



**ESTUDO PRELIMINAR PARA  
DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA  
SOCIAL PARA REMOÇÃO DE COR DO PÓ  
DA PALHA DE CARNAÚBA**

**Fernanda Tourinho Santos**

**Isabela Schmidt Tagomori**

**Projeto de Final de Curso**

**Orientador:**

**Prof. Daniel Weingart Barreto, D.Sc.**

**Agosto de 2014**

# **ESTUDO PRELIMINAR PARA DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA SOCIAL PARA REMOÇÃO DE COR DO PÓ DA PALHA DE CARNAÚBA**

***Fernanda Tourinho Santos***

***Isabela Schmidt Tagomori***

Projeto de Final de Curso submetido ao Corpo Docente da Escola de Química,  
como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheiro Químico.

Aprovado por:

---

Estevão Freire, D.Sc.

---

Suely Pereira Freitas, D.Sc.

---

Mariana Vieira Casanova Monteiro, Eng.

Orientado por:

---

Daniel Weingart Barreto, D.Sc.

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Agosto de 2014

Santos, Fernanda Tourinho. Tagomori, Isabela Schmidt.

Estudo preliminar para desenvolvimento de tecnologia social para remoção de cor do pó da palha de carnaúba / Fernanda Tourinho Santos e Isabela Schmidt Tagomori. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2014.

xii, 121 p.; il.

(Projeto Final) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2014.

Orientador: Daniel Weingart Barreto.

1. Cera de Carnaúba. 2. Tecnologia Social. 3. Rota tecnológica de pré-beneficiamento do pó cerífero. 4. Projeto Final (Graduação – UFRJ/EQ). 5. Daniel Weingart Barreto. I. Estudo preliminar para desenvolvimento de tecnologia social para remoção de cor do pó da palha de carnaúba.

Aos grandes amores da minha vida.

**Fernanda Tourinho Santos**

Ao meu amado irmão Matheus, meu amigo,  
e maior presente que recebi da vida.

**Isabela Schmidt Tagomori**

Quando amanhece  
Até parece que o sertão  
Com alegria  
Vai despedindo a escuridão  
E a passarada  
Em revoada, tão contente  
Alcança o espaço  
Num grande abraço a toda gente.  
**(Alma do Sertão, Luiz Gonzaga)**

## **AGRADECIMENTOS**

*Fernanda Tourinho Santos*

A Deus, por guiar meus caminhos, sobretudo nos momentos de dificuldade.

Aos meus pais, meus maiores exemplos, pela paciência quase infinita e o apoio incondicional.

À minha irmã Renata, por abrir os caminhos.

Ao Daniel, por tornar a jornada muito mais prazerosa e pelo resgate.

Ao meu orientador, Daniel Barreto, pelo exemplo e pela coragem de buscar temas pouco convencionais.

## AGRADECIMENTOS

*Isabela Schmidt Tagomori*

A Deus, por todas as oportunidades que tenho recebido nesta vida, por guiar meus passos em cada etapa do meu crescimento, seja no âmbito pessoal, acadêmico ou profissional.

À minha pequena família: Ingrid e Milton, meus pais muito amados, meus melhores amigos, exemplos de vida e meus grandes e eternos educadores, e Matheus, meu irmão, meu presente, que sonha comigo e dorme comigo quando eu tenho medo.

À minha grande família: minhas avós adoradas, por toda a sabedoria, vocês são a minha luz, meus tios e tias, por todo o carinho, minhas primas amadas, confidentes eternas e indispensáveis, meus primos amados, pela união. Aos meus avós que se foram, minhas estrelas no céu, todo o meu amor.

À minha nova família em Curitiba: Luis Felipe, meu ponto de equilíbrio, por ser meu calmante e minha paz, e até por não prestar atenção, Ana, João e Gabriel, por me receberem sempre de braços abertos e por todo carinho que sempre encontrei em vocês, desde o início.

Às minhas amigas de infância e às que conheci na Escola de Química, pelo apoio, pela compreensão, pelas lágrimas, abraços e sorrisos, pela parceria, pelas festas de pijama, por todas as viagens, por Búzios e Paris, por estarem ao meu lado em todos os momentos, mesmo quando distantes.

Aos meus amigos de infância e aos que conheci na Escola de Química, pelo carinho e paciência, por todas as revisões antes das provas e as dúvidas pela internet, pelas dancinhas e piadas ruins, por Búzios e Iriri, pela amizade que sobreviveu a todos esses anos de Engenharia de Química.

Aos meus amigos torineses, por tornarem minha experiência intercambista uma deliciosa viagem, pela companhia para explorar o mundo, pelos *gelatos*, pelos cafés e pelo Camillo's, por todos os dias preguiçosos e por todos os encontros no Brasil.

À Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, pela excelência, pelo aprendizado, por todos os professores maravilhosos, apaixonados pelo incrível universo da Engenharia Química, cada um à sua maneira, pelo ambiente acadêmico proporcionado, e pelo incentivo que sempre recebi em acreditar nas escolhas feitas.

Ao orientador deste projeto, Daniel Barreto, pela oportunidade em trabalhar no desenvolvimento de uma ideia tão interessante, pelo imenso conhecimento, por orientar nossos passos e decisões com paciência, pelo apoio e incentivo, e por todos os conselhos sobre o futuro.

Resumo do Projeto de Final de Curso apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção de grau de Engenheiro Químico.

## **ESTUDO PRELIMINAR PARA DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA SOCIAL PARA REMOÇÃO DE COR DO PÓ DA PALHA DE CARNAÚBA**

Fernanda Tourinho Santos  
Isabela Schmid Tagomori

Agosto, 2014

Orientador: Prof. Daniel Weingart Barreto, D.Sc.

### **Resumo**

A cera de carnaúba é um produto da biodiversidade brasileira e constitui solução economicamente interessante e ecologicamente amigável para as crescentes exigências ambientais. Este trabalho objetiva estudar o desenvolvimento de uma rota tecnológica com viés social, aplicável e replicável, simples e com baixos custos, que permita agregar valor à cadeia produtiva da carnaúba, melhorando a qualidade do pó cerífero mais grosseiro ("Pó de Palha Tipo B") e conseqüentemente da cera produzida. Foram realizados três ensaios buscando remover pigmentos fotossintéticos através de sucessivas extrações com etanol, seguidas de sucessivas extrações com água, filtração e secagem. Os resultados apontam progressivo clareamento e purificação tanto do pó cerífero quanto da cera produzidos. O ensaio E<sub>3</sub>, com três extrações com etanol e duas extrações com água, foi aquele que apresentou os melhores resultados.

Palavras-chave: Tecnologia Social; Cera de Carnaúba; Relações Trabalhistas; Cadeia Produtiva da Cera de Carnaúba.

### **Abstract**

Carnauba wax is a product from Brazilian biodiversity and an interesting eco-friendly economic solution to the growing environmental policies and requirements. This paper aims to study the development of a technological route with social bias that adds value to the primary product of Carnauba tree, its wax powder, and consequently the resulting wax. Three experiments were conducted to remove chlorophyll pigments through successive extractions using ethanol, followed by successive extractions using water, filtration and drying. Results point to a progressive clarification and purification of both powder and wax. Experiment E<sub>3</sub>, consisting of three extractions with ethanol and two with water, was the one presenting better results.

Keywords: Social Technology; Carnauba Wax; Working Relationships, Supply Chain of Carnauba Wax.

# ÍNDICE

1. Introdução.....	1
2. A Carnaúba .....	4
2.1. A carnaubeira .....	4
2.2. Ocorrência da carnaúba .....	5
2.3. Usos da carnaúba: “árvore da vida” .....	7
3. Mercado da Carnaúba.....	10
3.1. Principais produtos da carnaúba.....	10
3.2. Estados produtores.....	11
3.3. Exportação e mercado interno .....	12
4. A Cera de Carnaúba.....	15
4.1. Composição química da cera de carnaúba .....	16
4.2. Propriedades da cera de carnaúba .....	16
4.3. Diferentes <i>grades</i> e suas características .....	18
4.3.1. Classificação do pó cerífero .....	19
4.3.2. Classificação da cera de carnaúba .....	20
4.3.3. Classificação comercial para as ceras de carnaúba refinadas .....	23
4.4. Especificações e adulterações da cera de carnaúba .....	27
4.4.1. Especificações utilizadas para o pó cerífero e a cera de carnaúba .....	28
4.4.2. Adulterações da cera de carnaúba.....	31
4.5. Usos e aplicações da cera de carnaúba .....	31
5. Processo de Produção da Cera de Carnaúba .....	36
5.1. Obtenção do pó cerífero .....	36
5.2. Beneficiamento artesanal do pó cerífero.....	41
5.3. Beneficiamento industrial do pó cerífero .....	45
6. Relações Sociais na Produção da Cera de Carnaúba.....	50
6.1. Organização do trabalho.....	50
6.1.1. Organização do trabalho na cadeia de produção da cera de carnaúba.....	51
6.2. Obtenção do pó cerífero .....	52
6.1. Beneficiamento artesanal do pó cerífero.....	59
6.1. Beneficiamento industrial do pó cerífero .....	60
7. Tecnologias Sociais na Produção da Cera de Carnaúba .....	61
7.1. O conceito de tecnologia social.....	61

7.2.	Aplicação de tecnologias sociais no processo de produção de cera de carnaúba	62
8.	Proposta de desenvolvimento de tecnologia social aplicada à etapa de beneficiamento artesanal do pó cerífero da carnaúba	67
8.1.	Motivações e Objetivo da Proposta	67
8.2.	Metodologia e Estrutura da Proposta	68
8.2.1.	Escolha do solvente orgânico	70
8.2.2.	Lavagens para extração de clorofila e remoção de cor	71
8.2.3.	Filtração	72
8.2.4.	Secagem	73
8.2.5.	Recuperação do Solvente	73
8.2.6.	Fluxograma simplificado do processo de pré-beneficiamento	74
9.	Análises Experimentais: Materiais e Métodos	75
9.1.	Materiais	75
9.1.1.	Teste de detecção da presença de clorofila e pigmentos fotossintéticos	75
9.1.2.	Lavagem do pó de palha: uma lavagem com etanol (P1)	75
9.1.3.	Lavagem do pó de palha: duas lavagens com etanol (P2)	76
9.1.4.	Lavagem do pó de palha: três lavagens com etanol (P3)	77
9.1.5.	Extração dos pós de palha para produção de cera de carnaúba	78
9.1.6.	Termogravimetria e Termogravimetria Derivada (TG/DTG)	79
9.2.	Métodos	79
9.2.1.	Teste de detecção da presença de clorofila e pigmentos fotossintéticos	79
9.2.2.	Ensaio de lavagem do pó de palha: uma lavagem com etanol (L <sub>1</sub> )	79
9.2.3.	Ensaio de lavagem do pó de palha: duas lavagens com etanol (L <sub>2</sub> )	80
9.2.4.	Ensaio de lavagem do pó de palha: três lavagens com etanol (L <sub>3</sub> )	81
9.2.5.	Extração dos pós de palha para produção de cera de carnaúba	82
9.2.6.	Termogravimetria e Termogravimetria Derivada (TG/DTG)	84
10.	Resultados e Discussões	85
10.1.	Teste de detecção da presença de clorofila e pigmentos fotossintéticos	85
10.2.	Ensaio de extração de clorofila através de sucessivas lavagens do pó de palha (Tipo B) com álcool etílico	86
10.3.	Extração dos pós de palha para a produção da cera de carnaúba via cozimento (beneficiamento artesanal)	92
10.4.	Termogravimetria e Termogravimetria Derivada (DTG)	95
11.	Considerações Finais	100
12.	Sugestões para Trabalhos Futuros	100
13.	Bibliografia	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1- Carnaubal, Atins (MA).....	4
Figura 2.2 – Tronco (esquerda), arranjo de flores e frutos (direta acima), e sementes da carnaúba (direita abaixo).....	5
Figura 2.3 – Ocorrência da carnaúba no Brasil.....	6
Figura 2.4 – Utensílios de palha de carnaúba e papel artesanal. ....	8
Figura 2.5 – Diferentes <i>grades</i> comerciais de cera de carnaúba. ....	9
Figura 3.1 – Dados gerais de exportação da cera de carnaúba 2008 a 2013.....	12
Figura 3.2 – Dados de exportação de cera de carnaúba: Ceará, 2011.....	13
Figura 3.3 – Principais importadores de cera de carnaúba. ....	14
Figura 4.1 – Amostras de pó cerífero: pó de olho (esq.) e pó de palha (dir.). ....	19
Figura 4.2 – Cera de Carnaúba Tipo T-1F, da Natural Wax.....	23
Figura 4.3 – Cera de Carnaúba Tipo T-3R, da Natural Wax. ....	25
Figura 4.4 – Cera de Carnaúba Tipo T-4F, da Natural Wax.....	26
Figura 4.5 – Aplicações da cera de carnaúba: polimento e eletrônicos. ....	32
Figura 4.6 – Aplicações da cera de carnaúba: alimentos, farmacêuticos e cosméticos. ....	33
Figura 5.1 – Macro etapas do processo extrativista de obtenção do pó cerífero. ....	36
Figura 5.2 – Atividade de corte das folhas da carnaúba. ....	37
Figura 5.3 – Folhas da carnaúba após o corte.....	37
Figura 5.4 – Trabalhadores soltando as folhas presas à vegetação (à esquerda) e formação de feixes (à direita).....	38
Figura 5.5 – Transporte dos feixes de carnaúba para o lastro.....	38
Figura 5.6 – Secagem das folhas no lastro. ....	39
Figura 5.7 – Batição manual para obtenção do pó cerífero.....	39
Figura 5.8 – Máquina de Bater Guarany e Máquina de Bater Acoplada. ....	40
Figura 5.9 – Instalação para beneficiamento artesanal.....	41
Figura 5.10 – Macro etapas do processo de beneficiamento artesanal. ....	42
Figura 5.11 – Tacho com orifício para escorrer a cera bruta produzida.....	43
Figura 5.12 – Recozimento em latas de querosene e filtração (prensa). ....	44
Figura 5.13 – Resfriamento da cera bruta.....	44
Figura 5.14 – Macro etapas do processo de beneficiamento industrial. ....	46
Figura 5.15 – Etapa de extração: unidades extratoras.....	47
Figura 5.16 – Etapas de clarificação e escamação.....	48
Figura 5.17 – Etapa de embalagem: cera em escamas. ....	49
Figura 5.18 – Fluxograma do processo industrial a partir do pó cerífero. ....	49
Figura 6.1 – Atores sociais do processo produtivo da carnaúba.....	52
Figura 6.2 – Vareiro.....	54
Figura 6.3 – Aparador. ....	55
Figura 6.4 – Carroceiro. ....	55
Figura 6.5 – Lastreiro. ....	56
Figura 6.6 – Atividade de riscagem do pó.....	57

Figura 6.7 – Batição mecânica do pó.....	58
Figura 6.8 – Prensador.....	59
Figura 7.1 – Protótipo de secador fixo.....	63
Figura 7.2 – Protótipo de secador móvel.....	63
Figura 7.3 – Adaptação de máquina de café.....	64
Figura 7.4 – Método estaleiro.....	65
Figura 7.5 – Máquina Guarany Ciclone.....	66
Figura 8.1 – Macro etapas: inserção do processo de pré-beneficiamento.....	69
Figura 8.2 – Fluxograma simplificado do processo de pré-beneficiamento do pó cerífero de palha de carnaúba. ....	74
Figura 10.1 – Etapa de decantação do teste de detecção de clorofila.....	85
Figura 10.2 – Filtrados do teste de detecção de clorofila.....	85
Figura 10.3 – Etapa de decantação e filtrado do ensaio com uma lavagem com álcool etílico. ....	87
Figura 10.4 – Etapa de decantação e filtrado do ensaio com duas lavagens com álcool etílico (resultados após a segunda lavagem).....	87
Figura 10.5 – Etapa de decantação e filtrado do ensaio com três lavagens com álcool etílico (resultados após a terceira lavagem). ....	88
Figura 10.6 – Etapa de decantação e filtrado após as duas lavagens com água ( $L_A$ , acima, e $L_B$ , abaixo). ....	89
Figura 10.7 – Sequência de filtrados: Ensaio $E_3$ (3 lavagens com etanol + 2 lavagens com água). ....	90
Figura 10.8 – Pó de palha ( $P_2$ ) após etapa de secagem e resíduos peneira. ....	91
Figura 10.9 – Etapas de cozimento.....	92
Figura 10.10 – Fusão e filtração a quente.....	93
Figura 10.11 – Etapa de cozimento: Tipo B, $P_1$ , $P_2$ e $P_3$ , respectivamente.....	93
Figura 10.12 – Etapa de cozimento: Tipo B, $P_1$ , $P_2$ e $P_3$ , respectivamente.....	94
Figura 10.13 – Análise térmica referente ao “Pó de Palha (Tipo B)”.....	95
Figura 10.14 – Análise térmica referente ao “Pó de Palha ( $P_1$ )”.....	96
Figura 10.15 – Análise térmica referente ao “Pó de Palha ( $P_2$ )”.....	97
Figura 10.16 – Análise térmica referente ao “Pó de Palha ( $P_3$ )”.....	98
Figura 10.17 – Gráficos compilados: Termogravimetria (TG). ....	99

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 – Produção dos principais produtos da carnaúba 2011/2012.....	10
Tabela 3.2 – Valor de produção: principais produtos da carnaúba 2011/2012. ....	11
Tabela 3.3 – Participação dos Estados: produção de pó e cera (2012).....	11
Tabela 4.1 – Definição de cera. ....	15
Tabela 4.2 – Composição da cera de carnaúba.....	16
Tabela 4.3 – Propriedades gerais da cera de carnaúba.....	17
Tabela 4.4 – Solubilidade da cera de carnaúba em diferentes solventes. ....	18
Tabela 4.5 – Classificação do pó cerífero. ....	19
Tabela 4.6 – Classificação da cera de carnaúba bruta. ....	20
Tabela 4.7 – Classificação da cera de carnaúba refinada.....	22
Tabela 4.8 – Propriedades e características da Cera de Carnaúba Tipo T-1F. ....	24
Tabela 4.9 – Propriedades e características da Cera de Carnaúba Tipo T-3R.....	25
Tabela 4.10 – Propriedades e características da Cera de Carnaúba Tipo T-4F. ....	27
Tabela 4.11 – Normas analíticas e metodologias para determinação das propriedades físico-químicas da cera de carnaúba.....	30
Tabela 6.1 – Remuneração média diária por função.....	56
Tabela 6.2 – Remuneração média por milheiro por função.....	57
Tabela 6.3 – Remuneração média diária por função.....	58
Tabela 8.1 – Preço médio do etanol combustível nos três Estados Brasileiros mais relevantes na cadeia da cera de carnaúba .....	71
Tabela 8.2 – Ensaio de lavagem do pó cerífero para extração de clorofila .....	72
Tabela 8.3 – Ensaio de lavagem do pó cerífero para extração de clorofila .....	73
Tabela 10.1 – Ensaio e etapas de lavagem do pó cerífero .....	86
Tabela 10.2 – Qualidades de pó cerífero e cera de carnaúba produzidos .....	93

## 1. Introdução

A Carnaúba é uma árvore pertencente à sociobiodiversidade brasileira que, embora seja passível de ocorrência e cultivo em qualquer região de clima tropical, têm, na caatinga e nas regiões semiáridas do nordeste do Brasil, as condições climáticas ideais para a produção de pó cerífero, produto de maior relevância sócio econômico oriundo do extrativismo da planta (BENNETT, 1963).

Predominantes nos Estados do Piauí, Maranhão, Rio Grande do Norte e Ceará, as atividades ligadas ao extrativismo e ao beneficiamento do pó empregam direta e indiretamente mais de 200 mil trabalhadores, sendo a etapa de campo a maior responsável pela criação de empregos diretos (SINDICARNAÚBA, site). No que tange a essa etapa, que compreende as atividades de corte, secagem e remoção do pó da palha, o Estado do Piauí destaca-se como o maior criador de postos de trabalho, já que é o maior produtor nacional de pó cerífero (IBGE, 2012).

Entretanto, segundo Alves e Coelho (2008), a maior parte do que é produzido no estado do Piauí é escoado para beneficiamento no estado do Ceará, onde estão localizados os maiores polos industriais de beneficiamento. Para os autores, a pressão dos industriais cearenses foi um dos fatores relevantes para que as atividades de beneficiamento, artesanal e industrial, não se desenvolvessem no estado do Piauí.

Ainda que o estado do Ceará se configure como o maior produtor de cera de carnaúba, cerca de 80% dessa produção, sobretudo da cera Tipo 1 (grade de melhor qualidade), é destinada para o mercado externo (MAURÍCIO, 2013). Compradores como Estados Unidos, Japão e Alemanha, que representam juntos quase 60% das importações segundo o Centro Internacional de Negócios (CIN, 2011), adquirem a matéria-prima no mercado brasileiro, por preços mais baixos, e revendem no mercado internacional por um valor superior após agregarem valor ao produto comprado. A cera de carnaúba aplicada na formulação de produtos de sua destinação final pode chegar a um valor 20 vezes superior ao seu valor de compra pelo importador, retornando ao mercado brasileiro na composição de produtos importados de alto valor agregado (MAURÍCIO, 2013). Os principais mercados para aplicações da cera de carnaúba são representadas pela indústria de cosméticos, farmacêutica, alimentícia, de limpeza e polimento, tintas e eletrônica.

Ainda que o monopólio sobre a produção da cera de carnaúba seja dos industriais nordestinos brasileiros, como a maior parte da produção é voltada para o mercado externo e as etapas de maior agregação de valor são feitas pelo importador, o mercado internacional acaba ditando o preço de venda do produto. Essa prática é replicada pelo industrial ao longo da cadeia, influenciando no preço

de venda da matéria-prima, o que afeta os atores mais frágeis desses processos, sobretudo, o produtor do pó que já opera a margens pequenas (ALVES e COELHO, 2008).

Somado a isso, com a ausência de linhas de financiamento para as atividades de campo e o alto nível de endividamento resultantes das atividades de agiotagem e pagamento antecipado da produção, os produtores de pó, fatalmente associados à figura do chamado rendeiro, encontram-se na sua grande maioria descapitalizados. Fato que é agravado pelo mau relacionamento entre rendeiros e industriais, após práticas de adulterações adotadas pelo primeiro nas décadas de 60 e 70 que impregnaram de desconfianças a relação entre esses atores e fizeram com que os industriais deixassem de financiar a etapa de campo (ALVES e COELHO, 2008).

Sendo assim, as atividades extrativistas são marcadas por um baixo nível tecnológico, já que não há capital disponível para investimento pelo produtor. Aliando o baixo nível tecnológico à ausência de uma cultura empreendedora no campo, às políticas públicas incipientes, aos poucos estudos tecnológicos com viés apropriado e aos elos frágeis entre os agentes dessa cadeia, acaba-se contribuindo para a permanência de processos oriundos do século XIX que quase sempre resultam em grandes perdas qualitativas e quantitativas de produto (ALVES e COELHO, 2008).

Por sua vez, o rendeiro reflete essa situação no modelo de contratação e gestão do trabalhador rural que exerce suas funções com remunerações inferiores ao salário mínimo nacional e com a ausência de requisitos mínimos de saúde e segurança ocupacional. E, se antes o extrativismo da carnaúba era visto como complementação de renda para esses trabalhadores, atualmente, com a introdução de programas governamentais para distribuição de renda, a atividade é pouco atraente aos mais jovens, o que pode comprometer o futuro do extrativismo do pó e conseqüentemente da produção artesanal e industrial da cera.

Em vista disso, o presente trabalho tem por principais objetivos:

- Estudar uma alternativa tecnológica que permita melhorar as qualidades facilmente perceptíveis do pó de palha de carnaúba extraído (em particular sua coloração), removendo clorofila e pigmentos fotossintéticos, através de ensaios experimentais de sucessivas lavagens com etanol e água a frio, buscando aproximá-lo da tipologia de maior valor (pó de olho);
- Em consequência da melhora nas propriedades do pó de palha, melhorar a qualidade da cera produzida, agregando valor às etapas

iniciais da cadeia produtiva, especialmente a etapa de beneficiamento artesanal para produção de cera bruta.

O trabalho tem como premissa estudar e avaliar a elaboração de uma metodologia simples, de baixo custo, fácil aplicação e replicação, que possa ser empregada pelos trabalhadores rurais envolvidos nas etapas desenvolvidas no ambiente rural, e que, portanto, se configure como uma tecnologia social.

Para isso, utilizou-se como motivação o depoimento realizado pelo técnico do Escritório Técnico de Estudos do Nordeste (ETENE), em entrevista via troca de e-mails para Maurício (2013), abaixo transcrito, considerando a resistência do trabalhador rural em utilizar tecnologias que representem um alto investimento inicial, com elevado tempo de retorno e ganhos pouco aparentes.

*“A resistência vem do fato de ser uma atividade secular, e o homem do campo sempre é desconfiado com ideias novas, pois eles acham que a maneira tradicional é a mais eficiente, e não é alguém que vive no escritório ou na sala de aula que vai conseguir solução melhor do que a que ele usa. O melhor exemplo disso, na atividade, foi a inovação do secador solar, na qual a perda de pó cerífero, tanto quantitativa, quanto qualitativa, é mínima, se comparada com a secagem no chão batido, de terra. (...) O homem da roça ainda resiste em adotar a tecnologia, principalmente por conta do custos, que há uns cinco anos era de 8 a 10 mil reais, o que é uma soma elevada para quem não tem renda fixa e vive de arrendamentos.” – (Jackson Dantas Coelho, técnico do ETENE, em entrevista, 2013).*

As páginas que se seguem foram estruturadas de modo a fornecer ao leitor subsídio suficiente para o entendimento das motivações e dos objetivos do trabalho, da rota tecnológica proposta, buscando apresentá-la com clareza, e da avaliação preliminar da viabilidade técnica e dos resultados obtidos.

## 2. A Carnaúba

### 2.1. A carnaubeira

*Copernicia prunifera* (Miller) H.Moore, mais amplamente conhecida como carnaubeira, é uma espécie de palmeira nativa do Nordeste do Brasil. Os carnaubais crescem nas planícies aluviais, às margens dos rios, preferem solos argilosos (resistindo ao alto teor de salinidade), e mostram-se capazes de suportar os alagamentos prolongados decorrentes dos períodos de fortes chuvas, bem como a seca e as altas temperaturas, característicos da região. De crescimento lento, acredita-se que cada carnaubeira possa viver até 200 anos (NATURAL WAX, site).



**Figura 2.1- Carnaubal, Atins (MA).**

FONTE: Liana John, Planeta Sustentável, Editora Abril.

A carnaubeira apresenta tronco reto e cilíndrico, sulcado, com diâmetro variando entre 15 e 25 centímetros, e altura entre 7 e 10 metros, podendo chegar aos 15 metros. Na parte interna do tronco da carnaubeira encontra-se uma espécie de palmito comestível utilizado tanto na alimentação humana quanto na produção de ração animal. O corte para retirada do palmito resulta na morte da carnaubeira.

Suas folhas atingem até 1,5 metros de comprimento e dispõem-se formando um conjunto esferoidal, ou formato de leque, em tons de verde levemente azulado, em decorrência da cera que as recobre. A superfície plissada apresenta as extremidades recortadas em filamentos longos essencialmente rígidos, ligando-se a lâmina ao tronco através de pecíolos também rígidos, com cerca de 2 metros de comprimento, recobertos com espinhos em forma de “unha-de-gato” (ALVES e COELHO, 2006).

As pequenas e numerosas flores, em tonalidade creme, organizam-se em espigas ralas e lenhosas, agrupadas em longos cachos com cerca de 4 metros de comprimento. A floração inicia-se em julho, indo até outubro. De novembro a março entram no período de amadurecimento dos frutos, de constituição oval ou esférica e aproximadamente 1,5 centímetros de comprimento. Os frutos servem de alimento para diversos animais da fauna regional, bem como para a produção de geleias. Já as sementes podem ser torradas e moídas e igualmente aproveitadas (PROJETO CARNARTE, site).



**Figura 2.2 – Tronco (esquerda), arranjo de flores e frutos (direta acima), e sementes da carnaúba (direita abaixo).**

FONTE: Brazil Maravilha, Por Onde Andei – Rio Preguiças Porto, Olaria, Resort ([www.brazilmaravilha.com](http://www.brazilmaravilha.com)). Blog Ventos do Nordeste ([www.papjerimun.blogspot.com.br](http://www.papjerimun.blogspot.com.br)).

## **2.2. Ocorrência da carnaúba**

Os carnaubais têm ocorrência fundamentada na caatinga e nas regiões semiáridas do Nordeste do Brasil, em especial nos vales dos rios Parnaíba e afluentes, Jaguaribe, Acaraú, Apodi e médio São Francisco (ALVES e COELHO, 2006), predominantemente nos Estados do Piauí, Ceará, Maranhão e Rio Grande do Norte (CARVALHO, 2008). A carnaubeira também pode ser encontrada em outros Estados de diferentes regiões do Brasil: Amazonas, Pará e Tocantins, na região Norte; Paraíba e Bahia, na própria região Nordeste; e Goiás, na região

Centro-Oeste (ALVES e COELHO, 2006; CARVALHO e GOMES, 2007)<sup>1</sup>. Estas últimas ocorrências, no entanto, podem ser consideradas de pouca representatividade, uma vez que a produção, tanto de pó cerífero quanto de cera, é muito pequena ou nula, não apresentando relevância em nível socioeconômico.



**Figura 2.3 – Ocorrência da carnaúba no Brasil.**

FONTE: Elaboração própria das autoras.

<sup>1</sup> Alguns mapas, como a CARTILHA (2009) apresentam também os Estados de Pernambuco e Sergipe com ocorrência da carnaúba, embora a literatura não aponte atividade econômica significativa relacionada a esta disponibilidade natural nestes locais.

Em nível mundial, qualquer região de clima tropical do planeta é capaz de abrigar a ocorrência e cultivo da carnaúba. Entretanto, sua exploração no que diz respeito à produção de pó cerífero e de cera, só é possível nas regiões semiáridas do Nordeste do Brasil. O clima semiárido, caracterizado pelo clima seco e com poucas chuvas, mal distribuídas ao longo do ano, é um importante fator na produção de cera de carnaúba, uma vez que o sistema que libera cera através dos poros das folhas intenciona proteger a planta, impedindo a perda de água por evaporação durante a estiagem. Em regiões de climas diferentes do semiárido, como, por exemplo, em outros países da América do Sul<sup>2</sup> e na África Equatorial, as temporadas irregulares de chuvas impedem a produção de cera (BENNETT, 1963).

### **2.3. Usos da carnaúba: “árvore da vida”**

Acredita-se que a palavra carnaúba tenha sua origem no Tupi, na palavra karana'íwa, que significa “árvore de caraná”, ou árvore escamosa, que arranha (caraná, com escamas, e iwa, árvore). Na cultura popular nordestina, a carnaúba é conhecida como “árvore da vida”. O termo tem sua origem nas múltiplas utilidades da planta, que tem praticamente todas as suas partes aproveitadas, suprimindo as diversas necessidades das comunidades em seu entorno.

O aproveitamento dos produtos da carnaúba, como a palha, o tronco, frutos e sementes, remonta do período pré-colonial, nas comunidades de nativos indígenas. Atualmente, as cooperativas de exploração da carnaúba buscam aproveitar esses elementos de modo a complementar a extração e beneficiamento de seu produto mais representativo, a cera de carnaúba.

A árvore pode ser utilizada em projetos de paisagismo e arborização dos espaços urbanos nordestinos, especialmente por se tratar de uma planta nativa da região, com imenso valor cultural<sup>3</sup>. A parte interna do tronco fornece para a construção civil madeira sob a forma de vigamentos, ripas, caibros, porteiros, entre outros, e quando trabalhada pode ser utilizada na confecção de bengalas, caixas, utensílios domésticos e outros itens artesanais (ALVES e COELHO, 2006). A madeira é macia, fácil de aplinar e extremamente resistente a insetos e à exposição à água e à umidade. A casca do tronco pode ser utilizada como lenha. Do broto terminal é possível extrair o palmito para alimentação tanto humana quanto animal, sacrificando a carnaubeira e levando-a a morte. Os usos do tronco e a extração do palmito em carnaubais nativos são desaconselháveis diante da forte degradação sofrida ao longo dos anos, em decorrência da introdução de atividades como a agricultura irrigada e a criação de camarões.

---

<sup>2</sup> Norte da Argentina e do Paraguai (WARTH, 1947).

<sup>3</sup> A carnaúba foi instituída como símbolo do Estado do Ceará, através do Decreto de Lei nº 27.413, de 30 de março de 2004, ficando protegida por lei.

Considerados sustentáveis e complementares ao processo de produção da cera, estão os usos dos frutos e sementes no preparo de ração animal e na alimentação humana, na produção de geleias, farinha (substituta do pó de café em bebida semelhante) e óleos, e servem naturalmente como alimento para os diversos animais da fauna nordestina. Além disso, as raízes são conhecidas por suas propriedades medicinais, empregadas no tratamento de doenças como o reumatismo e a gota (ALVES e COELHO, 2008).

A palha é de grande contribuição para a economia de pequenas e grandes comunidades da região, especialmente para a produção artesanal, intimamente ligada ao turismo regional. Ela pode ser aplicada na produção de bolsas, escovas, cordas, redes, esteiras, tapetes, sandálias, bijuterias, e mesmo a cobertura (teto, tipo palha) de algumas casas, entre outros. Os grandes produtores brasileiros de chapéus feitos de palha buscam a carnaúba como matéria prima, tendo em vista a grande concentração de fábricas no município de Sobral, no Ceará, responsáveis pela exportação para os outros estados brasileiros e países como Argentina, Venezuela e Espanha.



**Figura 2.4 – Utensílios de palha de carnaúba e papel artesanal.**

FONTE: Arteblog: “Conheça o artesanato da palha da carnaúba feito no Piauí”  
(<http://www.arteblog.net/2013/06/12/conheca-o-artesanato-da-palha-da-carnauba-feito-no-piaui/>).

Brochura: “A Carnaúba – Preservação e Sustentabilidade”, Fortaleza, 2009.

As pesquisas de utilização de insumos alternativos, chamada “adubação verde”, buscam na palha da carnaúba, bem como nos resíduos vegetais do processo de trituração das folhas para obtenção da cera vegetal, uma possibilidade capaz de beneficiar o cultivo de hortaliças e grãos, e reduzir a incidência de plantas daninhas, o que já pode ser observado em estudos conduzidos com as culturas de pimentões e beterrabas (LINHARES et al, 2012). Pesquisas da EMBRAPA apontam que o uso da palha ou bagana de carnaúba assegura a produtividade e a fertilidade do solo, melhorando a qualidade dos frutos (ALVES e COELHO, 2006).

As unidades da EMBRAPA AGROENERGIA e SOLOS buscam introduzir a utilização de palha de carnaúba na produção de briquetes (lenha ecológica), que podem ser empregados em fornos de pizzarias, padarias, bem como caldeiras industriais, e outros. Segundo os pesquisadores, a palha apresenta características físicas e térmicas favoráveis à composição do biocombustível sólido, além de aproveitar resíduos que, de outro modo, seriam desperdiçados (EMBRAPA, site).

Finalmente, chega-se ao produto de maior potencial e representatividade: a cera de carnaúba, objeto de estudo deste projeto, que será detalhada nos capítulos seguintes. A cera de carnaúba em seus diferentes graus de pureza e qualidade é utilizada em diferentes indústrias em todo o mundo: indústria farmacêutica, indústria de cosméticos, indústria de produtos de limpeza e polimento, filmes plásticos, adesivos e fotográficos, na papelaria, na informática, na indústria alimentícia, indústria automobilística, cerâmica, de explosivos, e outras. A cera de carnaúba possui características específicas: não há disponível no mercado mundial nenhuma outra cera que combine todas as suas propriedades, embora existam substitutos aceitáveis. Com o aumento das exigências ambientais, a cera de carnaúba constitui uma solução interessante, representando um produto natural e economicamente amigável, sendo, portanto, considerada um produto nobre no universo das ceras.



**Figura 2.5 – Diferentes *grades* comerciais de cera de carnaúba.**

FONTE: Elaboração própria das autoras. Amostras de cera fornecidas pela Natural Wax.

### 3. Mercado da Carnaúba

#### 3.1. Principais produtos da carnaúba

O Brasil é o único produtor de derivados da carnaúba em todo o mundo (CARVALHO e GOMES, 2008), dentre os quais os principais produtos são as fibras, o pó cerífero e a cera.

O pó cerífero é o produto com maior representatividade, no que diz respeito à quantidade produzida ao ano e ao valor de produção associado. Já a cera é o produto de maior valor agregado. As fibras são produtos complementares, cuja venda suplementa a produção de pó cerífero e cera, aproveitando um elemento da carnaúba que, de outra forma, seria descartado.

A Tabela 3.1 apresenta os dados de produção referente aos anos de 2011 e 2012, em toneladas, e a variação de um ano para o outro, de acordo com dados do IBGE.

**Tabela 3.1 – Produção dos principais produtos da carnaúba 2011/2012.**

PRINCIPAIS PRODUTOS DA CARNAÚBA			
Produto	2011 [t]	2012 [t]	Variação [%]
Cera	2.638	2.486	(-) 5,7
Pó Cerífero	18.636	17.844	(-) 4,2
Fibra	1.640	1.667	1,6
<b>TOTAL</b>	<b>22.914</b>	<b>21.997</b>	<b>(-) 4,0</b>

FONTE: IBGE, Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura, 2012.

A variação negativa que denota o decréscimo da produção no ano de 2012 pode ser explicada por dois fatores: um de caráter climático, devido à forte estiagem que se abateu sobre a região no referido ano, e um socioeconômico, devido ao aumento no custo da mão de obra, que apresenta crescimento especial no Nordeste, com a redução da miséria na região.

A Tabela 3.2 apresenta os valores de produção dos três principais produtos da carnaúba para o ano de 2012. Segundo o IBGE, o pó de carnaúba é um dos grandes destaques entre os produtos não madeireiros do extrativismo vegetal brasileiro, tendo atingido o valor de produção de cerca de R\$ 95,1 milhões no ano de 2012.

**Tabela 3.2 – Valor de produção: principais produtos da carnaúba 2011/2012.**

<b>VALOR DE PRODUÇÃO: PRINCIPAIS PRODUTOS DA CARNAÚBA</b>	
<b>Produto</b>	<b>Valor de Produção [1000R\$]</b>
Cera	18.525
Pó Cerífero	95.071
Fibra	1.731
<b>TOTAL</b>	<b>115.327</b>

FONTE: IBGE, Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura, 2012.

### **3.2. Estados produtores**

Dentre os estados produtores, os quatro mais destacados e de maior significância para o mercado da carnaúba são os Estados do Piauí, Ceará, Maranhão e Rio Grande do Norte. A Tabela 3.3 apresenta a participação dos Estados na produção do pó cerífero e da cera de carnaúba, referente ao ano de 2012.

**Tabela 3.3 – Participação dos Estados: produção de pó e cera (2012).**

<b>PARTICIPAÇÃO DOS ESTADOS NA PRODUÇÃO DE PÓ E CERA (2012)</b>		
<b>ESTADO</b>	<b>PÓ CERÍFERO [t]</b>	<b>CERA DE CARNAÚBA [t]</b>
Piauí	11.625	-
Ceará	5.662	2.109
Maranhão	513	44
Rio Grande do Norte	44	333
<b>TOTAL</b>	<b>17.844</b>	<b>2.486</b>

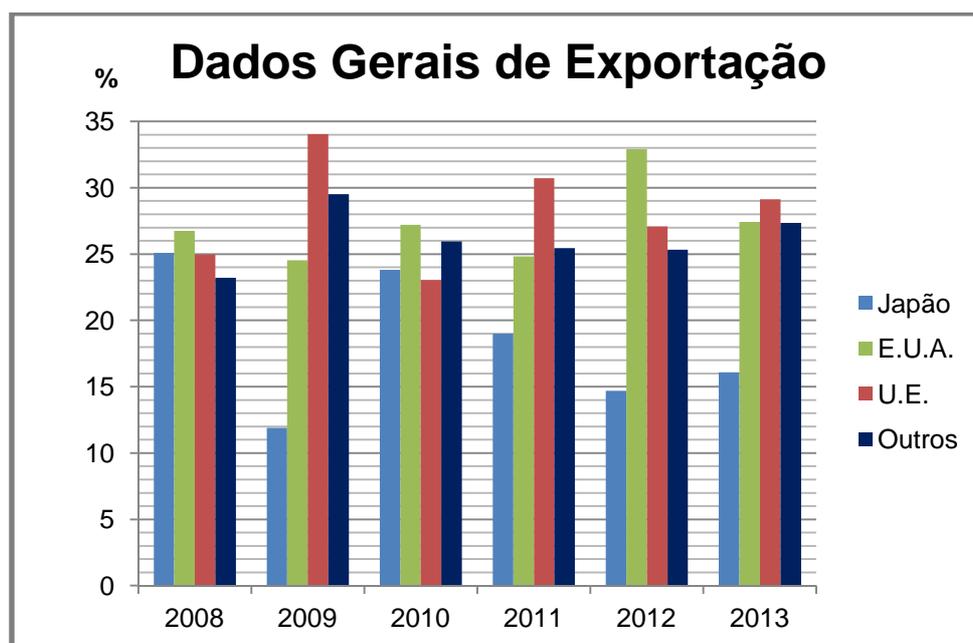
FONTE: IBGE, Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura, 2012.

Por meio dos dados do IBGE é possível concluir que o Estado do Piauí é o maior produtor de pó cerífero e o Estado do Ceará, o maior produtor de cera de carnaúba. No entanto, o Piauí não apresenta números significativos (pois próximos de zero) na produção cera, o que é um dado curioso, sendo o estado o maior

produtor do pó cerífero. As indústrias de beneficiamento da cera de carnaúba estão, em sua grande maioria, localizadas no Estado do Ceará. Assim, o pó cerífero produzido em sua maioria no Piauí é enviado para as indústrias de beneficiamento da cera no Ceará. Esse escoamento explica a discrepância entre os dados de produção referentes ao Estado do Piauí.

### 3.3. Exportação e mercado interno

Diferentes fontes da literatura apontam os Estados Unidos, Japão e Alemanha como maiores importadores da cera de carnaúba, respectivamente. Segundo os dados gerais de exportação da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Estados Unidos, Japão e União Europeia se mantêm no topo dos importadores entre 2008 e 2013, com a Alemanha significativamente aumentando sua fatia a cada ano. O Japão, embora tenha diminuído sua participação, continua figurando como segundo maior importador da cera de carnaúba.

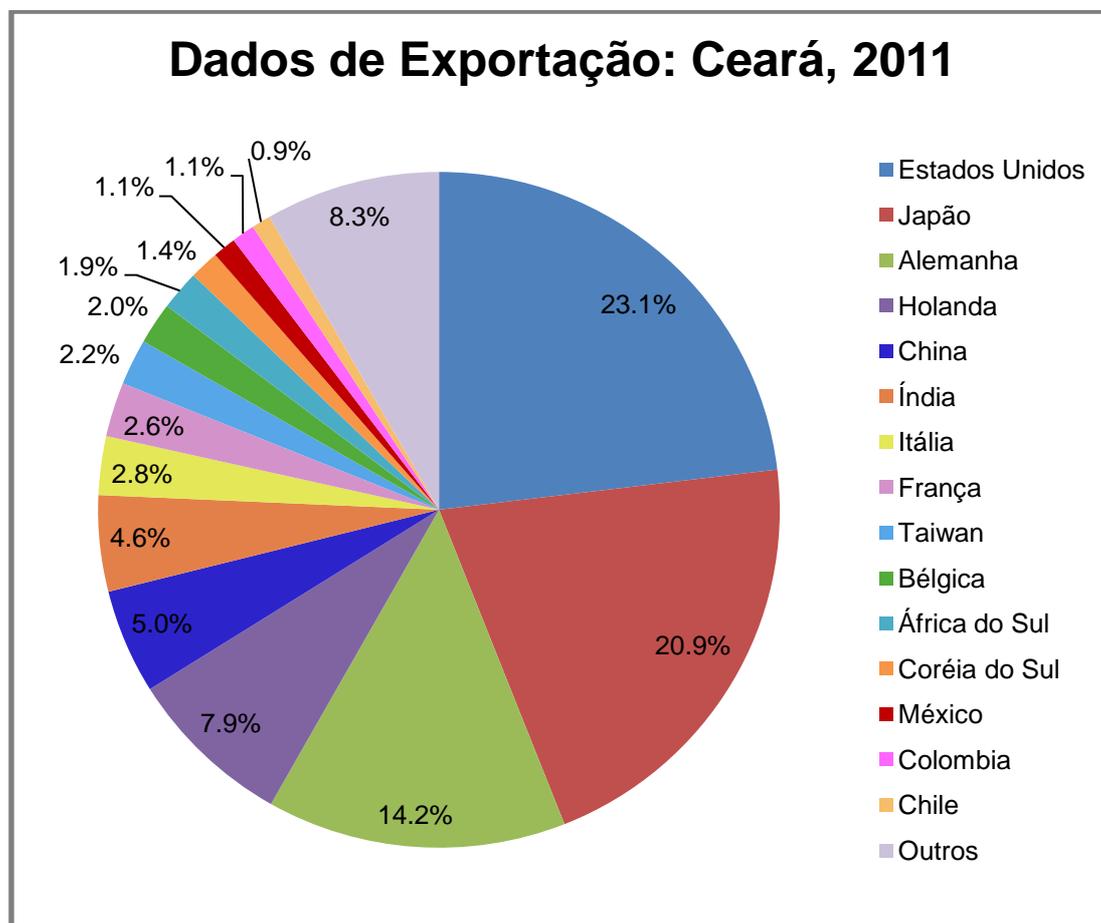


**Figura 3.1 – Dados gerais de exportação da cera de carnaúba 2008 a 2013.**

FONTE: Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Conjuntura Mensal – Período: 01 a 30/11/2013. Organizado pelas autoras.

Dados relativos à cera de carnaúba produzida no Estado do Ceará (ou seja, aproximadamente 85% da cera produzida no Brasil), disponibilizados através do levantamento de exportações realizado pelo Centro Internacional de Negócios (CIN) do Sistema FIEC – Federação das Indústrias do Estado do Ceará – em 2011

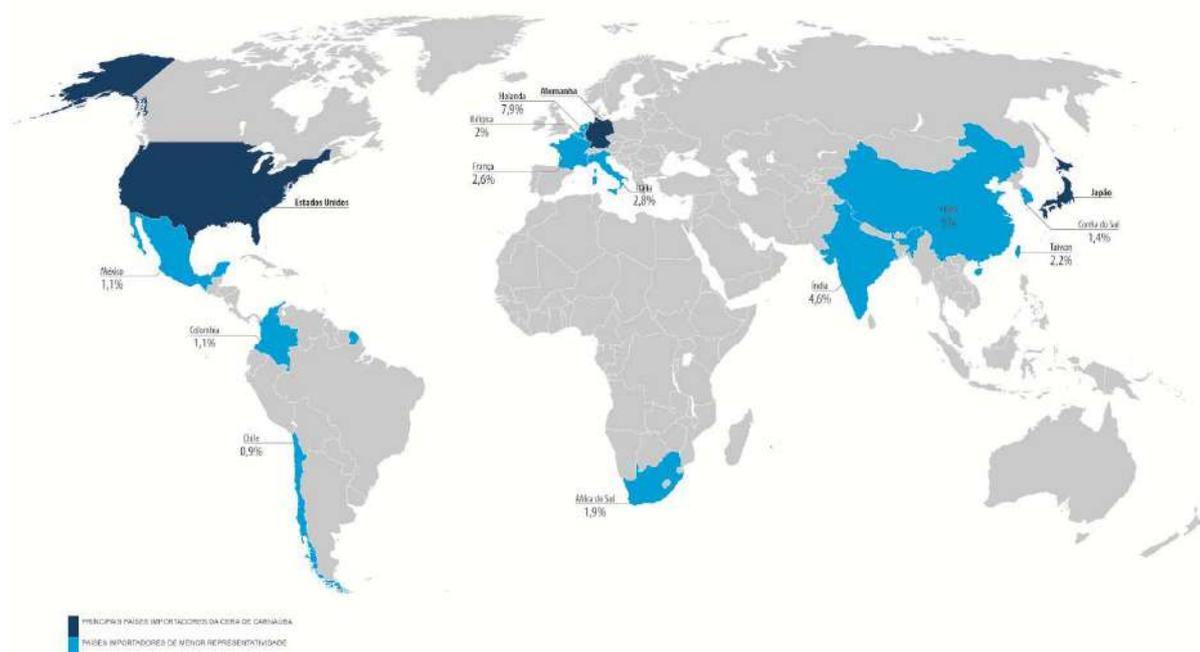
mostram mais detalhadamente os principais países importadores, como apresentado na Figura 3.2, a seguir.



**Figura 3.2 – Dados de exportação de cera de carnaúba: Ceará, 2011.**

FONTE: Centro Internacional de Negócios (CIN) – Sistema FIEC (Federação das Indústrias do Estado do Ceará). Organizado pelas autoras.

Os Estados Unidos despontam com 23,1%, seguidos por Japão (20,9%), Alemanha (14,2%), Holanda (7,9%), China (5%), Índia (4,6%), Itália (2,8%), França (2,6%), Taiwan (2,2%), Bélgica (2%), África do Sul (1,9%), Coréia do Sul (1,4%), México e Colômbia (1,1%), Chile (0,9%), e outros (8,3%). Ao agregar países europeus, como Alemanha, Holanda, Itália, França e Bélgica, verifica-se que a União Europeia é responsável por pelo menos 29,5% da cera de carnaúba exportada pelo Brasil, aparecendo entre os três maiores importadores da cera de carnaúba no cenário mundial. Assim sendo, demonstra-se que os dados apresentados para a exportação da cera de carnaúba produzida no Ceará corroboram as informações apresentadas por Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e CONAB.



**Figura 3.3 – Principais importadores de cera de carnaúba.**

FONTE: Elaboração própria das autoras.

Mais de 80% da produção de cera de carnaúba é destinada aos mercados externos, especialmente a cera do tipo 1. Os compradores externos prezam por ceras de cores mais claras, com certa dureza, brilho e baixos índices de impurezas, uma vez que o principal mercado a que servem são as indústrias de cosméticos, farmacêuticas e de alimentos.

Já os cerca de 20% da produção que ficam no mercado interno, em sua vasta maioria ceras do tipo 3 e 4, são direcionados principalmente para as indústrias moveleira e de polimento e limpeza, para as quais os requisitos e padrões de qualidade da cera não são tão rigorosos. Os principais compradores internos da cera de carnaúba são Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Pernambuco e Bahia (MAURICIO, 2013).

## 4. A Cera de Carnaúba

Durante muitos séculos, o termo “cera” tem sido associado ao produto mais amplamente conhecido como “cera de abelhas”. No entanto, existe uma grande variedade de ceras. A metodologia mais comum para a categorização das ceras é de acordo com sua origem. As ceras podem ser de origem natural (animais ou vegetais), mineral ou sintética.

Por se tratar de compostos complexos e de alta heterogeneidade, quimicamente constituídos por um número diverso de diferentes componentes, o termo “cera” não apresenta uma definição geral unanimemente aceita. Atualmente, a definição mais utilizada é aquela apresentada pela DFG – *Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft* (Sociedade Alemã para Ciência das Gorduras) – e revisada em 1975, baseando-se em conceitos técnicos físicos e químicos, a seguir.

**Tabela 4.1 – Definição de cera.**

<b>DEFINIÇÃO DE CERA</b>
<b>por: Sociedade Alemã para Ciência das Gorduras (DFG)</b>

1. 20°C sólido de textura macia e moldável, a dura e quebradiça.
2. Macro a microcristalino, translúcido a opaco, sem aparência de vidro.
3. Ponto de fusão superior aos 40°C, sem decomposição.
4. Viscosidade relativamente baixa, ligeiramente acima do ponto de fusão.
5. Consistência e solubilidade fortemente dependentes da temperatura.
6. Capazes de serem polidos sob ligeira pressão.

---

NOTA: Para que um produto se enquadre nesta definição, 5 de 6 das propriedades requeridas acima devem ser atendidas.

---

FONTE: Dados do Coatings Technology Handbook, 3a. Edição, Taylor & Francis Group, Publicado em 2006. Organizado pelas autoras.

Entre as ceras naturais, a cera de carnaúba é das mais particulares e especiais, de maior dureza e ponto de fusão, sendo, portanto, considerada um produto nobre. Destaca-se de forma predominante como a melhor das ceras de polimento. É compatível com a maioria dos diferentes tipos de cera, bem como resinas naturais e sintéticas, ácidos graxos, entre outros (BENNETT, 1963).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, através da Instrução Normativa N°35, de 30 de novembro de 2004:

*“... entende-se por cera de carnaúba o produto obtido a partir do pó cerífero que reveste as células epidérmicas da folha da palmeira Carnaúba...”* (Instrução Normativa N°35, item 2).

#### 4.1. Composição química da cera de carnaúba

A cera de carnaúba é composta por uma mistura extremamente complexa, constituída principalmente de ésteres de ácidos carboxílicos de alto peso molecular. As quantidades de água presentes na cera variam de acordo com as diferentes categorias de refino e qualidade, podendo ir de 0,5 a 1,5% nas refinadas, e de 5 a 10%, aproximadamente, nas ceras brutas. São encontrados também menores quantidades de ácidos, alcoóis, lactídeos, hidrocarbonetos, resinas e conteúdo inorgânico (BENNETT,1963).

**Tabela 4.2 – Composição da cera de carnaúba.**

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA CERA DE CARNAÚBA	
COMPOSTO	CONTEÚDO [%]
Ésteres de ácidos carboxílicos	84,0 – 85,0
Ácidos orgânicos (livres)	3,0 – 3,5
Alcoóis	2,0 – 3,0
Lactídeos	2,0 – 3,0
Hidrocarbonetos	1,5 – 3,0
Resinas (álcool-solúvel)	4,0 – 6,0
Conteúdo inorgânico	0,5 – 1,0

FONTE: Industrial Waxes, BENNETT, 1963.

#### 4.2. Propriedades da cera de carnaúba

A cera de carnaúba é predominantemente amorfa, de textura muito dura e resistente, de superfície seca, não gordurosa e não viscosa, e de aparência lustrosa. Ao quebrar, apresenta a fratura limpa. A coloração da cera varia do amarelo ao marrom, e o odor é considerado agradável. Em termos de

compatibilidade, a cera de carnaúba é compatível com todas as ceras naturais, tanto de origem animal quanto vegetal, com todas as ceras minerais, com uma variedade de resinas naturais e sintéticas, e com ácidos graxos, glicerídeos e hidrocarbonetos (BENNETT, 1963).

**Tabela 4.3 – Propriedades gerais da cera de carnaúba.**

<b>PROPRIEDADES GERAIS DA CERA DE CARNAÚBA</b>	
<b>PROPRIEDADE</b>	<b>FAIXA</b>
Ponto de fusão	82,5 – 86°C
Ponto de <i>flash</i>	Mínimo 570°F (299°C)
Densidade relativa, 25°C	0,996 – 0,998
Índice de acidez	2 – 10
Índice de esterificação	75 – 85
Índice de saponificação	78 – 88 <sup>4</sup>
Índice de iodo	7 – 14
Matéria não saponificável	50 – 55
Índice de acetilação	51 – 60
Coloração	amarelo, verde, cinza, marrom <sup>5</sup>
Índice de refração, 60°C	1,463
Constante dielétrica	2,67 – 4,20
Condutividade efetiva	250 – 310
Resistividade volumétrica	0,5 – 4,0

FONTE: Industrial Waxes, BENNETT, 1963.

<sup>4</sup> A variação do índice de saponificação de 78 a 88 é referente à especificação americana (AMERWAX). A especificação europeia (Ph Eur) estabelece índice de saponificação de 78 a 95.

<sup>5</sup> A cor verde é muito pouco usual, quase não é encontrada. Em alguns casos, a cor marrom pode apresentar um tom esverdeado. Tanto a cor cinza quanto o tom esverdeado são encontrados nas ceras denominadas cruas, ou de origem, provenientes do processo artesanal. De uma maneira geral, a coloração da cera de carnaúba refinada (proveniente do processo industrial) pode ser estabelecida em diferentes tons de amarelo e marrom.

Quanto à solubilidade, a cera de carnaúba é praticamente insolúvel em água e em álcool, e solúvel, quando submetida a aquecimento, em acetato de etila e em xileno (PH EUR 0597).

**Tabela 4.4 – Solubilidade da cera de carnaúba em diferentes solventes.**

<b>SOLUBILIDADE DA CERA DE CARNAÚBA EM DIFERENTES SOLVENTES</b>		
<b>SOLVENTE</b>	<b>SOLUBILIDADE</b>	
	<b>Gramas por 100 mL solvente</b>	<b>Gramas por 100 g Solvente</b>
Éter de etílico	0,421	0,594
Metanol	0,179	0,226
Etanol (95%)	0,141	0,174
Benzeno	0,518	0,590
Clorofórmio	1,690	1,145
Acetona	0,323	0,410
Xileno	0,610	0,709
Acetato de etila	0,374	0,412
Terebentina	0,440	0,508
Nafta, alto p. f.	0,219	0,281

FONTE: The Chemistry and Technology of Waxes, WARTH, 1947.

### **4.3. Diferentes tipos (*grades*) e suas características**

Existem diferentes tipologias e qualidades tanto do pó cerífero da carnaúba, quanto da cera propriamente dita, denominadas “*grades*” (do inglês, significando “*graus*”, pode ser entendido como “*graus*”, “*tipos*”). Segundo as Instruções Normativas N°34 e N°35, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (30 de novembro de 2004), fica estabelecido que o pó cerífero deve ser classificado em dois tipos, e a cera de carnaúba deve ser classificada primeiramente em dois grupos, e dentro do grupo estabelecido, deve ser classificada em tipos.

### 4.3.1. Classificação do pó cerífero

O pó cerífero da carnaúba pode ser classificado em dois diferentes tipos:

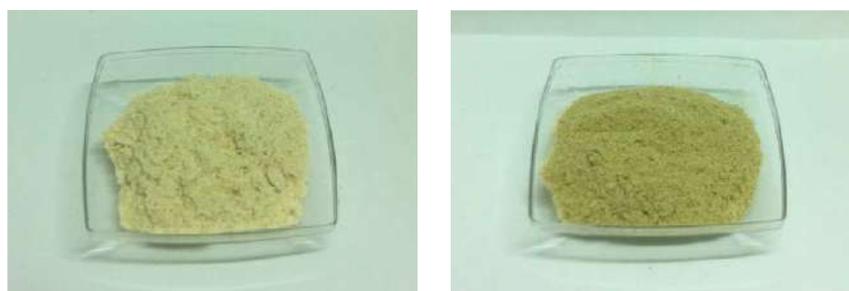
4.3.1.1. Pó de olho (Tipo A): pó cerífero proveniente das folhas ainda fechadas, da região central da copa da carnaubeira, popularmente conhecida como “olho”. É um insumo mais escasso, extraído em menores quantidades, que apresenta menor índice de impurezas e coloração branca à levemente amarelada.

4.3.1.2. Pó de palha (Tipo B): pó cerífero proveniente das folhas maduras e abertas que constituem a copa da carnaúba. É um insumo mais abundante, que apresenta maior índice de impurezas e coloração acinzentada.

**Tabela 4.5 – Classificação do pó cerífero.**

CLASSIFICAÇÃO DO PÓ CERÍFERO				
TIPO	ORIGEM	COR	Umidade Materiais Voláteis (%MAX)	Rendimento Mínimo Teor de Cera (%)
A	Pó de olho	Branco	3	70
B	Pó de palha	Cinza claro	3	50

FONTE: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Instrução Normativa N°34, 2004.  
Organizado pelas autoras.



**Figura 4.1 – Amostras de pó cerífero: pó de olho (esq.) e pó de palha (dir.).**

FONTE PRÓPRIA. Pó cerífero, recebido da Natural Wax.

### 4.3.2. Classificação da cera de carnaúba

A cera de carnaúba poderá ser classificada em dois diferentes grupos: cera bruta e cera refinada.

4.3.2.1. Cera bruta: produto obtido da fusão do pó cerífero com água ou da extração com solventes orgânicos. A cera bruta, muitas vezes também denominada “cera de origem”, pode ser classificada em três diferentes tipos, a seguir:

4.3.2.1.1. Cera olho: cera bruta extraída do pó cerífero denominado pó de olho (Tipo A), apresenta a coloração amarela clara. Médio teor de umidade (4%) e baixo percentual de impurezas (2%).

4.3.2.1.2. Cera gorda: cera bruta extraída do pó cerífero denominado pó de palha (Tipo B), apresenta a coloração marrom a preta. Baixo teor de umidade (1%) e baixo percentual de impurezas (2%).

4.3.2.1.3. Cera arenosa: cera bruta extraída do pó cerífero denominado pó de palha (Tipo B), apresenta a coloração cinza. Difere da cera gorda por seu mais alto teor de umidade (cerca de 6%). Apresenta baixo percentual de impurezas (2%).

**Tabela 4.6 – Classificação da cera de carnaúba bruta.**

CLASSIFICAÇÃO DA CERA DE CARNAÚBA BRUTA				
TIPO	ORIGEM	COR	Umidade Materiais Voláteis (%MAX)	Impurezas Insolúveis (%)
Olho	Pó de olho (Tipo A)	Amarelo claro	4	2
Gorda	Pó de palha (Tipo B)	Marrom escuro ao negro	1	2
Arenosa	Pó de palha (Tipo B)	Cinza	6	2

FONTE: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Instrução Normativa N°35, 2004.  
Organizado pelas autoras.

4.3.2.2. Cera refinada: produto obtido a partir da cera bruta, submetida a processos físicos e/ou químicos com o objetivo de melhoria de sua qualidade e suas propriedades. A cera refinada pode ser classificada em cinco diferentes tipos, a seguir:

4.3.2.2.1. Prima 1: cera refinada obtida a partir da cera bruta denominada “cera olho”. Coloração amarela clara. Menor teor de impurezas e baixo percentual de umidade.

4.3.2.2.2. Média 2: cera refinada obtida a partir da cera bruta denominada “cera gorda”. Coloração amarela acinzentada e/ou esverdeada. Baixo teor de impurezas e baixo percentual de umidade.

4.3.2.2.3. Clara 3: cera refinada obtida a partir da cera bruta denominada “cera gorda”. Coloração amarela escura, acastanhada. Maior teor de impurezas e baixo percentual de umidade.

4.3.2.2.4. Bruna 4: cera refinada obtida a partir da cera bruta denominada “cera gorda”. Coloração marrom escuro, tendendo ao negro. Maior teor de impurezas e baixo percentual de umidade.

4.3.2.2.5. Negra 5: cera refinada obtida a partir da cera bruta denominada “cera arenosa”. Coloração acinzentada. Maior teor de impurezas e mais alto percentual de umidade (podendo chegar a 6%).

Das definições apresentadas, verifica-se que o pó de olho (Tipo A) dá origem a apenas uma qualidade de cera: a cera olho bruta, que por sua vez resulta na cera refinada tipo Prima 1. As ceras produzidas a partir do pó de olho representam um produto de maior qualidade, com coloração mais clara e baixo teor de impurezas.

Já o pó de palha (Tipo B), dá origem às ceras brutas gordas e arenosas, que refinadas chegarão aos tipos Média 2, Clara 3 e Bruna 4, e Negra 5, respectivamente. São ceras mais escuras, com maior teor de impurezas e, portanto, menor qualidade para os mercados mais exigentes.

As ceras consideradas “Fora de Tipo”, ou seja, que não atendem as exigências de enquadramento na classificação apresentada podem ser reprocessadas de modo a atingir as especificações requeridas.

**Tabela 4.7 – Classificação da cera de carnaúba refinada.**

CLASSIFICAÇÃO DA CERA DE CARNAÚBA REFINADA								
TIPO	ORIGEM	COR	Umidade Materiais Voláteis (%MAX)	Impurezas Insolúveis (%MAX)	Cinzas (%MAX)	Índice de Acidez (mgKOH/g) MAX	Ponto de Fusão (°C) MIN	Índice de Saponificação (mgKOH/g)
Prima 1	Pó de olho (Tipo A)	Amarelo claro	0,5	0,1	0,2	8,0	83,0	78,0 – 85,0
Média 2	Pó de palha (Tipo B)	Laranja clara <sup>6</sup>	0,5	0,1	0,3	10,5	82,5	80,0 – 90,0
Clara 3	Pó de palha (Tipo B)	Laranja escura <sup>7</sup>	0,5	0,1	0,3	10,5	82,5	80,0 – 90,0
Bruna 4	Pó de palha (Tipo B)	Marrom Escura	0,5	0,1	0,3	10,5	82,5	80,0 – 90,0
Negra 5	Pó de palha (Tipo B)	Acinzentada (Preta)	0,5	1,0	1,0	10,5	82,5	80,0 – 90,0

FONTE: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Instrução Normativa N°35, 2004. Organizado pelas autoras.

<sup>6</sup> Em outras diversas fontes da literatura, como FONTANA (2011), encontra-se muito comumente a descrição de coloração da cera de carnaúba do tipo Média 2 como amarela acinzentada e/ou esverdeada. Essa descrição é compatível com a coloração da cera recebida da Natural Wax para estudo e suporte do presente projeto.

<sup>7</sup> Também descrita como amarela escura, acastanhada.

### 4.3.3. Classificação comercial para as ceras de carnaúba refinadas

Comercialmente, apenas três tipos são de interesse para o mercado: Tipo 1 (ou Prima 1), Tipo 3 (ou Clara 3) e Tipo 4 (ou Bruna 4). Essa classificação apresenta nomenclatura simplificada (“Tipo 1, 3 e 4”), é internacionalmente reconhecida desde a década de 1980, e vem sendo amplamente utilizada tanto para o mercado interno quanto para o mercado externo. Segundo Oliveira (2006), a cera do Tipo 2 deixou de ser comercializada, uma vez que constituía apenas uma mistura das matérias primas originárias. Pelo apresentado na literatura, as ceras do Tipo 2 (ou Média 2) e do Tipo 5 (ou Negra 5) não constituem produtos de grande interesse comercial, sendo pouco mencionadas e/ou relacionadas pelas indústrias de beneficiamento.

#### 4.3.3.1. Cera do Tipo 1

A cera de carnaúba denominada do Tipo 1 corresponde à cera de carnaúba refinada Prima 1, proveniente da extração do pó de olho (Tipo A). Por sua coloração amarela clara, tornando-se incolor durante o processo de fusão, e seu baixo percentual de impurezas, é a cera de mais alto valor agregado, empregada principalmente onde são exigidos padrões de qualidade mais rigorosos, como nas indústrias de cosméticos, produtos farmacêuticos e alimentícios.

A Figura 4.2 apresenta a Cera do Tipo 1, denominada Tipo T-1F, muito gentilmente disponibilizada pela Natural Wax, localizada no Distrito Industrial de Maracanaú, no Estado do Ceará. A Tabela 4.8 apresenta as características e propriedades rotuladas para esta tipologia de cera, de acordo com o fornecedor.



**Figura 4.2 – Cera de Carnaúba Tipo T-1F, da Natural Wax.**

FONTE PRÓPRIA. Cera de carnaúba do Tipo 1, disponibilizada pela Natural Wax.

**Tabela 4.8 – Propriedades e características da Cera de Carnaúba Tipo T-1F.**

<b>PROPRIEDADES: CERA DE CARNAÚBA TIPO T-1F (NATURAL WAX)</b>	
<b>Propriedade</b>	<b>Cera de Carnaúba Tipo T-1F</b>
Origem	Pó de olho (Tipo A)
Ponto de Fusão	81 – 86°C
Umidade	0,50% MAX
Material volátil (175°C)	0,60% MAX
Índice de Acidez	02 – 06 mgNaOH/g
Índice de Saponificação	75 – 88 mgKOH/g
Índice de Ésteres	69 – 82 mgKOH/g
Teor de Cinzas	0,15%
Impurezas	0,15%
Cor	Amarelo claro

FONTE: Natural Wax, rótulo, cera de carnaúba Tipo T-1F.

#### 4.3.3.2. Cera do Tipo 3

A cera de carnaúba denominada do Tipo 3 corresponde à cera de carnaúba refinada Clara 3, proveniente da extração do pó de palha (Tipo B). É uma cera de coloração amarela mais escura, acastanhada, vulgarmente conhecida como “cauípe” ou “gorda clara”. É o tipo mais produzido de cera de carnaúba, uma vez que provém de insumo mais abundante. Comparada à cera do Tipo 1, seu valor de mercado é menor frente à diferença de qualidade: a cera do Tipo 3 apresenta maior percentual de matéria volátil e teor de cinzas (e portanto maior percentual de impurezas), maior índice de acidez e menor índice de ésteres. Assim sendo, atende principalmente às indústrias químicas e de informática, onde a exigência de padrões de qualidade da cera não é tão rigorosa.

A Figura 4.3 apresenta a Cera do Tipo 3, denominada Tipo T-3R, muito gentilmente disponibilizada pela Natural Wax. A Tabela 4.9 apresenta as características e propriedades rotuladas para esta tipologia de cera, de acordo com o fornecedor.



**Figura 4.3 – Cera de Carnaúba Tipo T-3R, da Natural Wax.**

FONTE PRÓPRIA. Cera de carnaúba do Tipo 3, disponibilizada pela Natural Wax.

**Tabela 4.9 – Propriedades e características da Cera de Carnaúba Tipo T-3R.**

<b>PROPRIEDADES: CERA DE CARNAÚBA TIPO T-3R (NATURAL WAX)</b>	
<b>Propriedade</b>	<b>Cera de Carnaúba Tipo T-3R</b>
Origem	Pó de palha (Tipo B)
Ponto de Fusão	81 – 86°C
Umidade	0,50% MAX
Material volátil (175°C)	1,00% MAX
Índice de Acidez	04 – 11 mgNaOH/g
Índice de Saponificação	75 – 88 mgKOH/g
Índice de Ésteres	64 – 77 mgKOH/g
Teor de Cinzas	0,30%
Impurezas	0,30%
Cor	Amarelo escuro, acastanhado

FONTE: Natural Wax, rótulo, cera de carnaúba Tipo T-3R.

#### 4.3.3.3. Cera do Tipo 4

A cera de carnaúba denominada do Tipo 4 corresponde à cera de carnaúba refinada Bruna 4, proveniente da extração do pó de palha (Tipo B). Vulgarmente conhecida como “gorda escura”, é o tipo menos nobre, e, portanto, mais barato, das ceras, apresentando coloração marrom escuro tendendo ao negro.

Comparada à cera do Tipo 3, percebe-se que não há diferença entre as faixas apresentadas para os parâmetros químicos, sendo a única distinção entre ambas feita pela cor. Entende-se que a cera do Tipo 4 não passa pela etapa de clarificação durante o beneficiamento (OLIVEIRA, 2006), mantendo a cor original da cera bruta (crua) após filtrada.

A coloração bem mais escura restringe consideravelmente o uso da cera do Tipo 4. Normalmente é empregada em indústrias de produtos menos sofisticados, como as indústrias de polimento e produtos de limpeza.

A Figura 4.4 apresenta a Cera do Tipo 4, denominada Tipo T-4F, muito gentilmente disponibilizada pela Natural Wax. A Tabela 4.10 apresenta as características e propriedades rotuladas para esta tipologia de cera, de acordo com o fornecedor.



**Figura 4.4 – Cera de Carnaúba Tipo T-4F, da Natural Wax.**

FONTE PRÓPRIA. Cera de carnaúba do Tipo 4, disponibilizada pela Natural Wax.

**Tabela 4.10 – Propriedades e características da Cera de Carnaúba Tipo T-4F.**

<b>PROPRIEDADES: CERA DE CARNAÚBA TIPO T-4F (NATURAL WAX)</b>	
<b>Propriedade</b>	<b>Cera de Carnaúba Tipo T-4F</b>
Origem	Pó de palha (Tipo B)
Ponto de Fusão	81 – 86°C
Umidade	0,50% MAX
Material volátil (175°C)	1,00% MAX
Índice de Acidez	04 – 11 mgNaOH/g
Índice de Saponificação	75 – 88 mgKOH/g
Índice de Ésteres	64 – 77 mgKOH/g
Teor de Cinzas	0,30%
Impurezas	0,30%
Cor	Marrom escuro, negro

FONTE: Natural Wax, rótulo, cera de carnaúba Tipo T-3R.

#### **4.4. Especificações e adulterações da cera de carnaúba**

Além da especificação brasileira, instituída pela Instrução Normativa N°35, de 30 de novembro de 2004, pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, existem especificações internacionais amplamente utilizadas, principalmente no processo de exportação/importação da cera de carnaúba. Dentre elas, as mais importantes são a especificação elaborada pela *American Wax Importers and Refiners Association, Inc.* (AMERWAX, Associação Americana dos Importadores e Refinadores de Cera), e as especificações da farmacopeia americana *United States Pharmacopeia* (USP, Farmacopeia dos Estados Unidos), e da farmacopeia europeia *European Pharmacopeia* (Ph Eur, Farmacopeia Europeia). As duas últimas são mais utilizadas quando se trata de importação para aplicação nas indústrias farmacêutica e alimentícia (OLIVEIRA, 2006).

A metodologia de determinação dos parâmetros físico-químicos também pode variar de acordo com a instituição elaboradora. Tanto a AMERWAX, quanto a *European Pharmacopeia* (Ph Eur), além da *American Society for Testing Materials*

(ASTM, Sociedade Americana para Teste de Materiais) e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), possuem metodologias elaboradas para a especificação da cera de carnaúba.

#### **4.4.1. Especificações utilizadas para o pó cerífero e a cera de carnaúba**

As principais propriedades físico-químicas, utilizadas para especificar e para classificar tanto o pó cerífero quanto a cera de carnaúba, são apresentadas a seguir.

- 4.4.1.1. Cor – Comparação visual relativa ao padrão de cores estabelecido. Para a maioria das ceras, a cor é julgada com base na cera enquanto fundida, uma vez que fatores externos como a taxa de resfriamento podem influenciar a coloração durante a solidificação. No entanto, para o caso específico da cera de carnaúba, os padrões comerciais se baseiam na cor da cera sólida (FAITH INDUSTRIES, site).
- 4.4.1.2. Densidade Relativa a 25°C (g/cm<sup>3</sup>) – Razão entre a densidade, ou massa de uma unidade de volume, de cera e a densidade do material de referência, neste caso, a água.
- 4.4.1.3. Impurezas Insolúveis (%) – Percentual de impurezas ou materiais estranhos presentes na amostra, que não são passíveis de extração com solvente, em condições de teste.
- 4.4.1.4. Umidade e Material Volátil (%) – Percentual de material volátil e água presentes na amostra, que se desprendem quando submetidos à temperatura de 105°C.
- 4.4.1.5. Índice de Acidez (mg KOH/g) – Número de miligramas de hidróxido de potássio necessários para neutralização dos ácidos livres presentes em um grama da amostra.
- 4.4.1.6. Índice de Éster (mg KOH/g) – Número de miligramas de hidróxido de potássio necessários para saponificação dos ésteres presentes em um grama da amostra.
- 4.4.1.7. Índice de Saponificação (mg KOH/g) – Número de miligramas de hidróxido de potássio necessários para neutralização dos ácidos graxos livres e saponificação dos ésteres em um grama da amostra.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Em termos práticos, o índice de saponificação representa a soma dos índices de acidez e éster.

- 4.4.1.8. Índice de Iodo (mg l/100g) – Número de miligramas de iodo que representa o grau de insaturação dos ácidos graxos presentes em 100 gramas da amostra de cera.
- 4.4.1.9. Índice de Refração a 80°C (mm) – Capacidade de desviar os raios luminosos que atravessam as gorduras.
- 4.4.1.10. Matéria Insaponificável (%) – Percentual de material extraído por um solvente após o procedimento de saponificação da amostra, permanecendo não volátil a 80°C.
- 4.4.1.11. Matéria Resinosa Solúvel em Acetona a 15°C (%) – Percentual de matéria resinosa presente na amostra solúvel em acetona à temperatura de 15°C.
- 4.4.1.12. Penetração em agulha a 25°C (mm) – Indicativo de dureza da cera. Quanto mais elevado o índice, mais macia a cera.
- 4.4.1.13. Ponto de Ebulição (°C) – Temperatura a partir da qual a cera torna-se líquida e transparente.
- 4.4.1.14. Ponto de Fusão (°C) – Temperatura a partir da qual se funde o último traço sólido da cera.
- 4.4.1.15. Solubilidade em Benzeno (%) – Percentual de material presente na amostra solúvel em benzeno.
- 4.4.1.16. Teor de Hidrocarbonetos Parafínicos (%) – Percentual de parafina presente na amostra.
- 4.4.1.17. Teor de Cinzas (%) – Percentual de resíduos resultante da incineração da cera de carnaúba em condições de temperatura e tempo específicas.

Das propriedades acima dispostas, as que possuem maior importância e representatividade, em termos comerciais, são: cor, impurezas insolúveis, índice de acidez, índice de éster, índice de saponificação, umidade e material volátil, ponto de fusão e teor de cinzas. Para a classificação da cera de carnaúba, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento estabelece a obrigatoriedade da realização destas análises, de acordo com a metodologia AMERWAX.

A Tabela 4.11 dispõe a correlação entre as principais propriedades físico-químicas acima apresentadas e as respectivas normas analíticas e metodologias, e instituições responsáveis por elaborá-las.

**Tabela 4.11 – Normas analíticas e metodologias para determinação das propriedades físico-químicas da cera de carnaúba.**

<b>PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS</b>	
<b>Propriedade</b>	<b>Norma Analítica</b>
Cor	AMERWAX Ph Eur 0597 ASTM D1500
Impurezas Insolúveis	AMERWAX
Umidade e Material Volátil	AMERWAX ABNT NBR 14709
Índice de Acidez	AMERWAX Ph Eur 0597 ASTM D1386
Índice de Éster	AMERWAX
Índice de Saponificação	AMERWAX Ph Eur 0597 ASTM D1387
Ponto de Ebulição	AMERWAX ASTM D92
Ponto de Fusão	AMERWAX Ph Eur 0597 ASTM D87
Teor de Cinzas	Ph Eur 0597 ABNT NBR 14710

FONTE: Baseado em OLIVEIRA (2006). Organizado pelas autoras.

#### 4.4.2. Adulterações da cera de carnaúba

Segundo D'Alva (2004), em sua pesquisa de campo foram observadas diversas formas de adulteração do pó cerífero, especialmente quando o objetivo de comercialização era o pó, e não a cera de origem. Nestes casos, o peso do produto mostrava-se mais importante que a qualidade propriamente dita. Assim sendo, a adulterações mais comuns consistem em: manipulação do maquinário responsável por peneirar o pó, aumentando a rotação e a espessura dos poros, permitindo a passagem de alguns resíduos mais pesados da palha, e batadura do pó de palha junto ao pó de olho com o objetivo de aumentar o volume de pó de olho disponível para comercialização. Em menores proporções, foram relatadas também adulterações de caráter grosseiro: adição de areia, sal, açúcar, fubá, farinha de trigo, entre outras substâncias, ao pó cerífero. Todos estes procedimentos resultam na diminuição do percentual de cera presente no pó, desqualificando o produto frente às especificações estabelecidas.

Para Bennett (1963), a cera de carnaúba deve ser um produto original e virgem, diretamente obtido do pó proveniente das folhas da carnaubeira, livre de extensores e misturas de outras substâncias. Algumas das adulterações mais comuns consistem na formação de *blends* com diferentes proporções de substâncias como a cera de candelilla, cera de petróleo, parafinas, resinas (Piccolyte S-100, Durez #219, Wood Rosin), entre outros. Neste caso, o ponto de ebulição tende a diminuir, conseqüentemente diminuindo a durabilidade, ou vida de prateleira, do produto.

#### 4.5. Usos e aplicações da cera de carnaúba

Historicamente, durante quase todo o século XIX a cera de carnaúba foi utilizada na fabricação de velas, seu primeiro uso industrial conhecido. A maior parte da produção era exportada para a Europa, embora o crescimento do mercado interno fosse considerável (FIEC, site).

Acredita-se que o primeiro uso em tecnologia da cera de carnaúba tenha acontecido em 1890, na indústria fonográfica, quando Charles Sumner Tainter (1854-1940) preparou a superfície de um cilindro de gravação. No início dos anos 1940, o físico brasileiro Joaquim da Costa Ribeiro (1906-1960) descobriu o efeito termodielétrico<sup>9</sup>, ou Efeito Costa Ribeiro, utilizando uma mistura de cera de carnaúba, cera de abelhas e resinas naturais (SANTOS, 2010).

---

<sup>9</sup> O efeito termodielétrico consiste no fenômeno observado pelo físico brasileiro Joaquim da Costa Ribeiro, onde apenas a mudança no estado físico dos dielétricos era capaz de eletrificar esses materiais, desde que a fase sólida estivesse envolvida na transição (ABRAHÃO, 2009).

Na indústria contemporânea, a cera de carnaúba é passível de aplicação nos mais diversos segmentos, sendo considerada uma cera versátil e, ao mesmo tempo, sofisticada e de difícil substituição. Segundo D’Alva (2004), a cera de carnaúba não pode ser integralmente substituída por outras ceras sintéticas. Já segundo Warth (1947), embora existam alternativas, ainda não foi encontrado nenhum substituto inteiramente satisfatório para a cera de carnaúba.

Na indústria de polimentos e produtos de limpeza, o que torna a cera de carnaúba um componente valioso é sua capacidade de produzir brilho, lustrosidade e dureza mais duráveis. Neste segmento, a cera de carnaúba é amplamente utilizada para o polimento de automóveis, pisos, móveis, madeira, sapatos e couros, entre outros (WARTH, 1947).

Para a indústria eletrônica e de informática, o atrativo da utilização da cera de carnaúba está em seu alto ponto de fusão e sua baixa condutividade (WARTH, 1947), sendo utilizada na confecção de *chips*, transistores, *tonners* de impressoras, na reprodução de informação e produção de *hardwares* (ABIFINA, site). A cera de carnaúba também é amplamente empregada como revestimento e isolante de componentes eletrônicos, protegendo-os contra a umidade. Componentes da cera de carnaúba também integram vernizes e tintas térmicas, que facilitam a leitura de códigos de barra (FIEC, site).



**Figura 4.5 – Aplicações da cera de carnaúba: polimento e eletrônicos.**

FONTE: NATURAL WAX ([www.naturalwax.com.br](http://www.naturalwax.com.br)).

A baixa toxicidade da cera de carnaúba, aliada a sua tolerância para consumo humano (diferentemente das ceras mineiras, sintéticas e derivadas de petróleo), permitem sua incorporação em produtos destinados ao contato ou à ingestão humana. Este é o caso das indústrias alimentícia, farmacêutica e de cosméticos (PORTAL DA CARNAÚBA, site). Além disso, a cera de carnaúba é isenta de paladar (gosto) e odor, o que a torna ainda mais atraente para estas indústrias (FIEC, site).

Na indústria alimentícia, a cera de carnaúba pode ser utilizada no revestimento, bem como no polimento, de alimentos, protegendo frutas e queijos quanto à perda de umidade, mantendo o brilho e qualidade, e conservando-os por mais tempo (SANTOS, 2010). Também é empregada no revestimento de balas e doces, e como aditivo na produção de goma base para chicletes (NATURAL WAX, site). Na indústria farmacêutica, a cera de carnaúba atua no revestimento de comprimidos e na confecção de cápsulas, para evitar a umidade e manter a integridade dos medicamentos (FIEC, site). Já na indústria de cosméticos, a cera de carnaúba é empregada como agente ligante (NATURAL WAX, site) em batons, lápis, pó compacto, entre outros, com o intuito de manter a integridade e resistência do produto, evitando que se tornem quebradiços.

A cera de carnaúba vem sendo utilizada como lubrificante e como impermeabilizante nas indústrias de tecidos e papéis, e na indústria de embalagens, aumentando a durabilidade dos produtos e conferindo-lhes maiores resistência e rigidez (NATURAL WAX, site). A indústria metalúrgica também emprega a cera de carnaúba como agente desmoldante, facilitando processos de umidificação e desligamento (NATURAL WAX, site).



**Figura 4.6 – Aplicações da cera de carnaúba: alimentos, farmacêuticos e cosméticos.**

FONTE: NATURAL WAX: Usos e vantagens ([www.naturalwax.com.br](http://www.naturalwax.com.br)).

Frutífera Blogspot: Frutas enceradas.

(<http://frutihifera.blogspot.com.br/2010/08/frutas-enceradas.html>).

Mais recentemente, desde 2005, na Universidade Técnica de Braunschweig (Braunschweig, Alemanha), pesquisadores vêm estudando uma interessante metodologia para incorporar filtros inorgânicos em loções protetores solares. Eles promovem o encapsulamento das nanopartículas do filtro inorgânico em outras nanopartículas, preparadas com cera de carnaúba e uma mistura de um lipídio. Neste caso, a cera de carnaúba é responsável pela manutenção da integridade da cápsula e preservação de seu conteúdo, evitando o rompimento da cápsula e consequente perda e dispersão do material. Estudos apontam que estas cápsulas aumentam o fator de proteção solar, mas ainda não se sabe a que se deve o

fenômeno. Acredita-se que pode existir uma relação com a composição química da cera de carnaúba (SANTOS, 2010).

Em 2009, a Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) aprovou a utilização de cera de carnaúba como coadjuvante de tecnologia, atuando como agente lubrificante, de moldagem e desmoldagem, no segmento de panificação da indústria alimentícia. A cera de carnaúba pode ser utilizada para untar as formas de pães, biscoitos e similares, e produtos de confeitaria, tais como bolos, tortas, doces e massas (DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO, 2009).

Ainda em 2009, o Agropacto (Pacto de Cooperação da Agropecuária Cearense) discutiu em uma palestra proferida por Francisco de Carvalho Arruda, a utilização do pó cerífero da carnaúba como material impermeabilizante na indústria de construção civil (O ESTADO, 2009).

Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), o Centro de Engenharia Naval e Oceânica do IPT (CNaval) iniciou em 2011 o processo de patenteamento de um projeto que emprega a cera de carnaúba juntamente com parafina, resina polimérica e outros materiais, na formulação de um material ecologicamente amigável e economicamente mais atraente para substituir o poliuretano no processo de usinagem para produção de moldes (e futuramente, dos próprios modelos) para embarcações em escala reduzida para testes em tanques de provas. O poliuretano é um material polimérico caro, de inviável reutilização e cujos resíduos durante o processamento apresentam riscos ao bem estar e à saúde humanas, além de prejudicar o meio ambiente. A necessidade de desenvolvimento de um novo material levou os pesquisadores a optar pela formulação contendo cera de carnaúba, diante de seus benefícios tais como: boa disponibilidade no mercado interno, dureza satisfatória (gerando mais estabilidade para o processo e garantindo maior precisão geométrica aos cascos), baixa capacidade térmica durante a usinagem, propriedade autolubrificante e flexibilidade do material, diminuindo o risco de quebra dos protótipos. Além disso, a possibilidade de reaproveitamento é próxima dos 100%, o que é favorável em termos de custos e meio ambiente (IPT, 2011).

Com o passar dos anos e os investimentos em pesquisa e inovação, a cera de carnaúba se torna cada vez mais um produto promissor e de múltiplas aplicações industriais. É um material de grande versatilidade, cujas propriedades constantemente revelam novas aplicações à ciência.

*“Para evitar que a água acumulada em seu caule e nas suas folhas se evapore em consequência da tórrida insolação, a natureza providencia que a cera se espalhe por todas as partes, formando esta camada protetora – para a qual o homem encontrou tantos outros propósitos.” (Carlos Aberto dos Santos, Instituto Ciência Hoje, 2010)*

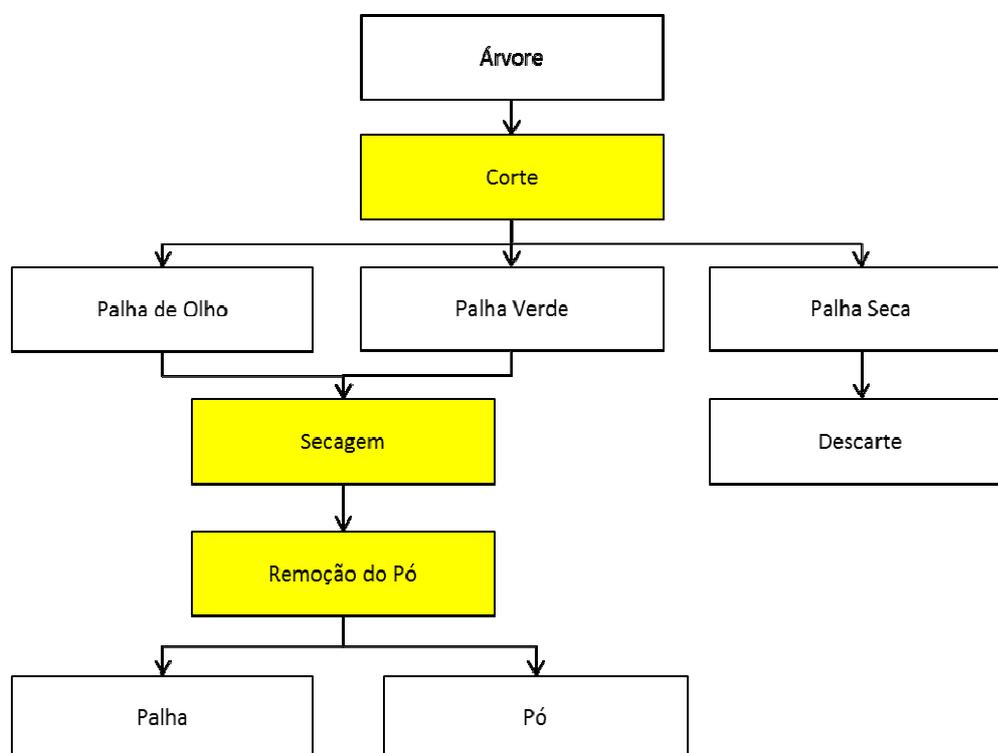
## 5. Processo de Produção da Cera de Carnaúba

### 5.1. Obtenção do pó cerífero

As etapas consecutivas que constituem a obtenção do pó cerífero a partir das folhas da árvore da carnaúba podem ser entendidas através das atividades primárias de corte, secagem e remoção do pó.

A etapa de corte consiste na remoção das folhas da carnaúba por ação humana, valendo-se de um instrumento rudimentar formado pela junção de uma vara de bambu a uma foice que fica presa em sua extremidade. O instrumento pode variar de 5 a 12 metros de altura e pesar de 1 a 40 quilos. Essa variação está associada aos diversos tamanhos de plantas passíveis de serem observados.

Segundo Santos et al. (2009), a atividade de corte não tem atravessado grandes avanços tecnológicos ao longo do tempo, permanecendo praticamente a mesma desde o século XIX. Para os autores, a elevada produtividade e o baixo custo do instrumento utilizado e os movimentos experientes do vareiro tem contribuído para criação no campo de uma cultura de resistência à penetração de novas tecnologias.



**Figura 5.1 – Macro etapas do processo extrativista de obtenção do pó cerífero.**

FONTE: Elaboração própria das autoras.

Embora o número de cortes por ano tenha reduzido de dois para um, desde que são datados os primeiros indícios da atividade extrativista, o processo como um todo pode durar por até 120 dias, geralmente compreendidos entre os meses de julho e fevereiro.



**Figura 5.2 – Atividade de corte das folhas da carnaúba.**

FONTE: Diário do Nordeste (2012).

Estima-se que mais de 2000 folhas sejam retiradas diariamente, sendo 5 a cada movimento do vareiro e em torno de 40 por planta. Nesse processo, a folha que originará a palha verde deve ser a primeira a ser cortada, seguindo da folha que originará a palha de olho. Esta última se caracteriza por encontrar-se quase sempre integralmente fechadas e protegidas da exposição ao sol. Embora não possuam pó, as palhas secas também precisam ser removidas, já que a prática garante a produtividade da árvore para a próxima safra. Além disso, o trabalhador precisa manusear o instrumento com cuidado, já que um movimento equivocado poderá acarretar na morte da planta. Após o corte, algumas folhas podem ficar presas à vegetação de baixo e pequeno porte e precisam, portanto, serem soltas. Em seguida, as folhas de palha verde são separadas das folhas de palha de olho, o talo dessas folhas é cortado, os espinhos são removidos e segue-se a chamada organização por feixes. As folhas secas são descartadas.



**Figura 5.3 – Folhas da carnaúba após o corte.**

FONTE: Alves e Coelho (2008).

Os feixes são montados com até 50 folhas amarradas de duas em duas. Essa formação em “cambos” são, segundo Alves e Coelho (2008), uma forma de medir a remuneração por produtividade dos trabalhadores que são assim pagos.



**Figura 5.4 – Trabalhadores soltando as folhas presas à vegetação (à esquerda) e formação de feixes (à direita).**

FONTE: Diário do Nordeste (2012).

Os feixes são então levados para o processo de secagem ao sol. O transporte pode ser realizado por carroças ou caminhonetes, sendo o transporte com uso de animais o mais comum.



**Figura 5.5 – Transporte dos feixes de carnaúba para o lastro.**

FONTE: Alves e Coelho (2008).

A secagem tem por objetivo remover ou reduzir a quantidade de umidade presente nas folhas. Pode durar até 15 dias corridos a depender da técnica empregada. No lastro, técnica mais comumente utilizada e cuja secagem média gira em torno de 10 dias, as folhas são dispostas, uma a uma, de forma sobreposta ou em feixes entreabertos. Como o lastro é um local aberto e as palhas são colocadas sobre a superfície do terreno, o processo está suscetível à ação do vento, que pode carrear o pó que se desprende da superfície da folha; da chuva, que pode alongar o período demandado, lixiviar o pó e contaminantes presentes no ambiente e ainda levar ao apodrecimento das palhas; e de animais. Além disso, a secagem realizada

dessa forma demanda grande espaço e mão de obra, já que os feixes precisam ser revirados para garantir uma secagem homogênea.



**Figura 5.6 – Secagem das folhas no lastro.**

FONTE: Diário do Nordeste (2012).

Após secas, as folhas podem ser armazenadas sob a forma de “cupins” enquanto aguardam os processos que se sucedem para remoção do pó. Essa configuração permite que as folhas dispostas na porção mais interna fiquem protegidas contra ação do vento e da chuva pelas folhas mais externas.

A remoção do pó pode se dar de duas maneiras distintas: manual ou mecanicamente. A forma manual é mais indicada para remoção do pó da palha de olho. Isso porque, além de preservar a palha para ser posteriormente utilizada para fins artesanais, a técnica manual evita que a própria palha, que será triturada pelo processo mecânico, contamine o pó.



**Figura 5.7 – Batição manual para obtenção do pó cerífero.**

FONTE: Oliveira (2006).

O processo se inicia antes mesmo da secagem das palhas, quando as mesmas são riscadas por um instrumento que pode ser uma faca ou uma “trincha”. Após secas, as palhas são batidas por movimentos ascendentes e descendentes ou com auxílio de um cacete. O cacete é um pedaço de madeira utilizado para o desprendimento do pó da palha por meio de sucessivas batidas. A atividade é

realizada em um ambiente fechado e o pó que cai no chão está pronto para ser ensacado.

Na batção mecânica, os feixes de palha são introduzidos na bandeja da máquina de bater. Em seguida, o material é revolvido por uma fileira de lâminas no interior de um cilindro fazendo com que o pó se solte e a palha seja cortada. A bagana, composta essencialmente por restos de palha, sai pelo lado oposto do equipamento, enquanto o pó é retirado por sucção, atravessa uma tela com diâmetro de no máximo 1,5 mm, e cai no chamado minhocão. O minhocão deve ser composto de um material de flanela que permita a filtração do ar, mas que não permita a saída do pó. A rotação da máquina não pode exceder 1000 rpm.



**Figura 5.8 – Máquina de Bater Guarany e Máquina de Bater Acoplada.**

FONTE: Alves e Coelho (2008).

Se operada adequadamente, a máquina de bater pode ter seu rendimento de separação aumentado em 20%. O equipamento está geralmente acoplado a carroceria de um carro ou trator e opera à base de diesel ou com o combustível do próprio veículo. A característica móvel é extremamente importante já que o processo extrativista demanda que essas operações aconteçam em locais diferentes no período de colheita e próximos às áreas atualmente em extração.

O processo mecânico, entretanto, apresenta duas desvantagens: a palha, por encontrar-se danificada, não consegue ser reutilizada para o artesanato e os resíduos da produção acabam sendo aproveitados como adubo para os animais, além disso, restos de impurezas frequentemente contaminam o pó, levando-o a uma pequena desvalorização do preço de venda. A máquina processa até 300 milheiros por dia.

Seja pelo processo manual, seja pelo processo mecânico, após a remoção do pó, a produção precisa ser ensacada. Os sacos deverão ser de algodão com capacidade de 25 a 30 kg para facilitar o transporte. Uma vez utilizado para ensacar

o pó de palha, o saco não poderá ser reutilizado para ensacar o pó de olho, uma vez que esta conduta pode levar à contaminação indesejada do pó de olho, reduzindo sua qualidade e conseqüentemente seu valor. O pó segue, então, para as etapas de beneficiamento.

O rendimento da etapa de extração varia muito de acordo com a safra, com o tempo de descanso entre as safras e as condições climáticas observadas nesse ínterim. Um milheiro de folhas cortadas deve gerar aproximadamente 12 kg de pó, independentemente se pó de olho ou de palha (D'ALVA, 2007).

## 5.2. Beneficiamento artesanal do pó cerífero

O processo de beneficiamento artesanal do pó que originará a cera de carnaúba é conduzido em pequenas instalações rudimentares, geralmente no interior de propriedades rurais nos estados do Ceará e no Rio Grande do Norte. A pressão das indústrias beneficiadoras de cera praticamente extinguiu a atividade artesanal no estado do Piauí, limitando os ganhos econômicos que poderiam ser incorporados pelo trabalhador do campo (SANTOS et al., 2009).



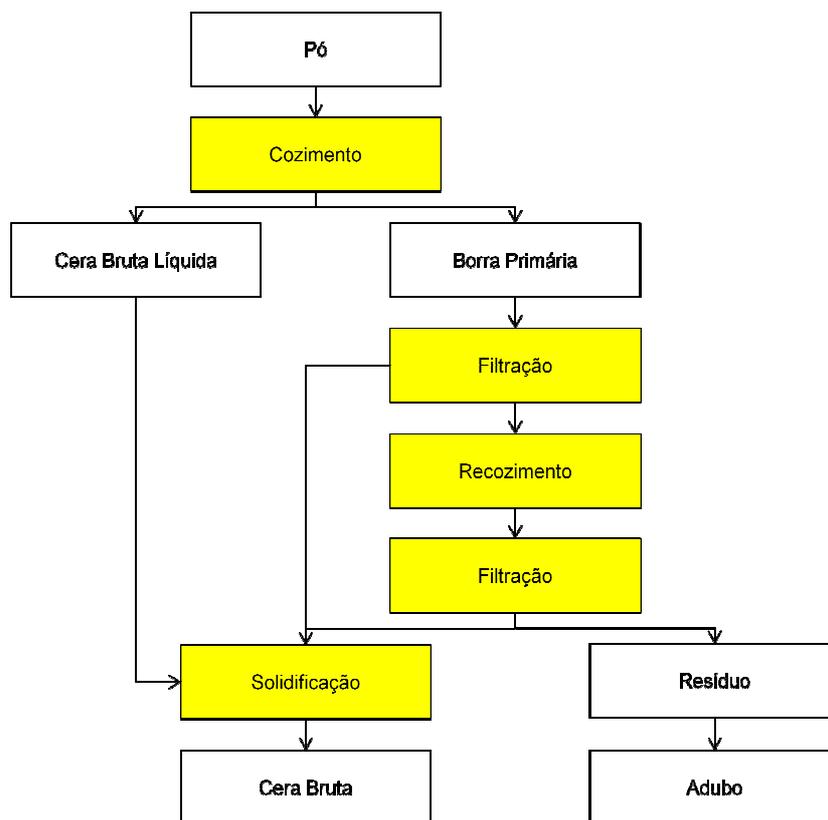
**Figura 5.9 – Instalação para beneficiamento artesanal.**

FONTE: D'Alva (2004).

Embora o processo artesanal, dada às condições que ele se sucede, não seja completamente adequado para o processamento do pó de olho, no processamento do pó de palha, ele pode atingir rendimentos elevados. Em pesquisa de campo realizada pelos autores Alves e Coelho (2008), há relatos de processos que operam com 90% de rendimento. Quase equiparado à atividade industrial. Contudo, para os mesmos autores, essa realidade não é aplicável a maior parte das instalações artesanais. Em geral, o rendimento do processo artesanal é 30% inferior ao processo industrial que se vale da utilização de solventes orgânicos para extração

dos componentes que constituem a cera e para o aumento da qualidade do produto final.

O beneficiamento artesanal é constituído das etapas de cozimento, recozimento, filtração, e solidificação. A Figura 5.10 a seguir apresenta o fluxograma simplificado com as macro etapas do processo.



**Figura 5.10 – Macro etapas do processo de beneficiamento artesanal.**

FONTE: Elaboração própria das autoras.

Inicialmente, o pó cerífero é colocado em flandres de 20 litros, ou tachos de ferro ou de zinco, para cozimento com a água na proporção de 15 kg de pó para 30 litros de água. Essa proporção pode variar de acordo com a instalação, podendo ser menor, chegando a 1 kg de pó para 1,35 litros de água (SANTOS et al., 2009).

Nesta etapa, é importante que o pó seja cozido com água para que se evite a queima do produto que se encontra em contato com a superfície do recipiente, resultando em danos para o material cerífero. É importante notar que o processo de beneficiamento artesanal geralmente é conduzido utilizando-se o pó de palha. Para o pó de olho, não é recomendada a utilização de água, o que, considerando as perdas resultantes da queima da cera, praticamente inviabiliza financeiramente a sequência do processo (SANTOS et al., 2009). Sendo o pó de olho um produto mais

nobre, e de maior valor agregado, recomenda-se que seja vendido como matéria-prima, evitando assim a produção da cera de origem de olho e a consequente diminuição da qualidade do produto.

Com a fusão do pó, a mistura formada permanece no fogo por mais 3 horas, sem agitação, para que as impurezas misturadas à água decantem. Embora não haja controle da temperatura, estima-se que se chegue a 120°C, podendo oscilar de acordo com a composição da biomassa utilizada como fonte de energia. Em geral, utiliza-se como biomassa a algaroba (ALVES e COELHO, 2008). Na ausência de um controle de temperatura adequado e da utilização de recipientes não inertes, o processo artesanal não consegue otimizar seu rendimento e fatalmente oferece um produto de qualidade inferior, frente ao processo de beneficiamento industrial.

Após a etapa de cozimento, cerca de 40% da massa formada já está pronta para ser resfriada. A remoção dessa parte pode ser realizada com o auxílio de conchas ou através de uma adaptação no tacho, que permite que o líquido formado escoe por um orifício na superfície. O SEBRAE recomenda que, ainda assim, essa fração de cera líquida seja filtrada em filtros de tecido antes de seguir para etapa de solidificação (SEBRAE, 1994).



**Figura 5.11 – Tacho com orifício para escorrer a cera bruta produzida.**

FONTE: Alves e Coelho (2008).

A mistura que permanece no recipiente é levada à prensa por cerca de 10 minutos e volta ao cozimento por mais 30. Nesta etapa, não se adiciona água ao

processo e o cozimento é geralmente realizado em latas de querosene. Ao fim desse recozimento, a mistura é novamente levada à prensa onde é possível recuperar cerca de 30% da cera, que também se encontra pronta para a etapa de resfriamento (ALVES e COELHO, 2008).



**Figura 5.12 – Recozimento em latas de querosene e filtração (prensa).**

FONTE: Alves e Coelho (2008).

O resíduo desse processo (borra) pode ser reaproveitado na agricultura como adubo. O SEBRAE recomenda que essa borra seja seca antes de ser vendida e que ela não seja misturada com outros resíduos. Dessa forma, é possível complementar os ganhos obtidos com a atividade (SEBRAE, 1994).

A etapa de solidificação é realizada em pequenos canteiros de cimento onde a cera líquida é depositada. Esses canteiros possuem cerca de 5 cm de altura onde a cera deverá permanecer por volta de 5 horas (ALVES e COELHO, 2008).



**Figura 5.13 – Resfriamento da cera bruta.**

FONTE: Alves e Coelho (2008).

Em seguida, os blocos formados são quebrados e ensacados a fim de que sejam vendidos, sobretudo para indústria que os utilizará como matéria prima para

fabricação da cera refinada através do processo de beneficiamento industrial. D'Alva (2007) ainda relata que alguns processos artesanais fazem uso de catalisadores como o óxido oxálico, cujo principal objetivo é auxiliar na decantação de impurezas e na clarificação do produto. Entretanto, a substância tem se oferecido como um contaminante ao meio ambiente dadas às condições em que o processo é operado.

Segundo o SEBRAE (1994), o rendimento do beneficiamento artesanal do pó de palha é de cerca de 60%. Segundo Alves e Coelho (2008), esse rendimento pode variar entre 60 e 75%, de acordo com o período de descanso da carnaúba entre uma colheita e outra. Se o período de descanso for de 2 anos, acredita-se que o rendimento de cera a partir do pó tenda a ser maior.

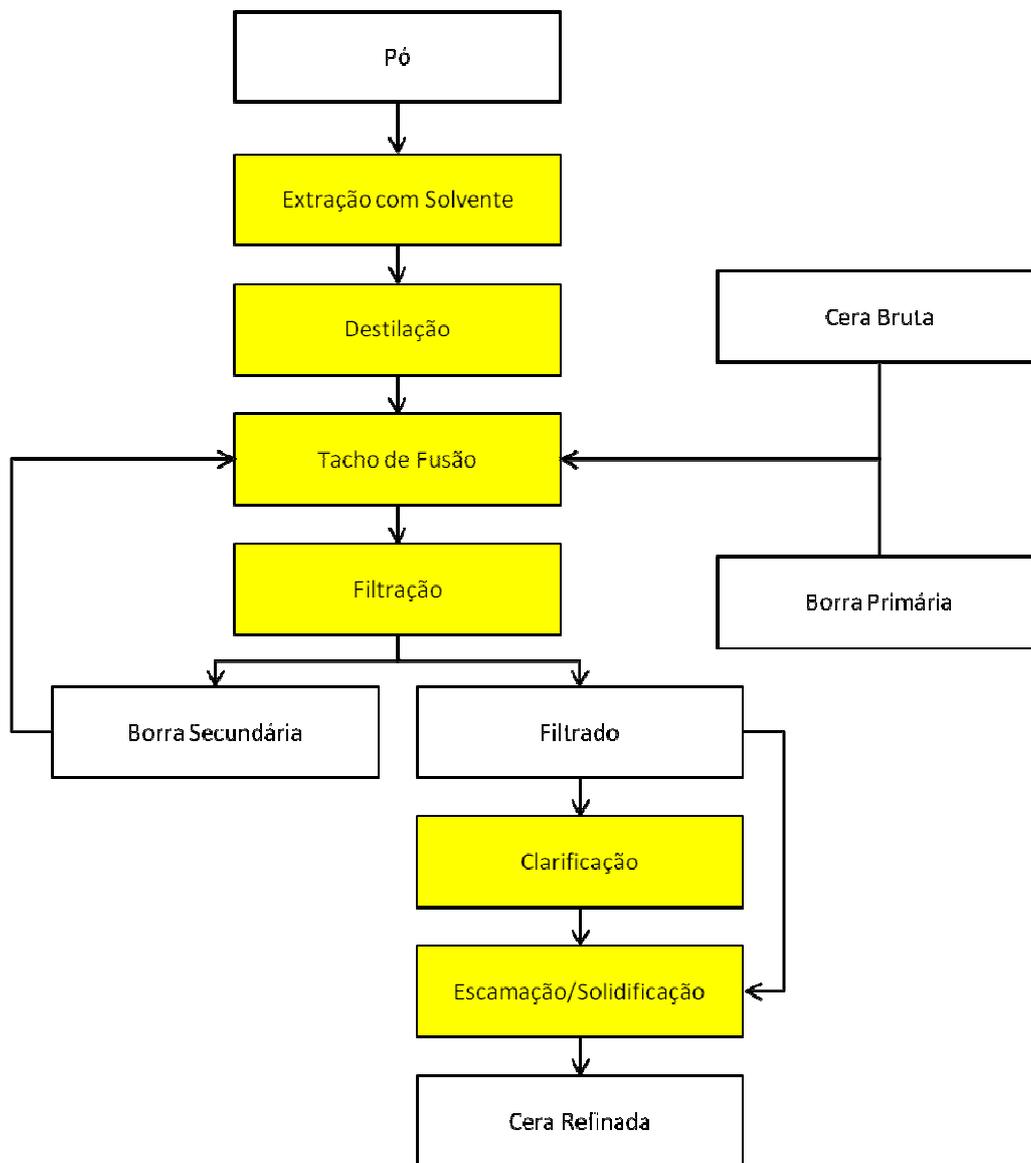
### **5.3. Beneficiamento industrial do pó cerífero**

A produção industrial da cera de carnaúba compreende não só as etapas de transformação do pó oriundo da atividade extrativista, como também o beneficiamento da cera bruta proveniente do processo artesanal e até mesmo da borra resultante de ambos os processos de beneficiamento. As etapas que se sucedem são as mesmas, independentemente da matéria-prima utilizada. No entanto, o processamento não pode ser realizado em conjunto e, portanto, a atividade industrial se inicia com a pesagem, classificação e etiquetagem dos materiais a serem processados.

Dadas às práticas de adulteração realizadas na década de 60 e 70, e ainda hoje relatadas (D'ALVA, 2004), as indústrias adotaram a prática comum de realizar análises laboratoriais antes da compra desses materiais. Essas análises podem ser feitas na própria indústria ou destinadas a um laboratório especializado. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento estabelece através das Instruções Normativas N°34 e N°35 as diretrizes para especificação e classificação tanto do pó cerífero quanto das ceras brutas e refinadas, através da aplicação da metodologia desenvolvida pela AMERWAX para as análises.

Após a identificação da matéria prima, inicia-se, então, o processo conhecido como refino da cera de carnaúba. Inicialmente será descrito o procedimento mais amplo e abrangente, ou seja, o processo a partir do pó cerífero, que se dá através das etapas de extração, destilação, fusão, filtração, clarificação, escamação ou solidificação, e embalagem. Para os casos em que a matéria-prima é a cera bruta proveniente do beneficiamento artesanal do pó cerífero, as etapas de extração e destilação são desnecessárias, passando a cera ao procedimento de fusão, filtração, clarificação, escamação ou solidificação, e embalagem.

A Figura 5.14 apresenta o fluxograma simplificado com as macro etapas do processo de beneficiamento industrial da cera de carnaúba.



**Figura 5.14 – Macro etapas do processo de beneficiamento industrial.**

FONTE: Elaboração própria das autoras.

No interior de um extrator, são misturados ao pó, palha de arroz e solvente orgânico, que pode ser benzina, éter ou aguarrás. A palha de arroz é utilizada como material de drenagem, cujo objetivo é remover a umidade do pó. Segundo Alves e Coelho (2006), algumas indústrias vêm introduzindo o processo de extração da cera sem a adição de palha de arroz, reduzindo em até 5 vezes o tempo de residência da operação e economizando em solvente e energia.

A mistura de pó, solvente e palha de arroz é então aquecida entre 100 e 120°C quando se atinge o ponto de cozimento do pó. O resultado da extração é uma mistura formada por água (resultante da perda de umidade), solvente, palha de arroz, impurezas e cera fundida. A fase líquida (água, solvente e cera) é conduzida ao destilador enquanto os resíduos sólidos, chamados de borra, formados ao fundo do extrator e compostos por palha de arroz e impurezas, são separados para posterior utilização (CARVALHO e GOMES, 2008).



**Figura 5.15 – Etapa de extração: unidades extratoras.**

FONTE: Carnaúba do Brasil ([www.carnaubadobrasil.com](http://www.carnaubadobrasil.com)).

No destilador, a água e o solvente são evaporados e deixam o equipamento por sua corrente superior. As duas substâncias são posteriormente resfriadas e separadas já na fase líquida por gravidade. A água é eliminada como efluente do processo. O solvente é recuperado para reutilização em novas extrações. Segundo Carvalho e Gomes (2004), estima-se que cerca de 5% do solvente seja perdido a cada ciclo.

Após a destilação, a cera fundida é levada a um tacho de fusão onde serão adicionados auxiliares de filtração, como argilas diatomáceas e Tonsil<sup>10</sup>. As diatomáceas são adicionadas para auxiliar na remoção de impurezas, ao passo que o Tonsil atuará na remoção da clorofila (SANTOS et al., 2009). A cera segue então para a etapa de filtração. A filtração é conduzida em filtros de tecido ou papel fino e a borra resultante desse processo deverá ser reutilizada. Estima-se que cerca de 30% de cera fiquem atreladas a esses resíduos, e podem, portanto, ser recuperados (CARVALHO e GOMES, 2008). O filtrado pode ser levado a um tanque de solidificação ou passar pelo processo subsequente de clarificação. Se levado ao tanque de solidificação, dará origem à cera filtrada denominada “Tipo 4”. Neste caso, o pó utilizado no processo é o pó de palha (“Tipo B”) e a cera resultante

<sup>10</sup> O termo comercial Tonsil se refere à argila bentonítica cálcica, utilizada como adsorvente em processos de clareamento, especialmente nas indústrias têxtil e de alimentos (ARAÚJO et al., 2012).

apresentará cor marrom escura, uma vez que não segue para a clarificação. A cera é quebrada ou escamada, e embalada para comercialização.

A etapa de clarificação é feita realizando a adição de um agente clarificante à mistura, o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ). Após essa etapa, as ceras poderão ser classificadas de acordo com a sua origem. Quando originária do pó de olho (Tipo A), a cera produzida é denominada “Tipo 1”, de coloração amarela clara. Quando originária do pó de palha (Tipo B), a cera produzida é denominada “Tipo 3”, de coloração amarela escura, acastanhada.

Em seguida, a cera ainda na fase líquida pode ser destinada a dois processos: a solidificação em tanques rasos ou a escamação. Há mais de 12 tipos de técnicas de escamação utilizadas pela indústria, mas as mais comuns são: recobrir um tanque com uma fina camada de cera líquida que, ao ser resfriada com água fria se despedaça ou introduzir a cera líquida no interior de um cilindro giratório que irá solidificar as finas camadas de cera formadas e que serão cortadas por lâminas existentes no próprio cilindro (SANTOS et al., 2009).



**Figura 5.16 – Etapas de clarificação e escamação.**

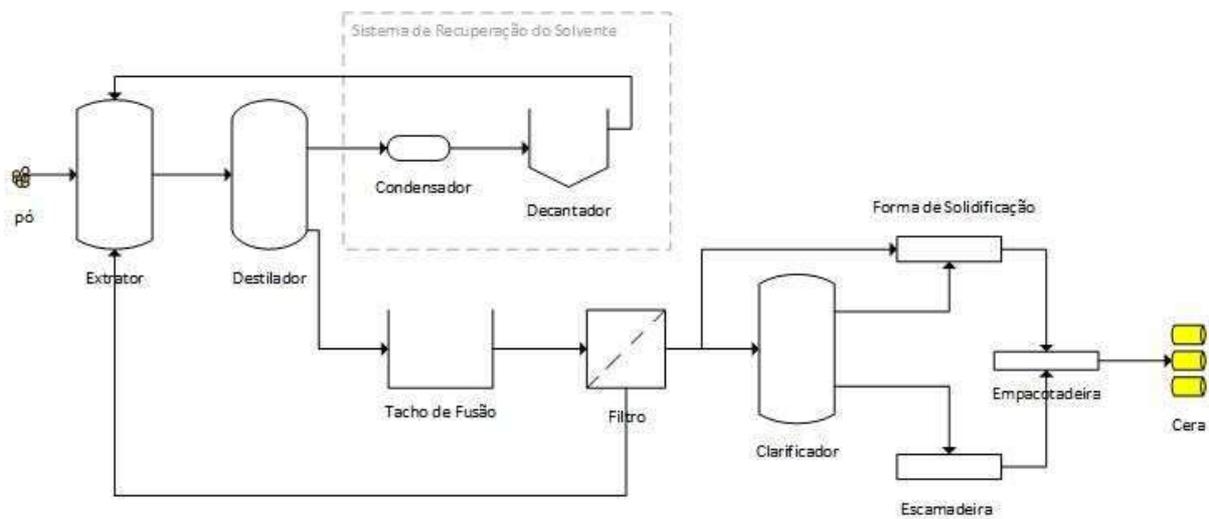
FONTE: Carnaúba do Brasil ([www.carnaubado brasil.com](http://www.carnaubado brasil.com)).

A cera pronta é posteriormente embalada em sacos de 25 kg. O processo de embalagem pode ser realizado manualmente ou mecanicamente. Segundo Alves e Coelho (2008), todo esse procedimento gira em torno de 36 horas e 15 toneladas de cera são produzidas. Ainda segundo os autores, a reutilização de água, solvente e o uso de fontes renováveis para obtenção de calor ainda conferem ao processo de produção de cera de carnaúba um cenário ambientalmente favorável.



**Figura 5.17 – Etapa de embalagem: cera em escamas.**

FONTE: TV Cidade Verde, Teresina, Piauí (2011). ALVES e COELHO (2008).



**Figura 5.18 – Fluxograma simplificado do processo industrial a partir do pó cerífero.**

FONTE: Elaboração própria das autoras.

## **6. Relações Sociais na Produção da Cera de Carnaúba**

Segundo o Sindicato das Indústrias Refinadoras de Cera de Carnaúba (SINDICARNAÚBA), cerca de 200.000 ocupações diretas e indiretas são geradas pelas atividades oriundas do extrativismo da planta. As etapas de corte, secagem e extração do pó são responsáveis pela criação da maior parte dos empregos diretos enquanto a indústria de beneficiamento representa menos de 1% desse total.

Para Carvalho (2008), esse fato pode ser explicado devido à mecanização incipiente e o baixo nível de qualificação exigido pelas etapas que constituem a extração do pó, um atrativo aos trabalhadores rurais que buscam complementação de renda na época de entressafra de culturas como arroz e milho.

Entretanto, a natureza física extenuante, a baixa rentabilidade e as relações de trabalho pautadas em averbações informais têm desestimulado a renovação contínua da mão de obra. Com a introdução de programas governamentais de distribuição de renda, estes atenuantes ficam ainda mais evidenciados, contribuindo para o aumento do desinteresse dos mais jovens, provocando escassez de mão de obra, e forçando, em alguns casos, o encarecimento da força de trabalho.

Para Alves e Coelho (2006), essas relações de produção atrasadas com predominância da informalidade não são exclusividade dos trabalhadores rurais, propagando-se ao longo da cadeia e limitando os ganhos sociais advindos da atividade. Para os autores, o setor como um todo é desorganizado e desarticulado, a ausência de políticas públicas, sobretudo para financiamento de algumas etapas desse processo, inviabiliza a capacidade de investimento, e até mesmo sustento da cadeia, levando a altos níveis de endividamento de alguns atores.

Ademais, o SINDICARNAÚBA aponta a carência tecnológica e a baixa qualificação da mão de obra como impeditivos para o desenvolvimento do setor (aumento da produtividade e melhoria da qualidade do pó), resultando num círculo de análise vicioso: a descapitalização do segmento e a incipiência de políticas públicas para o financiamento e a regulamentação da atividade enfraquecem a articulação dos agentes desse processo e a incorporação e desenvolvimento de novas tecnologias, gerando baixa produtividade, má qualidade do pó e da cera e informalidade nas relações trabalhistas.

### **6.1. Organização do trabalho**

Segundo os trabalhos desenvolvidos por Carvalho (2008) e por Alves e Coelho (2006), a organização do trabalho na cadeia de produção da cera de carnaúba pode ser entendida através das atividades desempenhadas pelos atores a seguir

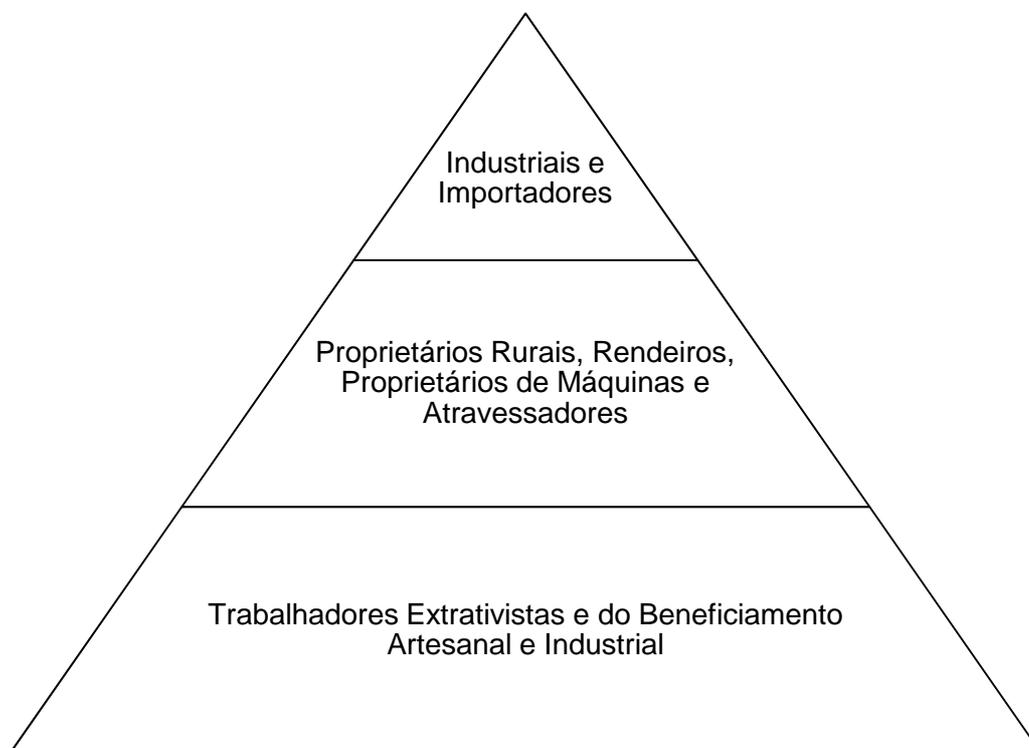
relacionados, sendo seu aparecimento ou não variável de acordo com a região e a destinação final do produto.

### **6.1.1. Organização do trabalho na cadeia de produção da cera de carnaúba**

- 6.1.1.1. Proprietário rural;
- 6.1.1.2. Arrendatário ou rendeiro;
- 6.1.1.3. Trabalhadores extrativistas:
  - 6.1.1.3.1. Vareiro;
  - 6.1.1.3.2. Aparador;
  - 6.1.1.3.3. Enfiador;
  - 6.1.1.3.4. Ajuntador;
  - 6.1.1.3.5. Carroceiros;
  - 6.1.1.3.6. Lastreiro;
  - 6.1.1.3.7. Mateiro;
  - 6.1.1.3.8. Bombeiro;
  - 6.1.1.3.9. Cozinheiro.
- 6.1.1.4. Trabalhadores da batção mecânica:
  - 6.1.1.4.1. Riscador;
  - 6.1.1.4.2. Batedor de palha.
- 6.1.1.5. Trabalhadores do beneficiamento artesanal:
  - 6.1.1.5.1. Fogueiro;
  - 6.1.1.5.2. Prensador.
- 6.1.1.6. Trabalhadores do beneficiamento industrial;
- 6.1.1.7. Industrial;
- 6.1.1.8. Corretor ou atravessador;

#### 6.1.1.9. Importador da cera.

A Figura 6.1 a seguir apresenta a pirâmide dos atores sociais do processo de produção da cera de carnaúba.



**Figura 6.1 – Atores sociais do processo produtivo da carnaúba.**

FONTE: Adaptação D’Alva (2007).

## 6.2. Obtenção do pó cerífero

Nas etapas que compreendem a obtenção do pó cerífero, destacam-se as figuras do arrendatário ou rendeiro e dos trabalhadores extrativistas.

O arrendatário é quem contrata e determina as condições de trabalho e remuneração dos trabalhadores extrativistas e, embora nem sempre detenham a propriedade dos carnaubais, adquirem o direito de explorar uma ou mais propriedades, a depender da produtividade, pelo período de uma safra.

O arrendamento é quase sempre um acordo informal entre o rendeiro e o proprietário da terra baseado na quantidade de palhas passíveis de serem extraídas, no porte das árvores, na densidade e na acessibilidade da área explorada. O padrão da negociação irá variar de acordo com a capitalização do rendeiro e segundo Alves e Coelho (2006) pode ir de 2,00 a 7,00 reais por milheiro de palha, pagos em dinheiro ou em pó.

Ainda segundo Alves e Coelho (2006), os arrendatários têm sido historicamente financiados por agiotas, atravessadores e industriais, que, por sua vez, ditam às condições de preço e pagamento. Com a atual tendência de retirada dos financiamentos à etapa de campo por parte dos industriais, muitos rendeiros não encontram outra opção de capitalização a não ser a agiotagem, o que os levou a um alto nível de endividamento.

Para D'Alva (2007), entretanto, essa realidade não é observada por todo o grupo. O autor sugere que alguns rendeiros possuem grande capacidade empresarial, são donos de máquinas de triturar, beneficiadores artesanais de cera e fatalmente atuam como agiotas ou atravessadores da produção de outros rendeiros. Nem sempre advêm de famílias de trabalhadores rurais, mas sim de proprietários de terra e possuem um profundo conhecimento da cadeia produtiva.

Nesses casos onde o próprio proprietário rural destina-se a explorar suas terras e atuar como rendeiro de outros carnaubais, um maior grau de mecanização e beneficiamento da matéria-prima tende a ser observado, já que a capacidade de investimento é maior na cadeia produtiva.

A produção pode ser negociada pelo próprio rendeiro ou pela figura do atravessador que a destinam, sobretudo, para os importadores que compram preferencialmente o material antes do beneficiamento.

Nas décadas de 60 e 70, tanto os atravessadores, quanto importadores e industriais nacionais, realizavam o pagamento do pó em cima da massa do pó a ser vendida. Entretanto, com a disseminação de práticas de adulteração, o pagamento passou a ser realizado após análise laboratorial do teor de pureza do material. Alguns importadores e industriais chegam a pagar adiantado para garantir o suprimento da produção o que também tem contribuído para o endividamento dos rendeiros, já que nem sempre o que foi pago corresponde à qualidade daquilo que foi entregue. Também se observa a permanência de uma relação de desconfiança entre os atores, ainda como resquício do que era praticado nas décadas de 60 e 70.

Os trabalhadores extrativistas são em geral do sexo masculino, podem ser pagos por produtividade ou diária e dividem-se em atividades complementares que vão desde o corte à operação da máquina de bater. Embora cada uma dessas atividades exija um grau de especialização, as etapas como um todo são marcadas pelo baixo nível tecnológico e emprego de ferramentas rudimentares, o que não exige um alto nível de instrução, mas demanda condicionamento físico. Quando o processo de separação do pó da folha é feito de maneira manual, podem ser observadas algumas mulheres ocupando postos de trabalho. Em geral, elas ocupam

funções que exigem movimentos mais delicados como riscar a palha antes da batção por cacete e separar o pó de olho do pó de palha.

Os trabalhadores extrativistas foram descritos por Carvalho (2008) e Alves e Coelho (2006) em suas observações *in loco*. Os vareiros são os agentes mais experientes desse processo. Responsáveis pelo corte das folhas manejam um equipamento semelhante a uma vara de bambu com uma foice na ponta. O tamanho da vara varia de 5 a 12 metros e, segundo os autores, podem ser de três tipos. Sua experiência é requerida tanto para que se evite a morte da planta, pelo corte indevido do olho da carnaúba, quanto para que se atenuem os riscos de acidentes, já que praticamente não existem equipamentos de proteção individual. A posição de manuseio da vara é ergonomicamente incorreta o que pode ocasionar lesões na coluna cervical. Além disso, o movimento para retirada das folhas é feito sempre em direção ao vareiro que pode acabar se ferindo dada a velocidade e a superfície pontiaguda e cortante das folhas. Por isso, esses trabalhadores costumam utilizar vestimentas que cobrem todo o corpo e óculos escuros para proteção contra o sol.



**Figura 6.2 – Vareiro.**

FONTE: Alves e Coelho (2008).

Após a etapa de corte, surge a figura do aparador. O aparador é responsável por desprender as folhas presas à vegetação, assim que atingem o solo. Essa figura só é observada nos carnaubais tomados pela vegetação de médio porte e pode ser também conhecida como desenganchador. Nestes últimos, frequentemente os aparadores destinam-se somente etapa de corte do talo e retirada dos espinhos. Estima-se que para cada vareiro sejam necessários dois aparadores.



**Figura 6.3 – Aparador.**

FONTE: Alves e Coelho (2008).

Em seguida, os enfiadores organizam as folhas em feixes de 20, 25 e 50 folhas. A chamada turma da “vara” constituída por vareiro, aparador e enfiador geralmente apresentam laços familiares. O ajuntador conta e reúne os feixes para que os carroceiros os coloquem no interior de carroças ou no lombo de animais. Sendo este último, o mais frequente. Em alguns municípios do Ceará, são utilizados caminhões no transporte.



**Figura 6.4 – Carroceiro.**

FONTE: Carvalho (2008).

Os feixes são levados até o lastro onde são dispostos para secagem pela figura dos lastreiro. As figuras do bombeiro e do cozinheiro só são observadas quando os suprimentos de água e comida são providos pelo rendeiro. O mateiro é uma espécie de fiscal, responsável por contar as palhas derrubadas. Essa figura se torna dispensável nos carnaubais onde os trabalhadores são pagos por milheiros de palha derrubados, já que é evidente o interesse pela produtividade. Os mateiros também são responsáveis por retirar as palhas secas que são cortadas durante o trabalho do vareiro. É comum um único trabalhador exercer mais de uma função e ser remunerado por apenas uma.



**Figura 6.5 – Lastreiro.**

FONTE: Alves e Coelho (2008).

As condições de trabalho no campo são precárias e insalubres. Os equipamentos utilizados não são adequados para proteção coletiva e individual e segundo os autores Alves e Coelho (2008) chegam a faltar insumos básicos para a prática do trabalho, como água e comida. A renda desses trabalhadores não ultrapassa os dois salários mínimos e as relações trabalhistas são pautadas na informalidade. Há trabalhadores que são pagos por diária, por jornada de trabalho, que chegam às 50 horas semanais e por produtividade (milheiro derrubado), variando muito a remuneração para cada uma das atividades desenvolvidas. Quando o terreno não apresenta vegetação em torno dos carnaubais, a preferência é por fazer o pagamento por milheiro derrubado.

**Tabela 6.1 – Remuneração média diária por função.**

<b>REMUNERAÇÃO MÉDIA DIÁRIA POR FUNÇÃO</b>	
<b>Função</b>	<b>Remuneração</b>
Vareiro	R\$ 15,00
Aparador	R\$ 12,50
Enfiador	R\$ 12,50
Ajuntador	R\$ 12,50
Carroceiros	R\$ 12,50
Lastreiro	R\$ 12,50
Mateiro	R\$ 11,50
Bombeiro	R\$ 10,00
Cozinheiro	R\$ 10,00

FONTE: Alves e Coelho (2008).

**Tabela 6.2 – Remuneração média por milheiro por função.**

<b>REMUNERAÇÃO MÉDIA DIÁRIA POR FUNÇÃO</b>	
<b>Função</b>	<b>Remuneração</b>
Vareiro	R\$ 15,00
Aparador	R\$ 12,50
Enfiador	R\$ 12,50
Ajuntador	R\$ 12,50
Carroceiros	R\$ 12,50
Lastreiro	R\$ 12,50
Mateiro	R\$ 11,50
Bombeiro	R\$ 10,00
Cozinheiro	R\$ 10,00

FONTE: Alves e Coelho (2008).

A retirada do pó das folhas após secagem pode ser realizada manual ou mecanicamente. Se manual, existe geralmente uma figura feminina responsável por riscar as folhas e uma figura masculina responsável pela batção com cacete. Esse processo é geralmente realizado em ambiente fechado e, portanto, muito insalubre devido ao desprendimento do pó. A remuneração média do riscador é de R\$ 6,00 diários enquanto do batedor é de R\$ 12,00.



**Figura 6.6 – Atividade de riscagem do pó.**

FONTE: Alves e Coelho (2008).

O processo de batção mecânica é geralmente realizado em uma máquina pertencente ao rendeiro ou alugada de um terceiro. Para realização deste trabalho, são necessários: um motorista, responsável por dirigir o trator até o campo e

eventualmente realizar alguma atividade de manutenção, os empurradores, que são responsáveis pela alimentação da máquina, o feixeiro, que leva os feixes do lastro até a máquina, o baganeiro, que retira a bagana e a espalha pelo campo para ser utilizada como adubo e um cozinheiro. A atividade também é realizada em ambiente fechado, sem ventilação e que, agravado pelo forte calor da região, pode levar a sérias doenças nos olhos e nos pulmões, já que um traço característico da cadeia é ausência de equipamentos de proteção individual.



**Figura 6.7 – Batição mecânica do pó.**

FONTE: Alves e Coelho (2008).

A remuneração dessa atividade pode ser por kg de pó produzido, em torno de 0,29 centavos o quilo, por milheiro processado, em torno de 2,00 reais por milheiro ou por percentual de pó extraído do milheiro. Caso a máquina de extração seja terceirizada, até 80% do pagamento pode ser destinado diretamente ao dono do equipamento. A divisão desse montante vai variar de acordo com o proprietário da máquina e o responsável pela extração.

**Tabela 6.3 – Remuneração média diária por função.**

<b>REMUNERAÇÃO MÉDIA DIÁRIA POR FUNÇÃO</b>	
<b>Função</b>	<b>Remuneração</b>
Motorista	R\$ 14,00
Empurrador	R\$ 13,50
Feixeiro	R\$ 12,50
Baganeiro	R\$ 13,50
Cozinheiro	R\$ 10,00

FONTE: Alves e Coelho (2008).

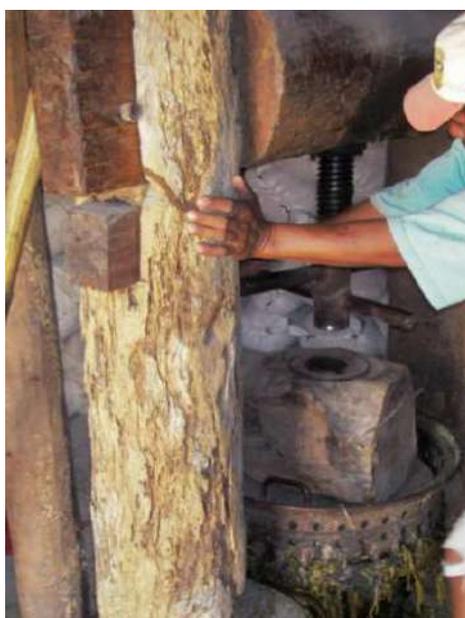
### 6.3. Beneficiamento artesanal do pó cerífero

As pequenas instalações destinadas ao processo de beneficiamento artesanal do pó geralmente apresentam muitas dificuldades para escoar a produção no mercado de varejo direto, direcionando-a quase que integralmente para o mercado externo. Essa situação possibilita a penetração da figura dos atravessadores que fazem a ponte com os importadores.

Por serem pequenas instalações com limitação na disponibilidade de equipamentos, o número de trabalhadores empregue é baixo variando, inclusive, de acordo com o pó cerífero processado. Segundo Alves e Coelho (2008), o cozimento do pó de olho é mais rápido e, portanto, requer um número maior de trabalhadores na prensa: dois. Enquanto para o pó de palha, é necessário apenas um.

Além dos prensadores, há também a figura do fogueiro. Ambos recebem em torno de R\$ 15,00 por dia e estão sujeitos às condições de trabalho precárias, sobretudo para este último, que não utiliza equipamentos de segurança adequados para atividade que executa. O risco de queimaduras é alto.

É possível observar, entretanto, uma remuneração diária um pouco superior a das atividades extrativistas. É comum observar também a etapa de batição atrelada ao processamento artesanal.



**Figura 6.8 – Prensador.**

FONTE: Alves e Coelho (2008).

#### **6.4. Beneficiamento industrial do pó cerífero**

Ao contrário do que se observa no campo, a mão de obra empregue nas indústrias, apesar de não ser tão numerosa em virtude da alta mecanização dos processos, requer certo nível de escolaridade, já que é necessária qualificação para condução dos equipamentos. Neste caso, a remuneração é maior, chegando a dois salários mínimos por mês, assim como são melhores as condições de trabalho visto que são cumpridos procedimentos de segurança e são respeitadas as leis trabalhistas (SANTOS et al., 2009).

O turno de trabalho é de 8 horas diárias e 40 horas semanais, são pagos adicionais de insalubridade e hora extras. Ainda assim, é possível observar o desenvolvimento de doenças ocupacionais resultantes da exposição ao barulho e da postura no trabalho.

Há predomínio da mão de obra masculina, embora algumas mulheres desempenhem atividades relacionadas às análises laboratoriais do pó. O número de ocupações geradas não é alto, ficando em torno de 10 pessoas por unidade fabril.

A maior dificuldade observada pelos industriais, entretanto, reside no relacionamento com os atravessadores que fazem a ponte do escoamento da produção com os importadores. Isso porque a oferta é bem superior à demanda o que reduz o poder de barganha da indústria brasileira e se caracteriza como um oligopsônio.

## **7. Tecnologias Sociais na Produção da Cera de Carnaúba**

### **7.1. O conceito de tecnologia social**

A visão dicotômica comum ao pensamento econômico no que tange à relação entre o desenvolvimento tecnológico e a geração de trabalho e renda, expressa uma visão simplista, embora aplicável ao desenvolvimento econômico tardio experimentado pela maior parte das nações de terceiro mundo. Para Mattoso (2000), a inovação tecnológica no processo produtivo promove ganhos de produtividade que reduzem diretamente o trabalho vivo empregue na produção. Ao mesmo tempo, o surgimento de novos produtos, empresas, setores e atividades econômicas promove o efeito inverso, levando a criação de novos postos de trabalho.

Em países como o Brasil, de industrialização recente onde a modernização industrial não foi pautada nas oportunidades abertas pelo progresso técnico, mas em estratégia de enxugamento de produtos e processos que, embora tenha elevado o patamar da modernização no país, não levou a um crescimento sustentável, este juízo comum pode expressar falsos dilemas (KUPFER, 2004). Pautada na importação de tecnologias que nem sempre refletem às necessidades do país e da população e na incipiência de políticas públicas que estimulassem o desenvolvimento tecnológico contínuo com investimentos mais significativos em pesquisa e desenvolvimento e na educação, a incorporação tecnológica experimentada pela economia brasileira se deu de forma desigual e insustentável. Portanto, o desenvolvimento de uma nova tecnologia deve presumir os benefícios sociais, econômicos e ambientais que serão gerados, permitindo o crescimento econômico sustentado, gerando empregos e atenuando a concentração de renda.

É de senso comum o entendimento de que as tecnologias sociais são desenvolvidas de modo a promover a inclusão social e melhorar a qualidade de vida de uma determinada parcela da população. Para a Rede de Tecnologia Social (RTS), criada em abril de 2005, a tecnologia social compreende produtos, técnicas e/ou metodologias reprodutíveis, desenvolvidas na interação com a comunidade e que representem efetivas soluções de transformação social.

Segundo Horta (2006), a tecnologia social se inicia com a construção de ferramentas de trabalho e instrumentos próprios, através do diálogo e busca conjunta com a sociedade civil organizada por práticas de intervenção social que resultem em melhores condições para a vida da população. Quase sempre não se utiliza o que há de mais avançado tecnicamente, mas, fazendo o uso de recursos simples, baratos, acessíveis e de fácil aplicabilidade e replicabilidade, promovem

ganhos de qualidade, produtividade e organização que possibilitam melhorias nas condições de vida e trabalho da população contemplada, resultando na extinção de práticas de trabalho escusas, e garantindo a sobrevivência da atividade.

## **7.2. Aplicação de tecnologias sociais no processo de produção de cera de carnaúba**

No processo de produção da cera de carnaúba, tecnologias para aumento da produtividade, melhoria das condições de trabalho e da qualidade do pó nas etapas de corte, secagem e separação foram desenvolvidas, sobretudo pela iniciativa pública. Algumas dessas novas tecnologias são apresentadas a seguir.

Do processo de corte das folhas, Ikeda (IPT, 2002) sugere a utilização de uma vara de alumínio temperado com lâminas auto afiantes na foice ou a substituição integral da foice por tesouras de corte. Apesar de esta melhoria resultar em uma redução dos riscos inerentes à etapa de corte para o trabalhador rural, a alta produtividade do instrumento atualmente utilizado causou no campo uma resistência à migração para o novo artefato. Para Alves e Coelho (2008), a solução poderia residir no estudo de melhoramento genético das árvores de carnaúba que poderiam gerar plantas de porte menor e, portanto, com acesso facilitado à copa. Além disso, esses estudos poderiam conduzir a um aumento no número de folhas por árvore e consequentemente de pó passível de ser extraído.

As principais melhorias observadas residem, entretanto, na etapa de secagem. A primeira inovação foi, segundo Santos et al. (2009) resultado de uma iniciativa de uma indústria no Piauí na década de 50 que patenteou no INPI um modelo de secador de palhas de carnaúba constituído de uma estufa conjugada a um aparelho riscador de palhas verdes e de um batedor de palhas secas. A iniciativa não configurava propriamente uma tecnologia social, visto que demandava altos custos de investimento.

Em outro projeto, desenvolvido pelo BNB, FAPEPI e pela Universidade Federal do Piauí, um secador solar fixo foi construído para substituir a atividade de secagem de folhas no lastro. O secador apresentava como vantagem a redução no tempo necessário de exposição à luz solar, o baixo custo e a proteção contra contaminantes existentes no meio. Contudo, a complicada estrutura de montagem e desmontagem não permitia que o secador fosse deslocado conforme as necessidades do processo extrativista, sendo, portanto, descontinuado (COSTA FILHO, 2002).



**Figura 7.1 – Protótipo de secador fixo.**

FONTE: Costa Filho (2002).

Para resolver esse impasse, um novo modelo de secador foi projetado por um professor da mesma universidade. Segundo o autor do projeto, o Professor José Ribeiro Santos Júnior, sua metodologia de montagem e desmontagem se assemelha a uma “barraca de camelô”. Necessita de cerca de 20 minutos para ser montada, ocupa uma área de 45 metros quadrados, e tem capacidade para secar cinco mil palhas de uma única vez em um período de 36 horas. Bem inferior ao tempo de 10 dias requerido pelo lastro. Ainda segundo o professor, as palhas ficam estendidas dentro do secador em uma disposição favorável para que o processo de batijão, se manual, ocorra ali mesmo. A maior preocupação nesse projeto reside, entretanto, em formas de absorver os custos de produção (SANTOS et al., 2009).



**Figura 7.2 – Protótipo de secador móvel.**

FONTE: Nascimento (2005).

Fazendo parte desse mesmo projeto que deu origem ao secador móvel, uma máquina, originalmente desenhada para a colheita de grãos de café, foi testada no processo de separação do pó das folhas secas de carnaúba. A máquina, composta

por um motor seguido de um braço com hastes vibratórias na ponta, realiza movimentos vibracionais que faz com que o pó se desprenda, caindo sobre uma superfície de coleta. Essa superfície deve se encontrar livre de impurezas. Tem como vantagem não triturar a palha (NASCIMENTO, 2005).



**Figura 7.3 – Adaptação de máquina de café.**

FONTE: Nascimento (2005).

Embora essas iniciativas se aproximem em muito do que é necessário para configuração de uma tecnologia social, há sempre algum aspecto que oferece barreiras à sua difusão. Em geral, elas são pensadas como melhorias de processo, mas perdem um pouco o foco quando a questão são os benefícios que a tecnologia deve oferecer à sociedade para ser assim enquadrada como social.

Nesse viés, o SEBRAE divulgou uma cartilha que reúne boas práticas que podem ser assim entendidas. É o caso do processo de secagem denominado por estaleiro. Nesse processo, é proposto que as folhas fiquem penduradas a 30 cm do chão e o que uma boa parte do pó se desprenda da palha por ação da gravidade (SEBRAE, 1994).

A metodologia apresenta como vantagens os seguintes pontos: protege a palha contra ação da chuva, evita a contaminação das palhas por contato direto com o solo, elimina atividades ergonomicamente prejudiciais como virar e desvirar a palha e montar e desmontar o feixe, além de aumentar a produtividade em 15% em relação ao lastro e diminuir o espaço demandado. Entretanto, a secagem demora 5 dias a mais do que o outro processo aqui referenciado (SANTOS et al., 2009).



**Figura 7.4 – Método estaleiro.**

FONTE: TV Canal 13 (2012).

Outra melhoria de processo que também pode ser entendida como tecnologia social é o concretamento das regiões onde as palhas serão secas no processo de lastro. Isso porque a técnica permite que se evite a contaminação resultante do contato do pó com o solo, agrega valor de mercado ao produto, já que o mesmo é medido pela qualidade do pó, é simples, barato e replicável. É preciso apenas estar atento se a região a ser concreta não é terra cultivável (SANTOS et al., 2009).

Já que no tange ao processo de separação mecânica do pó, algumas tecnologias foram desenvolvidas a fim de que se melhorasse o grau de separação obtido pela etapa. A primeira máquina de bater, a Guarany Ciclone, foi criada em 1938 e é descrita em uma publicação de 1972 do Banco do Nordeste como uma máquina pequena, portátil, não maior que uma mesa de escritório e com peso de 280 kg. Foi logo acoplada a carrocerias de caminhões, carroças e tratores para facilitar o seu deslocamento e o baixo investimento frente aos ganhos de produção, já que a capacidade de processamento é bastante superior a da batição de manual, também fazem desse conjunto uma tecnologia social (ALVES e COELHO, 2008).



**Figura 7.5 – Máquina Guarany Ciclone.**

FONTE: Alves e Coelho (2008).

Embora as tecnologias aqui apresentadas tenham refletido um avanço, ainda que tímido, no sentido de incorporação de novas tecnologias na atividade extrativista, o processo como um todo é carente de tecnologias sociais que atinjam esse objetivo de maneira sustentável e possuam boa penetração ao longo da cadeia, sendo uma boa oportunidade de estudo para as áreas afins.

## **8. Proposta de desenvolvimento de tecnologia social aplicada à etapa de beneficiamento artesanal do pó cerífero da carnaúba**

### **8.1. Motivações e Objetivo da Proposta**

Com o mercado voltado para as exportações e a maior parte dos empregos gerados nas etapas rurais, a cadeia produtiva da cera de carnaúba é marcada pela replicação das práticas de mercado adotadas pelo importador, afetando, sobretudo, os atores mais frágeis desse processo: os trabalhadores rurais. Embora o governo brasileiro tenha instituído, ainda na década de 70, a política de preços mínimos de modo a tentar garantir que o preço de venda seja no mínimo equivalente aos custos de produção, o que se observa, na prática, é um grande desconhecimento das ferramentas disponibilizadas pela política e um elevado poder de barganha do importador, que tende a ditar o preço de compra de acordo com a conjuntura do mercado internacional. Esse preço é replicado pelo industrial no momento da compra da matéria-prima, prejudicando, portanto, as etapas iniciais desse processo (ALVES e COELHO, 2008).

Embora a indústria da cera tenha incorporado novas tecnologias ao processo de beneficiamento industrial do pó obtido a partir da atividade extrativista da carnaúba, o processo artesanal de beneficiamento pouco evoluiu em todas essas décadas de atividade. Diante da baixa rentabilidade, aliada à ausência de uma cultura empreendedora e à resistência às alternativas tecnológicas, o processo de beneficiamento artesanal é marcado pelo baixo nível técnico associado, com técnicas rudimentares que quase sempre culminam na contaminação do produto ou em perdas na produtividade.

Sendo assim, o presente trabalho identificou a importante oportunidade de realização de estudos tecnológicos com viés social, que não apenas representem os interesses dos industriais e importadores, mas que permitam a melhoria das condições de trabalho do homem no campo. Agregando valor a essas etapas, acredita-se que a atividade se torne rentável o suficiente para que as relações trabalhistas sejam respeitadas, estimulando o interesse dos mais jovens pelo extrativismo do pó, não comprometendo, portanto, o futuro da atividade.

A convicção de que a Universidade está em posição de buscar formas de transformar o conhecimento acadêmico em tecnologia social, quando aliado ao entendimento da realidade cotidiana da população alvo, impulsionou nesta proposta a busca de ferramentas capazes de abrir caminho e dar o primeiro passo na

construção de tecnologia social aplicada ao processo de beneficiamento artesanal do pó cerífero de carnaúba.

*“Na universidade, a questão que se coloca é a de como desenvolver uma tecnologia capaz de promover inclusão social e de tornar sustentáveis as organizações autogestionárias que ela deve implementar. Essa questão desdobra-se em outras como, por exemplo, saber se é totalmente com bases na tecnologia convencional que se vai gerar a tecnologia social ou, ainda, como fazer para começar o engajamento real da Instituição em tarefa tão difícil quanto urgente para países como o Brasil.” (HORTA, 2006)*

Com base nestes fundamentos, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver um estudo preliminar e experimental com o intuito de melhorar a qualidade do pó cerífero da carnaúba denominado “Pó de Palha (Tipo B)”, através do desenvolvimento de uma rota tecnológica para remoção de cor, respeitando-se os princípios de tecnologia social.

A nova rota tecnológica deverá melhorar a aparência física do pó cerífero da palha através da propriedade visual da cor, agregando valor ao produto e garantindo-lhe melhor colocação no mercado, sem comprometer a integridade do material e sua capacidade cerífera, utilizando-se de métodos simples, facilmente replicáveis no ambiente rural, com baixos investimentos iniciais e de custos modestos e acessíveis.

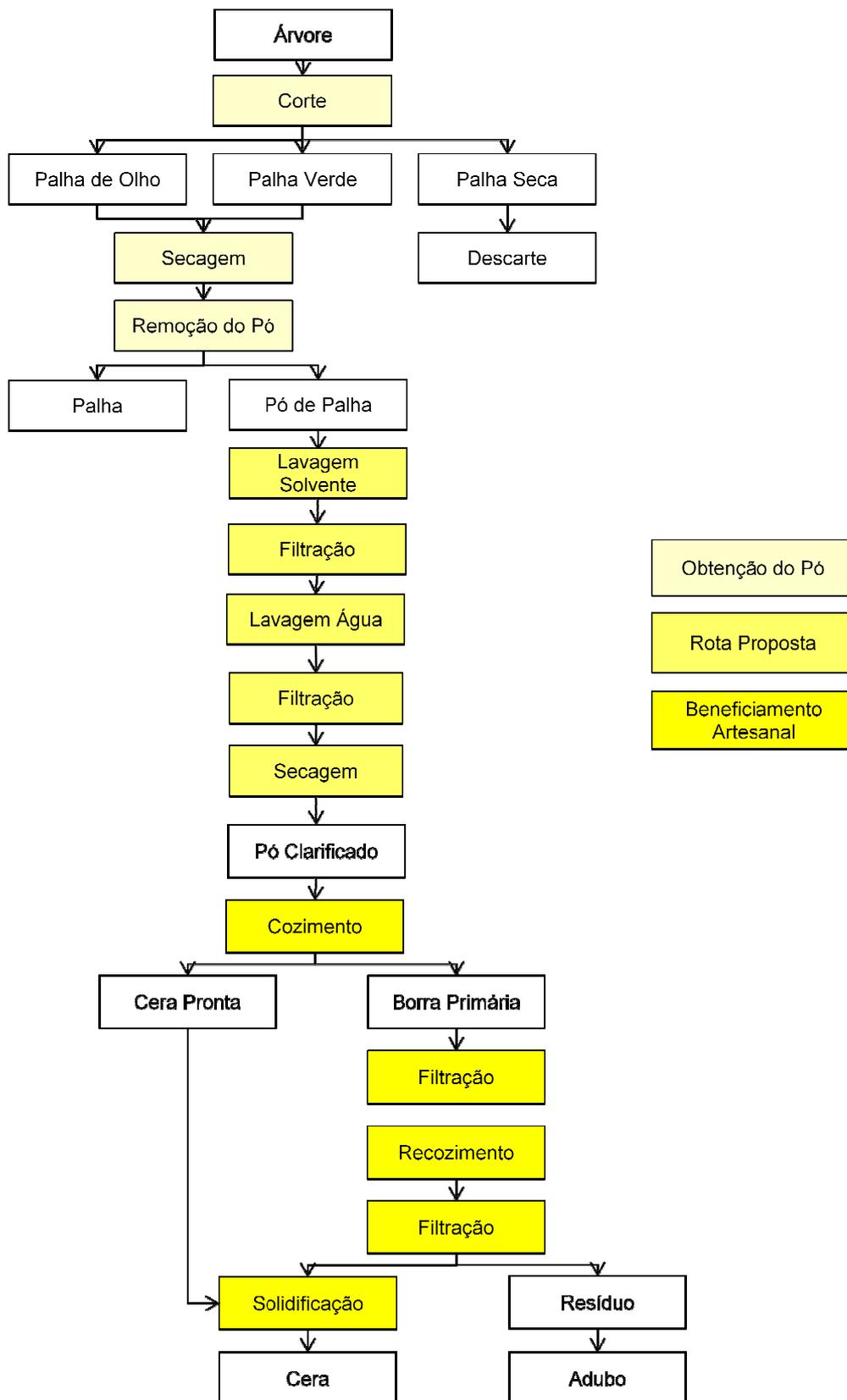
## **8.2. Metodologia e Estrutura da Proposta**

Para alcançar o objetivo almejado, propõe-se um processo que pode ser entendido como pré-beneficiamento e que consiste na extração dos compostos coloridos através de sucessivas lavagens do material “Pó de Palha (Tipo B)” utilizando um solvente orgânico, seguidas de lavagens com água para remoção de excesso de solvente (que porventura possa ter permanecido impregnado ao pó), filtração simples<sup>11</sup>, secagem e armazenamento.

A rota proposta está inserida em posição intermediária entre a atividade extrativista de obtenção do pó cerífero e o beneficiamento artesanal para produção da cera bruta de carnaúba, embora seja possível comercializar o pó clarificado através do processo de pré-beneficiamento diretamente para o processo de beneficiamento industrial.

---

<sup>11</sup> É importante notar que cada etapa de lavagem do pó cerífero, seja utilizando um solvente orgânico, seja utilizando água, deve ser seguida de filtração simples.



**Figura 8.1 – Macro etapas: inserção do processo de pré-beneficiamento.**

FONTE: Elaboração própria das autoras.

### **8.2.1. Escolha do solvente orgânico**

A cor mais escura conferida ao “Pó de Palha (Tipo B)” é proveniente da exposição do material ao sol, às impurezas e intempéries, e especialmente ao processo fotossintético da carnaubeira, absorvendo parte da clorofila das folhas. Segundo Barbieri et al. (2010), a metodologia de extração de pigmentos fotossintéticos utilizando solventes orgânicos tem sido amplamente utilizada no estudo do desenvolvimento das espécies vegetais e suas interações com os diversos estresses ambientais.

Nesse contexto, procurou-se buscar um solvente orgânico capaz de cumprir as exigências técnicas e que ao mesmo tempo se enquadre nos princípios de tecnologia social, extraindo os pigmentos fotossintéticos com base nos seguintes requisitos:

- 8.2.1.1. Acessibilidade;
- 8.2.1.2. Boa capacidade de remoção de clorofila;
- 8.2.1.3. Baixa solubilidade referente à cera de carnaúba;
- 8.2.1.4. Baixo custo e possibilidade de recuperação para reaproveitamento;
- 8.2.1.5. Não oferecer riscos à integridade do material;
- 8.2.1.6. Não comprometer a capacidade cerífera do material;
- 8.2.1.7. Não apresentar riscos à saúde humana ou ao meio ambiente que inviabilizem seu uso.

No que tange à remoção da clorofila, os principais aspectos que condicionam à escolha do solvente estão associados à polaridade e o grau de pureza do solvente (RITCHIE, 2008), a temperatura e o tempo de incubação do ensaio (TAIT e HIK, 2003). Devido à inexistência de estudos específicos para a remoção de clorofila nas folhas de carnaúba e de acordo com o exposto por Barbieri et al. (2010) quanto à baixa significância da variação da capacidade de remoção do solvente entre as espécies vegetais, utilizou-se o estudo realizado pelos autores em folha de capim para balizar essa escolha.

Para os autores, considerando a eficiência de remoção combinada dos diversos tipos de clorofila, comum em vegetais superiores, os solventes que apresentaram a melhor capacidade de remoção do composto foram o

dimetilsufóxido e a dimetilformamida. Entretanto, além de ambos os solventes serem pouco acessíveis à população rural, em consulta às respectivas Fichas de Informação de Segurança de Produto Químico (FISPQ), constatou-se que a dimetilformamida apresenta toxicidade aguda, sendo nocivo por inalação e contato com a pele (SIGMA-ALDRICH, 2011; BRQUIM, 2010).

Sendo assim, considerando a afinidade do etanol pela substância, sua acessibilidade, baixa solubilidade da cera de carnaúba – 0,14 g de cera/100 mL de solvente (WARTH, 1947) –, custo relativamente baixo por litro e capacidade de recuperação em sistemas de baixo investimento inicial como através da adaptação de alambiques de cachaça, selecionou-se o solvente em questão para os ensaios objeto deste trabalho.

Vale ressaltar que, pela ausência de literatura disponível em relação à reatividade do pó e sua capacidade de transformação em cera, os itens 8.2.1.4 e 8.2.1.5 só foram atestados após o experimento. Além disso, no que se refere à toxicidade e aos riscos ambientais, em consulta a FISPQ do álcool etílico (PETROBRAS DISTRIBUIDORA, 2014), recomenda-se que a inalação não seja superior a 48 horas semanais, portanto, inferior a uma jornada de trabalho. Entretanto, considerando que a exposição dos vapores ao meio ambiente é prejudicial e ao trabalhador pode causar irritações aos olhos e ao trato respiratório, deve-se estudar o uso de equipamentos de proteção coletiva, como sistemas de exaustão.

**Tabela 8.1 – Preço médio do etanol combustível nos três Estados Brasileiros mais relevantes na cadeia da cera de carnaúba**

PREÇO MÉDIO DO ETANOL COMBUSTÍVEL	
Estado	Preço por Litro (R\$)
Ceará	2,49
Piauí	2,69
Rio Grande do Norte	2,59

FONTE: Shell Combustíveis (Agosto, 2014).

### **8.2.2. Lavagens para extração de clorofila e remoção de cor**

Após a escolha do álcool etílico 95% como solvente orgânico mais apropriado, devem ser definidas as condições em que serão realizados os ensaios de lavagem do pó cerífero. Estabeleceu-se então que as lavagens devem ser feitas sempre a frio, de modo a evitar o cozimento do material cerífero, a liberação de uma quantidade de grande de vapores tóxicos de etanol por aceleração da evaporação e

devido aos riscos de incêndio associado a este último. A agitação deve ser constante e suave (em torno de 320 rpm, para assegurar a integridade do material), visando garantir o total contato com solvente e otimizar a extração dos pigmentos fotossintéticos.

Finalmente, foram avaliadas as possibilidades numéricas para as lavagens do pó cerífero. Optou-se por avaliar experimentalmente três diferentes alternativas, apresentadas na tabela a seguir.

**Tabela 8.2 – Ensaios de lavagem do pó cerífero para extração de clorofila**

<b>ENSAIOS DE LAVAGEM DO PÓ CERÍFERO</b>		
<b>Ensaio</b>	<b>Metodologia de Ensaio</b>	<b>Pó Clarificado</b>
E <sub>1</sub>	1 lavagem com etanol + 2 lavagens com água	Pó de Palha P <sub>1</sub>
E <sub>2</sub>	2 lavagens com etanol + 2 lavagens com água	Pó de Palha P <sub>2</sub>
E <sub>3</sub>	3 lavagens com etanol + 2 lavagens com água	Pó de Palha P <sub>3</sub>

O volume de solvente e água necessários ficou estabelecido em ensaios preliminares através da seguinte proporção: serão utilizados 500 mL de álcool para cada 100g de pó cerífero nas lavagens com solvente, e 500 mL de água para cada 100 g de pó cerífero nas lavagens com água, garantindo uma maior fluidez para a mistura.

A partir dos três diferentes ensaios a serem realizados em laboratório em nível de bancada, pretende-se avaliar:

- 8.2.2.1. Qual ensaio de lavagem resultou em um pó clarificado com melhor qualidade (cor e maior índice de pureza);
- 8.2.2.2. Se ao final dos ensaios a capacidade cerífera do material não foi comprometida (produção de cera de carnaúba bruta);
- 8.2.2.3. Produção da cera de carnaúba bruta a partir do pó clarificado: qual ensaio resultou em melhor qualidade da cera produzida (cor).

A partir deste juízo será possível determinar a metodologia de lavagem mais vantajosa em termos técnicos.

### **8.2.3. Filtração**

Após cada etapa de lavagem, com álcool etílico ou água, o material deverá ser filtrado. A tipologia de filtro escolhida para as análises laboratoriais foi o filtro comum

de papel utilizado para coar café. No entanto, a realidade do ambiente rural, onde se trabalha com volumes muito maiores, impede a utilização deste tipo de filtro, sugerindo-se como alternativa a filtração em tecido.

#### 8.2.4. Secagem

A secagem das palhas da carnaúba na etapa extrativista de obtenção do pó cerífero é normalmente feita ao tempo. Neste contexto, a secagem em laboratório do material úmido proveniente dos ensaios de lavagem deve refletir a realidade climática do ambiente na Região Nordeste. Sendo assim, optou-se por estabelecer secagem em estufa a 32°C.

O material seco pode ser encaminhado diretamente para o beneficiamento artesanal, ou, se for o caso, para comercialização e insumo no processo de beneficiamento industrial.

#### 8.2.5. Recuperação do Solvente

Embora em nível de bancada, os ensaios não tenham sido conduzidos com um sistema de recuperação de solvente, recomenda-se que seja considerado um sistema de recuperação de solventes visando assegurar a viabilidade técnico-econômica do processo. Considerando que as quantidades manipuladas serão bastante superiores às utilizadas em laboratório, a ausência de um sistema de recuperação possivelmente inviabilizaria o processo.

Entretanto, considerando que a rota proposta baseia-se nos princípios de tecnologia social, sugere-se que nessa etapa seja aplicado um sistema de recuperação de etanol semelhante aos utilizados para a fabricação artesanal de cachaças. Existem alternativas seminovas que chegam a custar metade do valor de um alambique novo. Além disso, é possível buscar ou até mesmo desenvolver estudos de destiladores artesanais, utilizando-se de sucatas para funilaria, com um investimento inicial ainda menor. Com base nos dados observados, estima-se que a instalação de uma unidade artesanal de recuperação de solvente gire em torno de R\$ 5000,00.

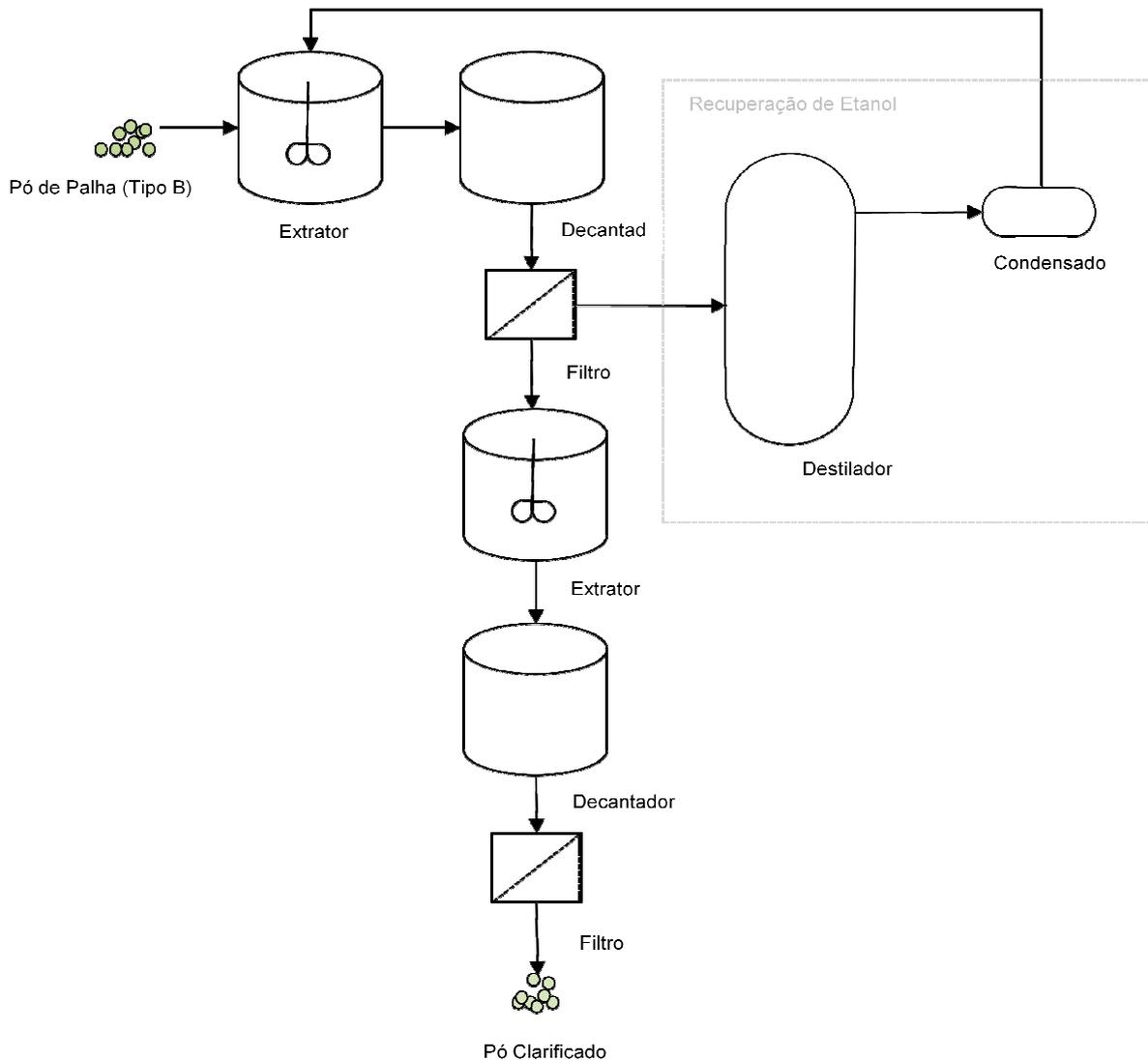
**Tabela 8.3 – Ensaios de lavagem do pó cerífero para extração de clorofila**

<b>PREÇO MÉDIO DE UM ALAMBIQUE DE COBRE (1000 Litros)</b>	
<b>Categoria</b>	<b>Preço (R\$)</b>
Novo	12.000,00
Seminovo	4.500,00

FONTE: D&R Alambiques; Mercado Livre; OLX (Agosto, 2014).

### 8.2.6. Fluxograma simplificado do processo de pré-beneficiamento

Determinada a metodologia para o desenvolvimento do processo de pré-beneficiamento do pó cerífero de palha da carnaúba, apresenta-se o fluxograma simplificado, de acordo com a figura.



**Figura 8.2 – Fluxograma simplificado do processo de pré-beneficiamento do pó cerífero de palha de carnaúba.**

FONTE: Elaboração própria das autoras.

## **9. Análises Experimentais: Materiais e Métodos**

As análises experimentais buscaram confirmar a presença da clorofila e compostos coloridos no pó de palha, e a possibilidade de extração desses componentes através de sucessivas lavagens do pó com um solvente determinado. O pó resultante foi avaliado em ensaios para confirmar a capacidade cerífera e a qualidade alcançada. Parte do pó produzido foi utilizada em reprodução do processo de beneficiamento artesanal, visando avaliar a aparência da cera resultante.

### **9.1. Materiais**

#### **9.1.1. Teste de detecção da presença de clorofila e pigmentos fotossintéticos**

- 9.1.1.1. 10 g de pó de olho (Tipo A);
- 9.1.1.2. 10 g de pó de palha (Tipo B);
- 9.1.1.3. 140 mL de álcool etílico 95% ISO FAR;
- 9.1.1.4. 2 Bécheres ILMABOR® (TGI) 100 mL;
- 9.1.1.5. Bastão de vidro;
- 9.1.1.6. 2 Erlenmeyers PYREX® 100 mL;
- 9.1.1.7. Funil de vidro;
- 9.1.1.8. Papel de filtro.

#### **9.1.2. Lavagem do pó de palha: uma lavagem com etanol (P<sub>1</sub>)**

- 9.1.2.1. 100 g de pó de palha (Tipo B);
- 9.1.2.2. 500 mL de álcool etílico 95% ISO FAR;
- 9.1.2.3. 1000 mL de água;
- 9.1.2.4. Bécher VIDROLABOR® 1000 mL;
- 9.1.2.5. Bastão de vidro;
- 9.1.2.6. Proveta QUIMEX® 100 mL;

- 9.1.2.7. 3 Erlenmeyers SCHOTT DURAN® 500 mL;
- 9.1.2.8. Funil de vidro;
- 9.1.2.9. Papel de filtro (para café);
- 9.1.2.10. Recipiente de alumínio;
- 9.1.2.11. Colherinha de aço inox;
- 9.1.2.12. Peneira em aço inox;
- 9.1.2.13. Saquinhos plásticos;
- 9.1.2.14. Balança digital GEHAKA® Modelo BK-300 Classe II;
- 9.1.2.15. Agitador IKA® RW 20 digital (110V);
- 9.1.2.16. Estufa com circulação e renovação de ar SP LABOR® Modelo SP-102/100.

### **9.1.3. Lavagem do pó de palha: duas lavagens com etanol (P<sub>2</sub>)**

- 9.1.3.1. 100 g de pó de palha (Tipo B);
- 9.1.3.2. 1000 mL de álcool etílico 95% ISOFAR;
- 9.1.3.3. 1000 mL de água;
- 9.1.3.4. Bécher VIDROLABOR® 1000 mL;
- 9.1.3.5. Bastão de vidro;
- 9.1.3.6. Proveta QUIMEX® 100 mL;
- 9.1.3.7. 4 Erlenmeyers SCHOTT DURAN® 500 mL;
- 9.1.3.8. Funil de vidro;
- 9.1.3.9. Papel de filtro (para café);
- 9.1.3.10. Recipiente de alumínio;

- 9.1.3.11. Colherinha de aço inox;
- 9.1.3.12. Peneira em aço inox;
- 9.1.3.13. Saquinhos plásticos;
- 9.1.3.14. Balança digital GEHAKA® Modelo BK-300 Classe II;
- 9.1.3.15. Agitador IKA® RW 20 digital (110V);
- 9.1.3.16. Estufa com circulação e renovação de ar SP LABOR® Modelo SP-102/100.

#### **9.1.4. Lavagem do pó de palha: três lavagens com etanol (P<sub>3</sub>)**

- 9.1.4.1. 100 g de pó de palha (Tipo B);
- 9.1.4.2. 1500 mL de álcool etílico 95% ISO FAR;
- 9.1.4.3. 1000 mL de água;
- 9.1.4.4. Bécher VIDROLABOR® 1000 mL;
- 9.1.4.5. Bastão de vidro;
- 9.1.4.6. Proveta QUIMEX® 100 mL;
- 9.1.4.7. 5 Erlenmeyers SCHOTT DURAN® 500 mL;
- 9.1.4.8. Funil de vidro;
- 9.1.4.9. Papel de filtro (para café);
- 9.1.4.10. Recipiente de alumínio;
- 9.1.4.11. Colherinha de alumínio;
- 9.1.4.12. Peneira em aço inox;
- 9.1.4.13. Saquinhos plásticos;

- 9.1.4.14. Balança digital GEHAKA® Modelo BK-300 Classe II;
- 9.1.4.15. Agitador IKA® RW 20 digital (110V);
- 9.1.4.16. Estufa com circulação e renovação de ar SP LABOR® Modelo SP-102/100.

#### **9.1.5. Extração dos pós de palha para produção de cera de carnaúba**

- 9.1.5.1. 100 g de pó de palha (Tipo B);
- 9.1.5.2. 30 g de pó de palha (P1);
- 9.1.5.3. 30 g de pó de palha (P2);
- 9.1.5.4. 30 g de pó de palha (P3);
- 9.1.5.5. 380 mL de água;
- 9.1.5.6. Bécher VIDROLABOR® 1000 mL;
- 9.1.5.7. Bécher VIDROLABOR® 500 mL;
- 9.1.5.8. Bécher ILMABOR® (TGI) 100 mL;
- 9.1.5.9. Bastão de vidro;
- 9.1.5.10. Filtro de pano nylon;
- 9.1.5.11. Espátula de alumínio.
- 9.1.5.12. Potinhos de vidro
- 9.1.5.13. Balança digital GEHAKA® Modelo BK-300 Classe II;
- 9.1.5.14. Placa de aquecimento Fisatom® Modelo 752A;
- 9.1.5.15. Estufa com circulação e renovação de ar SP LABOR® Modelo SP-102/100.

### **9.1.6. Termogravimetria e Termogravimetria Derivada (TG/DTG)**

- 9.1.6.1. 10,38 mg de pó de palha (Tipo B);
- 9.1.6.2. 9,7 mg de pó de palha (P1);
- 9.1.6.3. 10,2 mg de pó de palha (P2);
- 9.1.6.4. 9,2 mg de pó de palha (P3);
- 9.1.6.5. Equipamentos de análise térmica, método TGA (as análises foram conduzidas pelo Laboratório de Análise Térmica da Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro).

## **9.2. Métodos**

### **9.2.1. Teste de detecção da presença de clorofila e pigmentos fotossintéticos**

Para avaliar a presença de clorofila e pigmentos fotossintéticos no Pó de Palha (Tipo B), foi utilizado como teste branco o ensaio com o Pó de Olho (Tipo A).

Em balança digital devidamente tarada, foram pesados 10 g de Pó de Olho (Tipo A) em um bécher com capacidade para 100 mL. Em seguida, foram adicionados ao pó 70 mL de álcool etílico 95%. A mistura foi homogeneizada e mantida sob agitação manual por alguns segundos, com o auxílio de um bastão de vidro.

O procedimento foi replicado para o Pó de Palha (Tipo B). Em balança digital devidamente tarada, foram pesados 10 g de Pó de Palha (Tipo B) em um bécher com capacidade para 100 mL. Em seguida, foram adicionados 70 mL de álcool etílico 95%. Foi mantida agitação manual por alguns segundos com o auxílio de um bastão de vidro.

Ambos os béchers foram colocados em repouso para decantação por 30 minutos, sobre a bancada. Após a decantação, os materiais foram filtrados utilizando-se funil de vidro, papel de filtro e erlenmeyers com capacidade para 100 mL. O filtrado foi devidamente armazenado. Os resíduos sólidos foram descartados.

### **9.2.2. Ensaio de lavagem do pó de palha: uma lavagem com etanol (L<sub>1</sub>)**

Em uma balança digital devidamente tarada foram pesados 100 g de Pó de Palha (Tipo B), em um bécher com capacidade para 1000 mL. Em seguida foram adicionados ao pó 500 mL de álcool etílico 95%.

A mistura foi manualmente homogeneizada (utilizando um bastão de vidro) e submetida à agitação mecânica, em torno de 320 rpm, por 15 minutos. Após os 15 minutos a agitação foi desligada e a mistura foi colocada em repouso para decantação por mais 15 minutos. Após esta etapa, a mistura foi filtrada utilizando-se funil de vidro, papel de filtro (para café) e erlenmeyer com capacidade para 500 mL. O filtrado foi armazenado.

Os sólidos resultantes da filtração foram encaminhados para duas lavagens sucessivas com água. As lavagens com água foram conduzidas de maneira semelhante à lavagem com etanol. Os sólidos foram depositados em um bécher com capacidade para 1000 mL. Em seguida foram adicionados 500 mL de água. A mistura foi homogeneizada manualmente (utilizando um bastão de vidro), e em seguida submetida à agitação mecânica, em torno de 320 rpm, por 15 minutos, seguida de repouso para decantação por mais 15 minutos. A mistura foi então filtrada utilizando-se funil de vidro, papel de filtro (para café) e erlenmeyer com capacidade para 500 mL. O procedimento de lavagem com água foi repetido. O filtrado foi coletado ao final de cada uma das duas lavagens com água.

O material sólido proveniente da segunda lavagem com água, ainda úmido, foi disposto sobre um recipiente de alumínio e levado à estufa (SP = 32°C) à temperatura de  $T = 32^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , por cerca de 20 horas. Após a secagem em estufa, o material foi gentilmente pressionado com uma colherinha de aço inox para soltar o pó resultante, peneirado utilizando-se uma peneira em aço inox e armazenado em saquinho plástico devidamente etiquetado. Este material foi denominado “Pó de Palha ( $P_1$ )”. Os resíduos da peneira foram igualmente armazenados.

### **9.2.3. Ensaio de lavagem do pó de palha: duas lavagens com etanol ( $L_2$ )**

Em uma balança digital devidamente tarada foram pesados 100 g de pó de palha (Tipo B), em um bécher com capacidade para 1000 mL. Em seguida foram adicionados ao pó 500 mL de álcool etílico 95%.

A mistura foi manualmente homogeneizada (utilizando um bastão de vidro) e submetida à agitação mecânica, em torno de 320 rpm, por 15 minutos. Após os 15 minutos a agitação foi desligada e a mistura foi colocada em repouso para decantação por mais 15 minutos. Após esta etapa, a mistura foi filtrada utilizando-se funil de vidro, papel de filtro (para café) e erlenmeyer com capacidade para 500 mL. O filtrado foi armazenado.

Os sólidos resultantes da primeira lavagem com álcool etílico 95% foram encaminhados para uma segunda lavagem com álcool etílico 95%, conduzida com a mesma metodologia da primeira. Aos sólidos foram adicionados 500 mL de álcool

etílico 95%, homogeneizados manualmente, mantidos em agitação mecânica (320 rpm) por 15 minutos, levados à decantação por mais 15 minutos, e filtrados.

Os sólidos resultantes da segunda lavagem com etanol foram encaminhados para duas lavagens sucessivas com água. Os sólidos foram depositados em um bécher com capacidade para 1000 mL. Em seguida foram adicionados 500 mL de água. A mistura foi homogeneizada manualmente (utilizando um bastão de vidro), e em seguida submetida à agitação mecânica, em torno de 320 rpm, por 15 minutos, seguida de repouso para decantação por mais 15 minutos. A mistura foi então filtrada utilizando-se funil de vidro, papel de filtro (para café) e erlenmeyer com capacidade para 500 mL. O procedimento de lavagem com água foi repetido. O filtrado foi coletado ao final de cada uma das duas lavagens com água.

O material sólido proveniente da segunda lavagem com água, ainda úmido, foi disposto sobre um recipiente de alumínio e levado à estufa (SP = 32°C) à temperatura de  $T = 32^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , por cerca de 20 horas. Após a secagem em estufa, o material foi gentilmente pressionado com uma colherinha de aço inox para soltar o pó resultante, peneirado utilizando-se uma peneira em aço inox e armazenado em saquinho plástico devidamente etiquetado. Este material foi denominado “Pó de Palha (P<sub>2</sub>)”. Os resíduos da peneira foram igualmente armazenados.

#### **9.2.4. Ensaio de lavagem do pó de palha: três lavagens com etanol (L<sub>3</sub>)**

Em uma balança digital devidamente tarada foram pesados 100 g de pó de palha (Tipo B), em um bécher com capacidade para 1000 mL. Em seguida foram adicionados 500 mL de álcool etílico 95%.

A mistura foi manualmente homogeneizada (utilizando um bastão de vidro) e submetida à agitação mecânica, em torno de 320 rpm, por 15 minutos. Após os 15 minutos a agitação foi desligada e a mistura foi colocada em repouso para decantação por mais 15 minutos. Após esta etapa, a mistura foi filtrada utilizando-se funil de vidro, papel de filtro (para café) e erlenmeyer com capacidade para 500 mL. O filtrado foi armazenado.

Os sólidos resultantes da primeira lavagem com álcool etílico 95% foram encaminhados para uma segunda lavagem com álcool etílico 95%, conduzida com a mesma metodologia da primeira. Aos sólidos foram adicionados 500 mL de álcool etílico 95%, homogeneizados manualmente, mantidos em agitação mecânica (320 rpm) por 15 minutos, levados à decantação por mais 15 minutos, e filtrados. O procedimento foi novamente repetido, para uma terceira lavagem com álcool etílico.

Os sólidos resultantes da terceira lavagem com etanol foram encaminhados para duas lavagens sucessivas com água. Os sólidos foram depositados em um bécher com capacidade para 1000 mL. Em seguida foram adicionados 500 mL de água. A mistura foi homogeneizada manualmente (utilizando um bastão de vidro), e em seguida submetida à agitação mecânica, em torno de 320 rpm, por 15 minutos, seguida de repouso para decantação por mais 15 minutos. A mistura foi então filtrada utilizando-se funil de vidro, papel de filtro (para café) e erlenmeyer com capacidade para 500 mL. O procedimento de lavagem com água foi repetido. O filtrado foi coletado ao final de cada uma das duas lavagens com água.

O material sólido proveniente da segunda lavagem com água, ainda úmido, foi disposto sobre um recipiente de alumínio e levado à estufa (SP = 32°C) à temperatura de  $T = 32^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , por cerca de 20 horas. Após a secagem em estufa, o material foi gentilmente pressionado com uma colherinha de aço inox para soltar o pó resultante, peneirado utilizando-se uma peneira em aço inox e armazenado em saquinho plástico devidamente etiquetado. Este material foi denominado “Pó de Palha (P<sub>3</sub>)”. Os resíduos da peneira foram igualmente armazenados.

### **9.2.5. Extração dos pós de palha para produção de cera de carnaúba**

#### **9.2.5.1. Cera de Carnaúba Original (C<sub>0</sub>)**

Em balança digital devidamente tarada foram pesados 100 g de pó de palha (Tipo B) em um bécher com capacidade para 1000 mL. Em seguida foram adicionados ao pó 200 mL de água. A mistura foi homogeneizada manualmente utilizando um bastão de vidro.

O bécher contendo o material foi então levado à placa de aquecimento a 150°C, onde permaneceu em cozimento durante cerca de 1h30. A mistura formada foi cuidadosamente despejada sobre uma bandeja de alumínio para resfriar. Parte da cera formada foi separada manualmente da borra, e voltou à placa de aquecimento para fusão em um bécher com capacidade para 100 mL. A cera fundida foi levada à filtração a quente, em um filtro de pano nylon disposto sobre um bécher com capacidade para 100 mL, posicionado dentro da estufa, de modo a evitar o resfriamento imediato diante do contato com o meio filtrante.

O filtrado foi resfriado à temperatura ambiente por cerca de 10 minutos e recuperado do fundo do bécher com o auxílio de uma espátula. A cera formada foi denominada “Cera de Carnaúba (C<sub>0</sub>)”, e armazenada em um potinho de vidro, devidamente identificado.

#### 9.2.5.2. Cera de Carnaúba do Pó de Palha P<sub>1</sub> (C<sub>1</sub>)

Em balança digital devidamente tarada foram pesados 30 g de pó de palha (P<sub>1</sub>)<sup>12</sup> em um bécher com capacidade para 500 mL. Em seguida foram adicionados ao pó 60 mL de água. A mistura foi homogeneizada manualmente, utilizando um bastão de vidro.

O bécher contendo o material foi então levado à placa de aquecimento a 150°C, onde permaneceu em cozimento durante cerca de 1h30. A mistura formada foi cuidadosamente despejada sobre uma bandeja de alumínio para resfriar. Parte da cera formada foi separada manualmente da borra, e voltou à placa de aquecimento para fusão em um bécher com capacidade para 100 mL. A cera fundida foi levada à filtração a quente, em um filtro de pano nylon disposto sobre um bécher com capacidade para 100 mL, posicionado dentro da estufa, de modo a evitar o resfriamento imediato diante do contato com o meio filtrante.

O filtrado foi resfriado à temperatura ambiente por cerca de 10 minutos e recuperado do fundo do bécher com o auxílio de uma espátula. A cera formada foi denominada “Cera de Carnaúba (C<sub>1</sub>)”, e armazenada em um potinho de vidro, devidamente identificado.

#### 9.2.5.3. Cera de Carnaúba do Pó de Palha P<sub>2</sub> (C<sub>2</sub>)

Em balança digital devidamente tarada foram pesados 30 g de pó de palha (P<sub>2</sub>) em um bécher com capacidade para 500 mL. Em seguida foram adicionados ao pó 60 mL de água. A mistura foi homogeneizada manualmente, utilizando um bastão de vidro.

O bécher contendo o material foi então levado à placa de aquecimento a 150°C, onde permaneceu em cozimento durante cerca de 1h30. A mistura formada foi cuidadosamente despejada sobre uma bandeja de alumínio para resfriar. Parte da cera formada foi separada manualmente da borra, e voltou à placa de aquecimento para fusão em um bécher com capacidade para 100 mL. A cera fundida foi levada à filtração a quente, em um filtro de pano nylon disposto sobre um bécher com capacidade para 100 mL, posicionado dentro da estufa, de modo a evitar o resfriamento imediato diante do contato com o meio filtrante.

O filtrado foi resfriado à temperatura ambiente por cerca de 10 minutos e recuperado do fundo do bécher com o auxílio de uma espátula. A cera formada foi

---

<sup>12</sup> Para as ceras produzidas a partir dos pós ceríferos purificados denominados P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub> foram utilizados apenas 30 g, em lugar dos 100 g utilizados para o pó de palha (Tipo B), uma vez que a disponibilidade dos mesmos era muito menor: apenas cerca de 70 g disponíveis para cada um, ao passo que para o pó de palha havia uma disponibilidade de cerca de 500 g.

denominada “Cera de Carnaúba (C<sub>2</sub>)”, e armazenada em um potinho de vidro, devidamente identificado.

#### 9.2.5.4. Cera de Carnaúba do Pó de Palha P<sub>3</sub> (C<sub>3</sub>)

Em balança digital devidamente tarada foram pesados 30 g de pó de palha (P<sub>3</sub>) em um bécher com capacidade para 500 mL. Em seguida foram adicionados ao pó 60 mL de água. A mistura foi homogeneizada manualmente, utilizando um bastão de vidro.

O bécher contendo o material foi então levado à placa de aquecimento a 150°C, onde permaneceu em cozimento durante cerca de 1h30. A mistura formada foi cuidadosamente despejada sobre uma bandeja de alumínio para resfriar. Parte da cera formada foi separada manualmente da borra, e voltou à placa de aquecimento para fusão em um bécher com capacidade para 100 mL. A cera fundida foi levada à filtração a quente, em um filtro de pano nylon disposto sobre um bécher com capacidade para 100 mL, posicionado dentro da estufa, de modo a evitar o resfriamento imediato diante do contato com o meio filtrante.

O filtrado foi resfriado à temperatura ambiente por cerca de 10 minutos e recuperado do fundo do bécher com o auxílio de uma espátula. A cera formada foi denominada “Cera de Carnaúba (C<sub>3</sub>)”, e armazenada em um potinho de vidro, devidamente identificado.

#### 9.2.6. Termogravimetria e Termogravimetria Derivada (TG/DTG)

Os ensaios de Termogravimetria (TG) e Termogravimetria Derivada (DTG) foram adotados com o objetivo de verificar se a rota proposta é eficiente na remoção de compostos coloridos sem danificar a capacidade cerífera do material, avaliando as degradações das amostras quando submetidas à atmosfera controlada e aquecimento constante.

Para isso, foram pesadas em torno de 10 miligramas de amostra com variação de 1 miligrama para mais ou para menos. As amostras foram submetidas a aquecimento constante na taxa de 10°C/min. Para que os resultados fossem passíveis de comparação, ajustou-se a temperatura inicial para 30°C e a temperatura final para 800 °C.

De acordo com as alterações na curvatura de TG para cada uma das amostras (Pó de palha Tipo B, P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>), foram calculadas as perdas mássicas a fim de que se obtivesse a informação sobre as degradações observadas no ensaio térmico.

## 10. Resultados e Discussões

### 10.1. Teste de detecção da presença de clorofila e pigmentos fotossintéticos

Para confirmar a presença de clorofila e compostos coloridos nos pós ceríferos da carnaúba foi realizado o teste de detecção, onde duas amostras, uma de pó de olho (Tipo A) e uma de pó de palha (Tipo B) foram submetidas a uma rápida lavagem utilizando álcool etílico 95%.



**Figura 10.1 – Etapa de decantação do teste de detecção de clorofila.**

FONTE: Elaboração própria das autoras.

Já na etapa de decantação, é possível notar a significativa diferença na coloração dos sobrenadantes. Na Figura 10.1, à esquerda está o teste referente ao pó de olho (Tipo A) e à direita, o teste referente ao pó de palha (Tipo B). É possível notar que, no caso do pó de palha (Tipo B), a coloração verde escura do sobrenadante denota presença ostensiva de clorofila na amostra, ao passo que para o pó de olho (Tipo A) não há traços de extração de compostos escuros e/ou esverdeados, denominando presença nula ou negligenciável de clorofila e pigmentos fotossintéticos.



**Figura 10.2 – Filtrados do teste de detecção de clorofila.**

FONTE: Elaboração própria das autoras.

Dessa forma, é possível confirmar as expectativas fundamentadas na literatura do elevado teor de clorofila presente no pó de palha (Tipo B). Conforme já discorrido neste estudo, esta qualidade do pó situa-se em exposição direta e contínua às impurezas do ambiente, ao sol e intempéries, e ao próprio processo fotossintético da planta. Além disso, percebe-se que o álcool etílico é um solvente capaz de extrair esses compostos do pó; a coloração esverdeada denota transferência para a fase líquida (solvente).

Visto que a clorofila e os pigmentos fotossintéticos são indesejáveis, uma vez que escurecem o material e resultam em perda de qualidade e conseqüentemente, perda de valor de mercado, os ensaios que se sucederam visam determinar a melhor relação custo benefício da lavagem do pó de palha (Tipo B) com álcool etílico a frio, seguida de lavagem com água para remover os traços do álcool.

### 10.2. Ensaios de extração de clorofila através de sucessivas lavagens do pó de palha (Tipo B) com álcool etílico

Buscando a remoção da clorofila e dos pigmentos fotossintéticos do pó de palha (Tipo B), foram realizados três ensaios de sucessivas lavagens a frio com álcool etílico 95%, começando com uma lavagem, depois duas lavagens e finalmente três lavagens. Em todos os três casos, seguiram-se duas lavagens com água para remoção de álcool residual que possa ter ficado impregnado no material.

**Tabela 10.1 – Ensaios e etapas de lavagem do pó cerífero**

<b>ENSAIOS E ETAPAS DE LAVAGEM DO PÓ CERÍFERO</b>		
<b>Ensaio</b>	<b>Etapas de Lavagem</b>	<b>Pó Clarificado</b>
E <sub>1</sub>	L <sub>1</sub> – Primeira lavagem com etanol L <sub>A</sub> – Primeira lavagem com água L <sub>B</sub> – Segunda lavagem com água	Pó de Palha P <sub>1</sub>
E <sub>2</sub>	L <sub>1</sub> – Primeira lavagem com etanol L <sub>2</sub> – Segunda lavagem com etanol L <sub>A</sub> – Primeira lavagem com água L <sub>B</sub> – Segunda lavagem com água	Pó de Palha P <sub>2</sub>
E <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> – Primeira lavagem com etanol L <sub>2</sub> – Segunda lavagem com etanol L <sub>3</sub> – Terceira lavagem com etanol L <sub>A</sub> – Primeira lavagem com água L <sub>B</sub> – Segunda lavagem com água	Pó de Palha P <sub>3</sub>

Para o primeiro ensaio, com apenas uma lavagem utilizando álcool etílico 95%, foi observada uma intensa remoção de clorofila e pigmentos fotossintéticos. O filtrado apresentou cor verde bastante escura, quase negra. A Figura 10.3 apresenta a etapa de decantação e o filtrado resultante do procedimento da primeira lavagem com álcool etílico (Ensaio L<sub>1</sub>).



**Figura 10.3 – Etapa de decantação e filtrado do ensaio com uma lavagem com álcool etílico.**

FONTE: Elaboração própria das autoras.

Para o segundo ensaio, com duas lavagens sucessivas utilizando álcool etílico 95%, a primeira lavagem foi obviamente idêntica ao Ensaio L<sub>1</sub>. Já a segunda lavagem apresentou o filtrado com coloração ainda verde escura, no entanto mais clara, frente à coloração obtida para a primeira lavagem. Isto demonstra que, com duas lavagens sucessivas utilizando etanol como solvente, conseguiu-se extrair uma quantidade relevante de clorofila e pigmentos. A Figura 10.4 apresenta a etapa de decantação e o filtrado resultante, após a segunda lavagem (Ensaio L<sub>2</sub>).



**Figura 10.4 – Etapa de decantação e filtrado do ensaio com duas lavagens com álcool etílico (resultados após a segunda lavagem).**

FONTE: Elaboração própria das autoras.

Já para o terceiro ensaio, com três lavagens sucessivas utilizando álcool etílico 95%, a primeira e a segunda lavagens foram iguais aos ensaios anteriores. Já a terceira lavagem apresentou o filtrado com coloração verde consideravelmente mais clara. A Figura 10.5 apresenta a etapa de decantação e o filtrado resultante do ensaio com três lavagens com álcool etílico, após a terceira lavagem (Ensaio L<sub>3</sub>).



**Figura 10.5 – Etapa de decantação e filtrado do ensaio com três lavagens com álcool etílico (resultados após a terceira lavagem).**

FONTE: Elaboração própria das autoras.

Diante da coloração dos filtrados para cada etapa de lavagem em todos os três ensaios, é possível afirmar, em termos qualitativos, que a remoção mais significativa de clorofila e pigmentos fotossintéticos do pó de palha (Tipo B) ocorre na etapa de lavagem L<sub>1</sub>, ou seja, a primeira lavagem com álcool etílico nos ensaios, de acordo com a Tabela 10.1. Esta foi a etapa que apresentou o filtrado com coloração mais intensa e expressiva, quase negra.

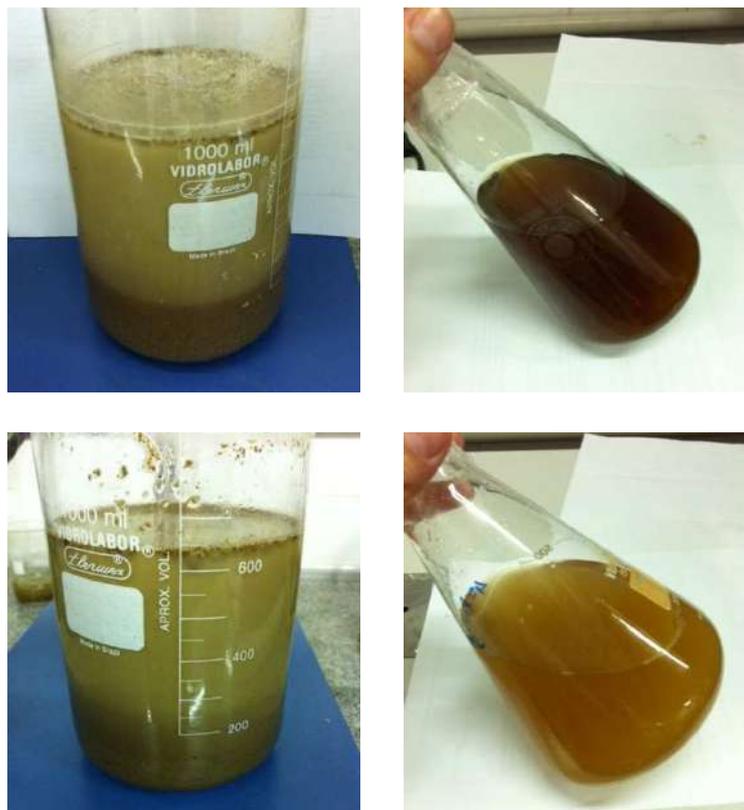
Observando a evolução dos ensaios, é possível perceber que, mesmo com as três lavagens não foi possível extinguir completamente a presença de clorofila e compostos coloridos. Ainda assim, o progressivo clareamento do filtrado à medida que se aumenta o número de lavagens indica a existência da possibilidade desse esgotamento com ( $n > 3$ ) lavagens.

Entretanto, pensando no aspecto de tecnologia social, um número maior de lavagens pode vir a ser desaconselhável economicamente, uma vez que dependeria de grandes volumes do álcool, aumentando os custos e inviabilizando a aplicabilidade prática do procedimento. Sugere-se então a condução de um estudo mais aprofundado de viabilidade econômica para determinar com maior precisão os custos e benefícios da implantação de uma unidade piloto de pré-beneficiamento.

Cumpra-se notar que além de um número maior de lavagens, um tempo mais prolongado de extração também contribuiria para otimizar o esgotamento de clorofila. Segundo Barbieri et al. (2010), em alguns casos podem ser necessárias cerca de 48 horas para remover satisfatoriamente os pigmentos fotossintéticos. Neste estudo a extração foi de apenas 15 minutos, pois não se dispunha de tempo suficiente para um procedimento mais longo.

Após as lavagens com álcool etílico, seguiram-se duas lavagens com água, para todos os três ensaios. Estas lavagens mostram-se extremamente semelhantes para todos os ensaios, não havendo alterações significativas na decantação e/ou na coloração resultante dos filtrados, de um ensaio para o outro.

A Figura 10.6 apresenta as etapas de decantação e os filtrados resultantes para a primeira e a segunda lavagem com água.

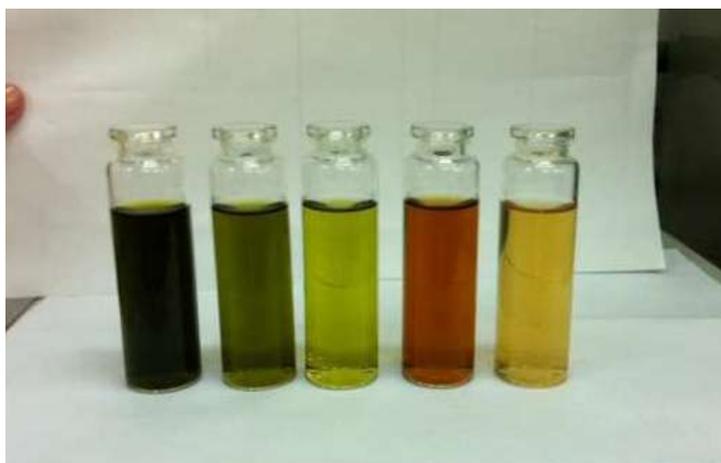


**Figura 10.6 – Etapa de decantação e filtrado após as duas lavagens com água (L<sub>A</sub>, acima, e L<sub>B</sub>, abaixo).**

FONTE: Elaboração própria das autoras.

Uma diferença fundamental das lavagens com água após as lavagens com álcool etílico está na aparência do sobrenadante durante a etapa de decantação. Observa-se que o sobrenadante assume uma aparência leitosa, de alta turbidez. Além disso, a coloração da fase líquida durante a decantação é a mesma para ambas as lavagens com água, ao passo que após a filtração, apresentam coloração bastante diversa: o filtrado da primeira lavagem com água ( $L_A$ ) assume a coloração caramelo escuro, enquanto o filtrado da segunda lavagem com água ( $L_B$ ) assume a coloração amarelada. Essa característica inerente ao material dificulta a etapa seguinte de filtração, gerando perdas de pó cerífero. Este comportamento difere dos sobrenadantes resultantes das lavagens com etanol, que apresentaram aspecto límpido e têm suas cores bem definidas já na etapa de decantação.

Na Figura 10.7 é possível visualizar a sequência de remoção de cores. Ela representa o ensaio mais abrangente, ou seja, o ensaio composto por três lavagens com etanol e duas lavagens com água (Ensaio  $E_3$ ).



**Figura 10.7 – Sequência de filtrados: Ensaio  $E_3$  (3 lavagens com etanol + 2 lavagens com água).**

FONTE: Elaboração própria das autoras.

Terminadas as sequências de lavagens, os pós ainda úmidos foram dispostos em bandejas e levados à estufa para a etapa de secagem. Seguiu-se então ao procedimento de peneira, onde foram separados os resíduos mais grosseiros, como por exemplo: palhas, restos vegetais, pedrinhas, entre outros. Estes resíduos foram armazenados e etiquetados. Para todas as três qualidades de pó produzidas, os resíduos removidos tiveram aparência semelhante, não apresentando alterações importantes. Após a etapa de peneira os pós ceríferos clarificados ( $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$ ) foram devidamente embalados e etiquetados.



**Figura 10.8 – Pó de palha (P<sub>2</sub>) após etapa de secagem e resíduos peneira.**

FONTE: Elaboração própria das autoras.

Como esperado, observando as qualidades de pó de palha produzidos foi possível notar que a coloração dos pós foi clareando à medida que aumentava-se o número de lavagens com álcool etílico. Dessa forma, o “Pó de Palha (P<sub>1</sub>)” mostrou-se mais claro que o original “Pó de Palha (Tipo B)”, ao passo que o “Pó de Palha (P<sub>2</sub>)” mostrou-se mais claro que o “Pó de Palha (P<sub>1</sub>)”, e logicamente, o “Pó de Palha (P<sub>3</sub>)” mostrou-se mais claro que o “Pó de Palha (P<sub>2</sub>)”. As alterações nas cores foram bastante sensíveis, embora visualmente perceptíveis.

Em ordem decrescente de cor (mais claros à direita):

Tipo B > P<sub>1</sub> > P<sub>2</sub> > P<sub>3</sub>

Diante destes resultados, é possível concluir que as lavagens sucessivas a partir do pó de palha (Tipo B) foram satisfatórias no que tange à remoção de clorofila e pigmentos fotossintéticos, resultando em pós de boa aparência e visualmente (embora com certa sutileza) mais claros, frente ao pó de palha (Tipo B) original utilizado na partida dos ensaios. Neste contexto, qualitativamente, o ensaio que produziu o pó de melhor qualidade final foi o Ensaio E<sub>3</sub>, com três lavagens com etanol e duas lavagens com água.

Para avaliar os impactos do procedimento para remoção de clorofila do pó cerífero na produção da cera de carnaúba, foram conduzidos ensaios de extração do material cerífero via cozimento dos pós com água, conforme a metodologia determinada para o beneficiamento artesanal. Adicionalmente, foram enviadas amostras dos pós ceríferos clarificados para a análise térmica, buscando uma melhor compreensão dos compostos envolvidos no procedimento de remoção de cor, e do grau de pureza resultante.

### 10.3. Extração dos pós de palha para a produção da cera de carnaúba via cozimento (beneficiamento artesanal)

Tendo produzido os pós ceríferos clarificados denominados P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>, cumpre-se avaliar a capacidade cerífera destes materiais, ou seja, a disponibilidade de material cerífero para produzir a cera de carnaúba. Com isso, é possível ainda comprovar a manutenção da integridade do material durante o procedimento de pré-beneficiamento, que é uma das premissas desta proposta de rota tecnológica.

Para tanto, cada pó cerífero clarificado foi levado ao cozimento com água, a uma temperatura em torno de 150°C. Todas as qualidades de pó cerífero clarificado foram capazes de produzir cera bruta de carnaúba. Portanto, é seguro afirmar que os ensaios de extração de clorofila e pigmentos fotossintéticos não danificaram a capacidade cerífera dos materiais.

Na figura são apresentadas as etapas do processo de cozimento do teste padrão realizado com o original pó de palha (Tipo B). Este teste padrão é importante para situar a evolução alcançada pelos pós ceríferos clarificados.

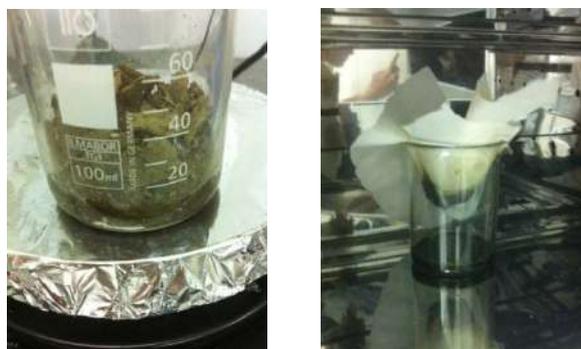


**Figura 10.9 – Etapas de cozimento.**

FONTE: Elaboração própria das autoras.

Inicialmente, a mistura de pó cerífero e água tem aparência argilosa. Através do aquecimento, o material cerífero vai sendo extraído e fundido, a partir do fundo do recipiente, borbulhando em direção à superfície até que toda a mistura encontre-se fluida. A cera líquida tende a flutuar, enquanto a água e os resíduos de borra tendem a se depositar ao fundo do recipiente. No entanto, ao trabalhar em menor escala essa distinção não é clara, dificultando a recuperação da cera com conchas, como é feito o procedimento em campo. Assim sendo, preferiu-se dispor cuidadosamente o material sobre bandejas de alumínio separando grosseiramente a cera formada da borra. A cera solidificada voltou então a ser fundida, e levada para filtração a quente, em estufa ambientada em torno de 120°C. Esta decisão

prejudicou o rendimento do processo, mas, como o objetivo neste caso é apenas visualizar a aparência da cera produzida com os pós ceríferos clarificados, não havia maiores preocupações com as perdas no rendimento.



**Figura 10.10 – Fusão e filtração a quente.**

FONTE: Elaboração própria das autoras.

Considerando-se a seguinte correspondência, exposta na Tabela 10.2.

**Tabela 10.2 – Qualidades de pó cerífero e cera de carnaúba produzidos**

<b>QUALIDADES DE PÓ CERÍFERO E CERA DE CARNAÚBA PRODUZIDOS</b>	
<b>Qualidade do Pó</b>	<b>Qualidade da Cera Produzida</b>
Pó de Palha (Tipo B)	Cera de Carnaúba C <sub>0</sub>
Pó de Palha Clarificado P <sub>1</sub>	Cera de Carnaúba C <sub>1</sub>
Pó de Palha Clarificado P <sub>2</sub>	Cera de Carnaúba C <sub>2</sub>
Pó de Palha Clarificado P <sub>3</sub>	Cera de Carnaúba C <sub>3</sub>

A figura a seguir apresenta uma interessante comparação visual para o cozimento da cera relativo a cada uma das diferentes qualidades: C<sub>0</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> e C<sub>3</sub>,



**Figura 10.11 – Etapa de cozimento: Tipo B, P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>, respectivamente.**

FONTE: Elaboração própria das autoras.

Na etapa de cozimento do pó cerífero original e dos pós ceríferos clarificados, é possível observar que o pó de palha  $P_1$ , onde foi aplicada apenas uma lavagem com etanol, apresentou uma coloração de marrom escura, bem próxima do padrão obtido para o pó de palha (Tipo B). Já os pós de palha  $P_2$  e  $P_3$  denotaram flagrante clareamento na cor da mistura de cozimento, um marrom mais claro, mais próximo do tom caramelo.

Cada uma destas misturas de cozimento foi disposta sobre uma bandeja de alumínio para resfriamento e separação grosseira da borra, seguida de filtração a quente em estufa. Ao final do procedimento, as ceras produzidas apresentaram o seguinte aspecto (Figura 10.12).



**Figura 10.12 – Etapa de cozimento: Tipo B,  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$ , respectivamente.**

FONTE: Elaboração própria das autoras.

Analisando as ceras produzidas, é possível perceber a seguinte evolução, tomando como referência o padrão Cera de Carnaúba  $C_0$ :

- Cera de Carnaúba  $C_1$ : coloração sensivelmente mais clara, embora ainda muito próxima do padrão inicial;
- Cera de Carnaúba  $C_2$ : coloração mais clara, tendo como referência tanto o padrão  $C_0$ , quanto a cera produzida  $C_1$ ;
- Cera de Carnaúba  $C_3$ : coloração consideravelmente mais clara, entre todas as outras ceras.

Assim sendo, é possível afirmar que os resultados obtidos foram satisfatórios, demonstrando que é real a possibilidade de extração de clorofila e pigmentos fotossintéticos através da metodologia de pré-beneficiamento proposta.

## 10.4. Termogravimetria e Termogravimetria Derivada (DTG)

Com objetivo de entender se a rota proposta não prejudica a capacidade cerífera do material, e se ao remover cor não resulta em reações colaterais adversas, foram realizados ensaios térmicos utilizando as técnicas de Termogravimetria e Termogravimetria Derivada (TG/DTG) no padrão pó de palha (Tipo B) e nos três pós ceríferos oriundos das lavagens com etanol e água, P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, e P<sub>3</sub>.

Para o padrão pó de palha (Tipo B), observou-se uma pequena perda mássica, 2,445%, entre as temperaturas de 30-130°C indicando uma possível eliminação de água decorrente de um baixo, porém, não desprezível, teor de umidade do material. Como o pó não passou por nenhum processamento e sua composição tende a ser representada por frações pesadas de substâncias orgânicas, a possibilidade de essa perda estar associada a alguma substância orgânica leve é bastante pequena.

Em sequência, observa-se que o processo de degradação da matéria carbonácea ocorre em três etapas subsequentes, indicando que os possíveis produtos de uma degradação são degradados logo em seguida. A perda mais significativa (58,159%) é observada na faixa de temperatura compreendida entre 390-700°C, com pico em 455,98°C. A partir de 700°C a variação mássica é desprezível, indicando que a degradação de compostos orgânicos foi total, restando apenas um alto teor de matéria inorgânica, 15,455%.

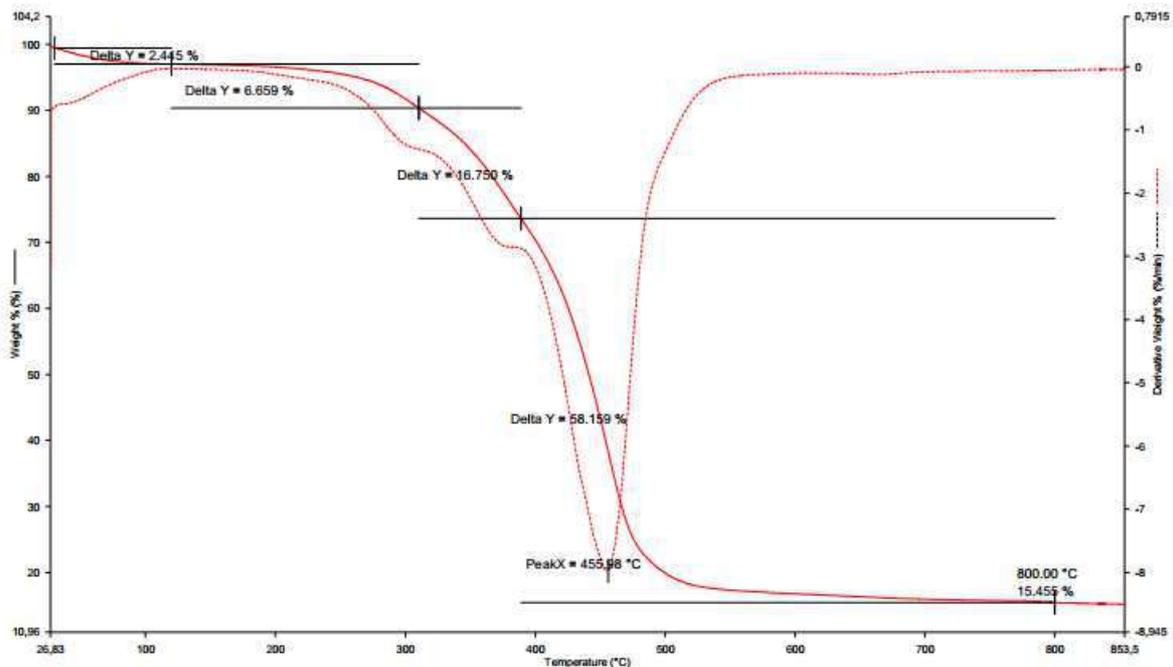


Figura 10.13 – Análise térmica referente ao “Pó de Palha (Tipo B)”.

Para o pó de palha ( $P_1$ ), resultante de uma lavagem com etanol e duas lavagens com água, a perda de massa observada entre 30-130°C é menor que a do padrão pó de palha (Tipo B): 1,865%, indicando que o provável teor de umidade do pó de palha  $P_1$  é menor. Esta suposição é plausível, uma vez que a etapa de secagem em estufa ambientada pode ter contribuído para um menor teor de umidade.

Além disso, nesse intervalo também pode estar compreendida a evaporação de traços do etanol utilizado na lavagem do pó cerífero, que porventura não tenha sido removido nas lavagens com água. Contudo, como a perda de massa é muito pequena, concluiu-se que a lavagem com água para remoção de traços de etanol foi bem sucedida e que a etapa de secagem que se sucedeu também foi preponderante para eliminação dessas substâncias, corroborando que o método não introduz contaminantes no pó e que a secagem à temperatura sugerida, 32°C, foi adequada.

Para esta amostra, também são observados três estágios de degradação de matéria carbonácea subsequentes com perdas mássicas similares em intervalos de temperatura similares, sendo a maior delas (58,648%) observada também entre 390-700°C, mas com pico em 461,92°C. A partir de 700°C a variação mássica é desprezível, indicando que a degradação de compostos orgânicos foi total, restando apenas um alto teor de matéria inorgânica, 15,022%.

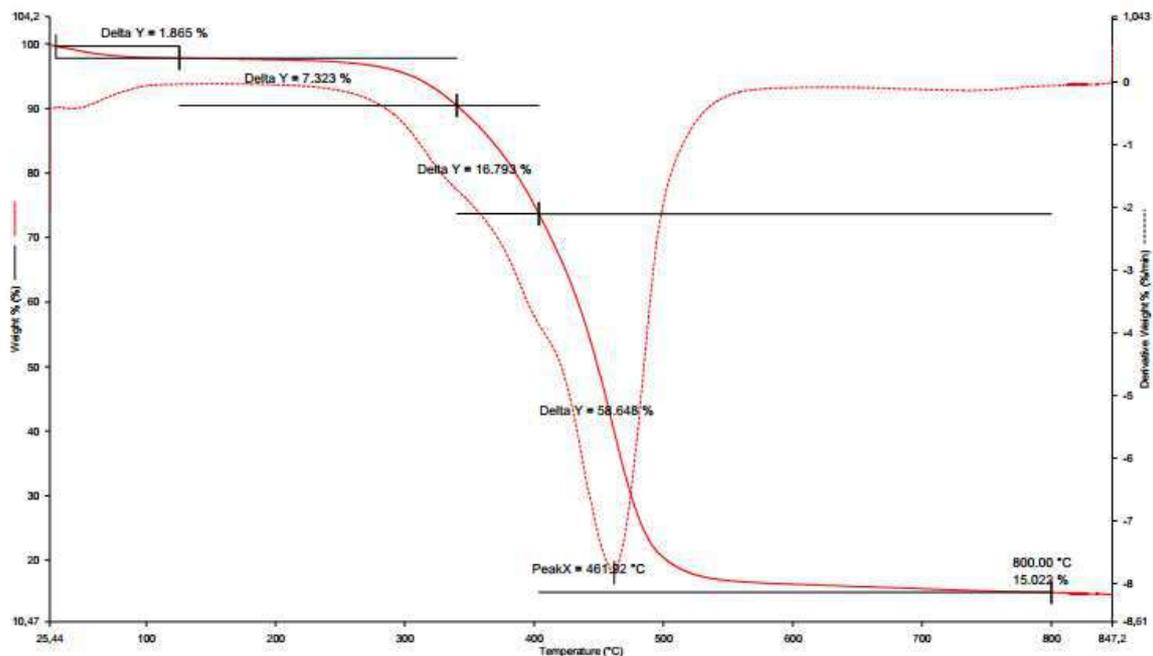
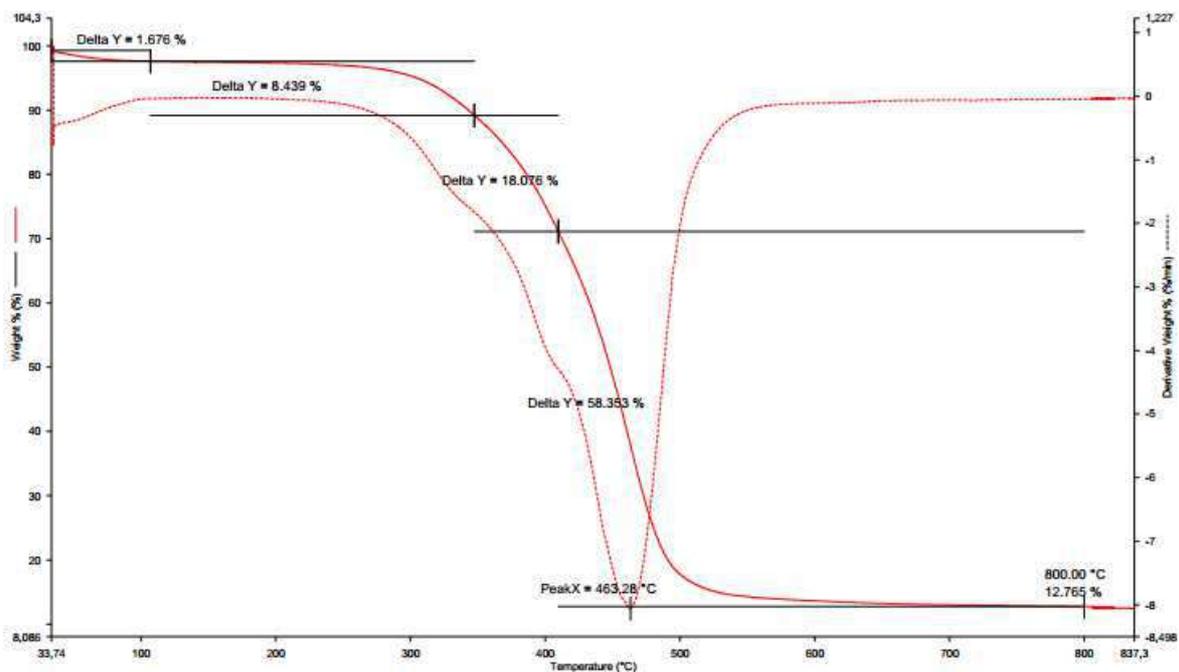


Figura 10.14 – Análise térmica referente ao “Pó de Palha ( $P_1$ )”.

Para o pó de palha ( $P_2$ ), resultante de duas lavagens com etanol e duas lavagens com água, a perda de massa observada entre 30-130°C foi ainda menor que a do pó de palha ( $P_1$ ): 1,676%, indicando que o provável teor de umidade e possíveis traços de etanol que porventura possam ter permanecido na amostra do pó de palha  $P_2$  são menores. Portanto, concluiu-se que a lavagem com água para remoção de traços de etanol foi bem sucedida e que a etapa de secagem que se sucedeu também foi preponderante para eliminação dessas substâncias.

Para esta amostra, também são observados três estágios de degradação de matéria carbonácea subsequentes com perdas mássicas similares em intervalos de temperatura similares, sendo a maior delas (58,353%) observada também entre 390-700°C, mas com pico em 463,28°C. A partir de 70 0°C a variação mássica é desprezível, indicando que a degradação de compostos orgânicos foi total. O teor de matéria inorgânica, embora ainda alto, apresentou redução frente aos pós anteriormente analisados, ficando em 12,765%.



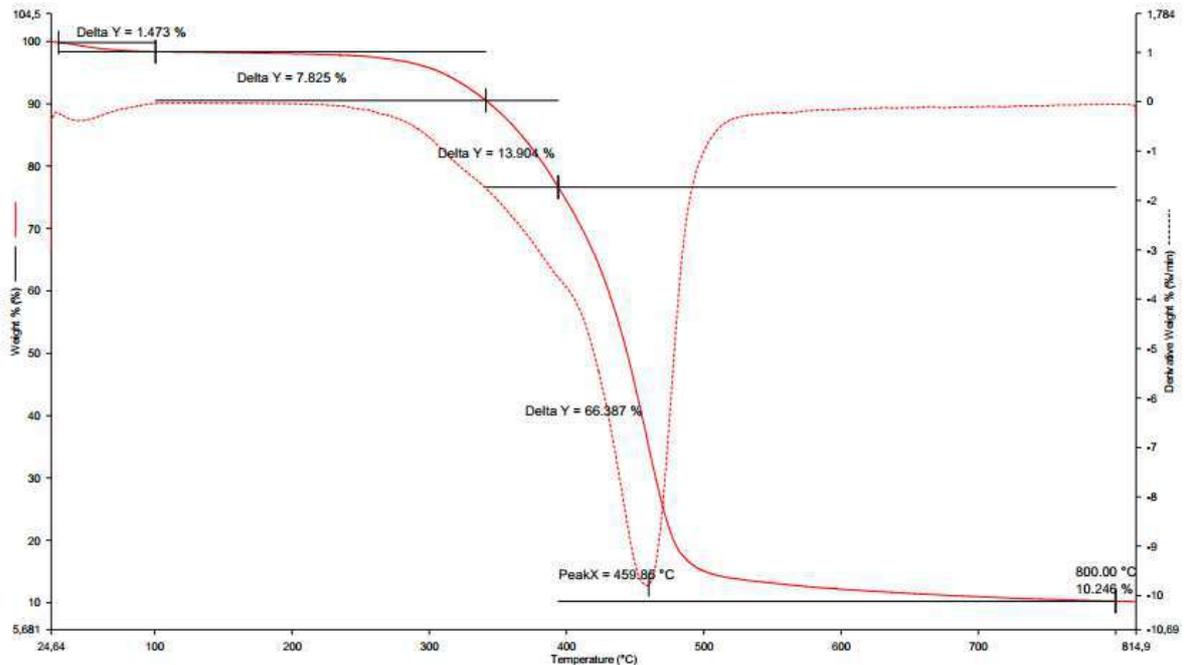
**Figura 10.15 – Análise térmica referente ao “Pó de Palha ( $P_2$ )”.**

Para o pó de palha ( $P_3$ ), com três lavagens com etanol e duas lavagens com água, o comportamento foi semelhante aos resultados para os outros dois pós ceríferos clarificados,  $P_1$  e  $P_2$  (duas amostras anteriormente analisadas).

A perda de massa associada à evaporação de água ou orgânicos voláteis, sobretudo etanol, foi ainda menor em relação ao pó de palha  $P_2$ : 1,473%. As degradações de matéria carbonácea também se sucederam em três fases com pico

em 459,85°C. A maior perda mássica observada na faixa entre 390-700°C, foi de 66,387%, bastante superior aos demais.

O teor de matéria inorgânica residual também apresentou uma diferença considerável frente aos demais: cerca de 10% da massa original, consideravelmente inferior, especialmente se observarmos os resultados para o padrão Pó de Palha (Tipo B).

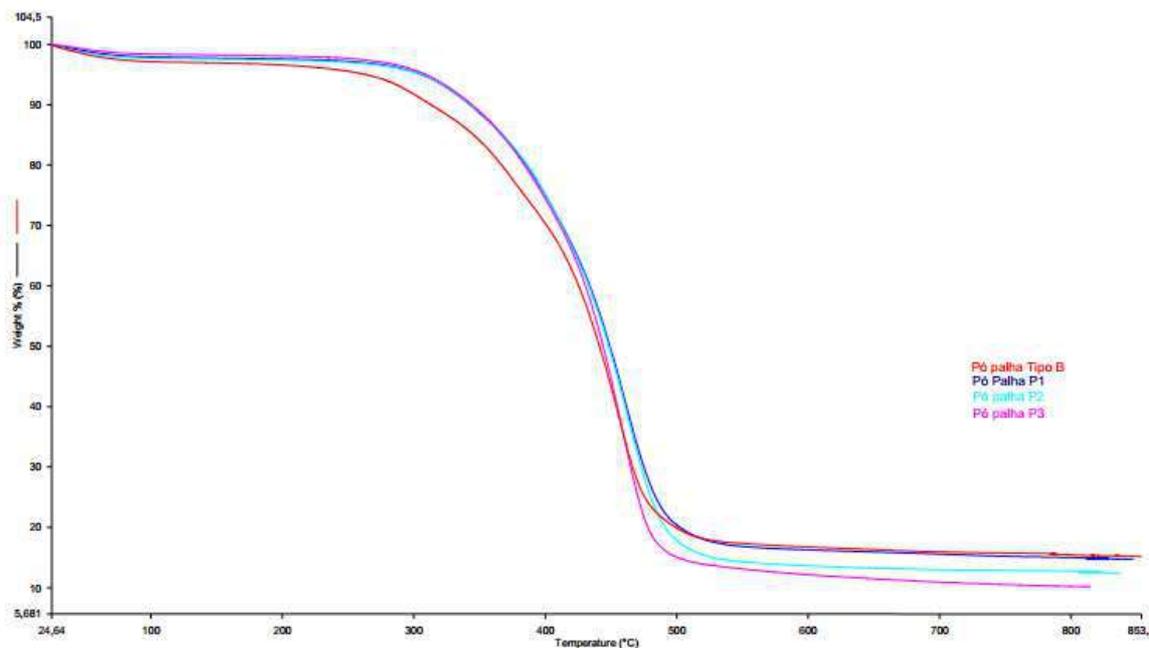


**Figura 10.16 – Análise térmica referente ao “Pó de Palha (P<sub>3</sub>)”.**

Observando o comportamento das curvas de derivada, é possível notar que os pontos de inflexão caracterizados na faixa de temperatura 200-430°C vão sendo suavizados na medida em que os ensaios avançam, corroborando a expectativa de uma purificação progressiva dos materiais analisados, sendo o “Pó de Palha (P<sub>3</sub>)” aquele que apresentou melhor grau de purificação.

Além disso, a visível redução no teor de material inorgânico presente na amostra, gradualmente observada com o avanço dos ensaios, denota igualmente a eliminação de substâncias e contaminantes, nas etapas de lavagem e especialmente na etapa de peneira.

Por fim, foram compilados os três gráficos de Termogravimetria (TG) a fim de que se obtivesse uma boa comparação dos resultados observados. Apesar de algumas diferenças, as amostras apresentaram um comportamento bastante similar, com gráficos praticamente sobrepostos nas etapas iniciais para amostras que se submeteram às lavagens e diferindo no teor de matéria inorgânica residual.



**Figura 10.17 – Gráficos compilados: Termogravimetria (TG).**

Os resultados foram considerados satisfatórios, sobretudo por permitir concluir que a escolha do solvente foi adequada, não comprometendo a capacidade cerífero do material, e que foi alcançada uma purificação que progride juntamente com o avanço dos ensaios, apontando, como esperado, o Ensaio E<sub>3</sub> como aquele em que se observam os melhores resultados. Assim, acredita-se que este estudo preliminar possa abrir caminhos para que a técnica se desenvolva, e que, no futuro, seja extrapolada, transportada para a realidade do campo, de modo a possibilitar sua utilização nas zonas rurais de interesse.

## 11. Considerações Finais

A carnaúba é um produto da biodiversidade brasileira e um patrimônio cultural nordestino, não por acaso popularmente conhecida como “árvore da vida”. A cera de carnaúba, proveniente do pó cerífero retirado de sua palha é um produto de alta nobreza, uma cera para qual ainda não foram encontrados substitutos satisfatórios, nem entre as ceras naturais, nem entre as sintéticas. Ainda assim, com a produção voltada para o mercado externo, a cera de carnaúba continua sendo tratada como uma *commodity*, onde os preços estabelecidos pelos importadores acabam por refletir no elo mais fraco da cadeia produtiva: os trabalhadores rurais.

A baixa rentabilidade relativa ao processo extrativista para obtenção do pó cerífero e ao seu beneficiamento artesanal, aliada às condições extenuantes de trabalho e à ausência de segurança ocupacional, vem colocando em risco o futuro da atividade. Neste contexto, a busca por tecnologias sociais que permitam agregar valor ao processo produtivo e garantir melhores condições de vida e trabalho para as populações envolvidas é legítima e atual. Em consonância com o propósito deste trabalho, é possível afirmar que este estudo representa o primeiro passo no desenvolvimento de uma metodologia para o pré-beneficiamento do pó cerífero de palha de carnaúba.

O teste de detecção da presença de clorofila e pigmentos fotossintéticos permitiu concluir que a presença destes compostos no “Pó de Palha (Tipo B)” é ostensiva, e que o álcool etílico 95% é um solvente orgânico satisfatório para a extração dos mesmos.

Na observação dos resultados dos ensaios de sucessivas lavagens para extração de clorofila e pigmentos fotossintéticos, conclui-se que, embora o “Ensaio E<sub>3</sub>” com três lavagens com álcool etílico 95% e duas lavagens com água não tenha sucedido ao esgotamento total da presença destes compostos no material, o progressivo clareamento do filtrado produzido aponta para a existência provável dessa possibilidade, sobretudo se aliada a intervalos mais prolongados de extração.

No que tange à remoção de cor do pó de palha de carnaúba, este estudo preliminar demonstrou que as sucessivas lavagens com etanol e água foram bem sucedidas, produzindo pós ceríferos de boa aparência e sutilmente mais claros, tendo a técnica empregue com três lavagens com álcool etílico 95% e duas lavagens com água (Ensaio E<sub>3</sub>) fornecido o melhor resultado.

Os ensaios de extração dos pós ceríferos clarificados através do cozimento baseado no processo de beneficiamento artesanal comprovaram a capacidade

cerífera dos materiais produzidos, e as ceras resultantes apresentaram tons mais claros, especialmente a cera do tipo “Cera de Carnaúba C<sub>3</sub>”, proveniente do “Pó de Palha P<sub>3</sub>”, produzido através do ensaio com três lavagens com álcool etílico 95% e duas lavagens com água (Ensaio E<sub>3</sub>).

A análise térmica realizada para avaliação do comportamento das amostras dos pós ceríferos produzidos, tendo como referência o padrão “Pó de Palha (Tipo B)”, conclui que não há desvios significativos na composição do material capaz de prejudicar sua capacidade cerífera, e aponta para progressiva purificação dos materiais na medida em que avançam os ensaios propostos, sendo o Ensaio E<sub>3</sub> aquele que apresentou menores teores de umidade e matéria inorgânica, e maior grau de purificação do material.

Diante do exposto, o ensaio mais bem sucedido em todas as análises laboratoriais foi o Ensaio E<sub>3</sub>. Contudo, devem ser considerados os aspectos econômicos inerentes ao processo, que podem corroborar ou inviabilizar sua implementação. Levando-se em consideração o fato de que a remoção de cor na primeira lavagem com etanol é a mais significativa, tanto o Ensaio E<sub>1</sub> quanto o Ensaio E<sub>2</sub> mostram-se aptos ao propósito de, se não esgotar, ao menos reduzir consideravelmente as concentrações de clorofila e pigmentos fotossintéticos presentes no pó da palha de carnaúba.

Os resultados obtidos para este estudo preliminar demonstram que um importante avanço foi conquistado no âmbito do desenvolvimento de tecnologia social visando à melhoria da qualidade do pó da palha de carnaúba através da remoção de clorofila e pigmentos fotossintéticos utilizando-se de extrações sucessivas com solvente orgânico. Mesmo diante de limitações de tempo e material, fica demonstrado que é possível atingir os objetivos propostos, gerando um pó de palha de carnaúba, e conseqüentemente uma cera de carnaúba, de melhor qualidade, através do emprego de técnicas e metodologias simples, e de fácil transposição para o ambiente rural.

## 12. Sugestões para Trabalhos Futuros

Para trabalhos futuros são feitas as seguintes sugestões:

- Avaliação do comportamento do material e dos resultados obtidos através de ensaios com maior tempo de extração com solvente orgânico, de modo a verificar se o aumento no tempo de extração possibilitaria a diminuição do número de etapas necessárias para atingir o esgotamento de pigmentos fotossintéticos;
- Condução de todas as análises desenvolvidas pela AMERWAX e recomendadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o enquadramento dos pós ceríferos clarificados produzidos, sobretudo a análise do teor de cera, de modo a verificar o perfeito cumprimento da legislação vigente no que tange aos padrões de qualidade estabelecidos;
- Produção em maior escala dos pós ceríferos clarificados utilizando a metodologia neste trabalho apresentada, seguida de produção em maior escala da cera de carnaúba utilizando os pós ceríferos clarificados como matéria prima, visando avaliar a qualidade da cera de carnaúba obtida e seu enquadramento frente às especificações estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, através da metodologia desenvolvida pela AMERWAX;
- Desenvolvimento de um estudo de viabilidade econômica para a implantação de uma unidade piloto de pré-beneficiamento do pó cerífero da palha de carnaúba utilizando a metodologia neste trabalho proposta, aplicando sucessivas extrações com solvente orgânico para remoção de pigmentos fotossintéticos, considerando especialmente os investimentos necessários para a recuperação do solvente, e buscando extrapolar os parâmetros científicos para a realidade do ambiente rural, tendo sempre em mente a simplicidade, aplicabilidade e replicabilidade, inerentes aos princípios de tecnologia social.

### 13. Bibliografia

ABIFINA (Associação Brasileira das Indústrias de Química Fina, Biotecnologia e suas Especialidades). **A PVP e a Cera de Carnaúba**. FACTO ABIFINA. Brasil: Estratégias para crescimento real frente à economia global. Edição 215, Fevereiro 2006. Disponível em: < <http://www.abifina.org.br/informaNoticia.asp?cod=80>>. Acessado em: 30 fev. 2014.

ABRAHÃO, E. M. Uma descoberta inesperada: há 60 anos era identificado pelo brasileiro Joaquim da Costa Ribeiro o efeito termodielétrico. **Revista Ciência Hoje**, São Paulo, v. 35, n. 209, p. 75-77, out. 2004.

ALVES, M. O.; COELHO, J. D. **Extrativismo da carnaúba: o desafio de estimar os resultados econômicos**. In: XLVI CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL. Rio Branco: 2008.

ALVES, M. O.; COELHO, J. D. **Tecnologia e relações sociais de produção no extrativismo da carnaúba no Nordeste brasileiro**. In: XLIV CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL. Fortaleza: 2006.

ARTEBLOG. **Conheça o artesanato da palha da carnaúba feito no Piauí**. Disponível em: <<http://www.arteblog.net/2013/06/12/conheca-o-artesanato-da-palha-da-carnauba-feito-no-piaui/>>. Acessado em: 19 maio 2014.

BARBIERI, E. et al. Comparação de métodos diretos de extração e quantificação dos teores de clorofilas em folhas do capim-Tifton 85. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 03, mar. 2010.

BENNETT, H. **Industrial waxes**: natural and synthetic waxes. New York: Chemical Publishing Co., 1963. Volume 1.

BRASIL. Instrução Normativa N°34, de 30 de novembro de 2004. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Poder Executivo, Brasília, DF. n. 230, 01 dez. 2004, Seção 1, p.58.

BRASIL. Instrução Normativa N°35, de 30 de novembro de 2004. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Poder Executivo, Brasília, DF. n. 230, 01 dez. 2004, Seção 1, p.59-60.

BRASIL. Resolução RDC N°27, de 26 de maio de 2009. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília, DF. 27 maio 2009, Seção 1, p.35.

BRAZIL MARAVILHA – Por Onde Andei. **Rio Preguiças Porto, Olaria, Resort**. Disponível em: <<http://brazilmaravilha.com/rio-preguicas-porto-olaria-resort/>>. Acessado em: 12 maio 2014.

BRQUIM. **Dimetilformamida (DMF)**. Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico. 2010. Disponível em: <<http://www.brquim.com.br/fispq/10547.pdf>>. Acessado em: 25 maio 2014.

CÂMARA SETORIAL DA CARNAÚBA – CEARÁ. **A carnaúba: preservação e sustentabilidade**. Fortaleza, 2009. Disponível em <[http://www.adece.ce.gov.br/phocadownload/Agronegocio/cartilha\\_carnauba.pdf](http://www.adece.ce.gov.br/phocadownload/Agronegocio/cartilha_carnauba.pdf)>. Acessado em: 16 fev. 2014.

CARNAUBA DO BRASIL. **Site Oficial**. Disponível em: <[www.carnaubado brasil.com](http://www.carnaubado brasil.com)>. Acessado em: 02 junho 2014.

CARVALHO, F. P. A.; GOMES, J. M. A. Eco-eficiência na produção de cera de carnaúba no município de Campo Maior, Piauí, 2004. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 46, n. 2, p. 421-453, 2008.

CARVALHO, J. N. F. **Pobreza e tecnologias sociais no extrativismo da carnaúba**. 2008. 101 f. Tese (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2008.

CARVALHO, J. N. F.; GOMES, J. M. A. **Contribuição do extrativismo da carnaúba para mitigação da pobreza no Nordeste**. In: VII ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA. Fortaleza: 2007.

**COATINGS TECHNOLOGY HANDBOOK**, Terceira Edição. Editado por: Arthur A. Tracton. CRC Press. Taylor & Francis Group, 2006.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Conjuntura Mensal – Carnaúba (Pó e Cera)**. Brasília, Janeiro a Novembro 2013.

Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_12\\_03\\_17\\_34\\_41\\_carmaubapoeceranovembro2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_12_03_17_34_41_carmaubapoeceranovembro2013.pdf)>. Acessado em: 22 abril 2014.

COSTA FILHO, R. T. **Uso alternativo da energia solar na elevação do rendimento do pó cerífero da carnaúba.** Teresina, UFPI/FAPEPI/BNB, 2002.

D'ALVA, O. A. **O extrativismo da cera de carnaúba no Ceará.** 2004. 186 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

D'ALVA, O. A. **O extrativismo da carnaúba no Ceará.** Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2007. 172 p. (Série BNB Teses e Dissertações, n. 4).

DIÁRIO DO NORDESTE. Carnaúba continua entre os produtos mais exportados.

**Diário do Nordeste**, Sobral, 16 set. 2012. Disponível em:

<<http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/regional/carnauba-continua-entre-os-produtos-mais-exportados-1.622033>>. Acessado em: 22 abril 2014.

D&R ALAMBIQUES. **Site Oficial.** Disponível em: <[www.deralambiques.com.br](http://www.deralambiques.com.br)>. Acessado em: 30 abril 2014.

EMBRAPA AGROENERGIA. **Embrapa divulga usos energéticos da biomassa na Biotech Fair 2012.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2012.

Disponível em: <<http://www.cnpae.embrapa.br/imprensa/noticias/embrapa-divulga-usos-energeticos-da-biomassa-na-biotech-fair-2012/>>. Acessado em: 16 fev. 2014.

FIEC (Sistema Federação das Indústrias do Estado do Ceará). Árvore da vida.

**Revista da FIEC**, Ano 4, Edição 39, Agosto 2010. Disponível em:

<[http://www.sfipec.org.br/portaiv2/sites/revista/home.php?st=interna1&conteudo\\_id=38592&start\\_date=2010-08-28](http://www.sfipec.org.br/portaiv2/sites/revista/home.php?st=interna1&conteudo_id=38592&start_date=2010-08-28)>. Acessado em: 30 junho 2014.

FIEC (Sistema Federação das Indústrias do Estado do Ceará). Indústrias mais competitivas. **Revista da FIEC**, Ano 5, Edição 59, Abril 2012. Disponível em:

<[http://www.sfipec.org.br/portaiv2/sites/revista/home.php?st=maisnoticias&conteudo\\_id=52929&start\\_date=2012-04-23](http://www.sfipec.org.br/portaiv2/sites/revista/home.php?st=maisnoticias&conteudo_id=52929&start_date=2012-04-23)>. Acessado em: 22 abril 2014.

FONTANA, J. F. **Extração de ferro da cera de carnaúba utilizando sistemas microemulsionados.** 2011. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

FRUTHÍFERA. **Frutas enceradas.** Agosto, 2010. Disponível em: <<http://fruthifera.blogspot.com.br/2010/08/frutas-enceradas.html>>. Acessado em: 30 junho 2014.

GP1 – O PRIMEIRO GRANDE PORTAL DO PIAUÍ. **Peças criadas de artesanato em Várzea Queimada serão expostas na Itália.** Disponível em: <<http://www.gp1.com.br/noticias/pecas-criadas-de-artesanato-em-varzea-queimada-sera-expostas-na-italia-232561.html>>. Acessado em: 12 maio 2014.

HORTA, C. R. Tecnologia social: um conceito em construção. **UFMG Diversa: Revista da Universidade Federal de Minas Gerais.** Ano 5, n. 10, out. 2006. Disponível em: <<https://www.ufmg.br/diversa/10/artigo6.html>>. Acessado em: 05 junho 2014.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2012**, Rio de Janeiro, v. 27, p. 1-63, 2012. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Producao\\_da\\_Extracao\\_Vegetal\\_e\\_da\\_Silvicultura\\_\[anual\]/2012/pevs2012.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_da_Extracao_Vegetal_e_da_Silvicultura_[anual]/2012/pevs2012.pdf)>. Acessado em: 22 abril 2014.

IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas). **Navios de cera: IPT estuda viabilidade inovadora da cera, em substituição ao plástico, na produção de modelos.** 2011. Disponível em: <[http://www.ipt.br/noticias\\_interna.php?id\\_noticia=408](http://www.ipt.br/noticias_interna.php?id_noticia=408)>. Acessado em 25 maio 2014.

IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas). **Relatório de visitas técnicas às empresas da cadeia produtiva de produção de cera de carnaúba no Piauí.** São Paulo, 2002.

KUPFER, D. Política Industrial. **Econômica**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 2, p. 91-108, maio 2004.

LINHARES, Paulo C. F. et al. Beterraba fertilizada sob diferentes doses de palha de carnaúba incorporada ao solo. **ACSA – Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v.8, n.4, p. 71-76, out./dez. 2012.

MATTOSO, J. Tecnologia e emprego: uma relação conflituosa. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 14, n. 3, julho/set. 2000.

MAURICIO, L. S. **A Cadeia Produtiva da Cera de Carnaúba: Oportunidade de Criação de Valor Através do Adensamento Tecnológico em um Produto da Biodiversidade Brasileira.** 2013. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

MERCADO LIVRE. **Site Oficial**. Disponível em: <[www.mercadolivre.com.br](http://www.mercadolivre.com.br)>. Acessado em: 30 abril 2014.

NATURAL WAX. **Site Oficial**. Disponível em: <[www.naturalwax.com.br](http://www.naturalwax.com.br)>. Acessado em: 29 maio 2014.

NASCIMENTO, W. L. **Padrão tecnológico das unidades de produção da cadeia produtiva de carnaúba**. Projeto cadeia produtiva da carnaúba no estado do Piauí: diagnósticos e cenários. Relatório final. Teresina, UFPI/TROPEN/CNPq, 2005.

OLIVEIRA, A. M. S. **Comércio da Cera de Carnaúba e Meio Ambiente: Barreiras e Vantagens Mercadológicas**. 2006. 151 f. Tese (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2006.

OLX. **Site Oficial**. Disponível em: <[www.olx.com.br](http://www.olx.com.br)>. Acessado em: 30 abril 2014.

PETROBRAS DISTRIBUIDORA. **Álcool etílico hidratado e combustível**. Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico. Disponível em: <<http://www.br.com.br/wps/wcm/connect/3b33fe8043a79941b531bfec2d0136c/fisp-q-auto-alcool-alcool-etilico-hidratado-combustivel.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=3b33fe8043a79941b531bfec2d0136c>>. Acessado em: 25 maio 2014.

PLANETA SUSTENTÁVEL. **Palmas para a carnaúba**. Do BLOG Biodiversa – Jornalista Ambiental Liana John. Editora Abril. Janeiro de 2013. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/blog/biodiversa/palmas-para-a-carnauba/>>. Acessado em: 12 maio 2014.

PROJETO CARNARTE. **Botânica da carnaúba (Copernicia prunifera)**. Projeto Carnarte. 2010. Disponível em: <<http://projetocarnarte.blogspot.com.br/2010/02/botanica-da-carnauba-copernicia.html>>. Acessado em: 16 fev. 2014.

RITCHIE, R. J. Universal chlorophyll equations for estimating chlorophylls a, b, c and d and total chlorophylls in natural assemblages of photosynthetic organisms using acetone, methanol, or ethanol solvents. **Photosynthetica**, v. 46, n. 1, p. 115-126, 2008.

SANTOS, C. A. dos. **Proteção solar e outras surpresas da cera de carnaúba**. Instituto Ciência Hoje, Agosto, 2010. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/do-laboratorio-para-a-fabrica/protacao-solar-e-outras-surpresas-da-cera-de-carnauba>>. Acessado em: 30 junho 2014.

SANTOS, K. B. et al. Obstáculos às inovações na cadeia produtiva da cera de carnaúba. **Informe Econômico**, Universidade Federal do Piauí, a. 10, n. 19, maio/jun. 2009.

SEBRAE. **Colhendo e beneficiando a palha de carnaúba com qualidade.**

Fortaleza: Ed. SEBRAE, 1994. Disponível em:

<<http://www.sfiec.org.br/portaltv2/sites/sindicarnauba/files/Carnauba.pdf>>. Acessado em: 26 junho 2014.

SHELL COMBUSTÍVEIS. Dados internos. Rio de Janeiro, agosto 2014.

SIGMA-ALDRICH. **Dimetilsulfoxido.** Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico. Disponível em <<http://sites.ffclrp.usp.br/cipa/fispq/Dimetilsulfoxido.pdf>>. Acessado em: 25 maio 2014.

SINDICARNAÚBA. Sindicato das Indústrias Refinadoras de Cera de Carnaúba do Estado do Ceará. Disponível em: <[www.sindicarnauba.com.br](http://www.sindicarnauba.com.br)>. Acessado em: 12 maio 2014.

TAIT, M. A.; HIK, D. S. Is dimethylsulfoxide a reliable solvent for extracting chlorophyll under field conditions? **Photosynthesis Research**, v. 78, n. 1, p. 87-91, 2003.

TV CANAL 13. **Sedet coordena projeto que dinamiza produção de carnaúba.** Fev. 2012. Disponível em: <<http://tvcanal13.com.br/noticias/sedet-coordena-projeto-que-dinamiza-producao-de-carnauba-13813.html>>. Acessado em: 28 abril 2014.

TV CIDADE VERDE. **Cera de carnaúba é um dos principais produtos de exportação do Piauí.** Mar. 2011. Disponível em: <<http://youtu.be/BwNut7cX4xU>>. Acessado em: 23 abril 2014.

VENTOS DO NORDESTE. **As variadas faces da flora da caatinga.** Disponível em: <<http://papjerimum.blogspot.com.br/2012/09/as-variadas-faces-da-flora-da-caatinga.html>>. Acessado em: 12 maio 2014.

WARTH, Albin Henry. **The chemistry and technology of waxes.** New York: Reinhold Publishing Corp., 1947.