



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE EDUCAÇÃO E SAÚDE
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

EDJANE DOS SANTOS MANGUEIRA

EXTRAÇÃO DE CELULOSE E FRACIONAMENTO DA
PAREDE CELULAR VEGETAL DO *COCOS NUCIFERA* L.

CUITÉ

2014

EDJANE DOS SANTOS MANGUEIRA

EXTRAÇÃO DE CELULOSE E FRACIONAMENTO DA
PAREDE CELULAR VEGETAL DO *COCOS NUCIFERA L.*

Monografia apresentada ao curso de graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Cuité, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof^a Dr^a Ana Maria da Silva

CUITÉ

2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA NA FONTE
Responsabilidade Jesiel Ferreira Gomes – CRB 15 – 256

M277e Mangueira, Edjane dos Santos.

Extração de celulose e fracionamento da parede celular vegetal do *cocos nucifera* L. / Edjane dos Santos Mangueira – Cuité: CES, 2014.

74 fl.

Monografia (Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas) – Centro de Educação e Saúde / UFCG, 2014.

Orientadora: Dra. Ana Maria da Silva.

1. Ensino de biologia. 2. Livros didáticos – ensino médio. 3. Fotossíntese. I. Título.

CDU 634.616

EDJANE DOS SANTOS MANGUEIRA

EXTRAÇÃO DE CELULOSE E FRACIONAMENTO DA PAREDE
CELULAR VEGETAL DO *COCOS NUCIFERA* L.

Monografia apresentada ao curso de graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Campina Grande, campus Cuité, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Aprovada em ____/____/____.

Nota:_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Dr^a Ana Maria da Silva (Orientadora)

(UFCG/CES/UAE)

Prof. Dr. Carlos Alberto Garcia Santos (Titular- interna)

(UFCG/CES/UAE)

Prof^a Dr^a Cláudia Patrícia F. dos Santos (Titular - interna)

(UFCG/CES/UAE)

Dedico,

Ao meu pai Francisco da Silva Manguiera (Edfran), que por não ter oportunidade de estudar, apoiou e incentivou seus filhos para realização do seu grande sonho poder estudar e ter como herança o conhecimento adquirido através do estudo.

Toda minha gratidão por me fazer acreditar que tudo daria certo e por ser incondicionalmente meu maior incentivador!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me auxiliar a seguir sempre em frente, com determinação e confiança no alcance de meus objetivos.

Aos meus pais, minha mãe Jocelia dos Santos Manguiera e meu pai Francisco da Silva Manguiera, que sempre me apoiaram, obrigado por ter acreditado em mim, por ter vivido comigo cada momento de alegria e dificuldade, pelo incentivo na vida, pela compreensão, pelo amor e principalmente pela educação concedida. Se hoje chego até aqui, muito devo a essas duas pessoas maravilhosas que deram tudo o que podiam de si para me proporcionar essa realização.

A minha querida avó Geralda Alexandrina da Silva Manguiera, obrigada pelos conselhos, pela atenção e preocupação que sempre teve comigo e principalmente pelo apoio junto aos meus pais para a realização desse sonho.

Aos meus familiares e irmãos Luciana dos Santos Manguiera e Vinícios dos Santos Manguiera, que junto comigo passou por todas os momentos de dificuldades estando sempre ao meu lado e apoiando em tudo.

Ao meu namorado Alex Silva Santos que sempre esteve comigo, pelo carinho, afeto, companheirismo e principalmente pela paciência nos momentos difíceis.

A minha orientadora Prof^a Dr^a Ana Maria da Silva, pela oportunidade de realização desse trabalho, pelo auxílio às atividades desenvolvidas por sua orientação, competência, e apoio conduzido a concretização desse trabalho.

Aos meus amigos, que estiveram presentes durante todo o curso, pelo incentivo, colaboração e ajuda que tive de todos.

Ao CES/UFCG, onde tive minha formação acadêmica, grande crescimento e oportunidade de me realizar profissionalmente.

Por fim a todos as pessoas que contribuíram para essa grande realização em minha vida, muito obrigada!

*“Na natureza nada se cria, nada se perde,
tudo se transforma”*

Antoine Lavoisier

RESUMO

Este trabalho consiste no aproveitamento das cascas que correspondem ao mesocarpo rico em fibras lignocelulósicas do *Cocos nucifera* L. para obtenção de celulose, e com isso, viabilizar o aproveitamento desse resíduo agroindustrial por meio de agregação de valor. Para tal, foram realizadas extrações de celulose das fibras do coco seco e verde e o fracionamento da parede celular. Os resíduos da casca do mesocarpo de ambos os cocos revelaram ser um ótimo potencial como fonte alternativa para produção de celulose, apresentando os mesmos percentuais de teor de celulose, que para o coco verde variou entre 32,2% e 28%, respectivamente, enquanto que para o coco seco variou entre 32,2% e 28,2% respectivamente, tratados com NaOH 4M (quente) e de seu fracionamento de parede que não teve variações de percentuais quando comparados, as pectinas variaram entre 2% e 2,6%, respectivamente e hemiceluloses que variaram entre 3,3% e 4%, respectivamente. O rendimento obtido para as amostras é bastante satisfatório e corroboram com os da literatura.

Palavras – chave: *Cocos nucifera* L., Fibras lignocelulósicas, Resíduo, Aproveitamento.

ABSTRACT

This work consists in the utilization of shells that correspond to the mesocarp rich in lignocellulosic fibers of *Cocos nucifera* L. for obtaining cellulose and with this make feasible the utilization of this agroindustrial residue by value aggregation. To this were done extractions of cellulose fibers of dried coconut and unripe coconut and the fragmentation of the cell wall. The shell residues of the mesocarp of both coconuts proved to be a great potential as alternative source to cellulose production, showing the same percentage of cellulose content that to the unripe coconut varied between 32,2% (thirty-two point two percent) and 28% (twenty-eight percent) respectively, while to the dried coconut varied between 32,2% (thirty-two point two percent) and 28,2% (twenty-eight point two percent) respectively, treated with NaOH 4M (hot) and the wall fragmentation that did not have percentage variations when compared, pectins varied between 2% (two percent) and 2,6% (two point six percent) respectively and hemicelluloses that varied between 3,3% (three point three percent) and 4% (four percent) respectively. The obtained yield for the samples is quite satisfactory and corroborate with the literature.

Key-words: *Cocos nucifera* L.; Lignocellulosic fibers; Residue; Utilization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Origem e distribuição do coqueiro.....	19
Figura 2. Avanço do cultivo de coqueiros nos estados brasileiros em 1990 e 2010.	20
Figura 3. a) coqueiro híbrido b) coqueiro gigante c) coqueiro anão.	26
Figura 4. Fruto da palmeira <i>Cocos nucifera L.</i> variedade anã.....	27
Figura 5. Corte do fruto coco (<i>Cocos nucifera L.</i>) seco.	27
Figura 6. Corte do fruto coco (<i>Cocos nucifera L.</i>) verde.....	28
Figura 7. Parte da casca do coco onde são retiradas as fibras.	40
Figura 8. a) fibra do mesocarpo do coco verde b) fibra do mesocarpo do coco seco.....	40
Figura 9. Microscopia ótica das fibras de coco a) 20x e b) 50x.	41
Figura 10. Microscopia eletrônica da superfície das fibras de coco.	41
Figura 11. Organização da celulose na parede celular.	44
Figura 12. Representação esquemática da molécula de celulose.....	46
Figura 13. Estrutura da parede celular de plantas.....	46
Figura 14. Estrutura química das principais hemiceluloses de parede celular de plantas.....	47
Figura 15. Estrutura geral das pectinas.....	49
Figura 16. Parte do coco verde onde foi retirada a fibra para extração de celulose e fracionamento da parede.	50
Figura 17. Parte do coco seco onde foi retirada a fibra para a extração de celulose e fracionamento da parede.	51
Figura 18. fibras retiradas dos cocos verdes.....	52
Figura 19. Fibras retiradas dos cocos secos.	52
Figura 20. Fluxograma do processo de extração de celulose da fibra do coco verde e seco.....	54
Figura 21. a) Fração NaOH 1M, para obtenção de hemicelulose, b) Fração Oxalato de amônio 0,5%, para obtenção de pectinas. Ambos precipitados em álcool 80%.....	56
Figura 22. Fluxograma do fracionamento da parede celular vegetal do coco verde e seco.....	57

Figura 23. Valores de média e desvio padrão obtidos através da extração de celulose.	61
Figura 24. Etapas da extração de celulose da fibra do coco verde. 1 fibra com hipoclorito 3%, 2 Clorito de Sódio 0,3M, 3 NaOH 4M (frio), 4 NaOH 4M (quente).....	62
Figura 25. Etapas da extração de celulose da fibra do coco seco. 1 Fibra com hipoclorito 3%, 2 Clorito de Sódio 0,3M, 3 NaOH 4M (frio), 4 NaOH 4M (quente).....	63
Figura 26. Valores de média e desvio padrão obtidos através da fração NaOH 1M, para obtenção das hemiceluloses.	65
Figura 27. Valores de média e desvio padrão através da fração Oxalato de Amônio, para obtenção das pectinas	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Produção e área colhida dos principais países produtores de coco, em 2008.	21
Tabela 2. Produção e área colhida dos principais países produtores de coco na América do Sul, em 2008.	22
Tabela 3. Área plantada com coqueiro e produção de coco nas regiões do Brasil, em 2009.	23
Tabela 4. Produção de coco, área plantada e produtividade do coqueiro dos principais estados brasileiros produtores, em 2009.	24
Tabela 5. Lista de fibras naturais importantes e sua origem.	36
Tabela 6. Composição química de algumas fibras vegetais com relação à composição da fibra do coco.	37
Tabela 7. Composição química de algumas fibras vegetais (% em peso).	38
Tabela 8. Composição química da fibra do coco, segundo alguns autores.	42
Tabela 9. Etapas da extração de celulose da fibra do mesocarpo do coco verde na amostra A.	58
Tabela 10. Etapas da extração de celulose da fibra do mesocarpo do coco verde na amostra B.	59
Tabela 11. Etapas da extração de celulose da fibra do mesocarpo do coco seco na amostra A.	59
Tabela 12. Etapas da extração de celulose da fibra do mesocarpo do coco seco na amostra B.	60
Tabela 13. Rendimento médio de celulose para as amostras do mesocarpo do coco seco e verde.	60
Tabela 14. Etapas do fracionamento e rendimento de parede da fibra do coco verde.	64
Tabela 15. Etapas do fracionamento e rendimento de parede da fibra do coco seco.	64
Tabela 16. Rendimento (%) de hemicelulose da fibra do coco verde e seco.	65
Tabela 17. Rendimento (%) de pectinas da fibra do coco verde e seco.	66

Tabela 18. Rendimento (%) do resíduo de parede da fibra do coco verde e seco.....	67
--	----

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
LISTA DE TABELAS	11
1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3. REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1 CLASSIFICAÇÃO TAXONÔMICA, ORIGEM, DISTRIBUIÇÃO E PRODUÇÃO ATUAL DO COQUEIRO (<i>COCOS NUCIFERA L.</i>)	19
3.2 PARTES CONSTITUINTES DA PALMEIRA <i>COCOS NUCIFERA L.</i> ...	25
3.2.1 Constituição do fruto coco	26
3.3 UTILIZAÇÃO ECONÔMICA DA CULTURA DO COQUEIRO.....	28
3.4 EXTRAÇÃO DE CELULOSE DA FIBRA DO COCO COMO FONTE ALTERNATIVA PARA A PRODUÇÃO DE PAPEL	32
3.5 EXTRAÇÃO DE CELULOSE DA FIBRA DO COCO COMO FONTE ALTERNATIVA PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL.....	33
3.6 PRINCIPAIS PRODUTORES NATURAIS DE FIBRAS.....	34
3.7 CARACTERÍSTICA DA FIBRA DO COCO E SEU POTENCIAL CELULÓSICO.....	38
3.8 PAREDE CELULAR VEGETAL.....	43
3.8.1 Estrutura da parede celular.....	44
3.9 PRINCIPAIS COMPONENTES DA PAREDE CELULAR	45
3.9.1 Celulose.....	45
3.9.2 Hemicelulose	47
3.9.3 Polissacarídeos de reserva da parede celular	48
3.9.4 Lignina	49
3.9.5 Pectina.....	49
4. METODOLOGIA.....	50
4.1 METODOLOGIA I:	51
4.1.1 EXTRAÇÃO DE CELULOSE DA FIBRA DE COCO SECA E FIBRA DE COCO VERDE.....	51
4.2 METODOLOGIA II:.....	55

4.2.1	FRACIONAMENTO DA PAREDE CELULAR VEGETAL DA FIBRA DO COCO VERDE E SECO.....	55
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
5.1	RENDIMENTO DA EXTRAÇÃO DE CELULOSE EM FIBRAS DE COCO VERDE E SECO.....	58
5.2	FRACIONAMENTO DA PAREDE CELULAR DO <i>COCOS NUCIFERA</i> L.	64
5.2.1	Fracionamento da parede celular da fibra do coco verde e seco.	64
6.	CONCLUSÃO.....	68
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	69

1. INTRODUÇÃO

A utilização dos materiais lignocelulósicos tem propiciado novas descobertas de métodos de extração e determinação de sua funcionalidade. A maioria dos resíduos é proveniente de rejeitos da indústria alimentícia, das lavouras e do lixo. E seu aproveitamento torna-se um modelo de desenvolvimento renovável e sustentável de uma nação, diminuindo a poluição gerada pelo lixo orgânico.

O aproveitamento de resíduos sólidos originados dos diferentes processos industriais vem recebendo maior atenção nos últimos 20 anos, sendo que esses resíduos envolvem significativas quantidades de materiais, que são fontes de matéria-prima orgânica e que podem ser reaproveitados e utilizados na fabricação de outros produtos (JERÔNIMO, 2012).

As fibras lignocelulósicas são provenientes de recursos renováveis, e existe uma grande diversidade de espécies que ainda não foram explorados com todo o seu potencial, principalmente os rejeitos agrícolas ou industriais (PRADO; SPINACÉ, 2010).

O processamento do coco gera um resíduo orgânico, bastante volumoso, representado por suas cascas, que constituem o mesocarpo grosso rico em fibras celulósicas. Desta forma, faz-se necessário um estudo mais aprofundado desses materiais, para determinar sua constituição lignocelulósica, que não está bem definida e existem muitas poucas pesquisas sobre esse assunto. Que com um correto tratamento pode-se obter uma celulose pura para utilização na indústria têxtil e farmacêutica. E assim gradativamente promover maior aproveitamento de seu potencial, agregando valor aos novos produtos.

As cascas geradas pelo agronegócio representam 80% a 85% do peso bruto do fruto e cerca de 70% de todo lixo gerado, nas praias brasileiras representa cascas de coco verde. Este material tem sido correntemente designado aos aterros e vazadouros sendo, como toda matéria orgânica, potenciais emissores de gases estufa (metano), e, ainda, contribuindo para que a vida útil desses depósitos seja diminuída, proliferando focos de vetores transmissores de doenças, mau cheiro, possível contaminação do solo e corpos d'água, além da inevitável destruição da paisagem urbana (ROSA *et al.*, 2001).

O coco é uma cultura abundante na região nordeste do Brasil, onde a produção atinge 80% de todo o país. Até o momento, não existe um reaproveitamento desses resíduos. Sendo assim a sua utilização para a produção de fibra de celulose pode vir a se tornar uma solução sustentável e econômica para essa região.

Esses resíduos, enquanto matéria-prima não utilizada apresenta custo de desova importante para a sociedade. Aproveitá-los é condição inexorável do avanço da cadeia agroindustrial do coco verde, gerando oportunidades de trabalho e de renda, ou seja, ampliam-se com isso as bases sociais da produção e riqueza (SENHORAS, 2004).

O aumento da produção passou a ser uma tendência natural, causando uma conseqüente elevação na geração de resíduos sólidos (cascas) que levam aproximadamente oito anos para se degradar. Além de esses novos produtos ampliarem o mercado, reverte o conceito de resíduo para o de matéria prima, aperfeiçoam a eficiência do agronegócio coco verde e seco reduzindo o impacto ambiental do seu descarte. Segundo Andrade *et al.*, (2004) no Brasil, cerca de 6,7 milhões de toneladas de casca dos coco verde ainda são descartadas por ano em lixões e às margens de estradas do Brasil.

O desenvolvimento de alternativa de aproveitamento da casca de coco possibilita a redução da disposição inadequada de resíduos sólidos e proporciona uma nova opção de rendimento junto aos sítios de produção. As fibras celulósicas apresentam diversas características interessantes como baixa densidade, caráter renovável, biodegradável e disponibilidade a baixo custo e em uma grande variedade de morfologias e razões de aspecto (TONOLI, 2009).

Embora sua utilização no Brasil esteja voltada para a produção de alimentos, o coqueiro constitui-se numa fonte alternativa de produção de fibras gerando um grande potencial produtor de celulose.

Como se faz importante saber as potencialidades das fibras vegetais, abordadas em estudos recentes, merecem atenção os trabalhos constantes da literatura que enfocam as características e o aproveitamento de fibras vegetais,

resíduos da agricultura e, especificamente, de fibras de casca de coco (PASSO, 2005).

A utilização desses resíduos lignocelulósicos ainda é um novo campo de análise e de experimentação e o desafio atual implica em combinar fatores como disponibilidade dos resíduos lignocelulósicos, sua renovação, utilização e reutilização, inclusive agregando valor, com o respectivo desenvolvimento regional, social e econômico. O Brasil é conhecido por ter a economia fortemente baseada no agronegócio, e como todo processo agroindustrial, geram resíduos. É indispensável para o país desenvolver tecnologias que visem o aproveitamento desses materiais, de forma a convertê-los em diferentes formas secundárias de energia. Existe uma preocupação mundial com o conceito de sustentabilidade e é preciso fortalecer ações ambientais e socialmente corretas, mas que sejam economicamente viáveis (NEVES; CASTRO, 2007).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Extração de celulose e fracionamento da parede celular vegetal da fibra do mesocarpo do *Cocos nucifera* L.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Quantificar e comparar o potencial celulósico presente na fibra do mesocarpo do coco seco e coco verde.
- b) Quantificar e comparar através do método de fracionamento da parede celular os componentes de parede presente na fibra do mesocarpo do coco verde e coco seco.
- c) Analisar o potencial celulósico da fibra do mesocarpo do coco verde e coco seco e promover formas de aproveitamento desse resíduo.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CLASSIFICAÇÃO TAXONÔMICA, ORIGEM, DISTRIBUIÇÃO E PRODUÇÃO ATUAL DO COQUEIRO (*COCOS NUCIFERA* L.).

Plantas Monocotiledôneas, o coqueiro faz parte da divisão Magnoliophyta, Classe Liliopsida, Ordem Arecales, Família Palmae, Gênero *Cocos* e Espécie *Cocos nucifera* L. Bastante conhecida coco da Bahia e coqueiro da praia.

O coqueiro é uma planta pertencente à Família Palmae, uma das mais importantes famílias da classe Monocotiledônea. Sendo que todos os coqueiros cultivados pertencem à espécie *Cocos nucifera* L. O coqueiro é uma planta que apresenta contínuo florescimento e frutificação ao longo do ano.

O coqueiro é originário das ilhas de clima tropical e subtropical do Oceano Pacífico, tendo o Sudeste Asiático como sua principal referência de centro de origem e diversidade. Seu cultivo se estendeu também a América Latina, Caribe e África Tropical. Atualmente, o coqueiro encontra-se em mais de 200 países diferentes, sendo cultivados em grandes plantios entre os paralelos 23°N e 23°S (FOALE; HARRIES, 2009) conforme a figura 1.

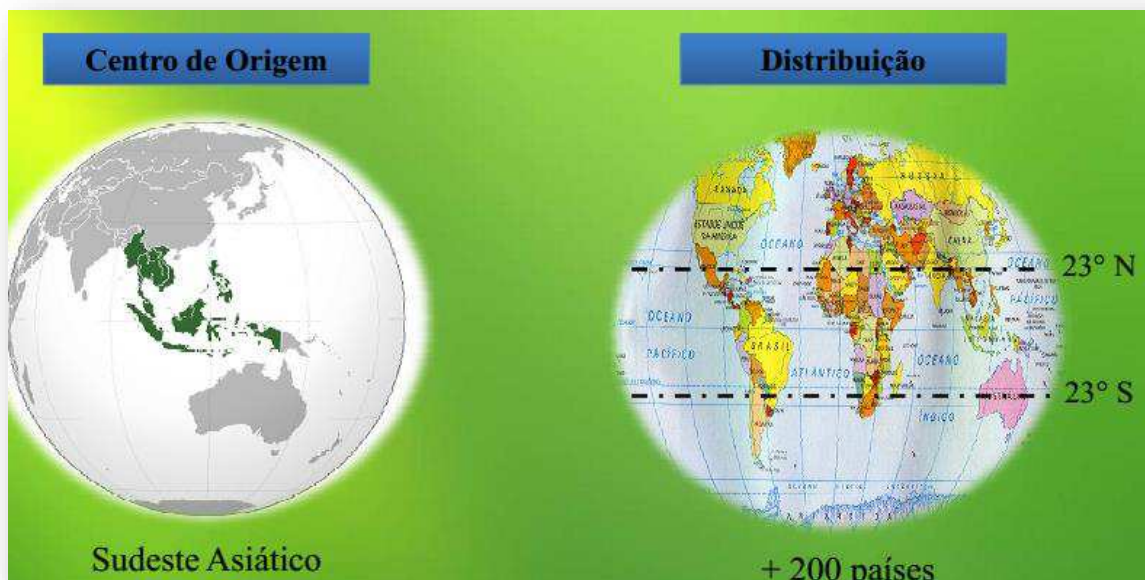


Figura 1. Origem e distribuição do coqueiro.

Fonte: FOALE; HARRIES, (2009)

No Brasil o coqueiro foi introduzido pelos portugueses em 1553, proveniente de Cabo Verde, com entrada pelo Estado da Bahia e posterior dispersão por todo litoral nordestino e daí para todo o Brasil (SILVA; JERÔNIMO, 2012).

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) é um membro da Família Arecaceae, uma monocotiledônea de grande porte. É a única espécie classificada no gênero *Cocos* de maior importância econômica por ser utilizada tanto na indústria alimentícia como aproveitamento de suas partes que não são comestíveis. No Brasil o coqueiro constitui uma das mais importantes culturas permanentes, principalmente na região nordeste, onde o cultivo se localiza predominantemente no litoral (ARAGÃO, 2002).

Por demais conhecidas na paisagem nordestina, o gênero *Cocos* existe várias espécies cultivadas no Brasil, podendo-se distinguir as espécies altas, mais comuns, que chegam a atingir 40 metros de altura, e o coqueiro-anão, uma espécie de frutificação precoce e crescimento lento (SENHORAS, 2003).

Esse cultivo tem demonstrado um crescimento considerável se analisarmos o desenvolvimento ao longo dos anos registrados no Brasil representado na figura 2.

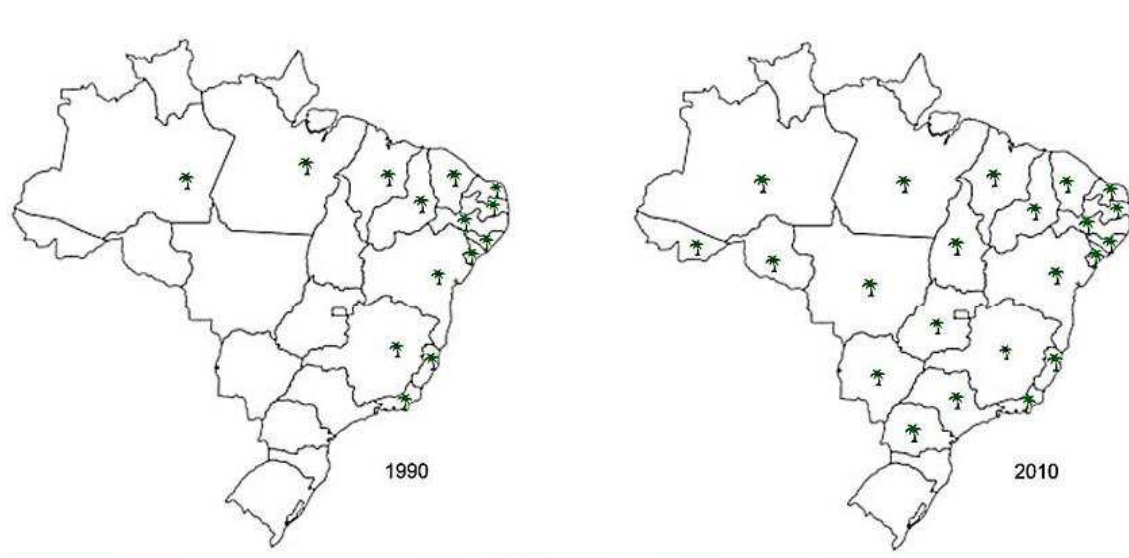


Figura 2. Avanço do cultivo de coqueiros nos estados brasileiros em 1990 e 2010.

Fonte: Embrapa, (2011).

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.), planta tropical de origem asiática, encontrou no Brasil condições propícias para o seu desenvolvimento, especialmente, em partes

das Regiões Norte, Nordeste e Sudeste. Sendo uma planta bastante difundida em todo o continente e o Brasil um dos países com a maior produção comercial de coco. Neste contexto, o Brasil pode desempenhar um papel relevante como produtor de resíduos provenientes das partes não aproveitáveis desse fruto, que são produzidos com o seu consumo e que, com o desenvolvimento de pesquisas, podem apresentar grande utilidade para a indústria, especialmente a de aproveitamento de resíduos celulósicos.

No Brasil, a exploração comercial do coqueiro vem aumento nos últimos anos. No qual se encontra entre os maiores produtores mundiais com uma produção de 2,8 milhões de toneladas (FAO, 2011), como descritos, na tabela 1. Isso se deve principalmente pelo aprimoramento na técnica de cultivo e as características de adaptação da planta a climas tropicais.

Tabela 1. Produção e área colhida dos principais países produtores de coco, em 2008.

País	Área colhida (ha)	Produção (Milhões de toneladas)	Produtividade (t ha ⁻¹)
Mundo	11.230.626	60,7	5,4
Indonésia	2.950.000	19,5	6,6
Filipinas	3.379.740	15,3	4,5
Índia	1.940.000	10,9	5,6
Brasil	2787.016(2,55)	2,8(4,61%)	9,7

Fonte: FAO, (2011).

É importante destacar o avanço desta cultura no Brasil: em 1990 o país ocupava a 10ª posição no ranking mundial, com uma produção ao redor dos 477 mil toneladas de coco. Atualmente, o país é o quarto maior produtor mundial com uma produção aproximada de 2,8 milhões de toneladas, em uma área colhida de 287 mil ha de coqueiros. Esta condição de destaque do Brasil no cenário mundial de

produção de coco se sobressai ainda mais quando se compara aos países da América do Sul, região na qual a produção brasileira é responsável por mais de 80% (EMBRAPA, 2011).

No Brasil, com uma área plantada de 290.515 hectares, são produzidos anualmente cerca de 2,29 bilhões de cascas, 469,76 milhões de folhas que caem naturalmente da planta e 469,76 milhões de cachos com ramos florais e brácteas, o que corresponde 3,84 milhões de tonelada de resíduos, sendo 1,53 milhões de casca e 1,69 milhões de folhas (EMBRAPA, 2010).

Na tabela 2 encontram descritos os principais países produtores de coco na América do sul, sua área colhida e produção.

Tabela 2. Produção e área colhida dos principais países produtores de coco na América do Sul, em 2008.

País	Área colhida (ha)	Produção (1.000t)
Brasil	287.016	2.759.044
Venezuela	14.442	154.109
Colômbia	16.000	110.000
Guiana	14.900	70.000
Peru	2.010	25.064
Equador	3.200	21.000
Suriname	771	8.508
Guiana francesa	63	230
America do sul	338.402	3.147.955

Fonte: FAO, (2011).

O nordeste e onde se encontra a maior área de plantio desse fruto com 80% (IBGE, 2009) de todo o país, como descrito na tabela 3.

Tabela 3. Área plantada com coqueiro e produção de coco nas regiões do Brasil, em 2009.

Regiões	Área plantada (ha)	Produção (mil frutos)	Produtividade (mil frutos ha-1)
Nordeste	228.911 = 80%	1.337.358 = 68%	5,8
Norte	30.353	281.746	9,3
Sudeste	21.564	311.143	14,4
Centro-Oeste	3.934	41.116	10,5
Sul	189	2.003	10,6

Fonte: IBGE, (2009).

No nordeste são cultivados, segundo dados do IBGE, (2009), 224.918 hectares de coqueiros. Estimando-se que 90% dessa área sejam direcionadas para produção de coco seco, plantado na densidade de 100 plantas/ha e apresentando rendimento de 30 frutos/planta/ano, tem se como resultado, 20. 242 milhões de plantas em uma produção de 607. 279 milhões de frutos.

Com essa produção anual, o resultado é um grande acúmulo de resíduos provenientes do consumo e industrialização do coco. Considerando, para efeito de calculo, que o peso médio da casca é 1,2kg, da folha senescente 2,45kg e que haverá emissão de 12 inflorescência/planta/ano, assim como, perda de 12 folhas/planta/ano, pode-se concluir que a produção anual de resíduos do coqueiro na região nordeste equivalerá, aproximadamente, a 729 mil toneladas de casca; 595 mil toneladas de folhas e 243 mil toneladas de inflorescências, totalizando um 1. 557 milhões toneladas de resíduos (NUNES; SANTOS, 2009).

Dentre os 10 maiores estados produtores de coco do Brasil, sete são da região Nordeste. O estado da Bahia destaca-se por ser o maior produtor desse fruto com uma produção de 467.080 mil frutos (IBGE, 2009) descritos na tabela 4. Seguido de Sergipe e Ceará. Estes estados juntos correspondem a mais de 50% da produção de coco nacional.

A Paraíba encontra-se descrito na tabela 4 em oitavo lugar com uma produção 63, 765 mil frutos (IBGE, 2009), o que torna um grande potencial gerador de resíduos advindos dessa produção com o consumo e utilização industrial desse fruto.

Tabela 4. Produção de coco, área plantada e produtividade do coqueiro dos principais estados brasileiros produtores, em 2009.

Estados	Produção	Área plantada	Produtividade
	(mil frutos)	(ha)	(mil frutos ha-1)
Bahia	467.080	79.596(36%)	5,8(30 fr/pl)
Sergipe	279.203	42.000	6,6
Ceará	259.368	43.448	6,0
Para	248.188	24.663	10,1
Espírito santo	157.590	10.625	14,8
Pernambuco	129.822	14.237	9,1
Rio de Janeiro	78.419	4.843	16,2(80fr/pl)
Paraíba	63.765	11.556	5,5
Rio Grande do Norte	61.004	21.923	2,8
Alagoas	53.083	12.524	4,2

Fonte: IBGE - Produção Agrícola Municipal, (2009).

A superioridade dos estados nordestinos também se mostra expressiva em termos de área plantada. Os três maiores produtores obtêm os maiores percentuais (60%) da área total plantada com coco no Brasil.

Em termos de produtividade, os estados do Rio de Janeiro, Espírito santo e Pará apresentam o maior rendimento no cenário nacional, por fazerem parte dos grandes centros consumidores de *coco in natura* e por possuir métodos eficientes de produção da cocoicultura.

3.2 PARTES CONSTITUINTES DA ESPÉCIE *COCOS NUCIFERA* L.

O gênero *Cocos* é constituído apenas pela espécie *Cocos nucifera*. Essa espécie é constituída de duas principais variedades: Típica (variedade gigante) e Nana (variedade anã). Atualmente os híbridos mais utilizados são os resultantes do cruzamento dessas duas variedades (ARAGÃO, 2002).

As duas variedades típicas a normal, que pode atingir até 30 metros, e a anã, que não ultrapassa 3 metros. No entanto, as características são as mesmas. O tronco é cilíndrico e carrega no topo um tufo de folhas 34 arqueadas com 3 a 6 metros, divididas em folíolos. Os frutos dão origem sob as folhas. Em cada fruto contém uma semente, onde no interior se encontra uma massa branca, adocicada que se espessa à medida que o fruto amadurece. No fruto verde, a massa é menos espessa e menos dura, com grande quantidade de água (água de coco). O fruto é revestido por um espesso conjunto de fibras curtas (TOMCZAK, 2010).

A planta é monóica (órgãos masculinos e femininos na mesma planta). Com um tufo de folhas (30-35) bem verdes na extremidade, caule indiviso chamado estipe ou espique e raiz fasciculada. Folha constituída de pecíolo curto e por vários pseudo-folíolos, com 1-2 anos de vida e 6m de comprimento. Inflorescência axilar em forma de cacho com flores femininas globosas (FERREIRA, 2012).

Para o cultivo, o coqueiro necessita de certas exigências climáticas, como a temperatura de aproximadamente 27 ° C, demandando um clima quente, sem grandes variações de temperatura para melhor o crescimento e produção, umidade relativa superior a 60%, distribuição das chuvas é o fator mais importante no desenvolvimento do coqueiro, planta altamente exigente em luz, ventos fracos e moderados beneficiam o desenvolvimento do coqueiro por aumentarem sua transpiração, e logo, a absorção de nutrientes e água pelas raízes (FONTES *et al.*,2002).

No Brasil, a expansão da área de plantio com o coqueiro vem ocorrendo principalmente com os anões verdes, destinados, principalmente, para o consumo de seu albúmen líquido.

O coqueiro híbrido é o resultado do cruzamento do coco anão com o gigante que gera uma palmeira de porte médio observados na figura 3. Essa variedade é muito comum em todas as paisagens, principalmente do nordeste onde possui um grande cultivo.

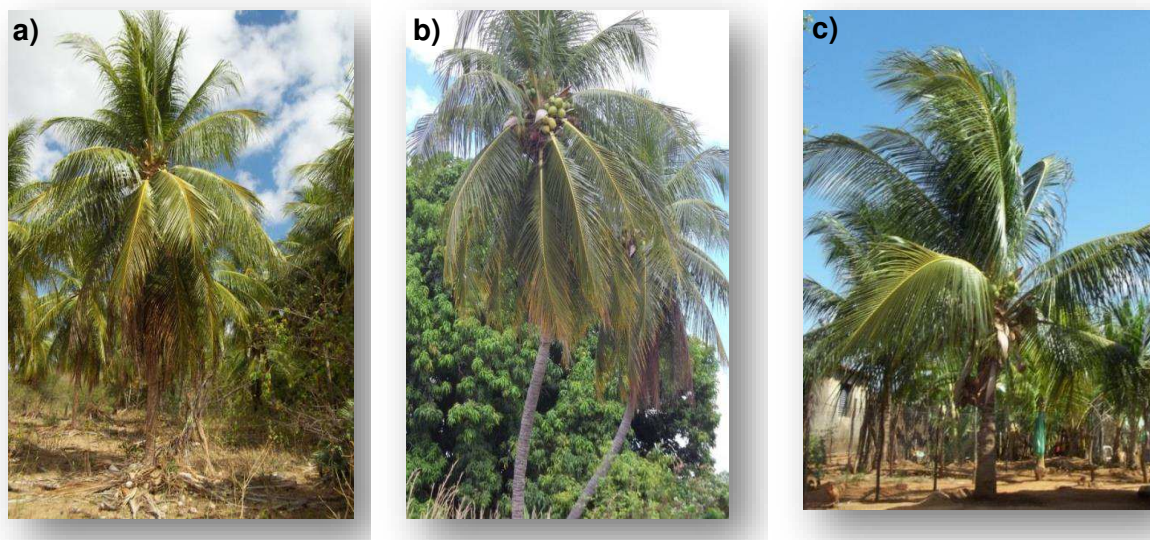


Figura 3. a) coqueiro híbrido b) coqueiro gigante c) coqueiro anão.

3.2.1 Constituição do fruto coco

O fruto das palmeiras se divide em epicarpo, mesocarpo, endocarpo, tegumento, endosperma e embrião (MERROW, 2004 *apud* MAGALHÃES, 2011) representados na figura 5 e 6.

O fruto do coqueiro é uma drupa. É formado por epiderme lisa ou epicarpo, que envolve o mesocarpo espesso e fibroso, ficando mais para o interior uma camada muito dura, o endocarpo. A semente é envolvida pelo endocarpo que é constituído por uma camada de cor marrom chamada tegumento que fica entre o endocarpo e o albúmen. O albúmen é uma camada branca, carnosa e muito oleosa, formando uma grande cavidade onde fica o albúmen líquido (água de coco). Próximo a um dos orifícios do endocarpo e envolvido pelo albúmen sólido está o embrião.

O albúmen sólido é muito oleoso, principalmente no fruto seco, e forma uma grande cavidade onde se encontra o albúmen líquido, uma água doce, levemente acidulada e muito rica em fósforo e potássio ANDRADE *et al.*, (2004). Existem diversas variedades de coqueiros, e seus frutos variam de cor forma, tamanho, etc. como representado na figura 4.



Figura 4. Fruto da palmeira *Cocos nucifera* L. variedade anã.

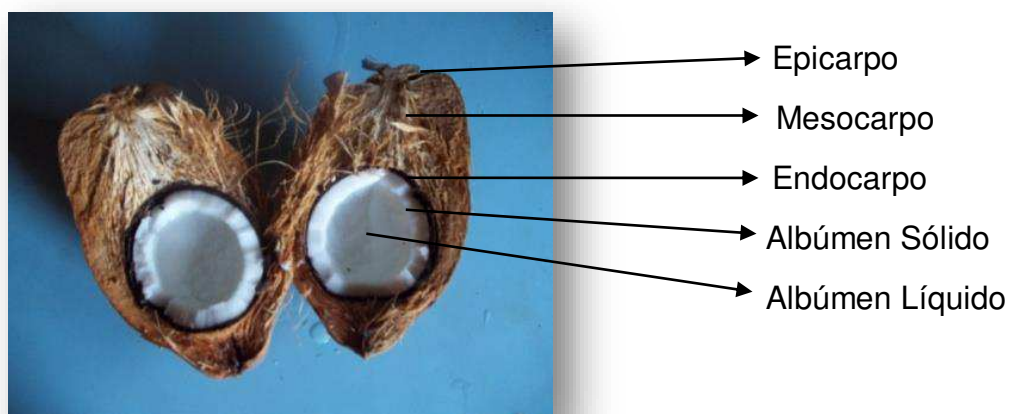


Figura 5. Corte do fruto coco (*Cocos nucifera* L.) seco.

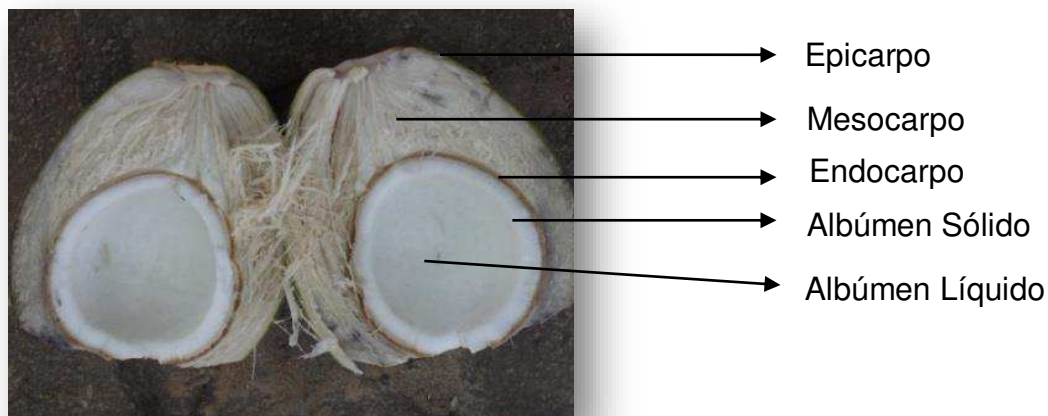


Figura 6. Corte do fruto coco (*Cocos nucifera* L.) verde.

O peso médio de um fruto coco é de 2,36 kg (BUZETTI *et al.*, 2011) onde o mesocarpo (fibra ou palha do coco) junto com epicarpo pesa 30,8g, o endocarpo chamado de “casquilho” ou “quenga” pesa 12,7g, amêndoa (albúmen sólido) pesa 30,1g e o albúmen líquido (água do coco) pesa 26,4g. A parte mais pesada do fruto concentra-se no mesocarpo onde é rico em fibras a chamada de palha do coco.

O volume e o peso da casca variam com condições de clima e solo da região de plantio, da adubação utilizada, dos tratamentos culturais e fitossanitários aplicados e da variedade cultivada (Nunes; Santos, 2009).

3.3 UTILIZAÇÃO ECONÔMICA DA CULTURA DO COQUEIRO.

O coqueiro é uma planta de grande importância socioeconômica para a indústria de alimentos e cosméticos, gerando ainda uma grande quantidade de subprodutos e resíduos (SILVA; JERÔNIMO, 2012). Na indústria, assume grande diversidade produtiva, a exemplo da agroindústria alimentar, onde são processados: leite-de-coco, flocos de coco, coco ralado, doces, água-de-coco, entre outros, abastecendo um mercado com grande potencial de expansão. O coqueiro é classificado como uma das plantas oleaginosas mais importantes do mundo (LORENZI *et al.*, 2002).

A essa palmeira é atribuída grande importância econômica e cultural devido ao fato de a população utilizá-las para diferentes finalidades aproveitando-se quase tudo, além de alimento obtido do albúmen sólido (amêndoa) e líquido (água) são de grande importância as outras partes constituintes. O coqueiro é considerado a árvore da vida, visto que dele se obtém mais de 100 produtos e subprodutos. Como parte da cultura, a sua utilização é conhecida de diversas maneiras, tornando-se assim fonte de desenvolvimento econômico. O seu aproveitamento como uma forma alternativa com diversas utilidades além de seu consumo como alimento.

Com relação a sua utilização, do coco praticamente tudo se aproveita. Todas as partes como raiz, caule, folha, inflorescência e fruto, são empregadas para fins artesanais, alimentícios, agroindustriais, medicinais e biotecnológicos. Dentre os produtos podem-se citar os fibrosos, que são utilizados na indústria têxtil; o endocarpo, utilizado na produção de carvão; e os utilizados para a alimentação pelo aproveitamento do fruto, especificamente do albúmen sólido (BRITO, 2004).

Dada a sua grande utilidade essa planta é essencial e faz parte do cenário industrial, sendo quase indispensável para a culinária e para o aproveitamento de suas partes constituintes.

Todas as partes da planta têm utilidade para o homem: a casca do fruto é empregada na confecção de cordas, sacos, capachos, isolantes térmicos etc., o palmito, na alimentação humana; as folhas, em coberturas de habitações simples; e a polpa e água do fruto consumido ao natural ou industrializado. Esse fruto leva cerca de doze meses para amadurecer e é produzido o ano inteiro. A cocoicultura é de fundamental importância nos estados nordestinos do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia (SILVA *et al.*, 2003).

No Brasil, aproximadamente 85% da produção nacional de cocos são comercializados como seco: a metade é para uso culinário e o restante é industrializado, obtendo-se uma série de produtos como leite, sabão, óleo etc. cerca de 15% da produção é consumida ainda verde para a extração de água que também é industrializada (SENHORAS, 2003).

Um grande potencial que pode ser utilizado como fonte alternativa para a indústria a fibra do coco, bastante estudada para a determinação de sua potencialidade e empregada de diferentes formas para obtenção dos mais variados subprodutos. Atualmente a demanda por fibra e pó de coco está aumentando, e a tendência mundial é transformá-los, de subprodutos, em principais produtos do coco (ARAGÃO, 2002).

O beneficiamento das cascas de coco (*Cocos nucifera*) anão verde oferece oportunidades extremamente promissoras, dentre as quais se destaca o pó de coco, utilizado como substrato agrícola, e as fibras, que podem ser utilizadas na fabricação de vasos, tapetes, mantas para contenção da erosão, artesanatos, acessórios automotivos, novos materiais etc. (ROSA *et al.*, 2009).

Examinando-se dados sobre a utilização racional do coco, pode-se observar a existência de várias empresas nacionais e internacionais que já aproveitam a casca do coco para funções que vão desde a simples queima como combustível, em substituição a lenha, até a concretagem, passando pelo carvão ativado, xaxim, acústica, fertilização do solo, isolamento térmico, estofamento de bancos e poltronas para veículos automotores e até artesanatos de fibra da casca de coco (SILVA *et al.*, 2003)

A casca do fruto do coqueiro é constituída pelo epicarpo (parte externa) e pelo mesocarpo formado por fibras e pó na proporção aproximada de 30% e 70%, respectivamente. As cascas inteiras podem ser utilizadas para fabricação de adubo orgânico pelo processo de compostagem, cobertura do solo, fabricação manual de vasos para cultivo de plantas e na forma de “briquetes” ou “blocos pesados” em substituição ao carvão de madeira com grandes vantagens ecológicas e rendendo um valor calórico entre 3000 e 4000 kcal/kg (NUNES; SANTOS, 2009).

As fibras são constituídas basicamente de lignina, são de lenta decomposição e levam de oito a dez anos para se decomporem na natureza. Devido a essa característica, têm grande utilidade na indústria de carpetes, escovas, vassouras e pincéis, estofamento de carros, placas para isolamento térmico e acústico, placas de conglomerados, vasos e placas de cultivo de

plantas ornamentais, aditivo de gesso na construção civil, cordas, biomantas para contenção de erosão laminar etc. (NUNES; SANTOS, 2009).

Ainda falando dos diversos benefícios que o fruto coco proporciona Nunes e Santos, (2009), cita o endocarpo, como é bastante conhecido “quenga”, que é bastante usado na fabricação de bijuterias, botões e artesanatos em geral. O “paneiro” ou parte fibrosa que se forma o caule junto à base da folha do coqueiro constitui matéria-prima de grande importância na confecção de artesanatos.

Todos os resíduos do coqueiro podem ser transformados em adubo orgânico. As cascas do coco seco são, geralmente, utilizadas como combustível de caldeiras ou ainda processadas para beneficiamento de fibras, que são usadas como manufaturas de cordoalhas, tapetes, esteiras e outros produtos (ROSA *et al.*, 2002). Fruto imaturo ou coco verde representa 80 a 85% do peso bruto de resíduo (cascas), que não vêm sendo aproveitadas pela indústria de beneficiamento de fibras, devido à falta de conhecimento de suas propriedades (CORRADINI *et al.*, 2009).

Na cidade de Cuité Paraíba os criadores de gado esta processando junto à ração animal a casca do coco seco ou utilizando a casca verde cortada diretamente para a alimentação desses animais. Gerando assim uma fonte alternativa de utilização dessas cascas ricas em fibras, que seriam descartadas. Como a região do semi-árido sofre muito com a seca e a pastagem não dura o ano todo para criação de gado os pequenos produtores utilizam-se dessa casca como uma fonte alternativa de alimentação bovina. Nesse contexto, aparecem os resíduos e os subprodutos agropecuários, como as palhas, o bagaço de cana-de açúcar e a fibra de coco verde que podem oferecer excelente opção como alimentação alternativa para os ruminantes, já que sendo animais poligástricos, possuem um aparelho digestivo especial, capaz de converter resíduos e subprodutos agropecuários sem utilidade alguma na alimentação humana, em carne, leite, lã, etc. (SENHORAS, 2003).

O farelo de coco, por não apresentar fator antinutricional, é considerado ingrediente energético, mas apresenta 10 a 12% de fibra bruta, que influencia o aproveitamento dos nutrientes. O farelo, além de sua característica energética,

possui elevado teor de proteína bruta, que varia de 20 a 25%, e, dessa forma, torna-se um ingrediente com dupla função e que substitui as fontes energéticas e protéicas (SIEBRA *et al.*, 2008).

A fibra do coco, verde ou maduro, pode ser empregada na área agrícola como matéria prima para a proteção de solos, no controle da erosão e na recuperação de áreas degradadas. A fibra, tecida em forma de manta é um excelente material para ser usado em superfícies sujeitas à erosão provocada pela ação de chuvas ou ventos, como em taludes nas margens de rodovias e ferrovias, em áreas de reflorestamento, em parques urbanos e em qualquer área de declive acentuado ou de ressecamento rápido (ARAGÃO, 2002).

Entre as inúmeras vantagens e formas de aproveitamento da fibra do coco tanto verde como o seco, destacaremos a sua utilização como fonte alternativa de obtenção de celulose para a produção de papel e de etanol de segunda geração, ambos bastante requeridos na nossa sociedade atual e com diversos estudos que tenta produzi-los através de fontes alternativas.

3.4 EXTRAÇÃO DE CELULOSE DA FIBRA DO COCO COMO FONTE ALTERNATIVA PARA A PRODUÇÃO DE PAPEL

A fibra do coco, retirada do mesocarpo do fruto, é aproveitada de várias formas, dentre elas, encontra-se à utilização para extração de celulose, composto esse que é utilizado para diversas finalidades na indústria celulósica.

Das múltiplas utilizações da celulose, o seu emprego com matéria-prima para a fabricação de papel é uma das mais importantes.

Como grande importância para o desenvolvimento e aprimoramento da técnica de utilização de celulose alternativa, para indústria de papel a fibra do coco verde e seco pode ser uma forma bastante útil para sua obtenção. O consumo de papel derivado da indústria madeireira é uma das causas de desflorestamento no mundo, o que ilustra a preocupação de encontrar alternativas não madeireiras, tal qual o retorno de resíduos agrícolas como

fonte primária para a fabricação de papel. Estima-se que os países em desenvolvimento têm um papel fundamental neste processo, pois neles se encontram disponíveis uma cifra de 2.500 milhões de toneladas de resíduos da produção agrícola e agroindustrial (SENHORAS, 2003).

A utilização da casca do coco verde pode representar uma considerável porcentagem de matéria-prima para a indústria de papel e celulose, uma vez que dentro dos padrões industriais, se considera que um material vegetal é apto para a produção de papel quando apresenta uma porcentagem de 33% de celulose, componente básico na elaboração deste produto (SENHORAS, 2003).

Ainda segundo Senhoras, (2003) e indubitavelmente, a prospecção tecnológica na indústria de papel e celulose pode produzir excelentes resultados á curto e médio prazos, quando utilizado o aproveitamento da casca do coco verde, que atualmente causa grave problemas ambientais.

3.5 EXTRAÇÃO DE CELULOSE DA FIBRA DO COCO COMO FONTE ALTERNATIVA PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL.

O Etanol de segunda geração é obtido a partir de matéria-prima lignocelulósica, como bagaço de cana, capim, palha de arroz, madeira e resíduos agroindustriais em geral. Todos provenientes de fontes alternativas e renováveis tornando seus estudos um benefício para obtenção de forma que utiliza matérias orgânicas e renováveis que seriam descartados.

A matéria-prima em potencial para uma boa relação custo-benefício na produção de etanol é o material lignocelulósico, o qual é acessível e de baixo custo por ser um resíduo de vários processos. Atualmente, a conversão de material lignocelulósico ou biomassa em açúcares fermentáveis para produção de etanol vem sendo considerada como uma alternativa promissora para aumentar a produção de etanol necessária para atender à demanda mundial (SÁTIRO *et al.*, 2012). Além disso, no mundo atual se faz necessário cada vez

mais estudos sobre fontes diversas de prováveis materiais para a produção de etanol a fim de suprir a necessidade da população e baratear seu custo.

Segundo Corradini *et al.*, (2009) afirmam que a fibra da casca do coco verde é constituída por cerca de 40% de lignina e 35% de celulose, que podem ser utilizada na obtenção de açúcares fermentáveis (monossacarídeos) para a preparação de etanol lignocelulósico, como uma fonte renovável.

Os resíduos lignocelulósicos são fontes abundantes em carboidratos. Tais resíduos são formados por: celulose, hemicelulose e lignina, e essa composição que favorece como fonte produtora de etanol. Muito mais interessante é a obtenção de etanol, para essa finalidade. As melhores fontes são plantas acumuladoras de carboidratos de baixo peso molecular, como monossacarídeos e dissacarídeos, pois são convertidos diretamente em álcool por leveduras, sem necessidade de hidrólise inicial (SANTOS *et al.*, 2008).

Ainda segundo Santos *et al.*, (2008), a maior expectativa quanto à matéria-prima para obtenção de álcool reside na celulose, o carboidrato mais abundante na Terra. O grande problema nesse sentido ainda é a dificuldade para hidrólise da celulose, pois ela é o polissacarídeo mais resistente à hidrólise que se conhece. Há esperanças de que em 10 anos será factível o seu uso para obtenção de etanol.

3.6 PRINCIPAIS PRODUTORES NATURAIS DE FIBRAS

As fibras naturais dividem-se em fibras de origem vegetal (fibras de madeira e bambu, sementes, fibras de frutas e fibras de folha), origem mineral (amianto, wollastonita) e de origem animal (fibras de pêlo, seda).

As fibras lignocelulósicas são obtidas dos caules (juta, cânhamo, ráfia, kenaf, bagaço de cana, bambu), das folhas (sisal, caroá, curaua, banana, piaçava, henequem), dos frutos (algodão, coco, bucha) e dos troncos (madeira) Apesar dessas diferenças, as fibras possuem na sua constituição básica os seguintes componentes em comum: celulose, lignina e hemicelulose.

Os principais componentes químicos das fibras vegetais são substâncias polares, tais como celulose, hemicelulose, lignina e pectinas, com menores percentuais de outros componentes como cera, e substâncias solúveis em água.

Cada fibra de celulose é constituída de fibras elementares fortemente ligadas entre si por um material de cementação, constituído principalmente de lignina. Esta possui uma parede espessa formada por várias microfibrilas que formam espirais ao longo do eixo da fibra, tendo um lúmen no centro. Cada fibra elementar é uma essência, um compósito em que rígidas microfibrilas de celulose estão envolvidas por uma matriz de lignina e hemicelulose (LEÃO, 2008).

O teor de celulose encontrado na literatura sobre os principais vegetais produtores desse polímero varia de 30-80%; o teor de lignina em torno de 5-40% e algumas espécies de algodão que podem chegar até 95% de celulose.

As plantas lenhosas típicas são constituídas de 40-50% de celulose, 20-30% de hemicelulose e 20-28% de lignina, além de outras substâncias em menores teores (SILVA *et al.*, 2009). Por serem formados basicamente de celulose e lignina essas matérias recebem o nome de lignocelulósico.

Existem vários estudos que comprovam a eficiência da utilização de fibras celulósicas. Há uma grande variedade de plantas nas quais permite extrair das suas mais diversas partes que compõem a espécie a celulose com altos teores e de qualidade. O *Cocos nucifera* L. encontra-se na literatura como uma das principais fontes com alto teor de celulose, junto com outros que são listados e de grande importância celulósica.

De acordo com a origem as fibras vegetais podem ser agrupadas em fibras de semente, raiz, caule, folhas e fruto. Entre essa variedade de plantas que podem ser extraídas fibras naturais e seus respectivos locais estão os representados na tabela 5.

Tabela 5. Lista de fibras naturais importantes e sua origem.

Fibra	Espécie	Origem
Abacá	Musa textilis	Folhas
Abacaxi	Ananus comosus	Folhas
Açaí	Euterpe oleracea	Frutos
Algodão	Gossypitum sp.	Sementes
Bambu	(1250 espécies)	Folhas
Banana	Musa indica	Folhas
Cânhamo	Cannabis sativa	Caule/talo
Coco	Cocos nucifera	Frutos
Curauá	Ananas erectifolius	Folhas
Esponja	Luffa cylindrica	Frutos
Henequem(sisalmexicano)	Agave fourcroydes	Folhas
Juta	Corchorus capsularis	Caule/Talo
Kenaf	Hibiscus cannabinus	Folhas
Linho	Limim usitatissimtum	Caule/Talo
Piassava	Attalea funifera	Folhas
Ramie	Boehmeria nicea	Caule/Talo
Sisal	Agave sisilana	Folhas

Fonte: TOMCZAK, (2010).

Quanto à composição química das fibras vegetais a fibra do coco merece destaque principalmente ao seu alto teor de lignina com relação a outros produtores de fibras vegetais naturais descritos na tabela 6.

Tabela 6. Composição química de algumas fibras vegetais com relação á composição da fibra do coco.

Fibra	α-celulose (%)	Hemicelulose (%)	Lignina (%)
Abacaxi	80-83	-	12
Bagaço-de-cana	54,3-55,2	16,8-29,7	24-25
Bambu	33-45	30	20-25
Banana	60-65	6,0-8,0	5-10
Coco	43,4-53	14,7	38-40
Curaúra	70,7-73,6	21,1	8-11
Luffa Cylindrica	62	20	11
Piassava	31,6	-	48
Rami	80-85	3,0-4,0	0,5
Sisal	60-75,2	10,0-15,0	7-12

Fonte: TOMCZAK, (2010).

Na tabela 6 encontra-se descrito á composição química típicas das fibras naturais que estão entre 30-85% de celulose, 3-29, 7% de hemicelulose e 0,5-48% de lignina.

Algumas fibras vegetais e sua respectiva composição química estão representadas na tabela 7.

Tabela 7. Composição química de algumas fibras vegetais (% em peso).

Fibra	Celulose (%)	Hemicelulose (%)	Lignina (%)
Algodão	82,7	5,7	-
Juta	64,4	12,0	11,8
Linho	64,1	16,7	2,0
Rami	68,6	13,1	0,6
Sisal	65,8	12,0	9,9
Bagaço de cana	32-48	19-24	23-32
Folha de abacaxi	70-82	18,0	5-10
Folha de bananeira	60-65	6-8	5-10

Fonte: PASSOS, (2005) e SILVA, (2003).

As fibras de casca de coco têm percentual menor de celulose, comparando a outras fibras vegetais, e com relação à quantidade de lignina é de 2 á 4 vezes maiores que os valores para a juta e o sisal, diferenciando das outras fibras.

3.7 CARACTERÍSTICA DA FIBRA DO COCO E SEU POTENCIAL CELULÓSICO.

A fibra de coco pertence à família das fibras duras e tem como principais componentes a celulose e o lenho que fazem com que ela tenha índices elevados de dureza e rigidez (SILVA *et al.*, 2003), tornando assim como sua principal característica a durabilidade e a resistência. As fibras de coco são extraídas da porção externa do fruto da palmeira de coco (*Cocos nucifera* L.) e esse fruto é revestido por um espesso conjunto de fibras curtas.

A fibra do coco é composta basicamente por celulose, hemicelulose, lignina e substancias secundarias (FERRAZ, 2011). Apresenta inúmeras vantagens na sua utilização industrial como: inodora; resistente à umidade; não apodrece; e não produz fungos (SENHORAS, 2003).

A celulose é o principal constituinte estruturante, sendo um polissacarídeo linear de alto peso molecular formado principalmente de glicose, responsável pela estabilidade e resistência das fibras.

A casca do coco verde, assim como a do coco seco, é constituída por uma fração de fibras e outras denominadas de pó, parte essa que corresponde ao seu mesocarpo. As fibras de coco são materiais lignocelulósicos obtidos do mesocarpo de cocos e caracterizam-se pela sua dureza e durabilidade atribuída ao alto teor de lignina, quando comparadas com outras fibras naturais (SILVA, 2006).

Conforme pesquisa desenvolvida pelo engenheiro Fred Albán do Departamento de materiais da Universidad del Valle, da Colômbia e os estudantes Hector Caviedes e Walter Rojas do Curso de Engenharia química da mesma instituição, a celulose presente na casca do coco verde é ao redor de 35%(VIDAL, *s.d. apud* SENHORAS, 2003).

Dados como já descritos na literatura revelaram que a fibra do *Cocos nucifera* L. é um grande potencial produtor de celulose e de outros componentes da parede celular á exemplo hemicelulose e lignina que são bastante descritas em trabalhos que são presentes em teores maiores do que a de celulosas dando resistência a essa fibra.

Segundo Van Dam *et al.*, (2004) *apud* Ferraz, (2011), o teor de lignina encontrado no coco é cerca de 2 a 4 vezes maior que os valores para a junta de sisal, conferindo-lhe, assim, um comportamento singular frente a outras fibras naturais. Isto pode ser atribuído ao fato de que a lignina ajuda a unir os tecidos vegetais e também reforça a parede celular da fibra, além de proteger os carboidratos de danos físicos e mecânicos (RAJAN *et al.*, 2005 *apud* FERRAZ, 2011).

A fibra de coco verde é classificada como fibra branca, possuindo uma camada bastante espessa de fibras sua coloração e esbranquiçada enquanto que o coco seco possui sua camada de fibras espessas com bastante pó entre as fibras ambos com uma coloração escura e mais rígida do que a fibra verde o

que torna o seu manuseio para a trituração bastante difícil como observadas na figura 7.

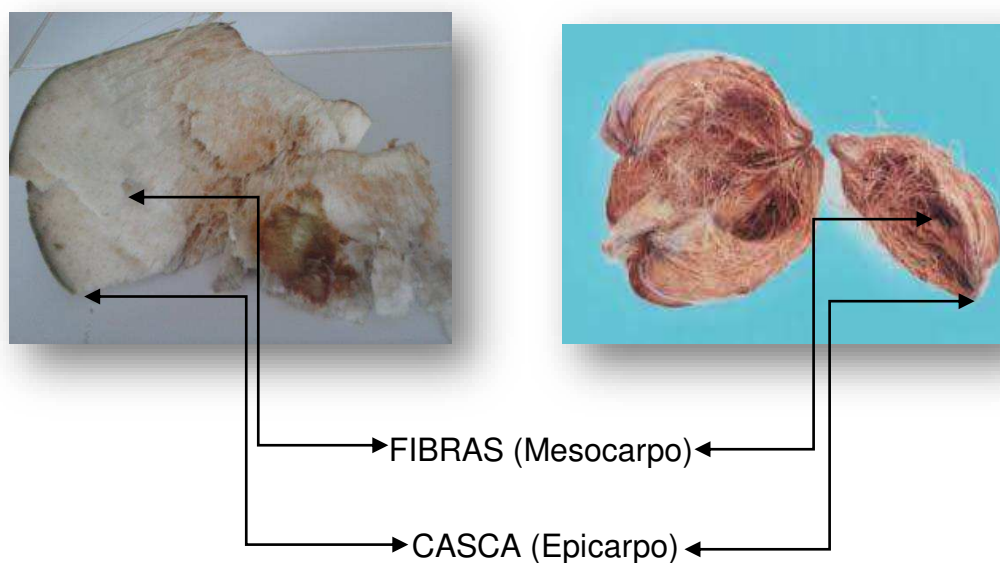


Figura 7. Parte da casca do coco onde são retiradas as fibras.

Após a retirada dessa fibra observa-se maior rigidez e coloração escura na fibra do coco seco com relação ao coco verde, como as representas na figura 8.

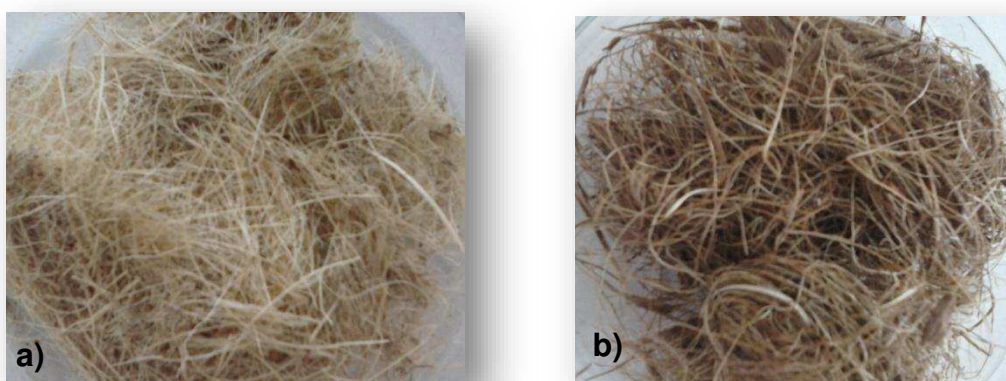


Figura 8. a) fibra do mesocarpo do coco verde b) fibra do mesocarpo do coco seco.

A composição celular da fibra pode ser observada através da foto de microscopia ótica como representado na figura 9 onde são apresentadas suas principais formas e como estão arranjadas.

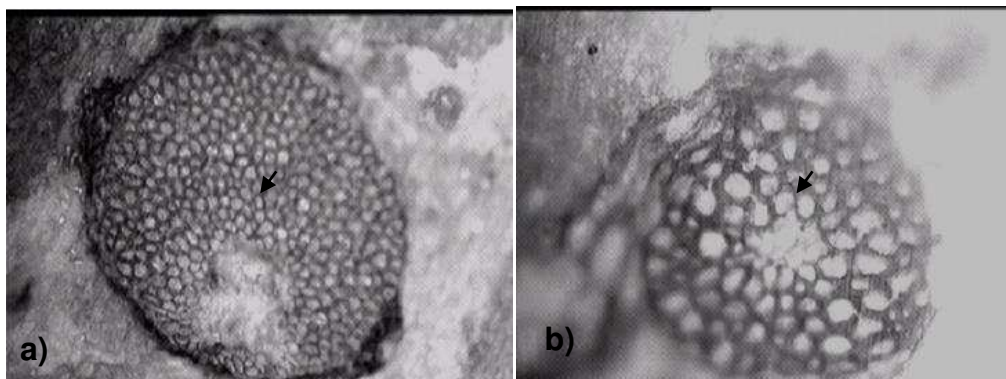


Figura 9. Microscopia ótica das fibras de coco a) 20x e b) 50x.

Fonte: TOMCZAK, (2010).

As fibras são compostas de diferentes tipos de células regularmente arranjadas com uma lacuna no centro da fibra. As células apresentam formas circulares (TOMCZAK, 2010). O comprimento da fibra do coco varia de 10 a 35 cm e seu diâmetro de 0,1 a 0,3mm (FERRAZ, 2011).

Além de sua composição celular, as fibras contem em sua superfície alguns constituintes naturais e sua forma e cheia de pontuações representada na figura 10.

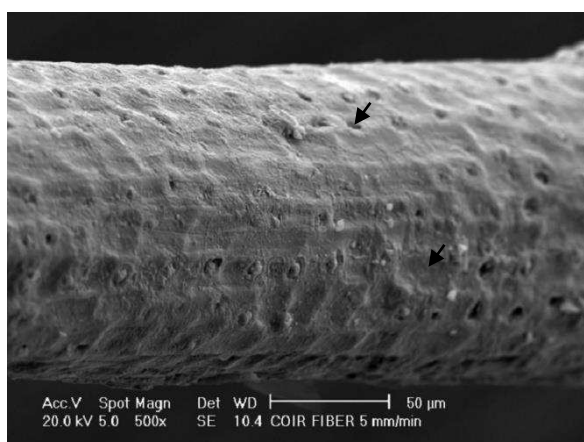


Figura 10. Microscopia eletrônica da superfície das fibras de coco.

Fonte: TOMCZAK, (2010).

Segundo Brígida (2010), na microscopia eletrônica a presença de pontuações areoladas, sendo algumas de cavidade mais profundas e outras bem superficiais e essa fibra de coco apresentam tecido fibroso bastante heterogêneo. Tais pontuações ligam o lúmen da célula a superfícies além de funcionar como um canal excretor, através do qual cera, ácidos graxos e seus produtos de condensação é excretado podendo juntar-se formando protuberâncias observadas principalmente junto às pontuações areoladas.

A superfície da fibra do coco é composta por óleos, ceras e extrativos, parte da constituição natural das fibras lignocelulósicas (CARVALHO *et al.*, 2010 *apud* FERRAZ, 2011).

Um dos componentes químicos da parede celular da fibra do coco citado na literatura é a lignina, por possuir como características principais a durabilidade e rigidez. A celulose também é bastante destacada por sua grande utilidade e formas diversas de aproveitamento industrial.

Apesar do teor de celulose e outros componentes variarem conforme região do cultivo, tipo de solo, época do ano e quantidade de chuva os dados apresentados para a composição química da fibra do coco são relativamente parecidos com os citados por vários autores descritos na tabela 8.

Tabela 8. Composição química da fibra do coco, segundo alguns autores.

HEMICELULOSE	CELULOSE	LIGNINA	Referências
(%)	(%)	(%)	
0,25	43,4	45,4	Rajan <i>et al.</i> ; 2005 <i>apud</i> Ferraz, 2011.
15-28	35-60	20-48	Agopyan <i>et al.</i> ; 2005 <i>apud</i> Ferraz, 2011.
16,8	68,9	32,1	Asasutjarit <i>et al.</i> ; 2007 <i>apud</i> Ferraz, 2011.
0,15-0,25	36-43	41-45	Corradini <i>et al.</i> ; 2006
12,1	44,2	32,8	Abdul Khalil; Siti Alwani; Mohd Omar 2006. <i>apud</i> Ferraz, 2011.

Alguns autores, além dos representados na tabela 8 citam o teor de celulose e lignina respectivamente, como os principais constituintes da fibra celulósicas. Segundo Adelina (2009), de cada coco se extrai em média 70g de fibras que são constituídas de material lignocelulósico, possui grande durabilidade, atribuída ao alto teor de lignina 41- 45% comparada a outras fibras naturais.

A principal fibra estudada por diversos autores corresponde a do coco verde, não sendo encontrado na literatura dados para o teor de celulose da fibra do coco seco. O coco verde devido ao seu elevado teor de matéria orgânica e composta principalmente por lignina, cerca de 35-45%, e celulose, cerca de 23-43% (PINO, 2005).

Segundo Aragão *et al.*, (2006), os valores médios das principais propriedades da fibra do coco verde e de lignina 35-45%, celulose 23-43% e hemicelulose 3-12%.

Os dados para a composição química da fibra do coco verde são muito parecidos quando comparados com os diversos autores. Segundo Silveira, (2008), a porcentagem da composição química com relação ao teor de celulose, hemicelulose e lignina da fibra do coco verde esta descrito na seguinte proporção: celulose 23-43%, hemicelulose 3-12% e lignina 35-45%.

3.8 PAREDE CELULAR VEGETAL

Todas as células vegetais são envolvidas por uma matriz de polímeros chamada de parede celular que contribui para a integridade estrutural e morfologia da planta que necessita dela para o seu crescimento. A parede celular é um envoltório extracelular presente em todos os vegetais e algumas bactérias, fungos e protozoários. Sendo uma das principais estruturas da célula vegetal que possui uma composição muito diversificada, contendo além de polissacarídeos pequenas quantidades de proteínas e substâncias fenólicas o que lhe confere grande flexibilidade e resistência.

A parede celular atua como um exoesqueleto celular. Segundo Bragatto (2007), a parede celular é uma estrutura muito complexa que possui diversas funções como rigidez mecânica que mantêm a sua morfologia, controle da expansão celular e transporte intercelular, protege a célula contra grande quantidade de organismo potencialmente patogênica e predadores, e também participa na comunicação intercelular.

3.8.1 Estrutura da parede celular

Morfologicamente, a parede celular é dividida em três regiões distintas, lamela média, parede primária e parede secundária BRAGATTO, (2007). A lamela média região de união das paredes primárias de células adjacentes (substâncias pécnicas), células vegetais jovens apresentam uma parede celulósica fina e flexível parede celular primária que se dividem ativamente, parede celular secundária células que têm função de sustentação e transporte.

A parede primária é elástica, de modo a permitir o crescimento celular. Depois que a célula cresceu e atingiu o tamanho e a forma definitivos, forma-se a parede secundária, mais espessa e rígida. A celulose que constitui a parede secundária é secretada através da membrana plasmática, e se deposita entre esta e a superfície interna da parede primária, na qual adere fortemente, como observado na figura 11.

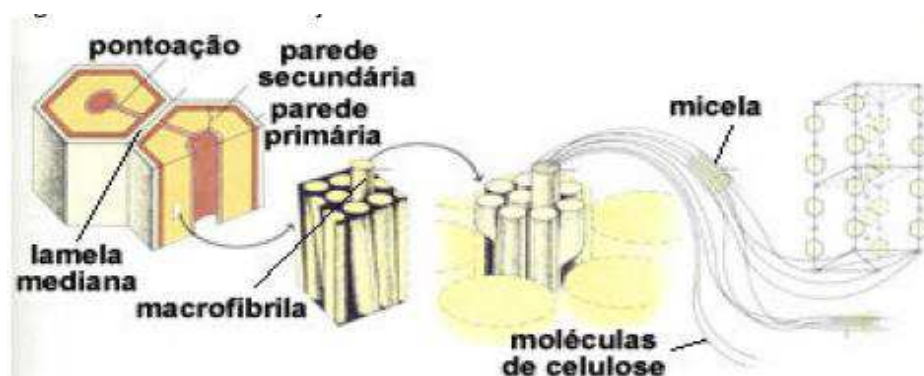


Figura 11. Organização da celulose na parede celular.

Fonte: RAVEN *et al.*; (Biologia Vegetal, 2007).

A transição da parede celular primária para a formação da parede secundária é marcada pela redução da síntese de pectina e um grande aumento na síntese de celulose, hemiceluloses e lignina (RAVEN *et al.*,2001).

3.9 PRINCIPAIS COMPONENTES DA PAREDE CELULAR

A parede celular é constituída basicamente composta por celulose, hemicelulose, além da matriz péctica, protéica e lipídica. Em muitos tipos de células a parede é incrustada pela lignina, com a qual adquire maior rigidez. Os principais compostos químicos constituintes da parede celular são celulose, hemicelulose e substâncias pécticas. Devem ser citados ainda: lignina, compostos graxos (cutina, suberina e ceras), além de substâncias minerais e água (COSTA, 2000).

3.9.1 Celulose

O principal composto da parede celular é a celulose, formada por longas cadeias lineares, com elevado grau de polimerização, e estar presente em todas as fibras naturais, na parede celular do tecido vegetal. Sua fórmula empírica é $(C_6H_{10}O_5)_n$ (FARIAS 2012 *apud* SUMMERSCALES, 2010). A celulose se apresenta em forma de estruturas filamentosas chamadas de microfibrilas constituindo a armação fundamental da parede celular.

Segundo Ribeiro (2010), a celulose responde isoladamente por aproximadamente 40% de toda reserva de carbono disponível na biosfera. Este presente em todas desde árvores altamente desenvolvidas até em organismos mais primitivos e seu conteúdo nessas espécies varia de 20 a 99%.

A celulose é constituída exclusivamente de glicose que forma cadeias por ligações glicosídicas β (1-4) e de ligações de hidrogênio entre as cadeias, com alto grau de polimerização, 2000 a 6000 na parede celular primária e mais de 10000 na parede secundária, produzindo áreas de cristalinidade (WALDRON; PARKER; SMITH, 2003 *apud* SEIBEL; BELÉIA 2008) como pode ser observada na figura 12.

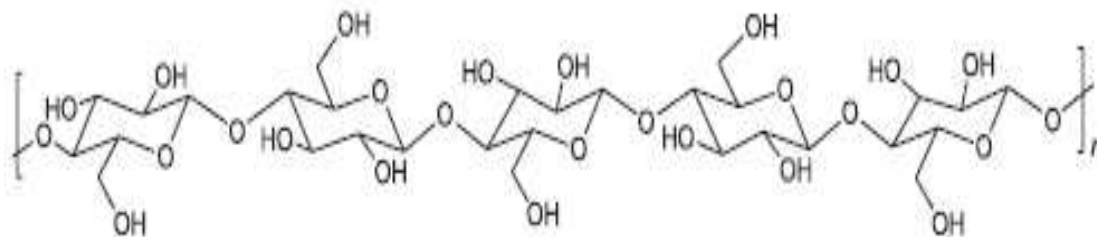


Figura 12. Representação esquemática da molécula de celulose.

Fonte: SANTOS *et.al.*, 2012

E aderida à celulose encontra-se outros polissacarídeos como hemicelulose, pectinas e substância inorgânicas e orgânicas como as de natureza protéica e as lipídicas com cutinas suberinas e ceras como observado na figura 13.

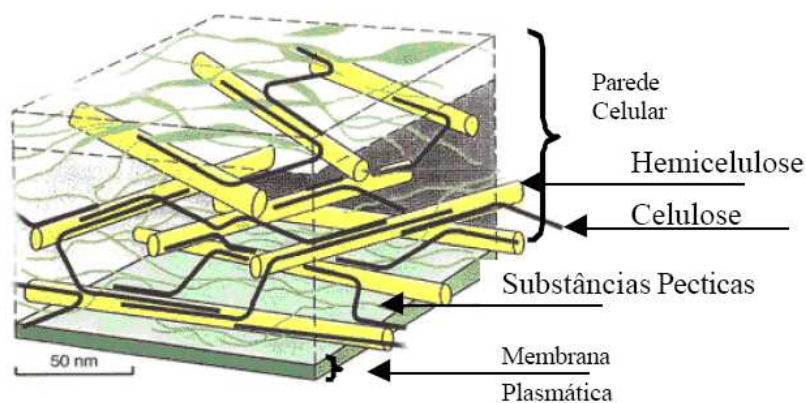


Figura 13. Estrutura da parede celular de plantas.

Fonte: IPPA, (2014).

Seis a oito moléculas de celulose se alinham paralelamente para formar uma fibra onde ocorre a completa expulsão das moléculas de água, tornando a microfibrila extremamente longa e resistente. Sobre a superfície das microfibrilas, aderem-se as hemiceluloses (polímeros heterogêneos que são classificados de acordo com a composição em monossacarídeos) que cobrem a celulose formando o chamado domínio celulose-hemicelulose da parede celular (BUCKERIDGE *et al.*, 2009). As microfibrilas constituem a armação fundamental da parede celular. Estas ficam imersas e embebidas em uma matriz amorfa e hidratada de hemicelulose, pectinas e glicoproteínas.

3.9.2 Hemicelulose

Hemicelulose também chamada de poliose situa-se entre a celulose e a lignina, apresentando natureza heteropolissacarídica ramificada.

A hemicelulose corresponde a um grupo heterogêneo de polissacarídeos ramificados que se ligam firmemente à superfície das microfibrilas de celulose e entre si, cobrindo as microfibrilas e mantendo ligações cruzadas, via ligações de hidrogênio em uma rede complexa (SEIBEL; BELÉIA, 2008).

O termo hemicelulose é utilizado coletivamente para denominar grupos distintos de polissacarídeos constituídos por açúcares pentoses (xilose e arabinose) e/ou hexoses (glucose, manose e galactose), ácidos urônicos e grupos acetila (CARVALHO *et al.*, 2009) representados na figura 14.

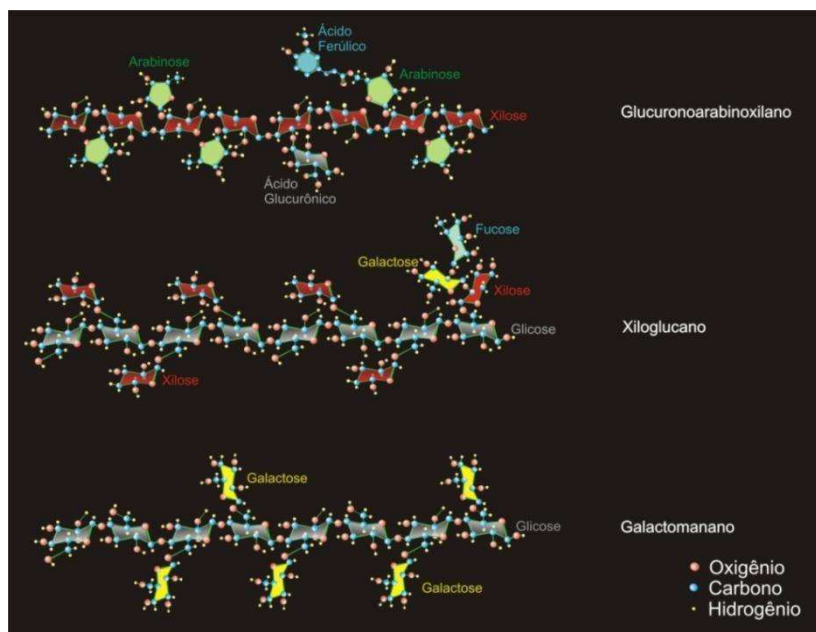


Figura 14. Estrutura química das principais hemiceluloses de parede celular de plantas.

Fonte: BUCKERIDGE *et. al.*, (2009)

3.9.3 Polissacarídeos de reserva da parede celular

Os polissacarídeos de reserva da parede celular são manano, xiloglucanos, galactomananos que estão associados à dureza da semente e relações hídricas.

Os mananos são encontrados em endospermas de sementes de espécies de monocotiledôneas a exemplo a Palmae. Aparentemente têm outras funções além da de reserva. Eles conferem grande dureza às sementes que os acumulam e isso pode ser associado com um sistema de proteção do embrião contra danos mecânicos são artificialmente definidos como contendo mais de 90% de manose formando uma cadeia linear do tipo β -1,4 sem ramificações, podendo ou não o restante estar ramificado com galactose (LIMA, 1999).

A uma deposição de galactomananos nas paredes celulares de células endospermicas durante a maturação das sementes que gera uma mobilização durante a germinação.

Além do papel de reserva, os galactomananos influenciam no fluxo de água devido a sua maior solubilidade nos primeiros estágios da germinação. Este polissacarídeo absorve, proporcionalmente, grande quantidade de água e a distribui ao redor do embrião. São compostos por uma cadeia linear de resíduos de manose unidas por ligações glicosídicas β -(1→4), à qual resíduos de galactose estão unidos por ligações do tipo α -(1→6) (LIMA, 1999).

Xiloglucanos de sementes apresentam uma cadeia principal de β -D-(1→4)-glucano ramificada com ligações α -(1→6) por resíduos de D-xilopiranosídeos ou β -D-galactopiranosídeo-(1→2)-D-xilopiranosídeos (WHITE; RAO, 1953 *apud* LIMA, 1999).

3.9.4 Lignina

É a macromolécula mais abundante depois da celulose nos materiais lignocelulósicos. Associada a celulose e hemicelulose durante a formação da parede celular dos vegetais e tem como finalidade conferir rigidez a mesma. Sua concentração nas fibras influencia a estrutura, as propriedades, a morfologia, a flexibilidade e a taxa de hidrólise.

Fibras com alto teor de lignina são de excelente qualidade e alta flexibilidade (PASSOS, 2005).

3.9.5 Pectina

A pectina é um polissacarídeo com cerca de 150 a 500 unidades de ácidos galacturônicos parcialmente esterificados com grupos metoxilícos, unidos por ligações glicosídicas α -1,4 em uma longa cadeia molecular (COELHO, 2008) representada na figura 15. Com função aglutinante, é um dos principais constituintes da parede celular, localiza-se nos espaços intercelulares e lamelas centrais dos tecidos vegetais.

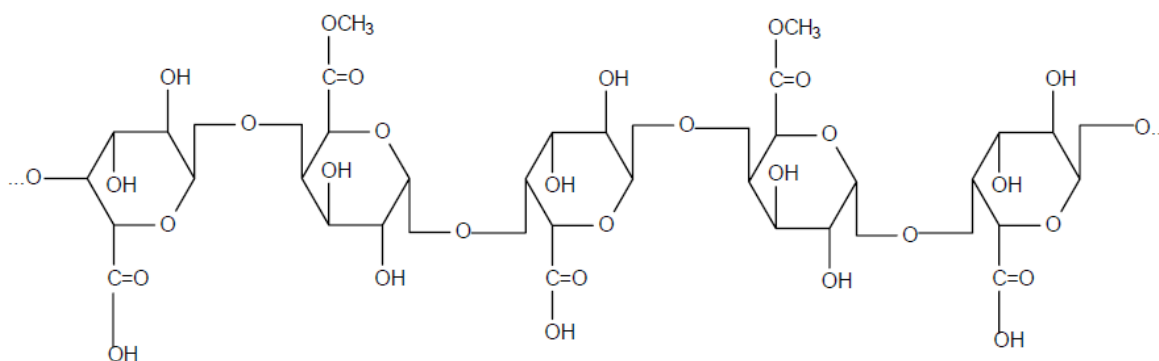


Figura 15. Estrutura geral das pectinas

Fonte: COELHO, 2008 *apud* BOBBIO, 1989.

4. METODOLOGIA

A fibra para o método de extração de celulose e fracionamento da parede celular foi retirada da parte que corresponde ao mesocarpo do coco verde e do coco seco.

O trabalho apresentado consiste em duas partes metodológicas que se realizaram através da extração de celulose da fibra do coco verde e seco, através da metodologia de obtenção direta de celulose no qual se extrai apenas a celulose e descarta os demais constituintes da parede celular.

A segunda metodologia aplicada consiste no fracionamento da parede celular da fibra do coco verde e seco para obtenção e quantificação de seus constituintes químicos.

Foi utilizado no seu desenvolvimento apenas coco proveniente da palmeira de variedade anã, no qual se encontra em maior consumo, principalmente do albúmen líquido e albúmen sólidas sendo suas cascas inteiramente descartadas. As amostras foram coletadas em quiosques e sítios do município de Cuité-PB a pesquisa realizada no Laboratório de Biologia Celular UFCG/CES Campus Cuité-PB. Nas figuras 16 e 17 observa-se a parte da casca que corresponde ao mesocarpo, de onde foram retiradas as fibras para extração de celulose.



Figura 16. Parte do coco verde onde foi retirada a fibra para extração de celulose e fracionamento da parede.



Figura 17. Parte do coco seco onde foi retirada a fibra para a extração de celulose e fracionamento da parede.

4.1 METODOLOGIA I:

4.1.1 EXTRAÇÃO DE CELULOSE DA FIBRA DE COCO SECA E FIBRA DE COCO VERDE.

Para a extração de celulose, foi utilizado o método direto de obtenção de celulose não utilizando a técnica de fracionamento da parede para retirada de seus constituintes. Esse método foi utilizado para as duas amostras, da fibra do coco seco e verde que corresponde ao seu mesocarpo.

Essas etapas foram repetidas em amostras de dois cocos dos diferentes mesocarpos, seco e verde. Desses dois cocos secos e dos dois cocos verdes foram retiradas amostras de quatro de cada um contendo 1g e aplicado o método de extração de celulose figura 18 e 19.



Figura 18. fibras retiradas dos cocos verdes.

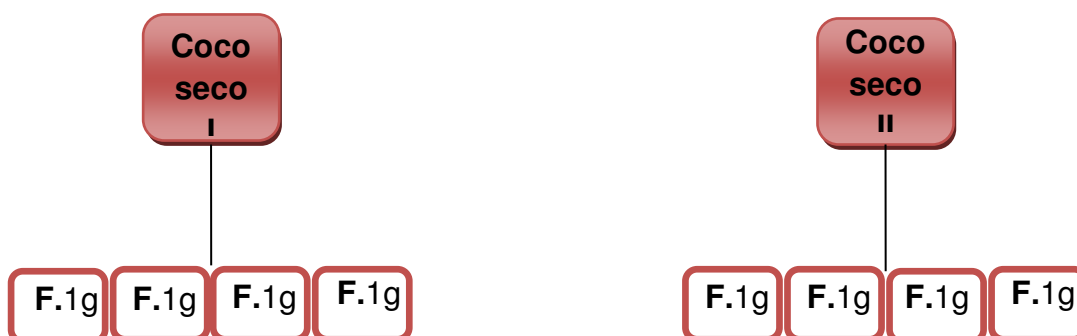


Figura 19. Fibras retiradas dos cocos secos.

A celulose foi obtida diretamente da seguinte maneira utilizando os passos a seguir:

Para cada 1g das amostras de coco verde e coco seco, foram aplicados os seguintes procedimentos:

Antes de começar a extração, a fibra foi lavada para sua higienização em água corrente de torneira e triturada em liquidificador industrial, a fibra do coco verde foi cortada, triturada e lavada em hipoclorito de sódio depois lavada novamente com água destilada e seca em estufa a 50° C. Para a extração com o coco seco foi necessário colocar a fibra para embeber em água com hipoclorito de sódio para seu amolecimento, deixou-se assim por oito horas (overnight) e logo após, foi triturada em liquidificador industrial, lavada com água destilada e seca em estufa bacteriológica a 50° C. Foram retiradas quatro

amostras de 1g de cada uma das fibras dos dois cocos secos e dos dois cocos verdes e colocadas em tubos de ensaio de 50 ml.

Durante a etapa de deslignificação foram adicionadas 25 ml de clorito de sódio de 300 m Mol em Ácido acético 50%. Esta solução foi mantida em banho aquecido a 65 ° C por 1 hora. Após a extração da lignina, o material foi lavado 10 vezes em água destilada e seco em estufa a 60 ° C (overnight).

Na extração com NaOH para a retirada de hemicelulose foram realizadas duas etapas das quais foram realizadas com o NaOH (frio) e NaOH (quente) esse último substituindo a técnica de updegraff realizada com Ácido nítrico bastante utilizada para obtenção de celulose pura e que é de difícil acesso sendo o NaOH um método alternativo para a obtenção dessa celulose pura. Todos os dois métodos foram utilizados NaOH 4M.

Extração com NaOH 4M (frio) para retirada de hemicelulose menos ramificadas: para a extração das hemiceluloses, o material foi tratado com NaOH 4M (frio), o procedimento foi feito a temperatura ambiente, foi adicionado 25ml de NaOH e mantido em agitação constante por uma hora. Logo após a extração o material foi lavado com água destilada por dez vezes e colocado no hipoclorito para o seu clareamento por 8h depois novamente lavado com água destilada por dez vezes e seco em estufa a 60 ° C (overnight).

Na última etapa para obtenção da celulose pura foram realizadas extração com NaOH 4M (quente) foi adicionado ao material 25ml de NaOH e mantida em banho aquecido a 65 ° C por 3 horas. Após a extração final o material foi lavado por dez vezes com água destilada e seca em estufa a 60 ° C (overnight).

Após todas as etapas aplicadas o material foi pesado logo depois de seco obtendo assim o seu resultado final para o teor de celulose presente nessa fibra.

Todo o processo para a extração de celulose da fibra do coco encontra-se descrito na figura 20.

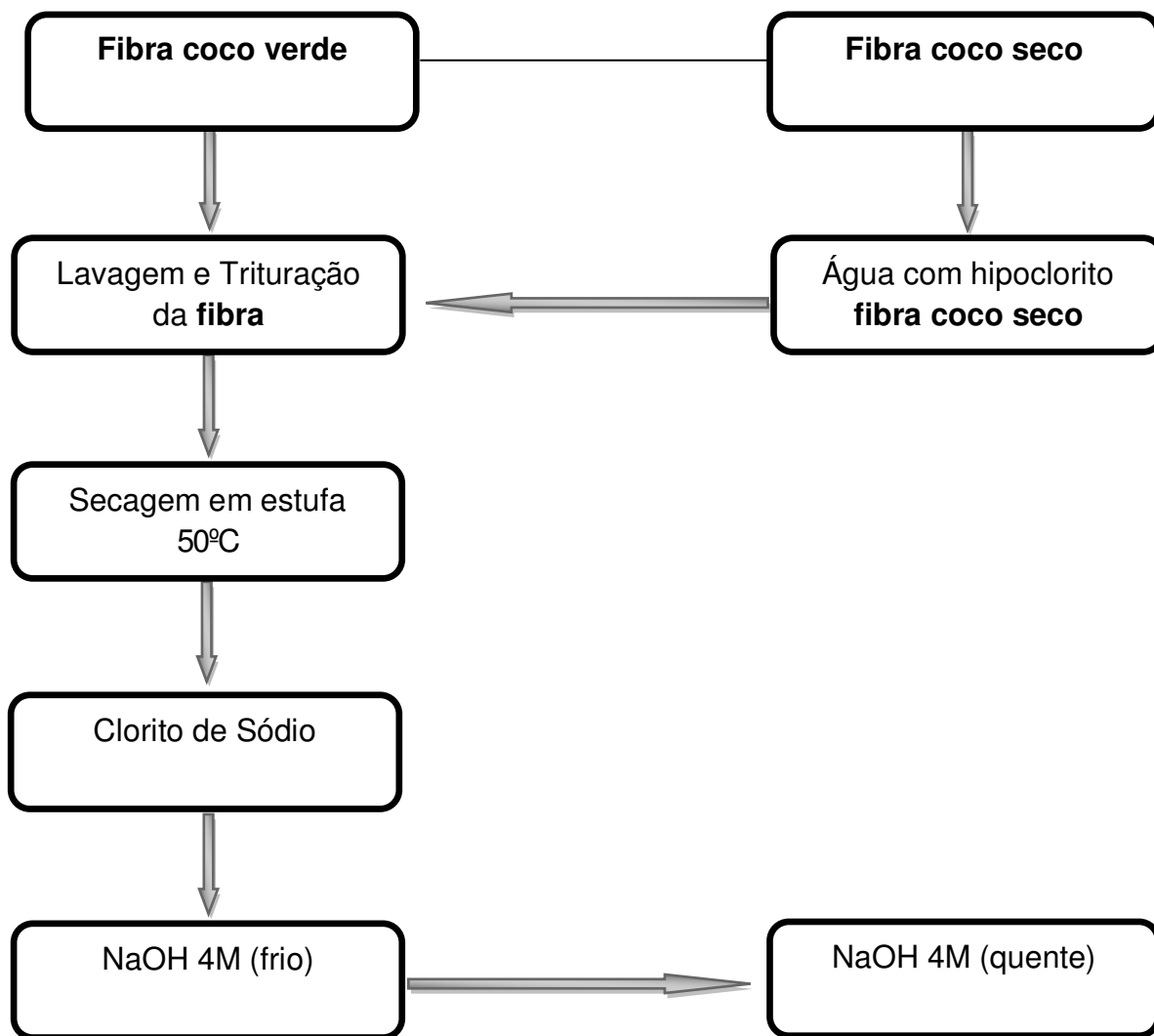


Figura 20. Fluxograma do processo de extração de celulose da fibra do coco verde e seco.

4.2 METODOLOGIA II:

4.2.1 FRACIONAMENTO DA PAREDE CELULAR VEGETAL DA FIBRA DO COCO VERDE E SECO.

Foi utilizado o método de fracionamento adaptado de Gorshkova, (1996).

Para realização das etapas de fracionamento da parede, realizou-se o mesmo processo de higienização da fibra, a lavagem, trituração e secagem em estufa 50 °C aplicados nos métodos de extração de celulose.

Foram retiradas três amostras de 150mg de cada uma das fibras do coco verde e seco, e colocado em tubos de ensaio de 15 ml.

Os passos empregados foram:

Extração etanólica para retirada de açúcares solúveis: para retirada de açúcares solúveis, amostras de 150mg de fibra do coco verde e seco foram colocadas em tubos de 15 ml, ao qual se adicionaram 10 ml de etanol 80%. Então se aplicou um aquecimento em banho a 80° C por 20 minutos com agitação constante. Em seguida o material foi centrifugado 4.000rpm e o sobrenadante descartado. Ao todo foram realizados três repetições desses passos. O precipitado foi lavado com água destilada por três vezes e seco em estufa 50° C overnight.

Extração com oxalato de amônio para retirada de pectinas: o precipitado da extração de açúcares solúveis foi submetido á extração com oxalato de amônio 0,5 % e aquecido em banho a 80° C durante 3 horas com agitação constante. Logo após o material foi centrifugado durante 10 minutos a 4.000 rpm. O precipitado foi lavado três vezes com água destilada e seco em estufa 50° C overnight. Reservou o sobrenadante em seguida precipitou com álcool 80% e seco em estufa 50° C overnight.

Deslignificação: ao precipitado da extração anterior foram adicionadas 10ml de clorito de sódio 300mMol em ácido acético 50%. Esta extração da lignina foi mantida em banho aquecida a 60° C por 1 hora. Após a extração da lignina o material foi centrifugado durante 10 minutos a 4.000rpm, logo após

lavado 10 vezes com água destilada, o sobrenadante descartado e o precipitado seco em estufa a 60° C overnight.

Extração com NaOH para retirada de hemiceluloses: para a extração das hemiceluloses, o material foi tratado sequencialmente com NaOH 1M e 4M. O procedimento foi feito a temperatura ambiente por 1 hora para cada concentração de NaOH. Por fim o sobrenadante de cada extração foi reservado foi reservado e neutralizado com ácido acético e precipitado com álcool 80%, submetido a diálise para retirada do sal e seco em estufa a 60° C overnight. O precipitado foi lavado com água destilada por dez vezes e seco em estufa como nos passos anteriores.

Ao final do fracionamento o precipitado foi pesado e calculado a porcentagem do fracionamento.

Realização do fracionamento para extração das pectinas e extração das hemiceluloses está representada na figura 21.

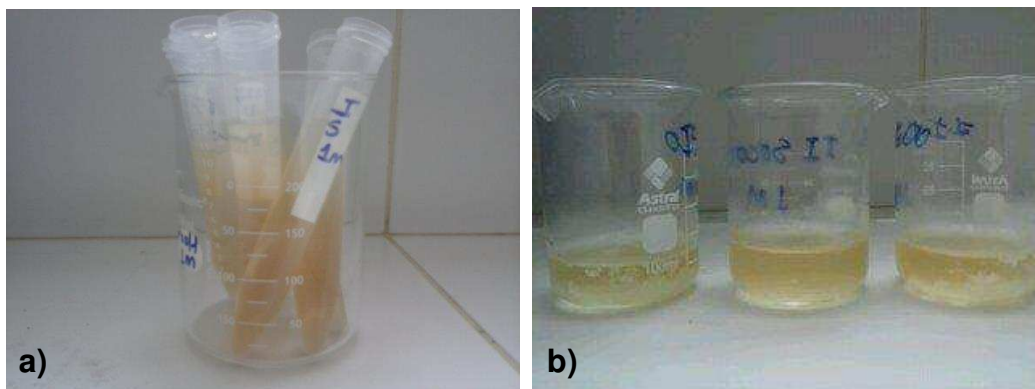


Figura 21. a) Fração NaOH 1M, para obtenção de hemicelulose, b) Fração Oxalato de amônio 0,5%, para obtenção de pectinas. Ambos precipitados em álcool 80%.

Todo o processo realizado para o fracionamento da parede celular da fibra do coco encontra-se descrito na figura 22.

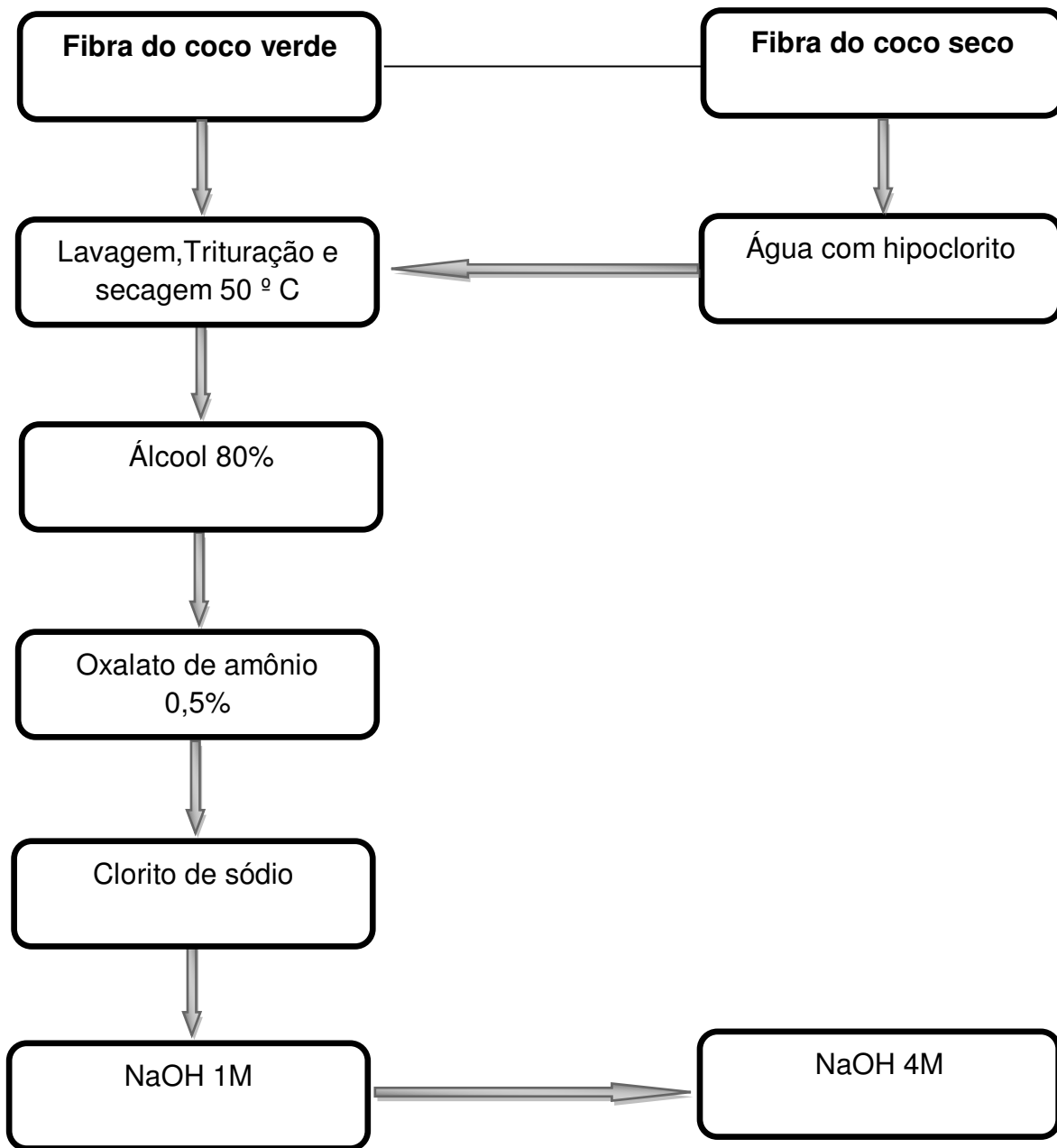


Figura 22. Fluxograma do fracionamento da parede celular vegetal do coco verde e seco.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 RENDIMENTO DA EXTRAÇÃO DE CELULOSE EM FIBRAS DE COCO VERDE E SECO.

O mesocarpo do coco é rico em fibras e a extração de sua celulose torna-se uma forma eficiente para seu aproveitamento.

O rendimento médio de celulose extraído dessa fibra e as etapas as quais foram submetidas para chegar a uma celulose limpa podem ser observados a seguir, mostrando o rendimento a cada etapa.

Nas tabelas 9 e 10 encontram descritos os rendimentos médios de cada etapa de extração que foi submetido a amostra de fibra do mesocarpo do coco verde. Nas tabelas 11 e 12 são apresentados os rendimentos médios de cada etapa de extração que foi submetido à fibra do mesocarpo do coco seco, para chegar ao resultado do rendimento da porcentagem do teor de celulose pura presente em cada fibra.

Tabela 9. Etapas da extração de celulose da fibra do mesocarpo do coco verde na amostra **A**.

Fibra do mesocarpo de coco verde	Material seco inicial	Etapa I	Etapa II	Etapa III	Rendimento celulósico
AMOSTRA A	(g)	Clorito de Sódio	NaOH 4M (Frio)	NaOH 4M (quente)	(%)
I	1g	0,822	0,416	0,322	32,2
II	1g	0,727	0,372	0,282	28,2
III	1g	0,799	0,415	0,314	31,4
IV	1g	0,800	0,415	0,316	31,6

Tabela 10. Etapas da extração de celulose da fibra do mesocarpo do coco verde na amostra **B**.

Fibra do mesocarpo de coco verde	Material seco inicial	Etapa I	Etapa II	Etapa III	Rendimento celulósico
AMOSTRA B	(g)	Clorito de Sódio	NaOH 4M (Frio)	NaOH 4M (quente)	(%)
I	1g	0,899	0,430	0,320	32
II	1g	0,827	0,415	0,306	30,6
III	1g	0,870	0,412	0,296	29,6
IV	1g	0,805	0,400	0,282	28,2

O rendimento médio e os valores percentuais obtidos em cada etapa de extração da fibra de coco verde são equiparados aos valores apresentados para as etapas de extração realizadas na fibra do coco seco observadas nas tabelas 11 e 12.

Tabela 11. Etapas da extração de celulose da fibra do mesocarpo do coco seco na amostra **A**.

Fibra do mesocarpo do coco seco	Material seco inicial	Etapa I	Etapa II	Etapa III	Rendimento celulósico
AMOSTRA A	(g)	Clorito de Sódio	NaOH 4M (Frio)	NaOH 4M (quente)	(%)
I	1g	0,929	0,435	0,300	30
II	1g	0,915	0,417	0,280	28
III	1g	0,862	0,412	0,292	29,2
IV	1g	0,802	0,419	0,282	28,2

Tabela 12. Etapas da extração de celulose da fibra do mesocarpo do coco seco na amostra **B**.

Fibra do mesocarpo de coco seco	Material seco inicial	Etapa I	Etapa II	Etapa III	Rendimento celulósico
AMOSTRA B	(g)	Clorito de Sódio	NaOH 4M (Frio)	NaOH 4M (quente)	(%)
I	1g	0,925	0,464	0,329	32,9
II	1g	0,920	0,435	0,306	30,6
III	1g	0,922	0,417	0,300	30
IV	1g	0,902	0,415	0,290	29

Tabela 13. Rendimento médio de celulose para as amostras do mesocarpo do coco seco e verde.

Amostras fibras do mesocarpo do coco	Fibra coco verde Amostra A	Fibra coco verde Amostra B	Fibra coco seco Amostra A	Fibra coco seco Amostra B
RENDIMENTO CELULÓSICO	(%)	(%)	(%)	(%)
I	32,2	32,0	30,0	32,9
II	28,2	30,6	28,0	30,6
III	31,4	29,6	29,2	30,0
IV	31,6	28,2	28,2	29,0
MÉDIA	30,85 ±1,8	30,1 ±1,7	28,85 ±0,8	30,63 ±1,3

O rendimento médio representado na tabela 13 da extração da celulose do mesocarpo do coco seco variou entre 32,9% e 28%, respectivamente. Enquanto que, o rendimento da extração de celulose do mesocarpo do coco verde variou entre 32,2% e 28,2%, respectivamente, o que corrobora com os

dados da literatura que relatam que, o coco verde possui celulose, cerca de 23-43% PINO, (2005), ARAGÃO *et al.*, (2006), SILVEIRA, (2008).

Para visualização dos resultados, utilizaram-se os dados obtidos para confeccionar o gráfico das médias e desvios-padrão dos percentuais. Nele pode-se notar facilmente que não existem grandes variações dos percentuais quando comparados aos valores das amostras para fibra do coco seco e verde descritos na figura 23.

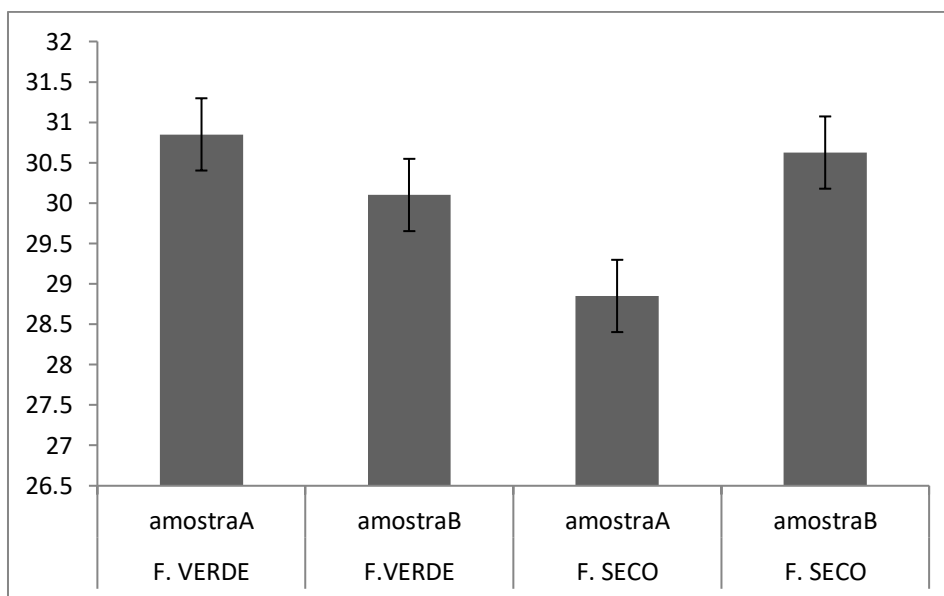


Figura 23. Valores de média e desvio padrão obtidos através da extração de celulose.

Fonte: dados da pesquisa, 2014.

No que se refere a cada etapa aplicada nas fibras para extração de celulose, observamos que inicialmente a fibra do coco verde possui coloração mais clara quando comparada a fibra do coco seco que além de coloração escura e mais rígida, mas ao final da extração, ambas apresentam as mesmas características observadas na figura 24 e 25.

Na última etapa a extração com NaOH (quente) em ambas as fibras adquirem uma coloração marrom com a liberação dos compostos fenólicos e o seu clareamento foi realizado com hipoclorito de sódio 3%. De acordo com os resultados apresentados na figura 24 e 25 as amostras se apresentam brancas como exigidas pela indústria.

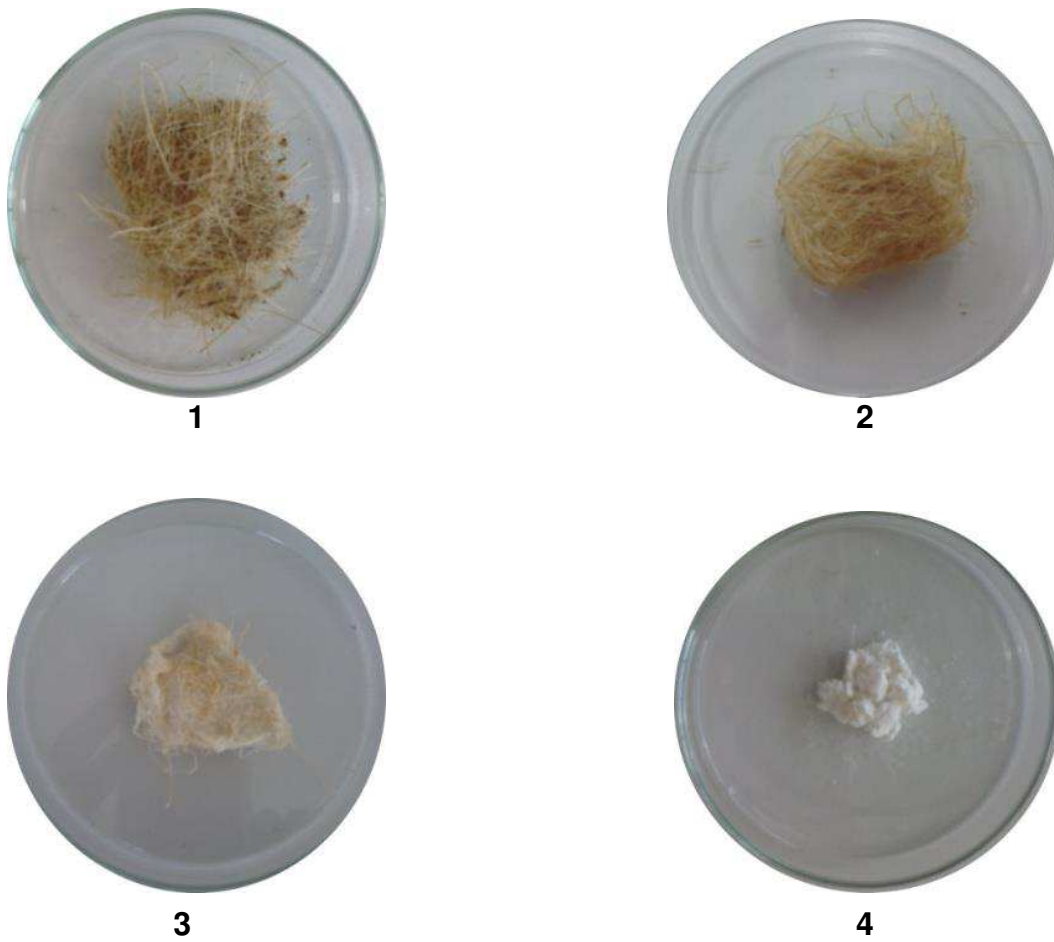


Figura 24. Etapas da extração de celulose da fibra do coco verde. **1** fibra com hipoclorito 3%, **2** Clorito de Sódio 0,3M, **3** NaOH 4M (frio), **4** NaOH 4M (quente).



Figura 25. Etapas da extração de celulose da fibra do coco seco. **1** Fibra com hipoclorito 3%, **2** Clorito de Sódio 0,3M, **3** NaOH 4M (frio), **4** NaOH 4M (quente).

5.2 FRACIONAMENTO DA PAREDE CELULAR DO *COCOS NUCIFERA L.*

Após o fracionamento da parede celular da fibra do coco seco e verde obteve-se os percentuais dos componentes de parede. E esses componentes foram obtidos durante as extrações com Oxalato de Amônio 0,5% e NaOH 1M e 4M.

Foi extraída das fibras os açúcares solúveis com etanol e as ligninas com clorito de sódio. Na extração com Oxalato de Amônio 0,5% obteve-se o percentual de pectinas e no fracionamento com NaOH 1M e 4M obteve-se o percentual de hemicelulose de ambas as fibras.

Na fração NaOH 4M não foi observado presença de hemicelulose o que constata que a fração 1M foi suficiente para extração desse constituinte.

5.2.1 Fracionamento da parede celular da fibra do coco verde e seco.

Na tabela 14 e 15 estão representados os valores de cada etapa do fracionamento e seu rendimento de parede da fibra do coco verde e seco, respectivamente.

Tabela 14. Etapas do fracionamento e rendimento de parede da fibra do coco verde.

Fibra coco verde	Peso inicial	Oxalato de Amônio 0,5%	NaOH 1M	Resíduo de parede	Rendimento de parede
	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)
I	0,150	0,003	0,005	0,109	78,0
II	0,150	0,004	0,006	0,100	73,3
III	0,150	0,004	0,005	0,108	78,0

Tabela 15. Etapas do fracionamento e rendimento de parede da fibra do coco seco.

Fibra coco seco	Peso inicial	Oxalato de Amônio 0,5%	NaOH 1M	Resíduo de parede	Rendimento de parede
	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)
I	0,150	0,004	0,005	0,103	74,6
II	0,150	0,004	0,006	0,108	78,6
III	0,150	0,004	0,005	0,109	78,6

O teor de hemicelulose encontrado para a fibra do coco verde e seco variou entre 3,3% e 4%, respectivamente, descritos na tabela 16, não havendo diferenças nos percentuais entre ambas as fibras. Como já citado por outros autores Aragão *et al.*, (2006) e Silveira (2008), coco apresenta teor de hemicelulose 3-12%.

Tabela 16. Rendimento (%) de hemicelulose da fibra do coco verde e seco.

Hemicelulose	Fibra de coco verde (%)	Fibra de coco seco (%)
I	3,3	3,3
II	4,0	4,0
III	3,3	3,3

Na obtenção das hemiceluloses pouco foi à variação dos percentuais quando comparado à fibra do coco verde e seco, como representado na figura 26.

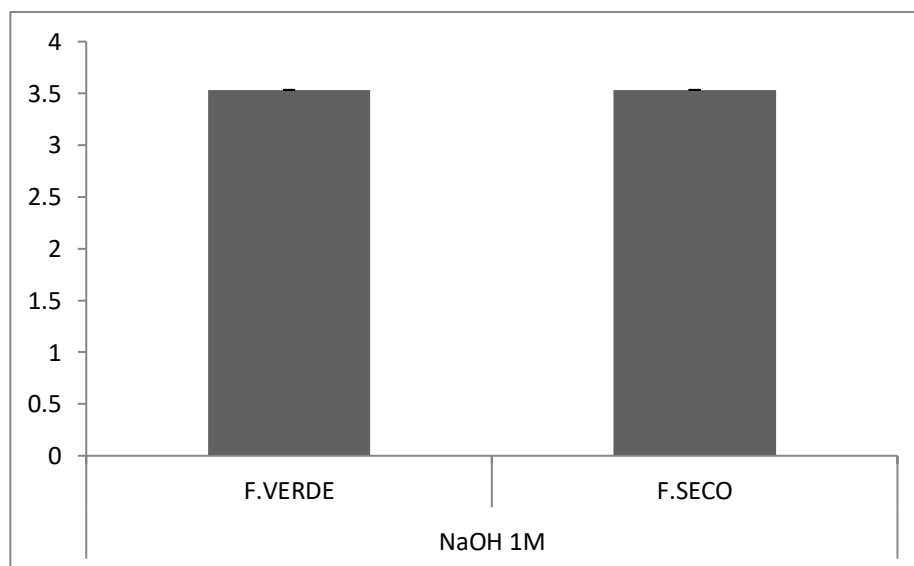


Figura 26. Valores de média e desvio padrão através da fração NaOH 1M, para obtenção das hemiceluloses.

O teor de pectinas apresentados para ambas as fibras do coco verde e seco variou entre 2% e 2,6%, respectivamente, descritos na tabela 17 não havendo diferenças significativas em seus percentuais. Segundo Mendes (2002) apud Santiago e Selvam (2007), afirma que o percentual de pectinas do

coco é de 4,9%, e essa variação comparada à apresentada na literatura se devem a vários fatores como a origem, tipo de cultivo e tempo de colheita do fruto que pode variar de uma localidade para outra, entre outros.

Tabela 17. Rendimento (%) de pectinas da fibra do coco verde e seco.

Pectinas	Fibra de coco verde (%)	Fibra de coco seco (%)
I	2,0	2,6
II	2,6	2,6
III	2,6	2,6

Na obtenção das pectinas pouco foi à variação dos percentuais quando comparado à fibra do coco verde e seco, como representado na figura 27.

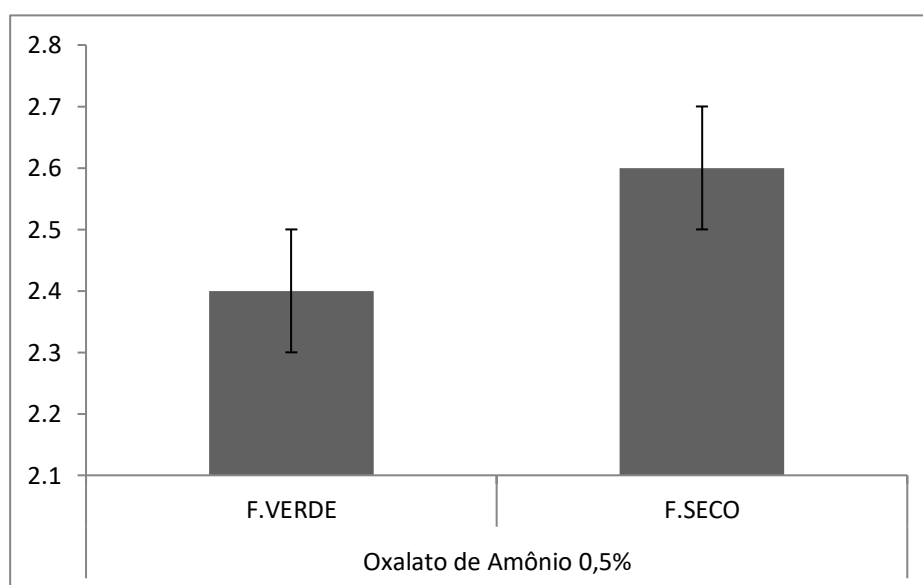


Figura 27. Valores de média e desvio padrão obtidos através da fração Oxalato de Amônio 0,5%, para obtenção de pectinas.

No fracionamento da parede do coco permitiu o desmontamento da parede produzindo um resíduo final. A porcentagem desse fracionamento pode ser observada na tabela 18.

Tabela 18. Rendimento (%) do resíduo de parede da fibra do coco verde e seco.

Resíduo de parede	Fibra de coco verde (%)	Fibra de coco seco (%)
I	72,7	68,7
II	66,7	72,0
III	72,0	72,7

Esse resíduo final pode ser submetido ao tratamento com NaOH 4M (quente) para retirada das hemiceluloses mais ramificadas e a obtenção da celulose pura.

6. CONCLUSÃO

No presente trabalho é possível concluir que ambas as fibras do coco verde e seco apresentaram um rendimento de resíduos celulósicos iguais e com ótimo percentual para seu aproveitamento, podendo torna-se uma alternativa viável para aplicação na indústria por apresentar uma celulose branca com alto grau de pureza e assim contribuir para minimizar o impacto ambiental provocado pelo seu descarte.

Não existem diferenças nos seus percentuais para o fracionamento de parede quando comparadas ambas as fibras. Todos os resultados obtidos corroboram com os dados da literatura.

Como podemos constatar, que o desenvolvimento sustentável requer cada vez mais a utilização de fontes alternativas e a celulose extraída da fibra do coco pode vir a ser uma forma promissora de promover seu aproveitamento.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ADELINA, M. **Disciplina ciências das fibras têxteis**. FATEC-AMERICANA, 2009.
- ANDRADE, A.M. *et. al.*, Pirólise de resíduos do coco-da-baía (*Cocos nucifera Linn*) e análise do carvão vegetal. **Revista Árvore**, v.28, p. 707-714, 2004.
- ARAGÃO, W.M. *et.al.*, **Água de coco**. Documentos 24. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 32p., 2001.
- ARAGÃO, W.M. **Coco: pós-colheita**. Série frutas do Brasil. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 76p., 2002
- BRAGATO, J. **Avaliação da composição química da parede celular de plantas de tabaco (*Nicotiana Tabacum*) que superexpressam o gene *ugdh* de soja, que codifica a enzima UDP- glicose desidrogenase (E C.1.1.22)**. (Dissertação mestrado). Piracicaba, 2007.
- BRÍGIDA. A.I.S. **Imobilização de lípases utilizando fibra de coco verde como suporte para aplicações industriais**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. (Tese Doutorado). Rio de Janeiro, 2010.
- BRITO, I.P. **Caracterização e aproveitamento da água de coco seco (*Cocos nucifera L.*) na produção de bebidas**. Universidade Federal de Pernambuco (Dissertação de Mestrado), 118p., 2004.
- BUCKERIDGE, M. S. *et. a.,* **As rotas para o etanol celulósico no Brasil**. Departamento de Botânica - IBUSP. Butantã, 2009.
- BUZETTI, *et. al.*, **Diagnose foliar na cultura do coco**. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Centro de Solos e Recursos Ambientais do Instituto Agrônomo, 2011.
- CORRADINI, E. *et al.*, Composição química, propriedades mecânicas e térmicas da fibra de frutos de cultivares de coco verde. **Rev. Bras. Frutic.** v. 31, n. 3, p.837-846. Jaboticabal, 2009.

CARVALHO, W. *et. al.*, **Uma visão sobre a estrutura, composição e biodegradação da madeira**. Departamento de Biotecnologia, Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Quim. Nova, Vol. 32, No. 8, 2191-2195. Lorena, 2009.

COELHO, M. T. **Pectina: Características e Aplicações em Alimentos**. Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Ciência dos Alimentos. Disciplina de Seminários em alimentos. Pelotas, 2008.

COSTA, M. C. DE C. D. **A célula vegetal**. Estrutura. Características funcionais e principais produtos da atividade metabólica celular. *s.d.*

FERRAZ, J. M. **Produção e propriedades de painéis de fibra de coco verde (*Cocos nucifera* L.) em mistura com cimento Portland**. Brasília 2011.

FAO 2011. **World Production**. Disponível em: <www.faostat.org.br>. Acesso em: 03 set. 2013.

FERREIRA, J. A. **Desenvolvimento e avaliação de metodologia para determinação de resíduos de pesticidas no estipe do coqueiro (*Cocos nucifera* L.), utilizando as técnicas de mspd e hpcl-dad**. (Dissertação mestrado). São Cristovão 2012.

FONTES, H.R. **Produção e obtenção de mudas**. In: FONTES, H.R.; FERREIRA, J.M.S.; SIQUEIRA, L.A. Sistema de produção para a cultura do coqueiro. Aracaju: Empresa Brasileira em Pesquisa Agropecuária-Embrapa, 2002, p.20.

FARIAS, J. G. G. **Modificação superficial de fibras de coco por tratamento a plasma para utilização como fase de reforço em amido termoplástico**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro 2012.

FOALE, M.; HARRIES, H. Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Coconut (*Cocos nucifera*). In: ELEVITCH, C. R. (Ed.). **Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry**, Holualoa, Hawai'i: Permanent Agriculture Resources (PAR), 2009. Disponível em:<<http://agroforestry.net/scps>>. Acesso em: 03 set. 2013.

GORSKOVA, T. A. *et. al.*, Cell-wall polysaccharides of developing flax plants. **Plant Physiology** 110: 721 – 729. 1996.

IPPA – International Pectin Producers Association. **What is pectin?** Disponível em: <http://www.ippa.info/what_is_pectin.htm>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2014.

JESUS JÚNIOR, C. R. M. L. A. **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional - Panorama 2010**. EMBRAPA 2011. Aracaju, 2011.

JERONIMO, C. E. M. Tecnologias limpas aplicadas a gestão dos resíduos do coco. **Revista Qualidade Emergente**, 2012, v.3 n.1: 20-29.

JORDÃO, C. **Célula vegetal**. Disponível em: www.academia.edu. Acesso em: 20 jan.2014.

LEÃO. A. M. **Fibras de licuri: um reforço alternativo de compósitos poliméricos**. Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte. (Dissertação Mestrado). Natal, 2008.

LIMA, D. U. **Polissacarídeos de reserva de parede celular em sementes. estrutura, metabolismo, funções e aspectos ecológicos**. Seção de Fisiologia e Bioquímica de Plantas, Instituto de Botânica de São Paulo. Palestra proferida no VII Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, Brasília, julho de 1999.

LORENZI, H. Árvores Brasileiras. **Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas no Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum.v.1,p.368,4^aed,2002.

MAGALHÃES, H.M. **Dormência e germinação de coquinho-azedo: substâncias inibidoras nos pirênios e morfoanatomia dos embriões e de plântulas**. Universidade Federal de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado). Montes Claros, 2011.

NEVES, M. F.; CASTRO, L. T. Agronegócio, Agregação de valor e Sustentabilidade. In: XXXI Encontro da ANPAD, 2007, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2007.

NUNES, M. U.C. Santos, J.R. **Alternativas tecnológicas para o aproveitamento de resíduos do coqueiro gigante para a produção de adubo orgânico; compostagem e outros.** EMBRAPA, 2009.

PASSOS, P.R. de A. **Destinação sustentável de cascas de coco verde: Obtenção de telhas e chapas de partículas.** (Tese doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

PASSOS, P. R. A. **Destinação sustentável de cascas de coco (*Cocos nucifera*) verde: obtenção de telhas e chapas de partículas.** (Tese Doutorado) Curso de Ciências em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

PRADO, K. S.; SPINACÉ, M. A. S. **Caracterização de fibras lignocelulósicas de resíduos agroindustriais.** Sociedade Brasileira de Química (SBQ) 34a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Centro de Ciências Naturais e Humanas, Universidade Federal do Santo André. Santo André 2009.

PINO, G.A.H. **Biossorção de Metais Pesados Utilizando Pó da Casca de Coco Verde (*Cocos nucifera*)** Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

RAVEN, P.H. et al., **Biology of plants.** New York: Worth Publi., 2001. 791 p.

RAVEN, P. H. *et. al.*, **Biologia Vegetal.** Rio de Janeiro, Guanabara Koogan S. A. 7 ed., 2007.

RIBEIRO, J.A.B. **Hidrólise de resíduos lignocelulósicos utilizando extrato enzimático celulolítico produzido por *trichoderma reesi* atcc2768.** (Dissertação mestrado). Natal, 2010.

ROSA, M. de F. *et. al.*, **Utilização da casca de coco como substrato agrícola.** Fortaleza: Embrapa agroindústria tropical. 2002.p.24. (Documentos, 52).

ROSA, M. F. *et. al.*, **Processo agroindustrial: obtenção de pó de casca de coco verde.** Comunicado Técnico 61. Fortaleza, 200. P. 3-4.

SANTIAGO, H. B.; SELVAM, P.V.P. Tratamento superficial da fibra do coco: estudo de caso baseado numa alternativa econômica para a fabricação de materiais compósitos. **Revista Analytica**. Dezembro de 2006/Janeiro 2007. N°26.

SÁTIRO, J. R. *et. al.*, **Estudo do Potencial da Casca do Coco Verde para Obtenção de Etanol Lignocelulósico**. VII CONNEPI Congresso norte e nordeste de pesquisa e inovação. Palmas, 2012.

SANTOS, D. Y. A. C. *et. al.*, **Curso de atualização de professores de educação básica: a botânica no cotidiano**. Instituto de Biociências Ensino de Botânica. São Paulo, 2008

SANTOS, F. A. *et. al.*, **Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol**. Universidade Federal de Viçosa. *Quim. Nova*, Vol. 35, No. 5, 1004-1010, 2012.

SENHORAS, E.M. **Estratégia de uma Agenda para a Cadeia Agroindustrial do Coco**. Campinas: ed. ESC, 2003.

SENHORAS, E.M. **Estratégias de uma agenda para a cadeia agroindustrial do coco: transformando a ameaça dos resíduos em oportunidades eco-eficientes**. Universidade Estadual de Campinas Instituto de Economia, Campinas, 2003.

SENHORAS, E.M. Oportunidades da cadeia Agroindustrial de coco verde. Do coco verde nada se perde tudo se desfruta. **Revista Urutágua**. Disponível em: <www.urutagua.uem.br> Acesso em: 10 nov. de 2013.

SEIBEL, N. F.; BELÉIA, A. D. P. Carboidratos das fibras de cotilédones e proteínas de produtos derivados de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Carbohydrates from cotyledon fibers and proteins of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) derivatives**. 2008.

SIEBRA *et. al.*, Desempenho bioeconômico de suínos em crescimento e terminação alimentados com rações contendo farelo de coco. **Revista brasileira de Zootecnia**. Vol. 37 n°11 Viçosa Nov. 2008.

SILVA, *et. al.*, **Fibras lignocelulósicas na química de polímeros e em compósitos**. Departamento de química, Universidade Estadual de Maringá, Quim. Nova, vol. 32, no. 3, 661-671. Maringá. 2009.

SILVA, G. O; JERÔNIMO, C. E. **Estudo de alternativas para o aproveitamento de resíduos sólidos da industrialização do coco**. Curso de MBA em Gestão e Perícia Ambiental, UNI-RN. Natal, 2012.

SILVA, R. V. *et. al.*, **Fracture toughness of natural fibers/castor oil polyurethane composites**. Composites Science Tecnology, Barking, v.66, n.10, p.1328-1335, 2006.

SILVA, O.S.O. *et. al.*, **Aceitabilidade de produtos para a construção civil produzidos a base de fibra de coco na visão de especialistas do setor: um estudo de caso para a cidade de Natal**. Natal, 2003.

SILVEIRA, M. S. **Aproveitamento das cascas de coco verde para produção de briquete em Salvados - BA**. 163 f. (Dissertação Mestrado). Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2008.

SILVA, O. S. *et. al.*, **Aceitabilidade de produtos para a construção civil produzidos a base de fibra de coco na visão de especialistas do setor: Um estudo de caso para a cidade de Natal**. UFRN. Natal, 2003.

TONOLI, G.H.D. **Fibras curtas de Eucalipto para novas tecnologias em fibrocimento**. Universidade de são Paulo, Escola de Engenharia de são Carlos. Instituto de Física de são Carlos, Instituto de Química de São Carlos. São Carlos 2009.

TOMCZAK. F. **Estudos sobre a estrutura e propriedades de fibras de coco e curauá do Brasil**. (Tese Doutorado). Curitiba, 2010.