2.4. Propriedades físico-químicas da cera de carnaúba

Com a grande importância que a cera de carnaúba apresenta no mercado, diversas empresas vêm abrindo mão de inovações tecnológicas que seriam aplicadas durante o processo do refinamento, devido os rígidos critérios de qualidade requerido pela mesma. Diante disso, o conhecimento da sua composição química, física, e o método utilizado na sua fabricação é de fundamental importância, pois a partir desses dados é possível classificar as ceras (FREITAS, 2011).

A Tabela 1 apresenta algumas propriedades físicas e químicas da cera de carnaúba de acordo com a Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico (FISPQ) da Indústria Agrocera.

Tabela 1 – Propriedades físico-químicas da cera de carnaúba.

Propriedade	Característica/Valor
Estado físico	Sólido
Aparência	Escamas ou pedaços
Cor	Amarelo claro/escuro e marrom
Odor	Agradável, lembrando o do feno
pH	Neutro
Acidez	02 a 08 KOH/g
Densidade	25 °C g/m ³ : 0,850 – 0,880 °C
Ponto de ebulição	Não disponível
Ponto de fusão	80 a 86 °C
Ponto de fulgor	299 °C (COC)
Limites de explosividade	Não aplicável
Viscosidade	Não disponível
Solubilidade	É insolúvel na água, pouco solúvel no álcool frio e completamente solúvel no éter e no álcool ferventes, bem como na essência de terebintina também quente. É solúvel no sulfeto de carbono

Fonte: FISPQ (2015).

2.5. Aplicações da cera Tipo IV

A cera do Tipo IV é direcionada para as indústrias de limpeza e polimento, por exemplo, em polimentos para assoalhos com a finalidade de proporcionar um maior brilho. De acordo com Alves e Coelho (2006), são empregadas na fabricação de papel carbono. Pode ser utilizada também na conservação de móveis e madeiras, e em embalagens de papelão.

2.6. Parâmetros de qualidade da cera Tipo IV

No Brasil, a ABNT é a responsável pelas normas que regulamentam os parâmetros de avaliação de cera. De forma geral, o controle de qualidade é feito com base nos seguintes

parâmetros: faixa de fusão (USP XXIV), impurezas insolúveis (AMERWAX), substâncias voláteis (ASTM D95-62), índice de acidez (USP XXIV), índice de ésteres e saponificação (USP 24), impurezas orgânicas voláteis (USP XXIV), cor (USP XXIV), resíduos de ignição e metais pesados (USP XXIV). Os parâmetros citados são utilizados para atestar a qualidade das ceras produzidas. Entretanto, a maioria dos ensaios descritos acima não são capazes de diferenciar as ceras, até os ensaios para cor, dependendo da forma de comercialização – pulverizada por exemplo – não são capazes de mostrar as diferenças químicas entre as ceras (DANTAS, 2014).

A Tabela 2 apresenta algumas especificações e as suas respectivas normas, que são seguidas pela indústria Agrocera.

Tabela 2 – Especificações da cera do Tipo IV.

Testes	Métodos	Especificações	Referência
Umidade	AGROCERA	1,0 % máx.	AGROCERA
Saponificação	ASTM D 1387-89	78 – 95 mg KOH/g	USP XXIX p.3.457
Valor ácido	ASTM D 1387-89	02 – 07 mg KOH/g	USP XXIX p.3.457
Ponto de fusão	USP XXIX p. 2.708	80 – 86 °C	USP XXIX- class. II p.3.457
Impurezas insolúveis	ABNT NBR	0,5% máx.	AGROCERA
Matéria volátil a 175 °C	AGROCERA	1,0% máx.	AGROCERA
Valor de éster	USP XXIX p. 2.568	71 – 88 mg KOH/g	FOODC Chemical Codex 4 TH ED. P.80
Resíduo de ignição	USP XXIX p. 3.457	0,25% máx.	USP XXIX p. 2560<281>

Fonte: Agrocera, 2017.

2.7. Extração sólido-líquido

De acordo com Garcia e Tojo (1976), o objetivo da extração sólido-líquido é extrair um componente (soluto) que compõe um sólido, através da passagem de um solvente apropriado que é insolúvel com o sólido e solúvel com o soluto. Dependendo do objetivo do processo, a extração sólido-líquido pode ser denominada de diversas maneiras como, por exemplo, lixiviação, percolação, etc (CAVALCANTI, 2013).

A operação é realizada quando o solvente dissolve o soluto, que está presente no sólido, produzindo uma corrente de extrato contendo solvente e soluto, e uma corrente de refinado composta pelo resíduo sólido que irá conter muito pouco, ou nenhuma, quantidade de soluto (GARCIA e TOJO, 1976).

Na extração sólido-líquido, um solvente no qual a espécie de interesse apresente maior solubilidade é usado para favorecer a transferência de fase da solução da amostra para o solvente. A extração em fase sólida tem sido constantemente utilizada devido à simplicidade e aos melhores fatores de enriquecimento do analito (ROCHA, 2004).

Esse tipo de extração consiste em um importante processo de separação, com grande utilidade na indústria de alimentos, como nos processos de extração de: açúcar de cana, óleos e gorduras de sementes de oleaginosas, fitoquímicos de plantas, hidrocolóides funcionais de algas, etc. Esse processo de extração também pode ser utilizado na eliminação de componentes indesejáveis, contaminantes e/ou toxinas presentes em alimentos (CAVALCANTI, 2013).

Conforme afirma Cavalcanti (2013), vários métodos de extração podem ser aplicados para se obter um produto de interesse. A escolha do processo mais adequado deve levar em consideração alguns fatores como: custo, rendimento, produtividade e seletividade. Os três primeiros fatores levam em conta implicações econômicas importantes e determinam a viabilidade da aplicação industrial do processo. Já a seletividade está relacionada com a qualidade do produto obtido.

3. PROCESSO INDUSTRIAL DE PRODUÇÃO DA CERA DO TIPO IV

A matéria-prima da produção da cera do Tipo IV, pó cerífero da palha, passa por uma análise de teor de cera para se verificar o grau de pureza e rentabilidade do mesmo, e só assim a sua compra ser efetivada.

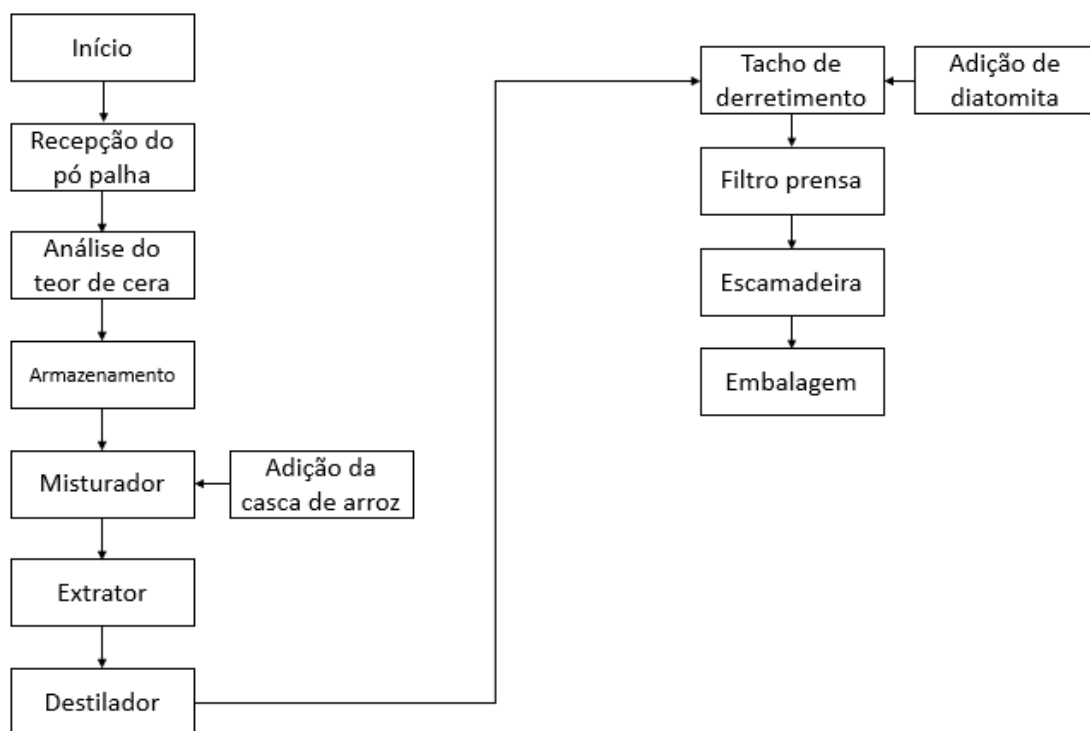
O processo se inicia no misturador onde o pó da palha e a casca de arroz – usada para aumentar a permeabilização e facilitar a extração da cera – são misturados. O extrator recebe a corrente do misturador e o solvente ISO 60/115. O vapor de aquecimento que passa pela serpentina do extrator está a 140 °C. Do extrator, resultam uma corrente chamada extrato, que contém a cera, o solvente e água – resultante da perda de umidade –, e uma corrente chamada de refinado, ou bagana, que é composta pela casca de arroz, impurezas e um percentual de até 0,5% de cera.

A corrente de extrato é encaminhada para um destilador que é responsável pela separação da água e solvente da cera líquida. A água e o solvente são evaporados pelo aquecimento e saem pela corrente de topo da coluna, sendo então encaminhados para o condensador. Posteriormente, água e solvente, já no estado líquido, são separados por diferença de massa específica, e o solvente é reaproveitado. A água utilizada para o resfriamento no condensador é encaminhada para uma “piscina” onde será resfriada para voltar ao condensador.

Na corrente de fundo da coluna de destilação sai a cera líquida, que é encaminhada para um tacho de derretimento, sendo adicionado a diatomita, com o objetivo de adsorver as impurezas que se encontram na cera.

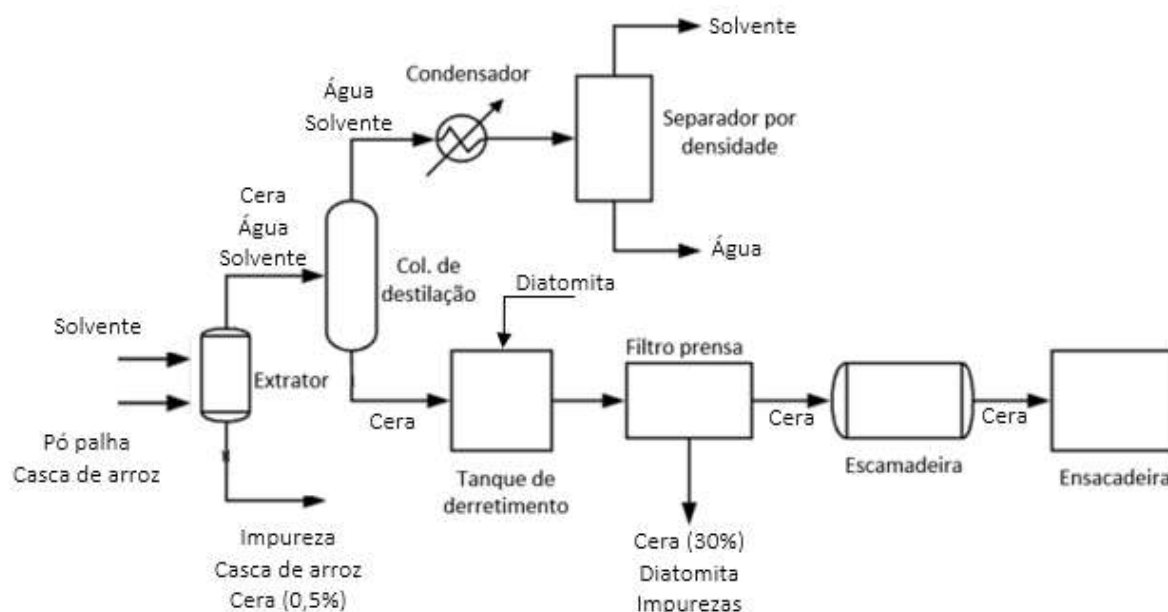
A corrente que sai desse tacho de derretimento segue para um filtro prensa onde são retidas as impurezas. Ocorre uma perda de 30% de cera nesse filtro (em relação ao total que passa pelo filtro). Esse excedente é chamado de barro de filtro, e é reutilizado no processo. Depois que a cera é filtrada, esta é encaminhada para a escamadeira, o que gera uma fina camada sólida de cera, que é quebrada em pequenos pedaços para, então, ser embalada. Os fluxogramas (Figura 1 e 2) contendo cada umas dessas etapas serão representados a seguir.

Figura 1 – Fluxograma do processo produtivo da cera Tipo IV.



Fonte: Autoria própria, 2018.

Figura 2 – Fluxograma dos equipamentos do processo produtivo.



Fonte: Autoria própria, 2018.

4. SUGESTÕES DE MELHORIAS PARA O PROCESSO

Ao analisar o processo produtivo da cera do Tipo IV é possível propor algumas melhorias no processo, que possibilitarão a maior extração da cera possível com a minimização de alguns custos de produção.

O armazenamento de matéria prima é realizado no último galpão da fábrica, já o processo de extração é feito no começo da mesma, sendo assim, não há logística adequada no transporte da matéria-prima do final para o começo do processo. Sugere-se que esse armazenamento fosse feito no início da fábrica, perto do galpão de extração.

A utilização de um impelidor para homogeneizar de forma eficiente a mistura do pó da palha e da casca de arroz no misturador, permitiria uma melhor permeabilização do solvente no pó e conseqüentemente uma maior extração. A ineficiência da permeabilização dada pela casca de arroz, acarreta em uma perda de produção de cera, já que o solvente não consegue permeabilizar o pó e extrair a cera.

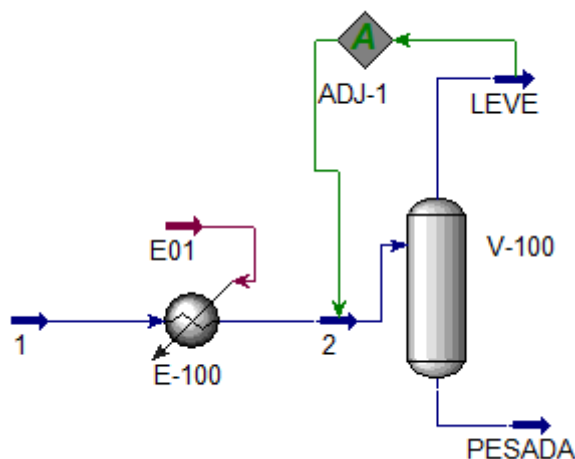
A agitação do solvente é importante, já que aumenta a difusão turbilhonar, aumentando a transferência de material da superfície das partículas para o volume de solução, além do mais, a agitação de moléculas finas previne a sedimentação.

Não é necessário a adição de solvente no destilador, além de não ser necessário neste tipo de equipamento, o solvente frio entrando em contato com a cera quente, forma espuma. Esta espuma é carregada até os condensadores e causam entupimento dos mesmos, uma vez que esta espuma arrasta um pouco da cera.

A fonte de energia da caldeira que é a poda do cajueiro, com capacidade calorífica de aproximadamente 4036,4 kcal/kg, poderia ser substituída por uma outra fonte que obtivesse maior capacidade calorífica como gás natural, com capacidade calorífica de 8600 kcal/m³, por exemplo. O gás é um combustível que trás menos danos ambientais, mas deve-se fazer uma análise econômica e verificar a sua viabilidade.

O processo merece passar por estudos para um novo dimensionamento da coluna de destilação. Ao simular no Aspen Hysys v.10 a coluna de destilação (Figura 3), o pacote termodinâmico utilizado foi o NRTL. Usando como solvente o metanol, verificou-se que em uma temperatura quase ambiente consegue-se recuperar 77% do metanol na corrente de vapor (Figura 4). Ao criar o componente “cera” no software, os valores utilizados de massa molecular e ponto de bolha foram de 396,7 g/mol e 250 °C, respectivamente. Vale lembrar que para um novo dimensionamento mais detalhado são necessárias mais informações das composições e utilizar o solvente correto. Nesse novo dimensionamento talvez se consiga uma boa separação com um gasto energético menor.

Figura 3 – Simulação no Aspen Hysys v.10.



Fonte: Autoria própria.

Figura 4 – Composição mássica da fase leve

	Mass Fractions
Methanol	0.7709
H2O	0.0026
Cera*	0.2265

Fonte: Autoria própria, 2018.

De forma semelhante, deve-se confirmar a partir de simulações qual seria a melhor temperatura de extração no extrator. Com temperaturas mais baixas, poderia se obter a mesma extração utilizando menor energia. Para se chegar nas melhores condições operacionais, via simulação de processo, seria necessário informações mais detalhadas das composições de alimentação e condições das correntes de entrada no equipamento.

As estratégias de controle para o processo de produção são sugeridas a seguir, como forma de automatizar uma parte do processo e reduzir custos e prever condições de risco (segurança).

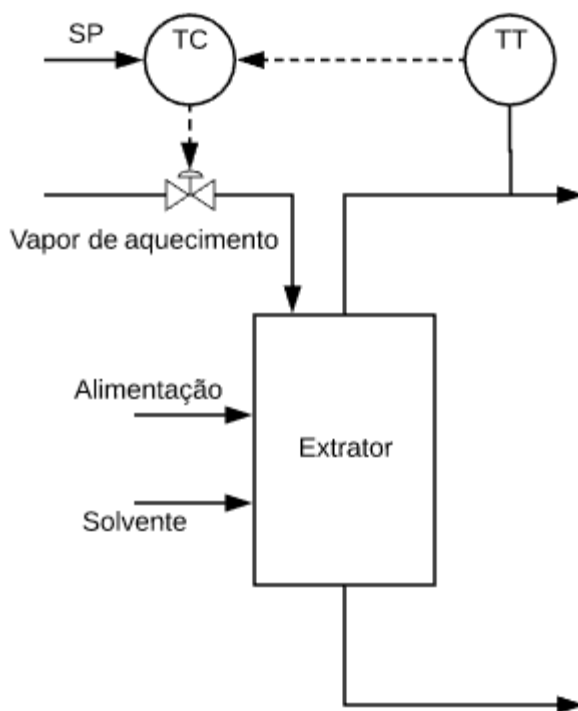
4.1. Sistema de controle da planta industrial

De forma geral, os sistemas de controle possibilitam uma maior segurança da planta industrial, bem como a correção de perturbações que venham a ocorrer no sistema. O processo produtivo da cera de carnaúba não apresenta nenhum tipo de controle. Sendo assim, foi proposto cinco estratégias de controle.

Com o objetivo de garantir que o extrator opera o máximo possível dentro da temperatura ideal de extração, foi proposto o sistema de controle 1 (Figura 5). Nesse sistema, a temperatura da corrente de extrato será medida, o sinal será enviado para o controlador de temperatura e será comparado com o *setpoint*. O controlador, então, enviará um sinal para a válvula da corrente de vapor da serpentina. Caso a temperatura medida esteja abaixo da temperatura de extração, a válvula que permite a entrada do vapor será aberta para que entre mais vapor de aquecimento e a temperatura seja corrigida. Vale ressaltar que temperaturas elevadas também podem degradar o solvente, o que não é aconselhável, já que este é reaproveitado. A posição mais segura para válvulas de vapor é falha-fecha (FF), porque isto evita um fluxo alto de vapor que poderia superaquecer a serpentina e degradar o solvente. O controlador será do tipo PID, uma vez que é o mais completo, respondendo mais rápido, eliminando o erro e diminuindo o nível de oscilações. Controlador usado deve ser ajustado para ação reversa, já que uma diminuição do sinal de entrada do controlador, indicando temperatura

abaixo do *setpoint*, requer um aumento do sinal de saída do controlador, indicando que a válvula deve ser aberta para entrar mais vapor de aquecimento.

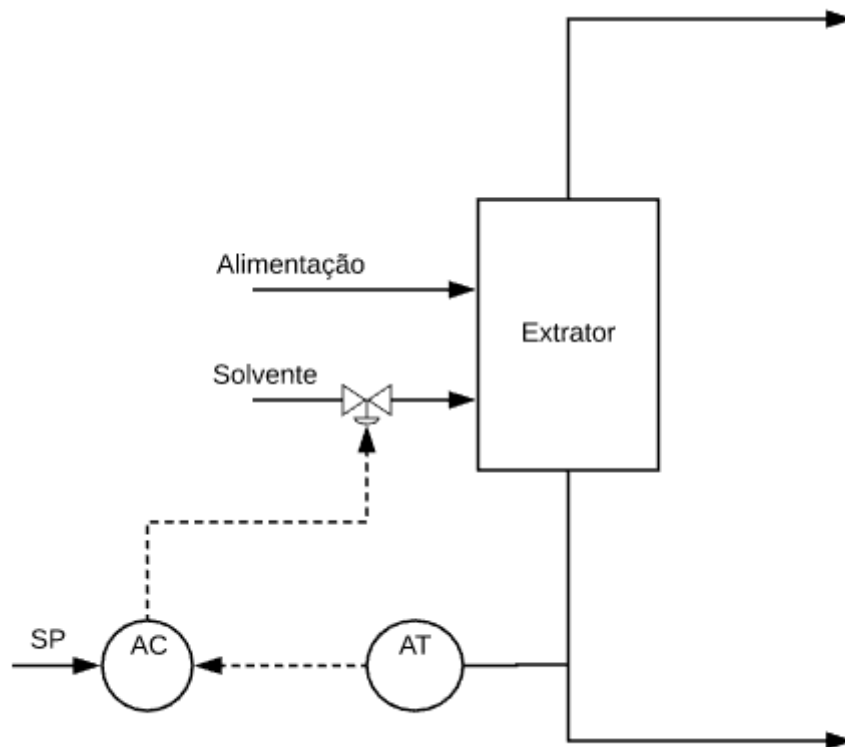
Figura 5 – Sistema de controle 1.



Fonte: Autoria própria.

A corrente de refinado que sai do extrator deve conter uma composição de até 0,5% de cera. Dessa forma, o sistema de controle 2 (Figura 6), busca garantir que esta composição limite seja assegurada. Esse sistema de controle consiste em medir a composição da corrente do refinado e transmitir para o controlador, que será comparado com o *setpoint*. O controlador então mandará uma ação para a válvula de controle do solvente. Caso seja medido um valor acima de 0,5%, então a válvula de controle da corrente do solvente se abrirá para mandar mais solvente e assim, extrair mais. A válvula de controle deve ser FF, caso ocorra uma queda de energia essa válvula será fechada, evitando gasto desnecessário com solvente. O controlador será do tipo PI, uma vez que deve ser utilizado para malhas de controle mais rápidas e que apresentam ruídos. A ação do controlador deve ser a direta, uma vez que um aumento do sinal de entrada do controlador, indicando um aumento na composição de cera, requer um aumento no sinal da saída do controlador, para que a válvula se abra e mais solvente entre para aumentar a extração.

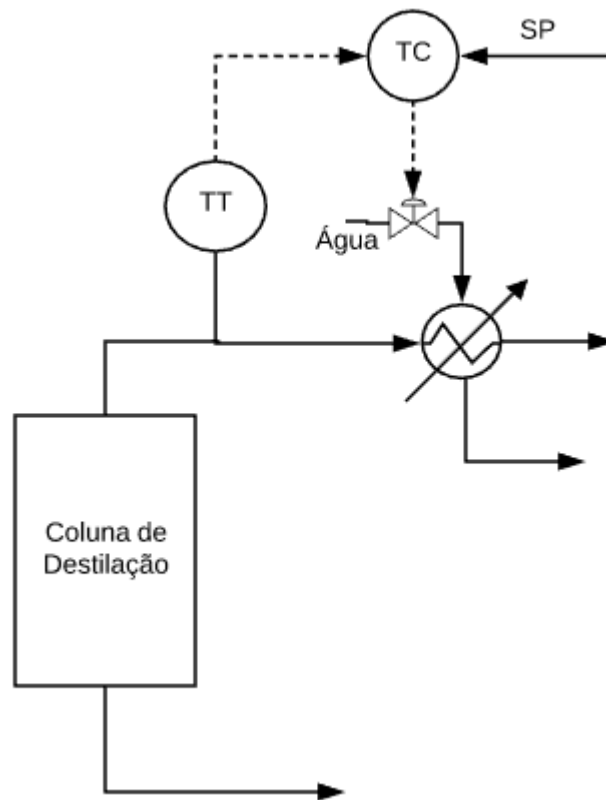
Figura 6 – Sistema de controle 2.



Fonte: Autoria própria.

O sistema de controle 3 (Figura 7) para o destilador, consiste em medir a temperatura da fase leve, enviar o sinal para o controlador de temperatura, que irá comparar com o *setpoint*, e enviar uma ação para a válvula de controle da corrente de água do condensador. Caso a temperatura medida esteja muito elevada, deverá passar pela válvula uma maior quantidade de água para que ocorra o condensamento da água e do solvente. A válvula de controle é FF, uma vez que faltando energia, essa válvula se fecha, evitando desperdícios de água. O controlador será do tipo PID, uma vez que é o mais completo, eliminando com erro e diminuindo as oscilações. A ação do controlador é direta, um aumento no sinal de entrada do controlador, indicando temperaturas elevadas, implica em um aumento do sinal de saída do controlador, indicando abertura da válvula para entrada de mais fluido frio.

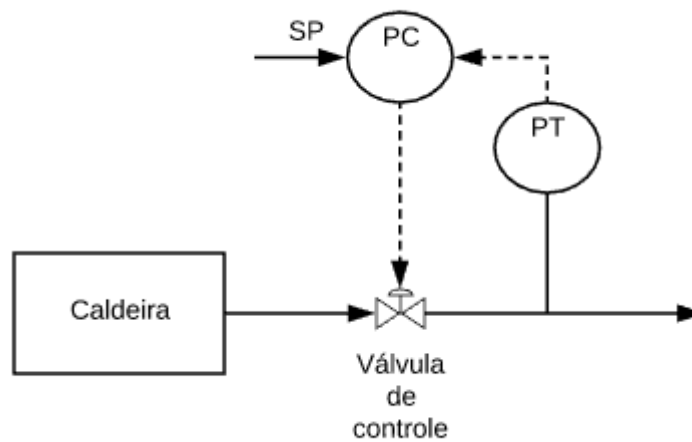
Figura 7 – Sistema de controle 3.



Fonte: Autoria própria.

O sistema de controle 4 (Figura 8), busca garantir que a pressão na tubulação de saída da caldeira esteja correta, evitando-se problemas de explosão, caso ocorra algum tipo de entupimento na tubulação. O sistema consiste em medir a pressão e enviar o sinal para o controlador de pressão, que fará uma comparação do valor medido com o *setpoint* e enviará uma ação corretiva para a válvula de controle. Caso a pressão medida esteja muito acima do esperado, a válvula será fechada, evitando que se aumente mais ainda a pressão na tubulação. A válvula de controle será falha-abre (FA) a fim de que cause um alívio de pressão, caso falte energia. O controlador será do tipo PI, uma vez que deve ser utilizado para malhas de controle mais rápidas que não apresentam ruídos. A ação do controlador é reversa, uma vez que um aumento do sinal de entrada do controlador, indicando um aumento de pressão na tubulação, requer uma diminuição do sinal de saída do controlador, fazendo com que a válvula se feche e a caldeira não mande mais vapor pressurizado.

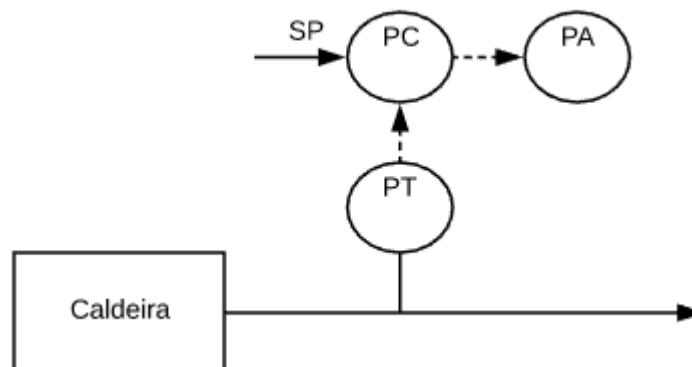
Figura 8 – Sistema de controle 4.



Fonte: Autoria própria.

O sistema de controle 5 (Figura 9), tem como objetivo garantir a segurança da planta industrial, prevenindo explosões da caldeira, devido um aumento de pressão na mesma. A pressão de saída da caldeira será medida e enviada ao controlador de pressão. O valor medido será comparado com o do *sepoint* e será enviado um sinal para um alarme, a fim de que os operadores tomem as devidas providencias. O controlador será do tipo PI, uma vez que deve ser utilizado para malhas de controle mais rápidas.

Figura 9 – Sistema de controle 5.

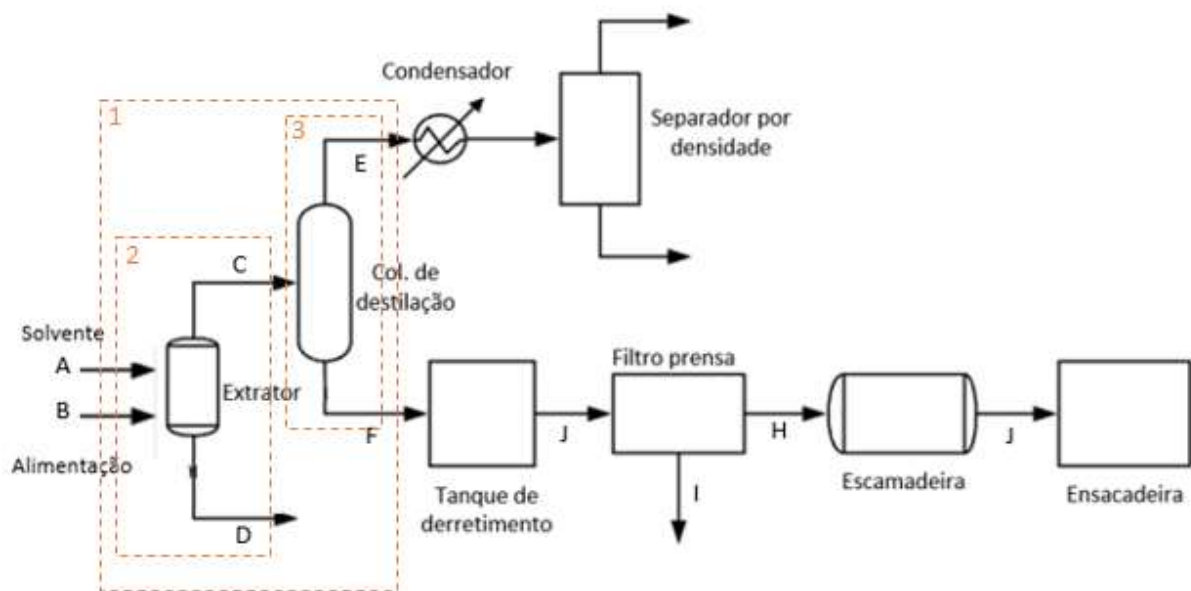


Fonte: Autoria própria.

4.2. Balanço de massa

Foi realizado um balanço de massa para o processo a fim de determinar qual a quantidade real que se deve alimentar no processo para produzir 10.000 kg de cera do Tipo IV, considerando o rendimento do PP de 67% em cera, e as perdas de 0,5% de cera no refinado e 30% no filtro prensa. A Figura 10 apresenta o fluxograma do processo usado para o balanço de massa.

Figura 10 – Fluxograma do processo produtivo



Fonte: Autoria própria.

Fronteira 1

Balanço global

$$A + B = E + F$$

Considerando que,

$$F - 0,3F = 10000$$

$$F = 14285 \text{ kg}$$

Então,

$$A + B = E + 14285 \quad (1)$$

Balanço por componente (cera)

$$\begin{aligned}
 A \cdot x_{cera,B} + B \cdot x_{cera,B} &= E \cdot x_{cera,E} + F \cdot x_{cera,F} \\
 A \cdot 0 + B \cdot 0,67 &= E \cdot 0 + 14285 \cdot 1 \\
 B &= 21321 \text{ kg}
 \end{aligned} \tag{2}$$

Fronteira 2

Balanço Global

$$A + B = C + D \tag{3}$$

Balanço por componente (cera)

$$\begin{aligned}
 A \cdot 0 + 21321 \cdot 0,67 &= C \cdot 0,955 + D \cdot 0,005 \\
 14285 &= C \cdot 0,955 + D \cdot 0,005
 \end{aligned} \tag{4}$$

Fronteira 3

Balanço global

$$C = E + 14285 \tag{5}$$

Balanço por componente (cera)

$$\begin{aligned}
 C \cdot x_{cera,c} &= E \cdot x_{cera,E} + F \cdot x_{cera,F} \\
 C \cdot 0,955 &= E \cdot 0 + 14285 \cdot 1 \\
 C &= 14958 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Logo, da Eq. (5)

$$\begin{aligned}
 E &= 14958 - 14285 \\
 E &= 673 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Conclui-se que a quantidade de pó necessário para produzir 10000 kg, levando em consideração o rendimento do pó e as perdas, é 21.321 kg.

5. ANÁLISES DE QUALIDADE

As análises de qualidade do produto acabado realizadas na Agrocera são as determinações de umidade, material volátil, índice de acidez, saponificação, índice de éster, ponto de fusão e teor de impurezas solúveis, que estão descritas mais a diante.

As atividades desenvolvidas no período de estágio foram as de determinação do teor de cera presente na matéria prima. Esta análise também foi descrita a seguir.

5.1. Determinação do teor de cera

A análise consistiu em preparar o cartucho. Colocou-se algodão na parte inferior e superior do cartucho. Pesou-se o cartucho em balança de precisão e anotou-se o peso do cartucho (PC). Zerou-se a balança com o cartucho sobre o prato. O cartucho foi retirado e em seguida o algodão da parte superior. Foi adicionado aproximadamente 10 g da amostra dentro do cartucho. Colocou-se novamente o algodão. Pesou-se o cartucho com a amostra. Anotou-se o peso da amostra (PA). Colocou-se aproximadamente 250 mL de solvente em um balão. Colocou-se o cartucho dentro de um copo sifão e acoplou-se o sistema sobre a chapa elétrica, por aproximadamente 4 horas ou quando o copo sifão tornar-se transparente. Tirou-se o cartucho e recuperou-se o solvente. Deixou-se no balão um pouco de solvente misturado com cera. Pesou-se o cadinho limpo e seco e anotou-se o peso inicial (PIC). Transferiu-se a amostra de cera do balão para o cadinho. Lavou-se o balão com o solvente e adicionou-se ao cadinho. Deixou-se evaporar até que pequenas bolhas não se formassem. Deixou-se o cadinho esfriar e pesou-se novamente. Anotou-se o peso final do cadinho (PFC). Para o cálculo do teor de cera foi utilizada a Equação 1 (ABNT NBR 16124).

$$\% CERA = \frac{(PFC - PIC) \cdot 100}{PA} \quad (1)$$

sendo,

PFC a massa final do cadinho (g);

PIC a massa inicial do cadinho (g);

PA a massa da amostra (g).

Durante o mês de outubro/2017, as análises apresentaram uma média de 67% de teor de cera presente na matéria-prima, com um desvio padrão de $\pm 7\%$. Lembrando que quanto maior esse rendimento maior será o preço pago pela mercadoria.

5.2. Determinação do teor de umidade e de matéria volátil

Esta análise consiste em aquecer o pesa-filtro à temperatura de 105 ± 5 °C durante uma 1 hora em estufa, resfriar em um dessecador por 1 hora e pesar. Depois, deve-se repetir a operação até a massa ficar constante. Pesar $5 \pm 0,1$ g de amostra de cera no pesa-filtro. Anota-se a massa da amostra como P_1 . Coloca-se o pesa-filtro na estufa e remove-se a tampa, deixando-a também na estufa, por 4 horas a 105 ± 5 °C. Transfere-se o pesa-filtro para o dessecador, deixa-se esfriar por 1 hora e pesa-se novamente. Deve-se repetir o procedimento até que a massa fique constante. Por fim, anota-se como P_2 a massa de amostra seca. O cálculo do teor de umidade e de matéria volátil é terminada pela Equação 2 (ABNT NBR 14709).

$$\% \text{ Umidade e material volátil} = \frac{(P_1 - P_2) \cdot 100}{P_1} \quad (2)$$

onde,

P_1 é a massa inicial da amostra (g);

P_2 é a massa da amostra após o aquecimento (g).

5.3. Determinação do índice de acidez

Pesar aproximadamente 3 g de amostra de cera de carnaúba no frasco de Erlenmeyer de 250 mL. Adicionar 50 mL da mistura de solvente tolueno/etanol, com o auxílio da proveta. Aquecer na chapa aquecedora até a completa dissolução da cera. Após resfriar o frasco da chapa, adicionar algumas gotas de fenolftaleína. Titular imediatamente com solução aquosa de hidróxido de potássio 0,1 M padronizado até o aparecimento de uma coloração rosada que permaneça por 30 segundos. Calcula-se o índice de acidez pela Equação 3 (ABNT NBR 15513).

$$IA = \frac{V \cdot N \cdot 56,1}{P} \quad (3)$$

onde,

IA é o valor numérico do índice de acidez (mg KOH);

V é o valor numérico do volume de hidróxido de potássio 0,1 N gasto na titulação (mL);

N é o valor numérico da normalidade exata do hidróxido de potássio (N);

P é o valor numérico da massa da amostra (g).

5.4. Determinação do índice de saponificação

Pesar aproximadamente 1 g de amostra de cera de carnaúba no frasco de Erlenmeyer de 250 mL. Adicionar 50 mL de solução alcóolica de hidróxido de potássio 0,1 N. Adicionar 50 mL, da mistura de solvente tolueno/etanol. Aquecer na chapa aquecedora sob refluxo durante 1,5 horas. Titular com uma solução de ácido clorídrico 0,1 N padronizada até o desaparecimento da coloração vermelha por 10 segundos. Repetir o experimento para uma prova em branco. O índice de saponificação é calculado pela Equação 4 (ABNT NBR 15513).

$$IS = \frac{(V_B - V_A) \cdot N \cdot 56,1}{P} \quad (4)$$

sendo,

IS é o valor numérico do índice de saponificação (mg KOH);

V_B é o volume da solução de ácido clorídrico 0,1 N gasto na prova do branco (mL);

V_A é o volume da solução de ácido clorídrico 0,1 N gasto na titulação (mL);

N é o valor da normalidade exata da solução de ácido clorídrico (N);

P é a massa da amostra (g).

5.5. Determinação do índice de éster

O índice de éster pode então ser calculado pela Equação 5 (ABNT NBR 15513).

$$IE = IS - IA \quad (5)$$

onde,

IE é o índice de éster;

IS é o índice de saponificação;

IA é o índice de acidez.

5.6. Determinação do ponto de fusão

Fundir no béquer de 50 mL, o material a ser ensaiado. Inserir o tubo capilar na cera fundida de modo a formar uma coluna de 2 cm no seu interior. Retirar do béquer o capilar contendo a coluna de cera e deixar a cera solidificar à temperatura ambiente. Fixar o tubo capilar ao termômetro de modo que suas partes inferiores fiquem a uma mesma altura. Inserir o conjunto (tubo capilar e termômetro) no tubo de ensaio com rolha, de modo que o conjunto

fique a 1 cm do fundo do tubo. Com o auxílio da garra, deve-se sustentar o tubo de ensaio no béquer contendo a glicerina, de modo que o tubo de ensaio fique a 1 cm do fundo do béquer. Então, deve-se aquecer até que a temperatura atinja cerca de 30 °C abaixo do ponto de fusão. Continuar aquecendo na velocidade de 3 °C/min até alcançar 5 °C abaixo do ponto de fusão esperado. Então, regular para 0,5 °C/min a 1 °C/min. Continuar o aquecimento até que a coluna de cera suba através do tubo capilar ou ocorra formação de pequenas bolhas de ar com seu deslocamento na coluna de cera. A temperatura observada neste momento é tomada como ponto de fusão (ABNT NBR 15564).

5.7. Determinação do teor de impurezas insolúveis

Com o auxílio de uma pinça, deve-se colocar o cartucho de papelão ou papel de filtro dentro do extrator Soxhlet, e adaptar o extrator ao balão de fundo chato de 500 mL, contendo 400 mL da mistura do solvente 2:1. Aquecer o sistema até a ebulição do solvente para fazer a primeira lavagem no cartucho de papelão ou papel de filtro. Reservar o solvente para continuidade do ensaio. Retirar o papel filtro do extrator após a primeira lavagem com solvente e colocar sobre o vidro relógio. Secar o papel de filtro em estufa a 105 ± 5 °C, por 1 hora. Retirar o papel de filtro da estufa e esfriar em dessecador por 30 minutos. Ao retirar do dessecador deve-se pesar até a massa permanecer constante. Colocar a amostra dentro do papel de filtro. Colocar o papel de filtro com a amostra dentro do extrator Soxhlet e adaptar ao balão de fundo chato de 500 mL, contendo 400 mL da mistura de solvente 2:1. Aquecer o sistema até ebulição do solvente e finalizar o processo quando não for mais observada a presença do material graxo da amostra, no interior do Soxhlet. Remover o papel de filtro contendo as impurezas retidas e colocar sobre o vidro relógio. Secar o papel de filtro em estufa (105 ± 5) °C, por 1 hora. Esfriar em dessecador por 30 minutos. Pesar o papel de filtro em balança analítica. A Equação 6 mostra como se calcula o teor de impurezas (ABNT NBR 16124).

$$I = \frac{P_2 - P_1}{P_A} \cdot 100 \quad (6)$$

onde,

I é o valor numérico do teor de impurezas insolúveis (%);

P₁ é massa do papel de filtro sem resíduo (g);

P₂ é a massa do papel de filtro com resíduo (g);

P_A é a massa da amostra (g).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cera de carnaúba do Tipo IV, que tem como matéria-prima o pó da palha da carnaubeira, é utilizada nas indústrias de limpeza, polimento, fabricação de papel carbono, conservação de móveis, madeira e em embalagens de papelão. O processo de produção da cera consiste em uma extração sólido-líquido.

A utilização das cinco estratégias de controle propostas, buscarão garantir uma maior segurança do processo, bem como a correção das perturbações que ocorram. A substituição da fonte energética da caldeira por outra que apresente um maior poder calorífico e menos poluições ao ar atmosférico, também deve ser avaliado.

Os dimensionamentos das colunas de extração e destilação devem ser analisados e simulações do processo podem ser feitas, para se chegar a temperaturas ótimas de operação dessas colunas. No entanto, para realizar essas simulações devem ser levantados os dados de entrada do processo.

O balanço de massa para o processo sugeriu que uma quantidade de 21.321 kg de pó palha são necessários para produção de uma batelada de 10.000 kg. Em relação as análises de teor de cera, os valores dos rendimentos das mercadorias apresentaram uma média de 67%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROCERA. **Certificado de análise da cera de carnaúba Tipo IV.** 2017

ALVES, Maria Odete; COELHO, Jackson Dantas. Tecnologia e relações sociais de produção no extrativismo da carnaúba no nordeste brasileiro. In: **CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL**. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2006. p. 9.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14709: Cera de carnaúba - determinação do teor de umidade e matéria volátil.** 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15513: Cera de carnaúba - determinação do índice de acidez, índice de saponificação.** 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15564: Cera de carnaúba - determinação do ponto de fusão.** 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16124: Cera de carnaúba - determinação do teor de impurezas insolúveis e método de extração por solvente orgânico.** 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14710: Cera de carnaúba - determinação do teor de cinza.** 2017.

CÂMARA SETORIAL DA CARNAÚBA. **A carnaúba: preservação e sustentabilidade.** Fortaleza, 2009. 68 f

CARVALHO, Francisco Prancacio Araújo de; GOMES, Jaíra Maria Alcobaça. Eco-eficiência na produção de cera de carnaúba no município de Campo Maior, Piauí, 2004. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 46, n. 2, p. 421-453, 2008.

CAVALCANTI, Rodrigo Nunes et al. **Extração de antocianinas de resíduo de jabuticaba (Myrciaria cauliflora) utilizando líquido pressurizado e fluido supercrítico: caracterização química, avaliação econômica e modelagem matemática.** 2013. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

DANTAS, Allan Nilson de Sousa. **Estudo de novos parâmetros para o aprimoramento do controle de qualidade da cera de carnaúba.** 2014. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

Ficha De Informação De Segurança De Produto Químico (FISPQ). **Cera de carnaúba.** AGROCERA Indústria e Comércio e Ltda. 2015.

FERREIRA, E.A. et al. **Composição química da cera epicuticular e caracterização da superfície foliar em genótipos de cana-de-açúcar.** Planta Daninha, Viçosa-MG, v. 23, n. 4, p. 611-619, 2005.

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

GANDRA, Kelly Moreira. **Obtenção e caracterização de cera de cana-de-açúcar e suas frações**. 2006. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

GARCÍA, Joaquín Ocón; BARREIRO, Gabriel Tojo. **Problemas de ingeniería química: Operaciones básicas**. 3 ed. Madrid: Aguilar, 1976. ISBN 84-03-20220-2.

JOMORI, M L L, et al. **Conservação refrigerada de lima ácida ‘TAHITI’**: uso de 1-metilciclopropano, ácido giberélico e cera. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 25, n. 3, p. 406-409, dezembro 2003.

Método American Wax Importers and Refiners Association Inc. – AMERWAX, 1997.

NASCIMENTO, Edvânia Bezerra do et al. A Cera de Carnaúba: Origem, Produção e Mercados. In: **VIII Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial**. Paraná: Engenharia de Produção Agroindustrial, 2014.

PERKINS, E. G. Nomenclature and classification of lipids. In: PERKINS, E. G. Analysis of Fats, Oils and Lipoproteins. Champaign: AOCS Press, 1993.

ROCHA, Fábio RP; TEIXEIRA, Leonardo SG. Estratégias para aumento de sensibilidade em espectrofotometria UV-VIS. **Química nova**, v. 27, p. 807-812, 2004.

SANTOS, Francisco Josiel do. **Manual De Boas Práticas De Fabricação**. Russas, 2017.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FARMACOGNOSIA. **Óleos fixos e ceras**. Disponível em <http://www.sbfgnosia.org.br/Ensino/oleos_fixos_e_ceras.html> Acessado em 05 de fevereiro de 2018.

VARELA, Ângelo Felipe Castro. **Instituições prevalecentes, tradição e persistência no extrativismo da cera de carnaúba em Limoeiro do Norte – CE**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.