



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

RENATA DUQUE SISTONS

**SOLUBILIDADE DE BIOMASSA DA FIBRA DO COCO (*Cocos nucifera L.*) EM
DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE NAOH**

Prof. Dr. HEBER DOS SANTOS ABREU

Orientador

SEROPÉDICA, RJ

JUNHO – 2015



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

RENATA DUQUE SISTONS

**SOLUBILIDADE DE BIOMASSA DA FIBRA DO COCO (*Cocos nucifera* L.) EM
DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE NAOH**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheira Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. HEBER DOS SANTOS ABREU

Orientador

SEROPÉDICA, RJ

JUNHO – 2015

**SOLUBILIDADE DE BIOMASSA DA FIBRA DO COCO (*Cocos nucifera L.*) EM
DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE NAOH**

RENATA DUQUE SISTONS

Monografia aprovada em 25 de Junho de 2015.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Heber dos Santos Abreu – UFRRJ
Orientador

Msc. Monique de Moura Gurgel – UFRRJ
Membro

Msc. Gisely Lima de Oliveira – UFRRJ
Membro

DEDICATÓRIA

A Deus.

À minha família.

Aos meus amigos sinceros.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, ao meu Deus dedico toda a minha gratidão, pelo amor, pela vida e pelas bênçãos que não mereço.

Agradeço aos meus pais, Josias e Nelma, cujo amor incondicional e orações me deram o suporte necessário para concluir mais esta etapa.

Ao meu irmão Renan e minha cunhada Daniele, agradeço o imenso carinho e preocupação.

Ao meu namorado Vinicius, obrigada pelo amor puro, companheirismo e compreensão.

Ao meu querido orientador, professor Dr. Heber dos Santos Abreu que com tanto carinho aceitou o desafio de me orientar, e que com tanta paciência honrou seu compromisso.

Aos meus queridos companheiros de laboratório, Gisely de Lima Oliveira, Bruno Couto da Silva, Monique de Moura Gurgel, e em especial ao José Carlos Ferreira Batista, Vinicius Cadete, Wagner Lossano e Marcello Ribeiro, cuja amizade, parceria e cafés tornaram as muitas horas de laboratório infinitamente prazerosas. Não teria conseguido metade dessa realização sem a ajuda de vocês. Sem dúvidas as lembranças dos momentos no laboratório permanecerão em meu coração.

À minhas queridas amigas de república, Amanda Santorum, Paula do Espírito Santo, Thalita Stevens e Ana Carollina Davis, pelo companheirismo, pelo suporte, pelos muitos chocolates, pipocas, pelas fofocas e gargalhadas. A convivência ao lado de vocês me mostrou que Deus me deu mais que pessoas para dividir contas, mas pessoas para dividir minha vida. Minha jornada na UFRRJ não teria metade da felicidade se não fosse por vocês.

Aos amigos que a Rural me proporcionou Thayanne Neto, Talles Assis, Lucas Avellar, Fernanda Tavares, Lucas Madureira (Bidu), Vanessa Pimenta, Sadi Castro e Rodrigo Hottz, a minha mais sincera gratidão por todo o amor proporcionado, pela contribuição na construção do meu conhecimento científico e, principalmente, pela amizade sincera.

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo verificar a solubilidade da biomassa das fibras do mesocarpo do *Cocos nucifera L.*, frente a diferentes concentrações de hidróxido de sódio. Esta metodologia atende o pressuposto que a fibra do coco pode ser utilizada para a produção de bioetanol ou de outros produtos sustentáveis. Da casca foi selecionado a fibra e descartado o tecido parenquimatoso. O material fibroso foi moído, separado por diferença de densidade em água, seco e em seguida, extraído com ciclo hexano, acetato de etila, metanol e água destilada. Foram testados as soluções de NaOH a 1%, 2%, 3%, 4% e 5%. Após estes procedimentos foram realizados os testes de lignina de Klason, holocelulose por cloração e espectroscopia de infravermelho. Foi aplicado a Análise de Variância e o Teste de Tuckey nos resultados referentes ao peso antes e após os tratamentos alcalinos, que mostraram diferença significativa entre si, exceto os de 4 e 5%. Os resultados referentes à lignina de Klason mostraram uma diminuição gradativa conforme o aumento da concentração de NaOH na solução, exceto nas amostras com concentração a 1%, onde a degradação se pronunciou de forma mais intensa. A holocelulose por cloração revelou que os teores de hemicelulose e celulose pouco se alteraram com o tratamento alcalino. Os espectros no infravermelho indicaram através de uma análise semiquantitativa comparativa, utilizando a razão entre os sinais em torno de $1600/1500\text{ cm}^{-1}$; diferentes tipos de ligações presentes na lignina influenciaram na solubilização da biomassa.

Palavras-chave: Mesocarpo, lignina, celulose, holocelulose, biomassa.

ABSTRACT

This study aimed to verify the solubility of biomass of *Cocos nucifera L.* mesocarp fibers with different concentrations of sodium hydroxide. This methodology meets the assumption that the coconut fiber may be used for the production of bioethanol or other organic products. From the bark fiber was selected and the parenchymal tissue was discarded. The fiber material was ground, separated by difference in density in water, dried and then extracted with cyclohexane, ethyl acetate, methanol and distilled water. The NaOH solutions were tested at 1%, 2%, 3%, 4% and 5%. After these steps, the Klason lignin, holocellulose by chlorination and infrared spectroscopy were performed. Analysis of Variance and the Tukey test were applied to the results for the weight before and after the treatments, which showed significant difference between them, except the 4 and 5%. Results of Klason lignin showed a gradual decrease with increasing NaOH concentration in the solution, except for the samples with concentration 1%, where degradation pronounced more strongly. Holocellulose by chlorination indicated that the cellulose and hemicellulose changed little with the alkali treatment. Infrared spectra shown by a comparative semi-quantitative analysis, using the ratio of the signals around $1600/1500\text{ cm}^{-1}$, different types of bonds present in the lignin affected the solubilization of biomass.

Keywords: Mesocarp, lignin, cellulose, holocelulose, biomass

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 <i>Cocos nucifera</i> L.....	2
2.2 Composição Química.....	3
2.2.1 Celulose.....	3
2.2.2 Hemicelulose.....	3
2.2.3 Lignina.....	4
2.3 Tratamento Alcalino	5
2.3.1 Celulose.....	5
2.3.2 Hemicelulose.....	6
2.3.3 Lignina.....	6
3. MATERIAL E MÉTODOS	7
3.1 Preparação da Amostra livre de Extrativos.....	9
3.2 Análises Químicas.....	9
3.2.1 Solubilidade em hidróxido de sódio (NaOH).....	9
3.2.2 Análise de variância	10
3.2.3 Teor de Lignina	11
3.2.4 Infravermelho	12
3.2.5 Holocelulose por Cloração	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4.1 Análise Estatística.....	13
4.2 Solubilidade em meio alcalino.....	14
4.3 Espectrometria de Infravermelho da Lignina de Klason.....	19
5. CONCLUSÕES.....	23
ANEXOS	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise de variância dos pesos das amostras tratadas com NaOH.	13
Tabela 2. Contraste entre as médias dos pesos dos tratamentos de solubilidade em NaOH. ..	14
Tabela 3. Médias dos pesos entre os tratamentos de solubilidade em NaOH.	14
Tabela 4. Valores de holocelulose e de lignina e respectiva origem dos materiais (ESMERALDO et al, 2010).	15
Tabela 5. Dados obtidos do infravermelho e atribuições dos sinais da espectrometria de infravermelho da lignina de Klason (adaptada de LIN & DENCE, 1992).	21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Partes do fruto do <i>Cocos nucifera L.</i>	2
Figura 2. Esquema de parte da estrutura supramolecular da celulose (PEREIRA <i>et al.</i> , 2012).	3
Figura 3. Os três precursores finais da lignina com os possíveis sítios ativos (asteriscos) das ligações formadas entre as unidades constitucionais (C6C3) durante o processo de lignificação (MONTEIRO <i>et al.</i> , 2004).....	4
Figura 4. Efeito do tratamento alcalino sobre compostos na parede celular de fibras naturais (MWAIKAMBO, 2002).	5
Figura 5. Possível mecanismo do rearranjo molecular das cadeias de celulose na mercerização (SHIBAZAKI <i>et al.</i> , 1997).	6
Figura 6. Sequência de procedimentos para a obtenção do material livre de extrativos.....	7
Figura 7. Separação manual e secagem do mesocarpo do coco e observação das fibras através de microscópio (Fc – feixes condutores; Fb – fibra; Pa - parênquima) (SANCHES, 2014).....	8
Figura 8. Fibras separadas de parênquima por diferença de densidade em água destilada.....	8
Figura 9. (A) Fibras com resíduos de parênquima e (B) fibras separadas com auxílio de pinça.	9
Figura 10. Aparelho de extração do tipo Soxhlet.	9
Figura 11. Esquema de solubilidade em NaOH em diferentes concentrações.	10
Figura 12. Esquema dos tratamentos para Lignina de Klason.	11
Figura 13. Aparelho VARIAN 640-IR FT-IR spectrometer	12
Figura 14. Esquema dos tratamentos para obtenção da Holocelulose.....	13
Figura 15. Teores de ligninas das amostras tratadas com NaOH.	15
Figura 16. Atuação da lignina e da hemicelulose com agente na proteção da celulose.	16
Figura 17. Peso médio do teor de holocelulose pelo método de cloração.....	17
Figura 18. Resultados obtidos de porcentagem de Holocelulose e Lignina.....	17
Figura 19. Teores de compostos encontrados após tratamento alcalino por SHUAIB <i>et al.</i> (2005).	18
Figura 20. Gráfico de porcentagem de perda de peso de material (holocelulose e lignina)....	18
Figura 21. Espectrometria do infravermelho das amostras.	20
Figura 22. Estrutura funcional da lignina (HEITNER <i>et al.</i> , 2008).	22
Figura 23. Razão entre os sinais entre a faixa de 1600/1500 do espectro do infravermelho. .	23

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil ocupa uma posição privilegiada na produção de biomassa lignocelulósica no cenário mundial e entre essas fontes de biomassa destacam-se as culturas agrícolas e florestais, além dos seus resíduos. Esses biorrecursos tem sido alvo de várias pesquisas para produção bioenergia de uma forma altamente sustentável, principalmente para a produção do etanol celulósico (ZHU *et al.*, 2010).

Uma das biomassas mais importante é a casca do coco da espécie *Cocos nucifera L.* (monocotiledônea), da família Arecaceae (SANTOS *et al.*, 2013), que se destaca em sua utilização nos trópicos como um fruto tradicional. É considerado uma das 20 espécies vegetais mais importantes, que produz grande quantidade de resíduo a partir de sua casca (ROSA *et al.*, 2002).

As cascas de coco maduro são comumente utilizadas como combustível de caldeiras e, quando processadas, suas fibras são usadas como manufaturas de tapetes, esteiras e outros produtos (ROSA *et al.*, 2002). A cultura do coqueiro é responsável pela geração de renda, alimentação e produção de mais de 100 produtos em mais de 86 países, são tantos os usos que por muitas vezes o coqueiro é denominado “Árvore da Vida” (ERHARDT *et al.*, 1976; FERREIRA *et al.*, 1998).

No Brasil, a região Nordeste representa 82,28% do total da sua área plantada de coco e 69,25% do valor total do coco produzido em todo o País, colocando-o como quarto maior produtor de coco no mundo (CORREA, 2015). Segundo a Embrapa, a coco cultura gera emprego e renda para mais de 500 mil pessoas envolvidas diretamente no processo, além dos inúmeros empregos indiretos gerados ao longo da cadeia produtiva nacional.

Cerca de 2 bilhões de frutos (FAO, 2013), são produzidos anualmente no Brasil, cuja casca constitui cerca de 57% do mesmo (percentual que varia de acordo com o clima, solo, manejo e variedade utilizada), com rendimento médio de aproximadamente 30% de fibra e 70% de pó no processo industrial. São gerados cerca de 804.218 t de casca de coco no Brasil por ano, que depois de processadas, resultariam em 241.265 t de fibra e 562.953 t de pó (CORREA, 2015). Só na região Nordeste, segundo o IBGE (2009), são produzidos cerca de 729 mil toneladas de resíduos de casca de coco por ano. Contudo, a maior parte destes são incinerados nos locais onde é realizado o descascamentos do fruto ou é jogada no lixo.

Devido ao seu alto potencial para utilização na indústria e na agricultura, diversos estudos sobre a utilização dos resíduos do coco estão sendo desenvolvidos. Um desses estudos é o pré-tratamento da biomassa para melhor rendimento e acessibilidade enzimática durante o processo de obtenção de bioetanol. Entre esses tratamentos estão tratamentos por oxidação usando peróxido de hidrogênio, ozônio, tratamento ácido e tratamento alcalino. Nesse sentido, a solubilidade da lignina é um dos fatores mais importantes para definir as melhores condições que levam maior rendimento do produto celulósico.

Desta forma, o objetivo desse trabalho foi verificar o grau solubilidade da biomassa das fibras do mesocarpo do coco do *Cocos nucifera L.*, frente as diferentes concentrações de hidróxido de sódio em meio aquoso, haja visto o interesse de utilizar biomassa vegetal para a produção de biocombustível e para outras finalidades.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Cocos nucifera* L.

Cocos nucifera L. pertence à Classe das monocotiledôneas, única espécie do gênero *Cocos*, pertencente à subfamília Cocoidae, família Arecaceae (HOLANDA, 2004). Esta espécie possui variedades diferentes, dentre as quais se destacam, do ponto de vista socioeconômico e agroindustrial: *Typica* (variedade Gigante) e *Nana* (variedade Anã) (BHATTACHARYYA e BHATTACHARYYA, 2002). É muito discutível a verdadeira origem do *Cocos nucifera* L., já que esta não ocorre somente no Brasil. Os indícios apontam para que o coqueiro tenha se originado nas ilhas do Sudeste Asiático (LOIOLA, 2009).

A espécie *Cocos nucifera* L. pode chegar à 25m de altura, podendo ter diâmetro variando de 30 a 50cm, dependendo da idade. Possui folhas espiraladas que formam um tufo na extremidade do caule (GOMES, 2003) e floresce quase o ano inteiro, porém com maior intensidade em janeiro-abril e os frutos amadurecem em julho-fevereiro. A espécie possui necessidade de sódio para seu metabolismo, por isso sua preferência por ambientes salinos (LORENZI, 2002).

O fruto é formado de fora para dentro. Sendo as partes deste: Epicarpo, camada fina que envolve o fruto; Mesocarpo, a maior parte constituinte do fruto sendo fibroso, de cor amarronzada; Endocarpo, a parte mais rígida do fruto, que envolve o Endosperma (Figura 1), parte carnosa do fruto, com cerca de 1 cm de espessura. Na parte interna do endosperma encontra-se um líquido, conhecido como água de coco (FERREIRA et al., 1998). Este líquido possui 93% de sua composição de água, é levemente acidulado e rico em fósforo e potássio (MEDINA et al., 1980).

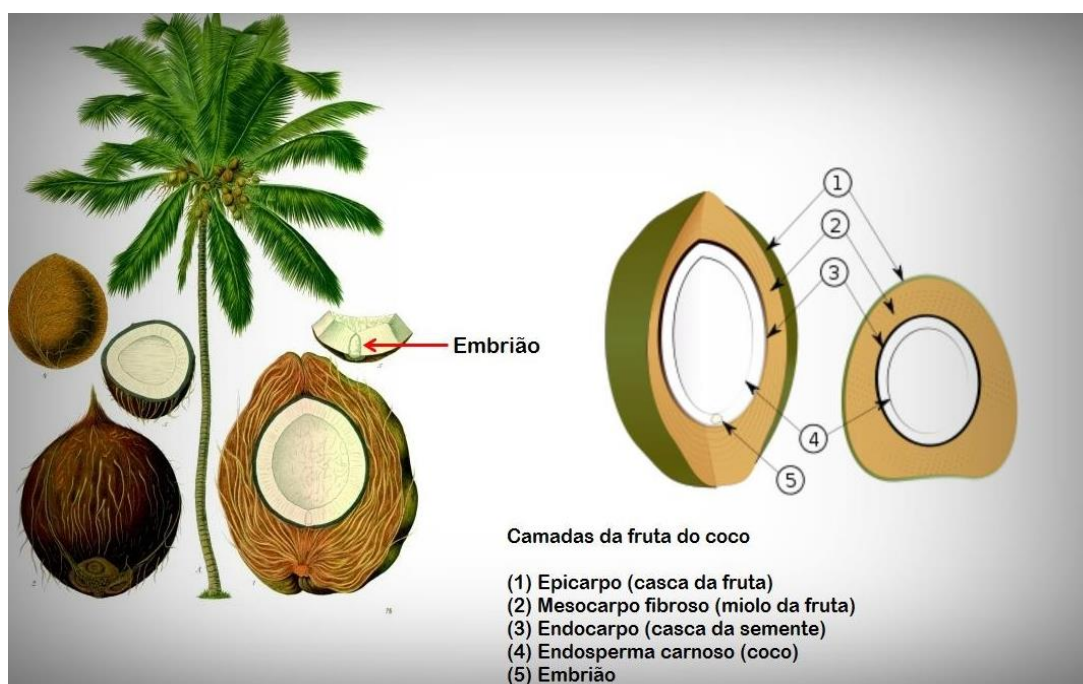


Figura 1. Partes do fruto do *Cocos nucifera* L.

A maturação completa do fruto ocorre entre o décimo segundo ao décimo terceiro mês, quando este é constituído por cerca de 35% de mesocarpo, 12% de epicarpo, 28% de polpa e 25% de água (SREBERNICH, 1998).

2.2 Composição Química

2.2.1 Celulose

Celulose é um homopolissacarídeo linear de elevada massa molecular, formado pela união de unidades de β -D-glicose por ligações glicosídicas (β -(1 \rightarrow 4)), componente majoritário na parede celular de fibras naturais (CÉLINO *et al.*, 2013). A estrutura da celulose na parede celular possui alta estabilidade, devido à posição equatorial das hidroxilas das unidades glicosídicas, ao giro de 180° entre unidades glicosídicas e à formação de microfibrilas (Figura 2) (PEREIRA *et al.*, 2012).

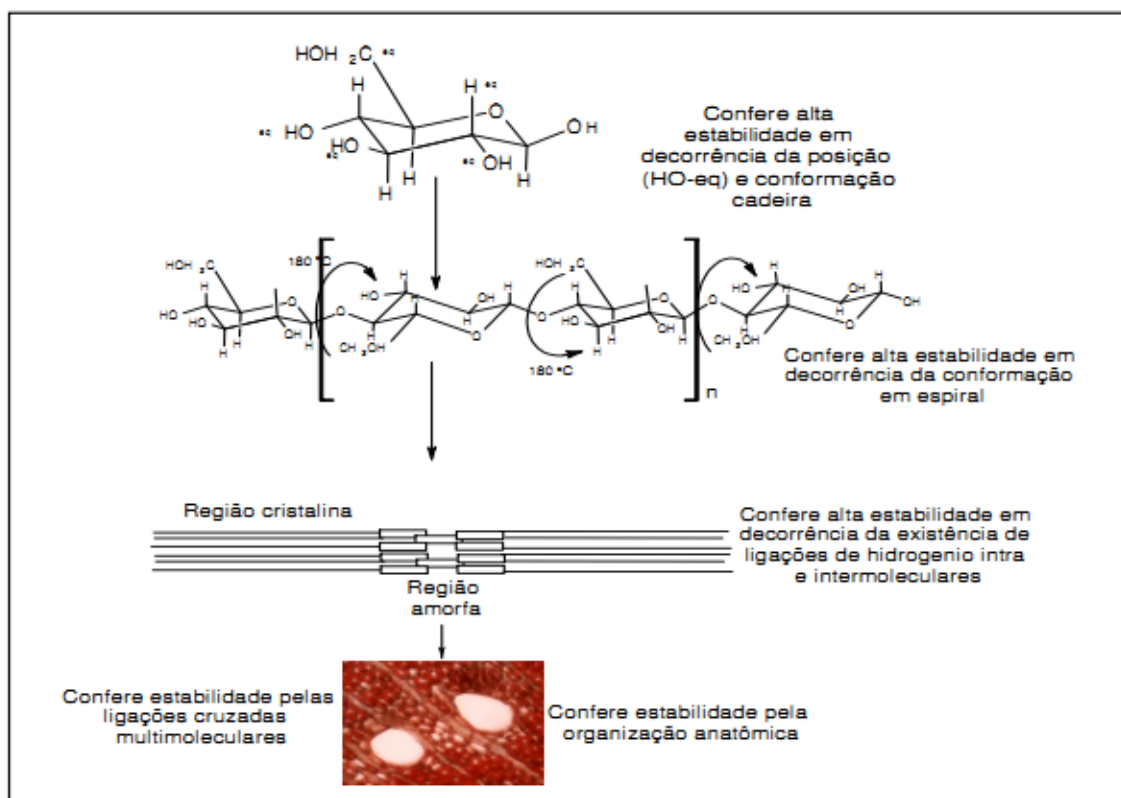


Figura 2. Esquema de parte da estrutura supramolecular da celulose (PEREIRA *et al.*, 2012).

As microfibrilas são estruturas filamentosas (com 4 a 20 nm de diâmetro), que em feixes maiores constituem a armação estrutural fundamental da parede celular. Por consequência, esta estrutura apresenta alta resistência à tração e solubilidade restrita aos solventes específicos alcalinos organometálicos (COSGROVE, 2005).

2.2.2 Hemicelulose

Hemicelulose, ou poliose, é um heteropolissacarídeo de alta massa molecular e estrutura complexa e amorfa, formada por ligações glicosídicas entre diferentes monossacarídeos tais como β -D-xilose, β -D-manose, β -D-galactose, β -D-glicose, α -L-arabinose e os ácidos 4-O-metil- α -D-glicurônico, β -D-galacturônico e α -D-glicurônico (FENGEL & WEGNER, 1984).

A hemicelulose em angiospermas e gimnospermas possuem diferentes composições, sendo as mananas as principais componentes das gimnospermas e as xilanas nas angiospermas. Esse componente representa entre 25 à 30% da massa seca da madeira, e geralmente é encontrada associada à celulose e a lignina na parede secundária da célula vegetal, mas também estão presente na parede primária (JEFFRIES, 1994). Nas plantas lenhosas, as polioses se ligam à lignina formando complexos L-C (Lignina-Carboidrato).

2.2.3 Lignina

A evolução dos organismos vegetais do ambiente aquático para o terrestre se deu pelo desenvolvimento da capacidade de sintetizar lignina, substância que confere estabilidade física frente à gravidade (BOERJAN et al., 2003).

A lignina, do latim *lignum*, significa “madeira”, é um polímero tridimensional de origem fenilpropanoídica (C6C3) formada por unidades de *p*-Hidróxifenilpropano, Guaiacilpropano e Siringilpropano, cujos precursores são os álcoois cumarílico, coniferílico e sinapílico (Figura 3). Esta macromolécula é o segundo maior componente das plantas, depois da celulose, e está depositada, principalmente, nas camadas secundárias espessadas das células vegetais e está associada à hemicelulose (TRONCHET et al., 2010).

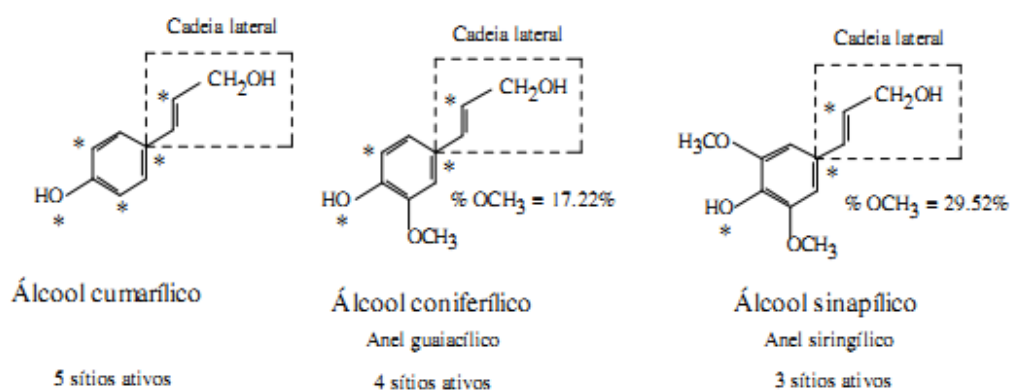


Figura 3. Os três precursores finais da lignina com os possíveis sítios ativos (asteriscos) das ligações formadas entre as unidades constitucionais (C6C3) durante o processo de lignificação (MONTEIRO et al., 2004)

Por ser um dos principais componentes da parede celular, a lignina também tem impacto direto nas propriedades da madeira (ANTEROLA & LEWIS, 2002).

Dentre as muitas propriedades da lignina, destaca-se a ação cimentadora que confere rigidez à parede celular, dando maior suporte às células vegetais (MONTEIRO, 2002), a propriedade recalitrante, capacidade de resistir a degradação (HENDRIKS e ZEEMAN, 2008) e ainda a hidrofobicidade que facilita a condução de água e fotoassimilados (BAUCHER et al., 2003). Por estar ligada da celulose, a lignina atua como um agente protetor desta, dificultando o acesso de reagentes. A lignina é ácido resistente (insolúvel em ácidos), contudo é rapidamente oxidada, solúvel em solução alcalina quente e é rapidamente condensada com substâncias fenólicas e alcólicas (CHEN & DIXON, 2007).

2.3 Tratamento Alcalino

O tratamento com uma solução aquosa de hidróxido de sódio é um dos tratamentos mais antigos e economicamente viáveis para biomassa (ESMERALDO *et al.*, 2010) sendo muito utilizado para se reduzir o teor de lignina e melhorar a eficiência energética (SHUAIB *et al.*, 2015), por produzir mudanças na polaridade da superfície, aumentando a adesão fibra-resina. Durante o tratamento alcalino, ocorre uma mudança na estrutura física das fibras, como resultado da ação de branqueamento de alcalino que remove parcialmente hemicelulose, lignina, materiais de cera e impurezas (Figura 4) (MWAIKAMBO, 2002), além de promover uma redução em diâmetro e um acréscimo de cristalinidade das fibras (ESMERALDO *et al.*, 2010).

Tratamentos usando soluções alcalinas vêm sendo utilizados em diversas pesquisas com fins de melhorar as propriedades mecânicas e a aderência fibra-matriz de compostos como polipropileno / linho, epóxi / linho e poliéster / kenaf, se mostrando um tratamento eficaz para tal objetivo (GOMES, 2007). Experimentos indicaram que, o tratamento alcalino com cana de açúcar resultou em fibras com maior superfície de contato, possibilitando maiores interações com outros materiais (SANCHEZ, 2010). O tratamento alcalino sobre fibras de juta mostrou melhoria nas propriedades mecânicas das fibras (MWAIKAMBO, 2002).

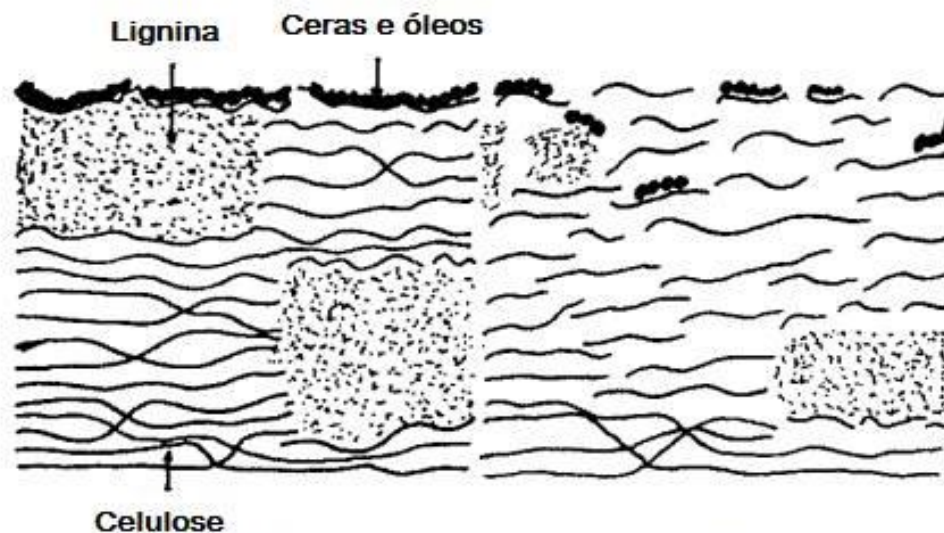


Figura 4. Efeito do tratamento alcalino sobre compostos na parede celular de fibras naturais (MWAIKAMBO, 2002).

O sucesso do objetivo do tratamento alcalino dependerá da concentração da solução, tempo de reação e do tempo de agitação mecânica da solução (SILVA *et al.*, 2000).

2.3.1 Celulose

O tratamento alcalino pode causar mudanças nas interações das ligações de hidrogênio com grupos hidroxílicos da celulose, resultando na deformação individual das microfibrilas da celulose (GAÑAN e MONDRAGON, 2005). Estas deformações são altamente dependentes da concentração da solução alcalina, da temperatura e da agitação mecânica, sendo possível alterar a conformação paralela original da celulose para uma forma anti-paralela. Este

processo é chamado de mercerização da celulose e é amplamente utilizado pela indústria têxtil devido à alta resistência mecânica conferida ao produto. Às formas *in natura* da celulose e modificadas por mercerização dá-se o nome de celulose I e II, respectivamente (KLEMM et al., 2005).

Celulose nativa (celulose I) pode ser convertida em uma forma mais estável quando inchada em solução concentrada de NaOH. Embora não haja dissolução, esse inchamento permite reorganização das cadeias, o que resulta em celulose II (Figura 5), quando o agente promotor de inchamento é removido (durante a secagem), que por sua vez, conduz à um aperfeiçoamento das propriedades da mesma, tornando a molécula mais estável. (KOLPAK et al., 1977).

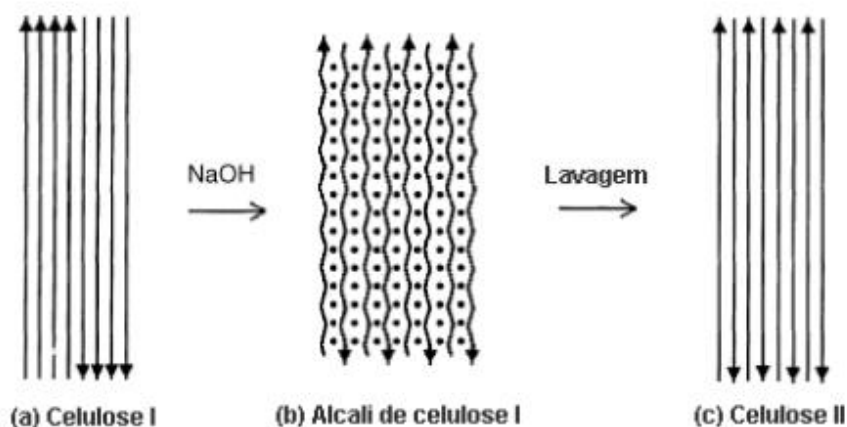


Figura 5. Possível mecanismo do rearranjo molecular das cadeias de celulose na mercerização (SHIBAZAKI *et al.*, 1997).

2.3.2 Hemicelulose

A hemicelulose possui grande sensibilidade à ação do hidróxido de sódio, sendo facilmente degradada por esta base, dependendo da concentração aplicada (SANCHEZ *et al.*, 2010).

2.3.3 Lignina

Uma das grandes dificuldades na obtenção da celulose se dá pela presença da lignina, que dificulta o acesso do agente hidrolisante à celulose e hemicelulose (GURGEL, 2007).

O tratamento alcalino remove parcialmente a lignina, através de reações de desprotonação das hidroxilas na estrutura (BARRETO *et al.*, 2010).

Entre a ação do hidróxido de sódio, a temperatura acima de 100° pode causar quebra de ligações α -éter, β -éter e ligações Carbono-Carbono, podendo gerar produtos de repolimerização da lignina assim como substâncias como o guaiacol (SARKANEN e LUDWIG, 1971).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo, foram usados 30 cocos verdes retirados de um mesmo povoamento, em um sítio localizado no município de Itaguaí, Rodovia Prefeito Abeilard Goulart de Souza, nº 680. Após a retirada dos cocos, estes foram encaminhados para processamento no Laboratório de Química da Madeira (LQM), no Instituto de Floresta (IF), na UFRRJ, Seropédica, RJ.

A figura 6 mostra a sequência de procedimento. Inicialmente, separou-se o mesocarpo do endocarpo manualmente, descartando-se o epicarpo com facão (Figura 7). O mesocarpo foi seco ao ar livre por sete dias, após esse período, estando completamente seco, foi moído em um moinho de martelo. Em seguida, foi separada mecanicamente a fibra e o parênquima, por meio do jogo de peneiras, e colocadas em um Becker com água destilada para a separação por diferença de densidade (Figura 8). As fibras que ficaram ao fundo do Becker foram separadas e secas ao ar livre, e depois, separadas com pinça para a retirada dos possíveis resíduos (Figura 9).

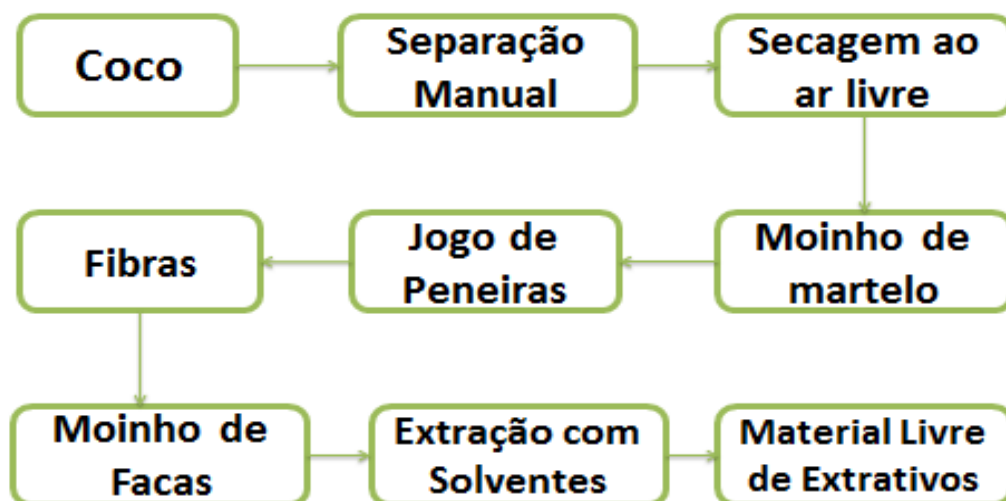


Figura 6. Sequência de procedimentos para a obtenção do material livre de extrativos.

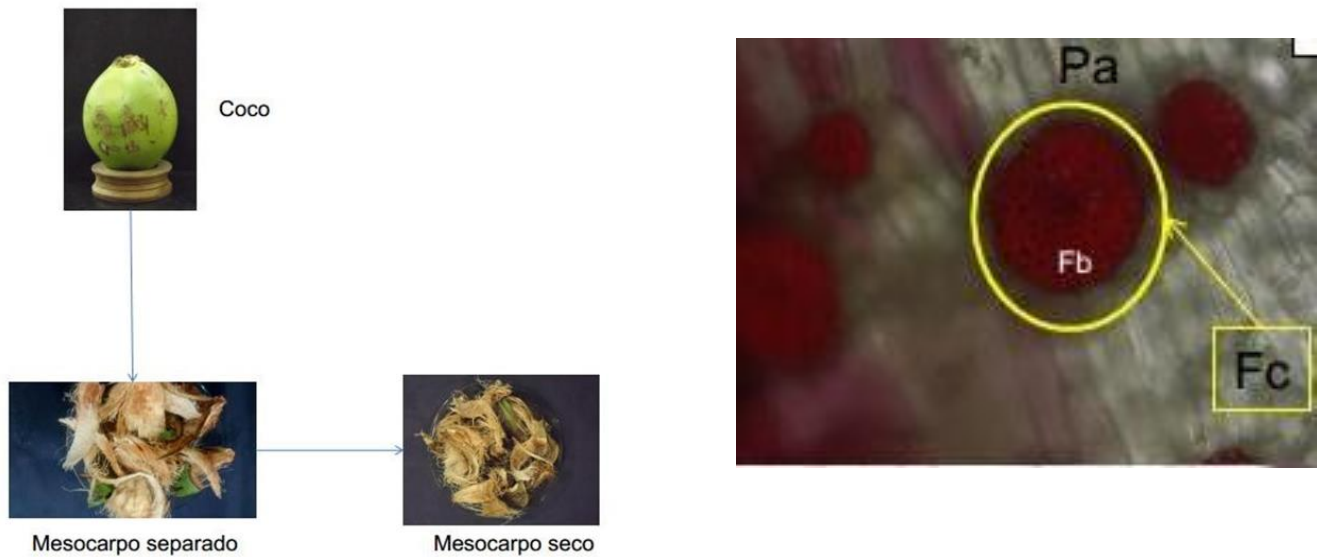


Figura 7. Separação manual e secagem do mesocarpo do coco e observação das fibras através de microscópio (Fc – feixes condutores; Fb – fibra; Pa - parênquima) (SANCHES, 2014).

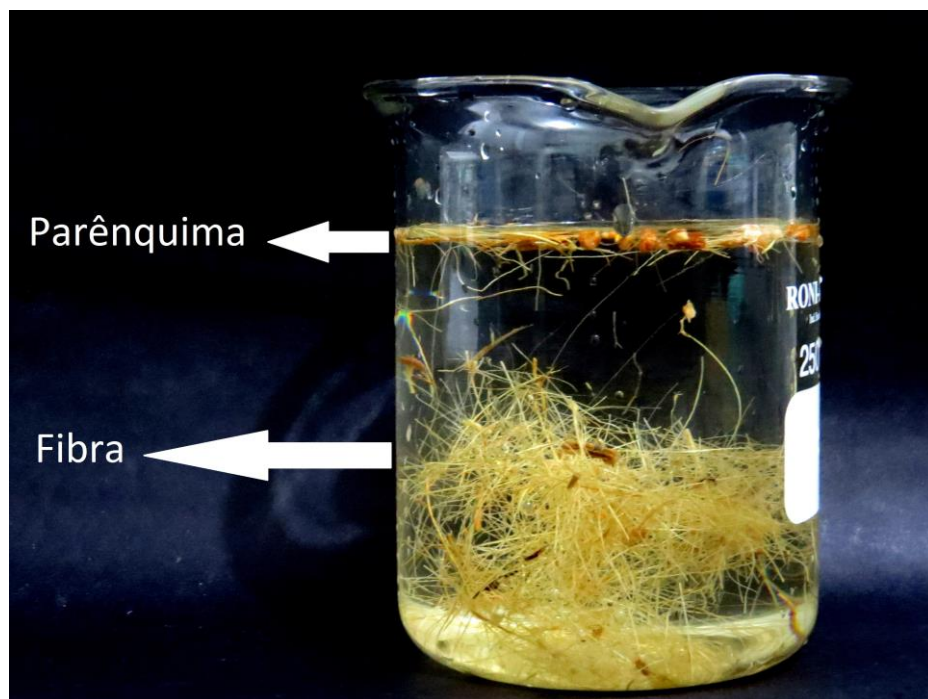


Figura 8. Fibras separadas de parênquima por diferença de densidade em água destilada.

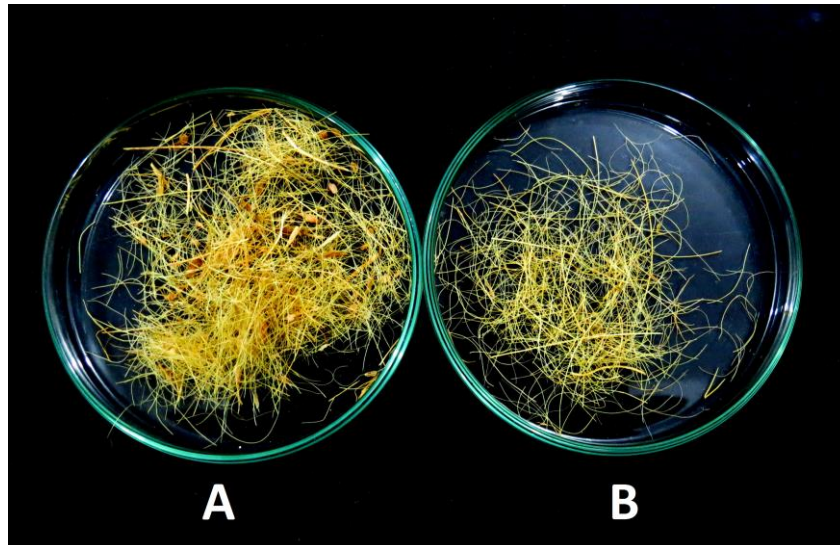


Figura 9. (A) Fibras com resíduos de parênquima e (B) fibras separadas com auxílio de pinça.

3.1 Preparação da Amostra livre de Extrativos

Para a obtenção do material livre de extrativos foi realizado uma extração a quente com soxhlet (Figura 10) com o solvente Ciclohexano, Acetato de Etila, Metanol e Água destilada, respectivamente, por 24 horas cada (ABREU *et al.*, 2006).



Figura 10. Aparelho de extração do tipo Soxhlet.

3.2 Análises Químicas

3.2.1 Solubilidade em hidróxido de sódio (NaOH)

As amostras de fibra foram submetidas ao procedimento de solubilidade em NaOH (ABREU *et al.*, 2006), onde 1g de material seco foi colocado em erlenmeyer com 50 ml de solução de hidróxido de sódio 1%, agitando com bastão de vidro. As amostras reacionais

foram cobertas com vidro de relógio e colocadas em banho-maria a aproximadamente 90°C por 60 minutos, sendo agitadas com bastão de vidro nos primeiros 10, 15 e 20 minutos. As amostras foram transferidas para um funil de placa sinterizada e lavada com 100mL de água quente, e em seguida foram adicionados 25mL de ácido acético 10% e mantidas por 1 minuto antes da sua remoção. Após este procedimento, as amostras foram lavadas com água destilada até ficarem completamente livre do ácido, e posta em estufa à 105°C até peso constante e então pesadas.

Este procedimento foi repetido com solução de NaOH 2%, 3%, 4% e 5% (Figura 11) com cinco repetições para cada tratamento.

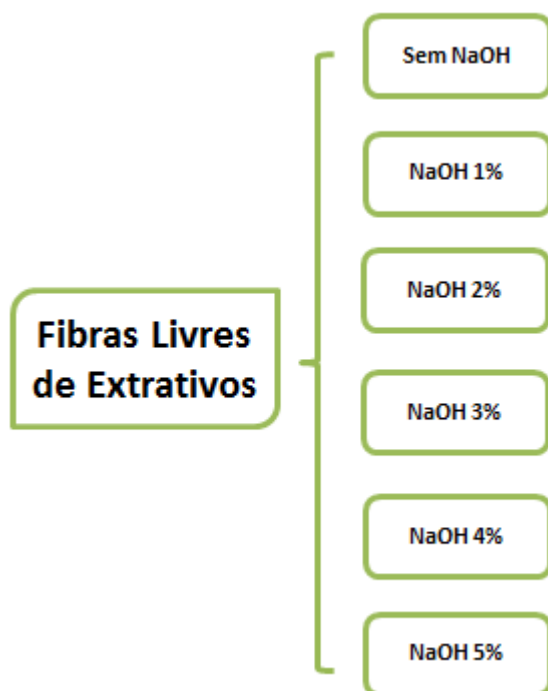


Figura 11. Esquema de solubilidade em NaOH em diferentes concentrações.

3.2.2 Análise de variância

Os dados obtidos de peso das amostras após o tratamento com NaOH foram submetidos à análise de variância, sendo avaliados pelo teste f de significância e pelo teste de Tuckey, que tem como base a diferença mínima significativa, representada pela equação 1.

$$\Delta (\alpha) = q\alpha\sqrt{QM Re \frac{s}{r}}$$

Equação 1. Diferença mínima significativa.

Onde:

$q\alpha$ = é o valor da amplitude estudentizada, cujo o valor é encontrado em tabelas, em função do número de tratamentos e do número de grau de liberdade do resíduo, ao nível α de probabilidade (5%);

s = é a estimativa do desvio padrão residual (erro experimental);

r = número de repetições

A diferença mínima significativa foi comparada com o contraste entre as médias.

3.2.3 Teor de Lignina

Para a determinação do teor de lignina, as amostras anteriormente solubilizadas em NaOH 1, 2, 3, 4 e 5% e a amostra controle, foram submetidas ao procedimento de lignina de Klason (Figura 12). Sendo, desta forma, pesados, aproximadamente, 300mg de amostra seca e livre de extrativos e tratada com 3mL de ácido sulfúrico 72%. As amostras foram homogeneizadas durante 1 minuto e conservadas por 1 hora entre 25 e 30°C em banho maria, sendo em seguida diluído em 84mL de água destilada, permanecendo em refluxo por 4 horas. Logo após, o material foi lavado com 500 mL de água destilada quente, em um funil de placa sinterizado, previamente tarado e identificado, em seguida levado à estufa a 103°C durante 24 horas. Após este período foi realizada uma nova pesagem (EFFLAND, 1977). Foram realizados duas repetições por amostra.

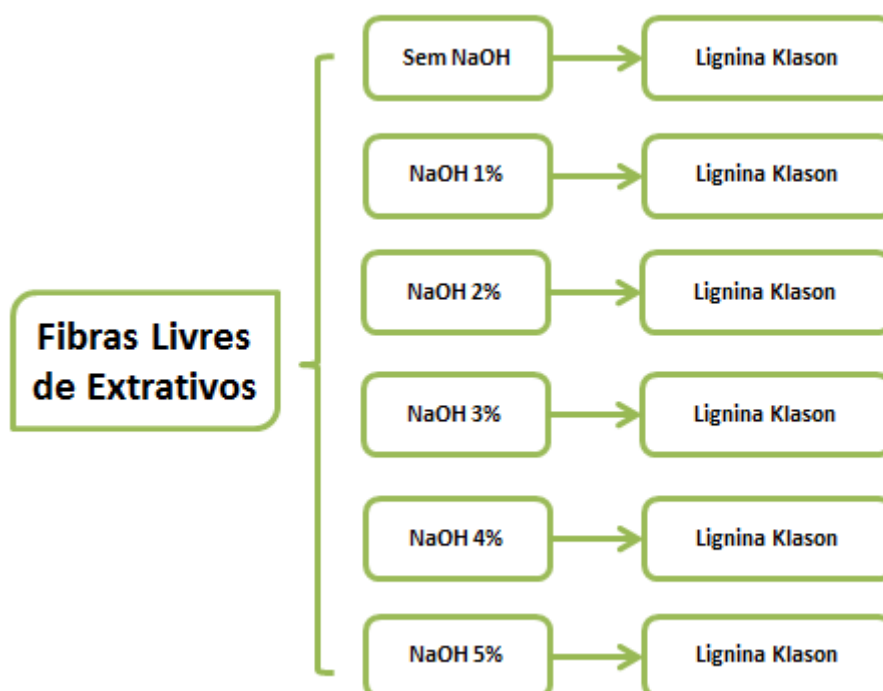


Figura 12. Esquema dos tratamentos para Lignina de Klason.

3.2.4 Infravermelho

Para a espectroscopia no infravermelho, foram utilizadas as amostras de lignina de Klason das amostras sem tratamento alcalino, tratada com NaOH 1%, 2%, 3%, 4% e 5%.

Para o registro dos espectros no infravermelho foram feitas pastilhas de KBr utilizando 1 mg de amostra e 100 mg de KBr (ABREU, 1995). Os espectros foram registrados em um aparelho VARIAN 640-IR FT-IR spectrometer (Figura 13) no modo transmissão com 4 cm^{-1} de resolução, 128 varreduras, amplitude espectral entre $4000\text{-}700\text{cm}^{-1}$ (KOBAYASHI *et al.*, 2005).



Figura 13. Aparelho VARIAN 640-IR FT-IR spectrometer

3.2.5 Holocelulose por Cloração

Para a determinação de holocelulose por cloração, foram pesados 2,5g de cada amostra solubilizada em NaOH a 1, 2, 3, 4 e 5% (Figura 14), adicionados 0,5mL de ácido acético, 1g de clorito de sódio e 80mL de água destilada quente, e coberta com vidro relógio. A mistura foi mantida em banho maria a 70°C . A cada hora foram adicionados mais 0,5mL de ácido acético e 1g de clorito de sódio, até a completa separação das fibras da lignina. Após 6h horas as amostras foram mantidas em repouso, sem adição de qualquer reagente, por 24h. O material foi lavado em funil de placa sinterizada, sob vácuo, com água desionizada até a cor amarela e o odor de cloro desaparecerem por completo, e depois colocado em estufa a 103°C durante 24 horas (ABREU *et al.*, 2006).

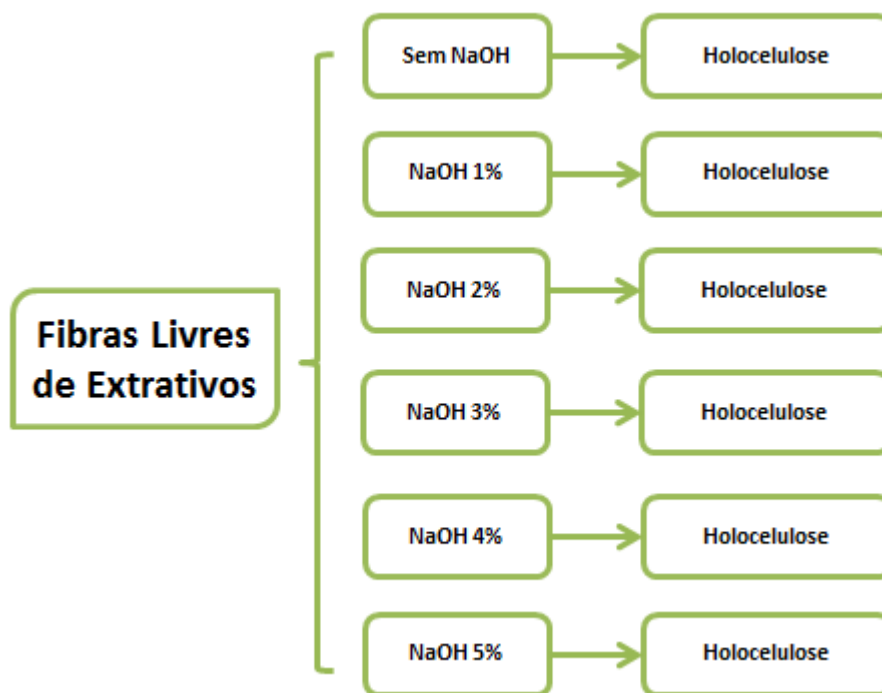


Figura 14. Esquema dos tratamentos para obtenção da Holocelulose.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise Estatística

Os dados de solubilidade em hidróxido de sódio apresentaram f de significância maior que o f crítico, demonstrando que há diferença significativa entre os tratamentos de NaOH (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância dos pesos das amostras tratadas com NaOH.

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,148353	4	0,037088	29,83954	3,55E-08	2,866081
Dentro dos grupos	0,024858	20	0,001243			
Total	0,173211	24				

De acordo com o teste de Tuckey, a diferença mínima significativa entre as médias (DMS) deve ser de 0,012522. A tabela 2 mostra o contraste, ou seja, a diferença entre as médias dos tratamentos, e a tabela 3 mostra que médias seguidas de mesma letra não possuem diferença significativa entre si, ou seja, os tratamentos com NaOH 4 e 5% são estatisticamente similares, e que o tratamento com NaOH 1% se mostrou menor perda de massa.

Tabela 2. Contraste entre as médias dos pesos dos tratamentos de solubilidade em NaOH.

q	4,23
DMS	0,012522
m1-m2	0,0136
m2-m3	0,0932
m3-m4	0,0654
m4-m5	0,0118

Tabela 3. Médias dos pesos entre os tratamentos de solubilidade em NaOH.

Amostra	Média	
NaOH 1%	0,8726	a
NaOH 2%	0,859	b
NaOH 3%	0,7658	c
NaOH 4%	0,7004	d
NaOH 5%	0,6886	d

4.2 Solubilidade em meio alcalino

A Figura 15, mostra os valores encontrados para os teores de lignina na amostra controle e para as tratadas com soluções de concentrações de NaOH crescente. O peso médio das amostras tratadas (resíduo insolúvel) com NaOH declinou conforme o aumento da concentração da solução. AGUSTRIYANTO *et al.* (2012), reporta que o aumento da concentração de NaOH diminui o teor de lignina da parede celular das fibras. Esta afirmação coaduna com os resultados alcançados no experimento realizado.

Segundo SHUAIB *et al.* (2015) os teores de celulose, hemicelulose e lignina das fibras do coco são afetados pelo tratamento alcalino. SHUAIB *et al.* (2015) descreveu que a diminuição significativa no teor de lignina é acompanhada com aumento posterior do teor de celulose quando submetido a fibra os tratamento com NaOH 3,5%, e de NaOH 5%.

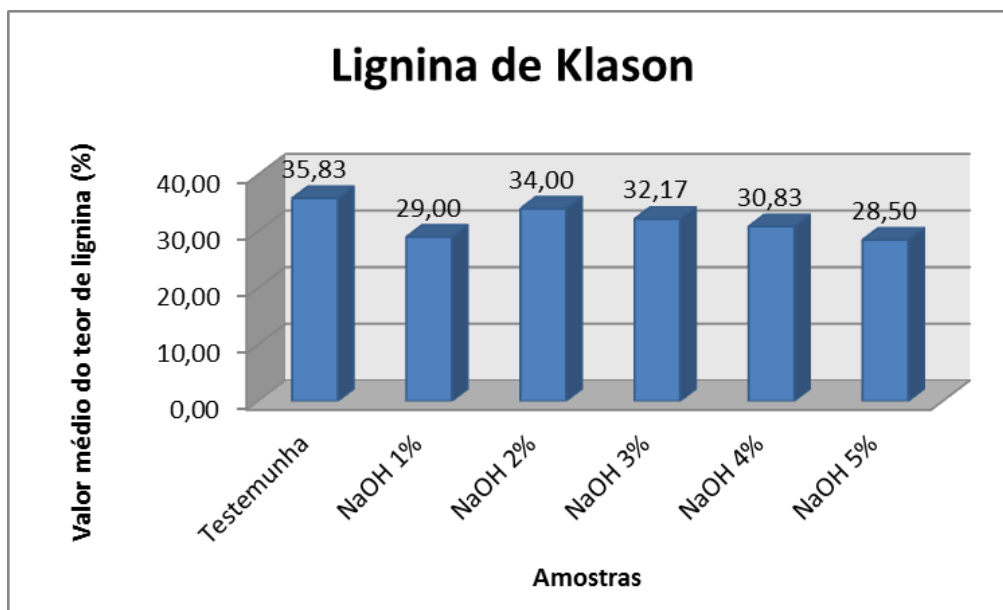


Figura 15. Teores de ligninas das amostras tratadas com NaOH.

Os resultados mostrados na tabela 4 são diferentes entre si e diferentes dos resultados obtidos neste experimento. Isso nos leva a propor que a origem do material botânico, assim como, as condições de crescimento, ambientais e procedimentos de laboratório são causas que levam aos resultados diferenciados.

Tabela 4. Valores de holocelulose e de lignina e respectiva origem dos materiais (ESMERALDO et al, 2010).

País de Origem	Holocelulose (%)	Lignina (%)
Brasil	47,4± 1,5	48,3±1,9
Brasil	26-55	35-45
Brasil	33-40	41-46
Malásia	100,5	32,8
Malásia	32-43	40-45
Brasil	63,04**	35,83**

**Resultados referentes ao teores de lignina e holocelulose tendo como base o material livre de extrativos neste trabalho.

As variações observadas com os resultados do experimento apresentado podem ser explicado pelo efeito hidrolítico das concentrações de NaOH nas soluções. Todavia, o valor encontrado para tratamento com 1% de NaOH levou a um teor de lignina inferior aos demais teores, pressupondo que a solução em sódio 1% apresenta maior mobilidade intracelular, permitindo um maior nível de ação hidrolítica nos constituintes da parede celular ou a heterogeneidade da lignina na parede celular onde permitiu tornar a solubilidade aparentemente não propícias nas regiões moleculares ricas em subestruturas com menor nível de OH livre.

O valor médio do teor de lignina mostrou um acréscimo gradativo na solução com NaOH 2%, conforme o aumento das concentrações da solução alcalina, contudo, houve um decréscimo mais substancial no tratamento com NaOH 1%, e gradativamente nas concentrações maiores.

A figura 16 mostra uma proposta de mecanismo da dissolução do bloco polimérico da lignina que protege a celulose. Esse esquema mostra que a lignina e a hemicelulose possuem uma grande importância na proteção da cadeia celulósica. Como hipótese pode ser sugerido que o teor de OH livre na unidade guaiacila da lignina pode representar a chave da solubilização da lignina na parede celular (LAPIERRE et al, 1989). Desta forma, a composição de uma lignina de fibra, vaso, parênquima e lamelas entre as células, podem se comportar diferentemente em nível de solubilidade com NaOH, tendo em vista que esses elementos e lamelas possuem razão de unidade guaiacila: siringílica diferentes. A presença de unidade siringila em mais alta concentração do que unidade guaiacila representa menor número de hidroxila no estado livre, sendo incapaz de ser ionizada por NaOH (HIGUCHI, 1984; ABREU et al, 1999).

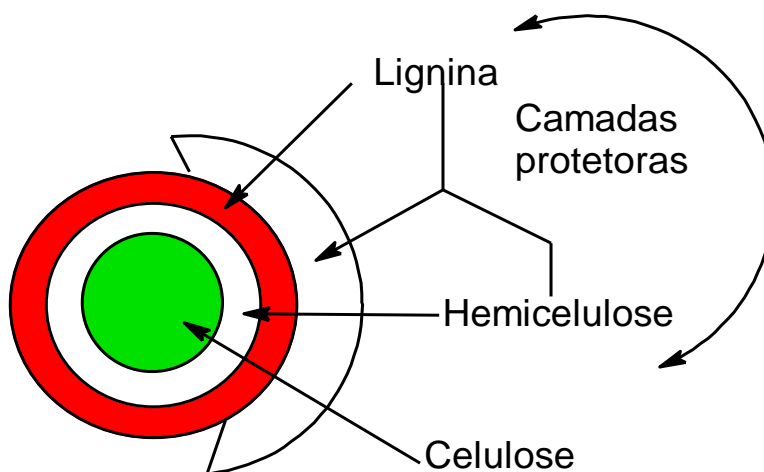


Figura 16. Atuação da lignina e da hemicelulose com agente na proteção da celulose.

A figura 17 mostra que no experimento realizado a porcentagem de holocelulose aumenta gradativamente a medida que a concentração de NaOH aumenta.

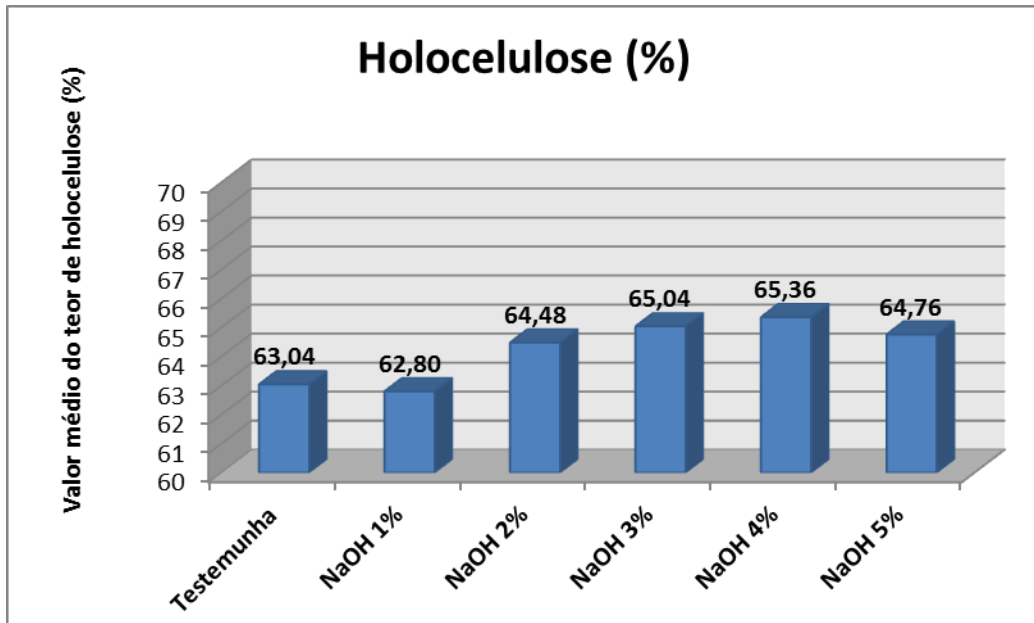


Figura 17 - Peso médio do teor de holocelulose pelo método de cloração.

Conforme descrito por SHUAIB *et al.* (2015) os teores de holocelulose residual das amostras se mostraram com aumento gradativo conforme com o aumento da concentração de NaOH (Figuras 18 e 19).

Já os teores de lignina obtiveram comportamento diferenciado, com um declínio nos teores dos tratamentos de 2% para o de 3,5% e depois um aumento significativo nos tratamentos de 3,5% para o de 5% NaOH, mostrando que o tratamento com concentração alcalina de 3,5% é mais eficiente para a degradação de lignina. Contudo, neste estudo, não está especificada a espécie de coco analisada e o local de coleta de material foi na cidade de Tronoh, no estado de Perak, na Malásia. Desta forma, a diferença nos dados pode ser explicada pela diferença do local de onde foi extraído o material analisado.

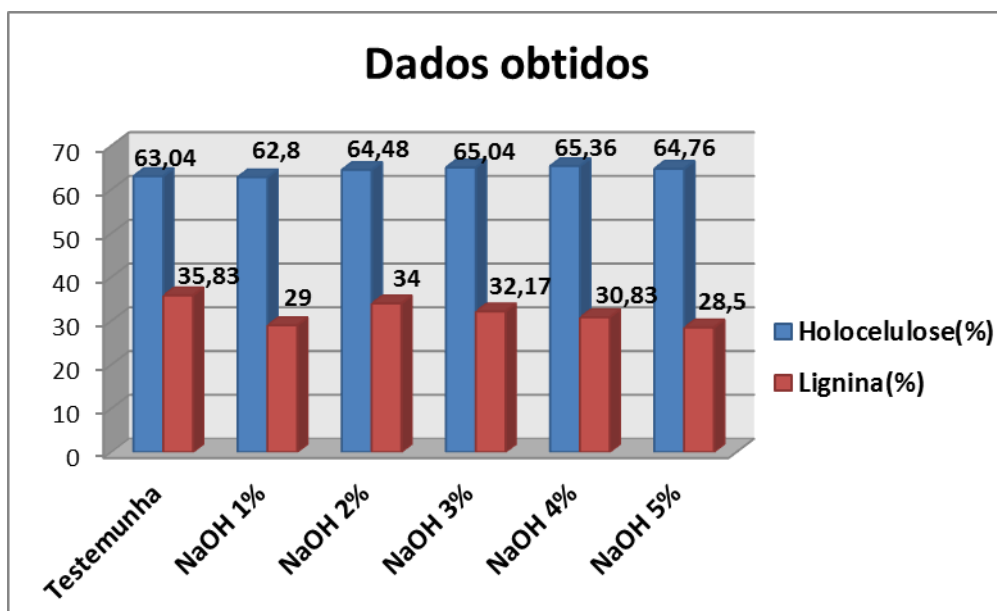


Figura 18. Resultados obtidos de porcentagem de Holocelulose e Lignina.

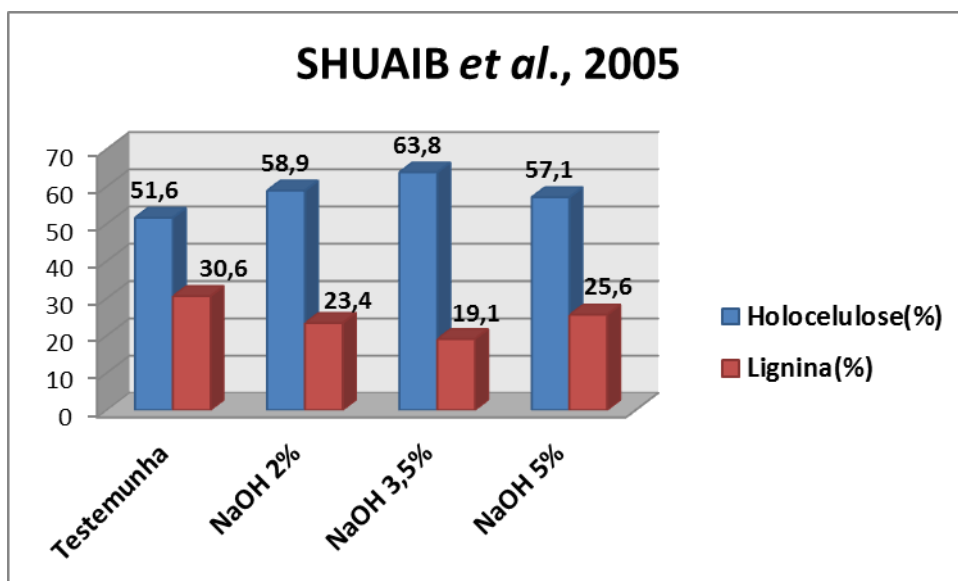


Figura 19. Teores de compostos encontrados após tratamento alcalino por SHUAIB et al. (2005).

A figura 20 mostra que as perdas mencionadas, correspondem à solubilização da hemicelulose e que nesse sistema as concentrações usadas são capazes de dissolver a celulose.

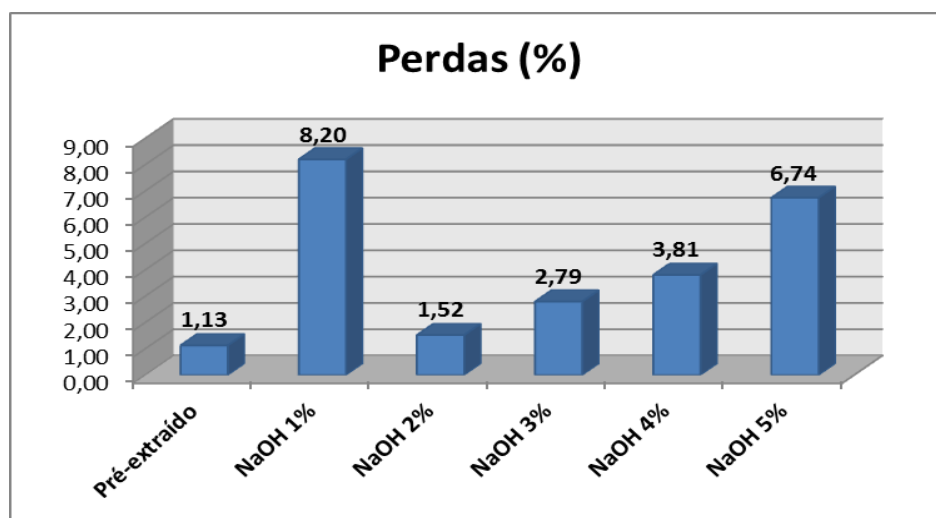


Figura 20. Gráfico de porcentagem de perda de peso de material (holocelulose e lignina)

Tal fato pode ser decorrente diretamente da solubilidade em NaOH da hemicelulose, ou de sua degradação nessas condições de tratamento (Fel e Wegner, 1984).

Nesse sentido o tratamento que define as melhores condições de solubilidade deve ser o tratamento que rendeu maior teor de celulose que foi o tratamento com NaOH 5%. Entretanto, o tratamento com NaOH dissolveu menos a hemicelulose, porém a menor perda foi no tratamento com NaOH 2%, que também forneceu 64,48% de holocelulose. O que nos leva a considerar que o tratamento com NaOH 2% é o mais recomendado para aproveitamento da holocelulose em processos de produção que dela dependente, como na produção de álcool

celulósico, visto que nesta concentração se observou a menor perda de material com o maior teor de holocelulose.

4.3 Espectrometria de Infravermelho da Lignina de Klason

A espectrometria do infravermelho permitiu verificar as mudanças químicas da lignina nos materiais originais e nos produtos e subprodutos das reações (KOBAYASHI et al., 2005).

A figura 19 e os anexos de 1 à 6 mostram os espectros no infravermelho das ligninas de Klason, onde as atribuições estão descritas na tabela 6 mostrando por simples comparação que houve mudanças estruturais entre tratamentos, principalmente revelado pelos sinais 3433cm^{-1} (Estiramento de OH), $1271\text{-}1220\text{cm}^{-1}$ (Vibração do anel guaiacílico com contribuição do estiramento de C=O) e os sinais entre $1116\text{-}1165\text{cm}^{-1}$ (estiramento de C-O de ácido e/ou éster).

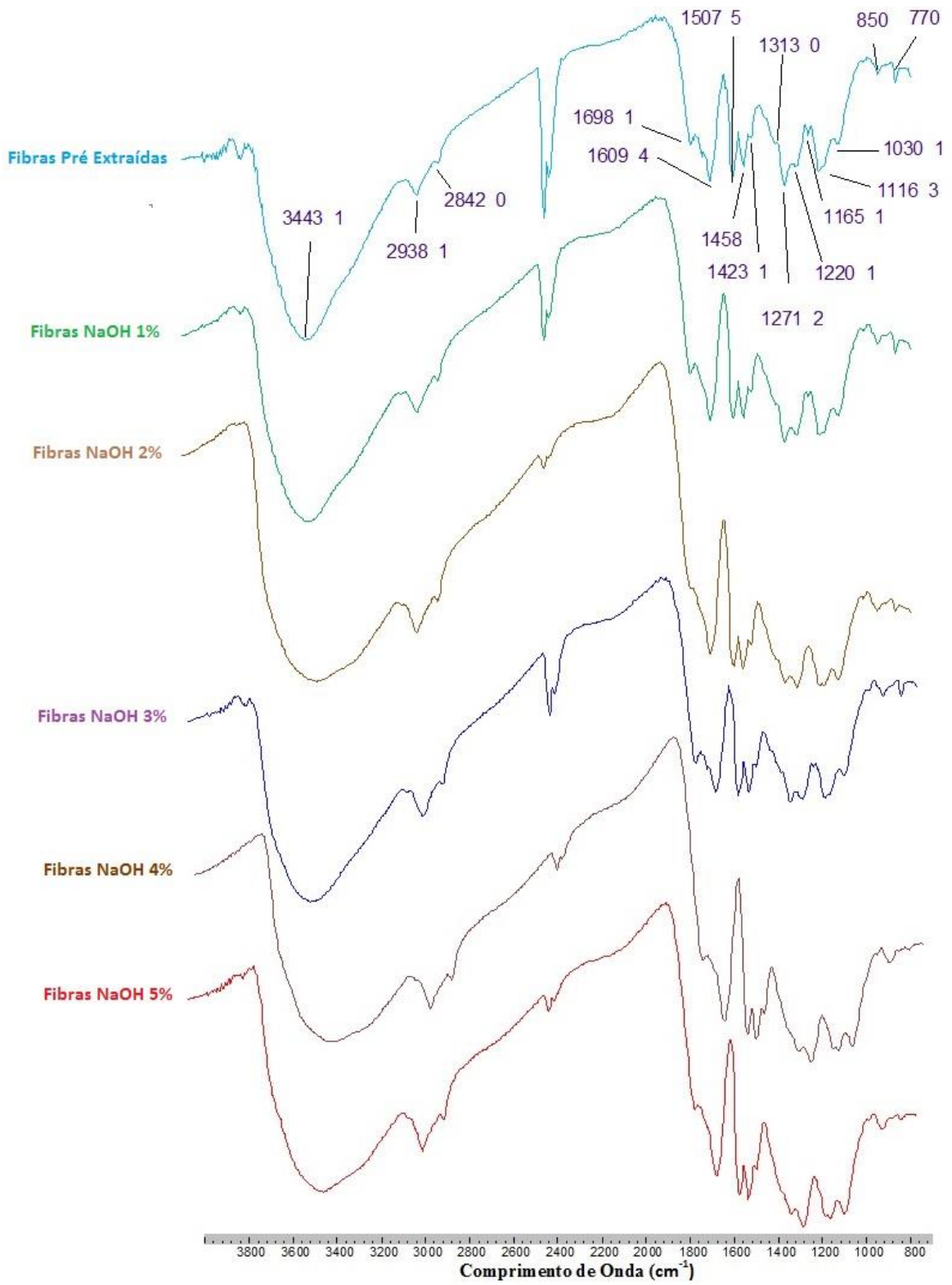


Figura 21. Espectrometria do infravermelho das amostras.

Tabela 5. Dados obtidos do infravermelho e atribuições dos sinais da espectrometria de infravermelho da lignina de Klason (adaptada de LIN & DENCE, 1992).

	Testemunha	NaOH 1%	NaOH 2%	NaOH 3%	NaOH 4%	NaOH 5%	
cm ⁻¹	Intensidade	Intensidade	Intensidade	Intensidade	Intensidade	Intensidade	Atribuições
1271	2	4	4	2	2	2	Vibração do anel guaiacílico com contribuição do estiramento de C=O
1313	0						
1423	1	2		2	2	2	
1458	2	5	5	4	4	3	Deformação assimétrica de -CH ₃ e -CH ₂ -
1507	5	10	10	10	9	7	Vibração do anel aromático
1609	4	15	14	15	14	11	Vibração do esqueleto aromático com estiramento de C=O, S > G, G condensado > eterificado.
1698	1	6	4		4	2	
2842	0	1		1	1	1	Estiramento de C=O de ácido ou éster conjugado ou cetona conjugada
2938	1	4	4	5	4	3	Estiramento de C-H de grupos metílicos e metilênicos
3443	1	27	19	25	18	16	Estiramento de O-H

Com base na tabela 6 para comparação semiquantitativa utilizou a razão entre o sinal em 1600 cm^{-1} e o sinal entorno de 1500 cm^{-1} . O sinal em 1500 cm^{-1} é atribuído à vibração do anel aromático e o sinal entorno de 1600 cm^{-1} é atribuído à vibração do esqueleto aromático com estiramento de $\text{C}=\text{O}$, $\text{S} > \text{G}$, $\text{G condensado} > \text{eterificado}$.

Os resultados entre a razão de intensidade de sinal na faixa entre 1600 cm^{-1} e 1500 cm^{-1} revelam que o tipo estrutural da lignina foi atingida pela ação do hidróxido de sódio, principalmente, nas estruturas eterificadas (Alqui-Aril) do que nas estruturas condensadas, tendo em vista que as estruturas condensadas possuem OH menos livre na fibra do coco do que as ligações α e β -O-4 (Figura 22), cujas hidroxilas dessa ligação estão impedidas à ionização.

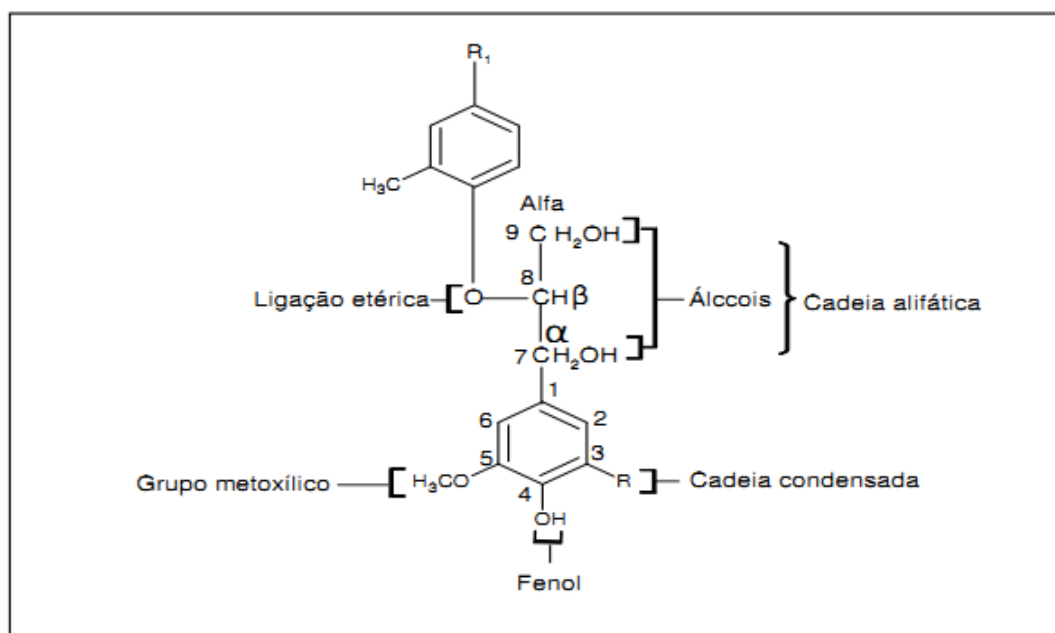


Figura 22. Estrutura funcional da lignina (HEITNER et al., 2008).

As razões foram respectivamente para a amostra controle e concentrações de NaOH 1%, 2%, 3%, 4% e 5% de 0,8; 1,5; 1,4; 1,5; 1,5 1,5 (Figura 23). As ligações que envolvem o $\text{C}\alpha$ benzílico e β são uma das mais sensíveis em meio alcalino (SARKANEN e LUDWIG, 1971). Isso justifica a tendência de aumento de estruturas do tipo condensada nas amostras tratadas com NaOH.

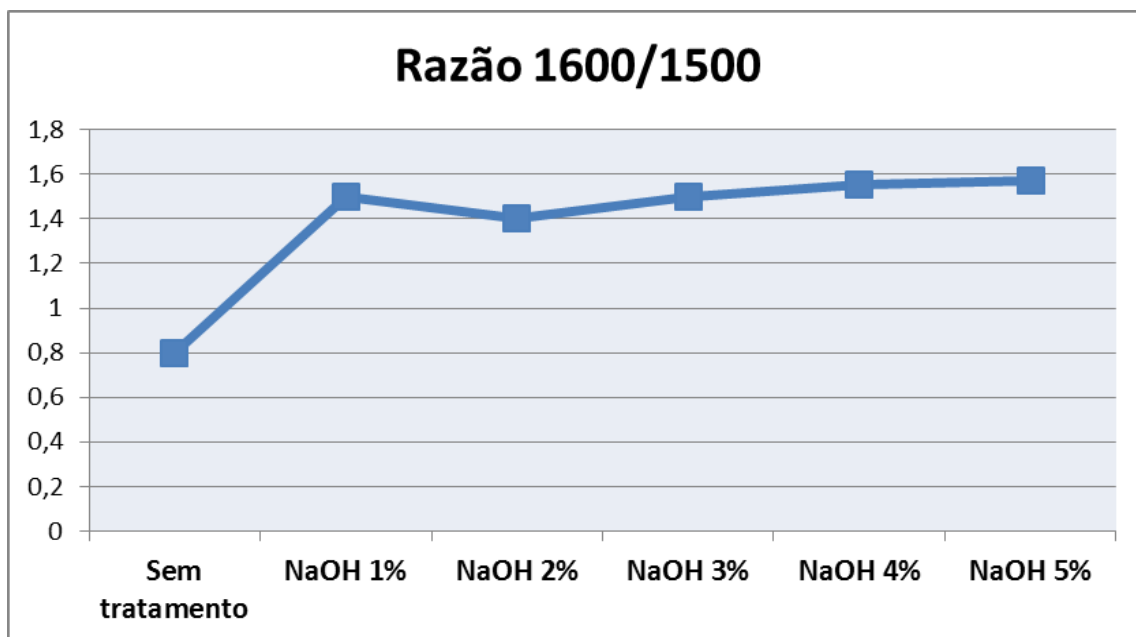


Figura 23. Razão entre os sinais entre a faixa de 1600/1500 do espectro do infravermelho.

5. CONCLUSÕES

A análise dos dados mostraram que os tratamentos alcalinos e principalmente com solução de NaOH 1%, 4% e 5%, levaram a melhores resultados em relação a integridade da holocelulose e maior nível de degradação da lignina.

Isso pode contribuir para o melhor aproveitamento da biomassa (Fibra do coco) no contexto da produção de biocombustível, entretanto deve ser considerado alguns parâmetros (teor de metoxila, composição química e estrutura molecular) que interferem na solubilidade da biomassa. Já para a utilização em compósitos, o tratamento com concentração NaOH 2% se mostrou mais recomendado, uma vez que mantém maior integridade da lignina. Dos experimentos, o maior nível de degradação com base na integridade das ligações da lignina ocorreu na concentração de NaOH a 1%. Esses resultados levam a propor a existência de duas ou mais regiões de natureza acessível e inacessível na supramolécula da lignina, que atuam na proteção das subestruturas condensadas orientadas no núcleo polimérico, uma vez que a ação do NaOH pode ter sido favorecida na região acessível, a qual supostamente é mais rica de subestruturas etéricas.

Um dos parâmetros mais importantes é o de caráter composicional da lignina (teor de metoxila), podendo antecipadamente por análise em laboratório conhece-los e definir melhores condições experimentais que podem favorecer a maior ou menor solubilidade da biomassa lignocelulósica.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, H. S., NASCIMENTO, A. M.; MARIA, M. A. Lignin structure and wood properties, **Wood and Fiber Science**, v. 31, n. 4, 426-433, 1999.
- ABREU, H. S.; CARVALHO, A. M.; MONTEIRO, M. B. O.; PEREIRA, R. P. W.; SILVA, H. R.; SOUZA, K. C. A.; AMPARADO, K. F.; CHALITA, D. B. Métodos de análise em química da madeira, **Floresta e ambiente**, 2006, 20p.
- ANTEROLA A.M.; LEWIS N.G. Trends in Lignin Modification - a Comprehensive Analysis of the Effects of Genetics Manipulations-Mutations on Lignification and Vascular Integrity. **Phytochemistry**, v.61, 221–294, 2002.
- AGUSTRIYANTO, R., A. FATMAWATI, Y. LIASARI, “Study of Enzymatic Hydrolysis of Dilute Acid Pretreated Coconut Husk”, **Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis**, 2012. 7(2): 137-141
- BARRETO, A. C. H. et al. Cardanol biocomposites reinforced with jute fiber: microstructure, biodegradability, and mechanical properties. **Polymer Composites**, v. 31, n. 11, p. 1928-1937, 2010.
- BHATTACHARYYA, A.; BHATTACHARYYA, N. Coconut in nutrition .**Indian Journal of Nutrition and Dietetics**, v.39, n.3, p. 132-142, 2002.
- BOERJAN, W; RALPH, J; BAUCHER, M. Lignin biosynthesis. **Annual Review Plant Biology**, v.54, 519–546, 2003.
- CANETTIERI, E. V. Obtenção dos parâmetros e estudo cinético da hidrólise ácida dos resíduos florestais de eucalipto. 146f. Tese (Doutorado em Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2004.
- CARRIJO, O. A.; LIZ, R. S.; MAKISHIMA, N. Fibra de casca de coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n. 4, p.533-535, 2002.
- CARVALHEIRO, F.; DUARTE, L. C.; GÍRIO, F. M. Hemicellulose biorefineries: a review on biomass pretreatments. **Journal of Scientific & Industrial Research**. Vol. 67, pp.849-864, 2008.
- CÉLINO, A. FRÉOUR, S., JACQUEMIN, F., CSARI, P. The hygroscopic behavior of plant fibers: a review. **Frontiers in chemistry**, v. 1, 2013
- COSGROVE, D. J. Growth of the plant cell wall. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v.6, 850–61, 2005.
- CORREIA, M. U. Outras Utilidades da Casca de Coco. EMBRAPA. AGEITEC Agência Embrapa de Informação Tecnológica.- S/d. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/coco/arvore/CONT000gm3gfso402wx5ok0f7mv200iw4wi1.html#>> Acesso em: 04 jun. 2015.

EFFLAND, M. J. Modified procedure to determine acid-insoluble lignin in wood and pulp. **Tappi**, n. 10, v.60, p.143-144, 1977.

ERHARDT, T. et al. Curso Técnico Têxtil — Física e Química Aplicada — Fibras Têxteis — Tecnologia. São Paulo: Pedagógica e Universitária Ltda / EDUSP; Universidade de São Paulo, 1976. 88 p. v.1.

ESMERALDO, M. A. et al. Dwarf-green coconut fibers: A versatile natural renewable raw bioresource. Treatment, morphology, and physicochemical properties. **Bioresources**, v. 5, n. 4, p. 2478-2501, 2010.

FAO. FAOSTAT 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/statistics/en/>>. Acesso em: 23 de maio de 2015.

FENGEL, D.; WEGENER, G. Wood, chemistry, ultrastructure, reaction, (ED) Walter de Gruyter, Berlin, 66p., 1984.

FERREIRA, J.M.S.; WARWICK, D.R.N.; SIQUEIRA.; L.A. A cultura do coqueiro no Brasil. 2. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1998. 292 p.

GOMES, A., MATSUO, T., GODA, K., OHGI, J. Development and effect of alkali treatment on tensile properties of curaua fiber green composites. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, v. 38, n. 8, p. 1811-1820, 2007.

GURGEL, L. V. A. Mercerização e modificação química de celulose e bagaço de cana-de-açúcar com anidrido succínico e trietilenotetramina: preparação de novos materiais quelantes para a adsorção de Pb (II), Cd (II), Cr (VI) e Cu (II). 2007.

HEITNER, C., DIMMEL, D. R., SCHMIDT, J. A. Lignin and lignan (Advanced chemistry), CRC Press, **Taylor & Francis Group**. EUA .631p. 2008.

HENDRIKS, A. T. W. M.; ZEEMAN, G. Pretreatments to enhance the digestibility of lignocellulosic biomass. **Bioresource Technology**, v. 100, p. 10–18, 2008.

HIGUCHI, T. Biosynthesis and biodegradation of Wood components, **Academic Press**. Inc. 667p. 1985.

JEFFRIES, T. W. Biodegradation of lignin and hemicellulose. **Biochemistry of Microbial Degradation**, 233-277, 1994.

KOBAYASHI, M.; ASANO, T.; KAJIYAMA, M.; TOMITA, B. Effect of ozone treatment of wood on its liquefaction. **Journal Wood Science**, Vol. 51 : 348 – 356. 2005.

KOLPAK, F., J.; WEIH, M., BLACKWELL, J. Mercerization of cellulose: 1. Determination of the structure of Mercerized cotton. **Polymer**. v. 19, 1978

KLEMM, D; HEUBLEIN, B.; FINK, H.P., BOHN, A. Cellulose Fascinating Biopolymer and Sustainable Raw Material. *Angewandte Chemie International Edition*, v.44, n. 22, p. 3358-3393, Maio 2005.

LOIOLA, C. M. Comportamento de cultivares de coqueiro (*Cocos nucifera L.*) em diferentes condições agroecológicas dos tabuleiros costeiros donordeste brasileiro. Dissertação (Mestrado em Agroecossistema) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão. 2009. 74p.

LORENZI, H. Árvores brasileiras. Vol.1.: **Editora Plantarum**. Nova Odessa, SP. 348p. 2002.

MWAIKAMBO, L. Y., ANSELL, M. P. Chemical modification of hemp, sisal, jute and kapok fibers by alkalization. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 84, p.2222-2234, 2002.

MEDINA, J. C. Processo: cultura – variedades; produtos, características e utilização – bebidas destiladas – água de coco – Da cultura ao processamento e Comercialização. São Paulo: ITAL. Série Frutas Tropicais, n. 5. 1980. 252p.

MONTEIRO, M.B.O. et al. Bioquímica da lignificação de células xilemáticas. **Floresta e Ambiente**, v. 11, n. 2, 48-57, 2004.

PIRES, E. N. et al. Efeito do tratamento alcalino de fibras de juta no comportamento mecânico de compósitos de matriz epóxi. **Polímeros**, v. 22, n. 4, p. 339-344, 2012.

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

SANCHES, L. S. Caracterização química e anatômica do mesocarpo do coco da espécie *Cocos nucifera L.* Monografia. 2014.

SANCHEZ, E. M. S. et al. Compósito de resina de poliéster insaturado com bagaço de cana-de-açúcar: influência do tratamento das fibras nas propriedades. **Polímeros**, v. 20, n. 3, p. 194-200, 2010.

SANTOS, J. L. A.; BISPO, V. S.; FILHO, B. C. A. Evaluation of Chemical Constituents and Antioxidant Activity of Coconut Water (*Cocos nucifera L.*) and Caffeic Acid in Cell Culture. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 85, p.1235-1246, out. 2013.

SARKANEN, K. V., LUDWIG, C.H. Lignins occurrence, formation, structures and reactions. John Wiley & son. Nova York. 866p 1971

SILVA, G. G., SOUZA, D. A., MACHADO, J. C., HOURSTONS, D. J. Mechanical and thermal characterization of native Brazilian cois fiber. **Journal of Applied Polymer Science**, p. 1197-1206, 2000.

STIPANOVIC, A. J.; SARKO, A. P. Analysis of Carbohydrates and Polysaccharides. 6. Molecular and Crystal Structure of Regenerated Cellulose II. **Macromolecules**, v. 9, n. 5, p. 851-857, Setembro 1976.

SHUAIB M. L., MOHAMED H. I., ABDUL J. L. Delignification of Coconut Husk by Microwave Assisted Chemical Pretreatment. **Advances in Environmental Biology**, 9(1) Pages: 1-5, 2015.

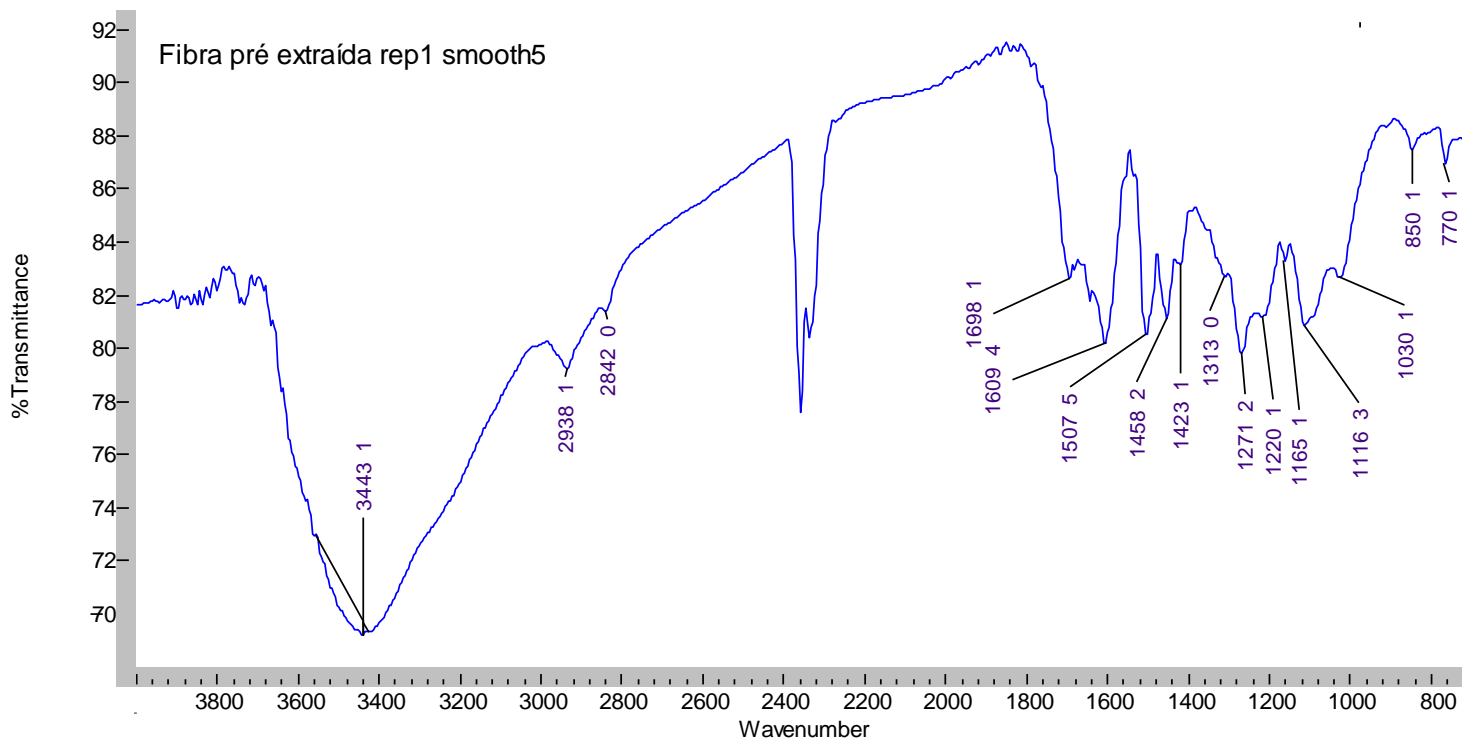
SANCHEZ, E. M. S., CAVANI, C. S., LEAL, C. V., & SANCHEZ, C. G. Compósito de resina de poliéster insaturado com bagaço de cana-de-açúcar: influência do tratamento das fibras nas propriedades. **Polímeros**, v. 20, n. 3, p. 194-200, 2010.

TRONCHET, M.; BALAGUE', C.; KROJ, T.; JOUANIN, L.; ROBY, D. Cinnamyl alcohol dehydrogenases C and D, key enzyme sin lignin biosynthesis, play an essential role in disease resistance in Arabidopsis. **Molecular Plant Pathology**, v. 11, p. 83-92, 2010.

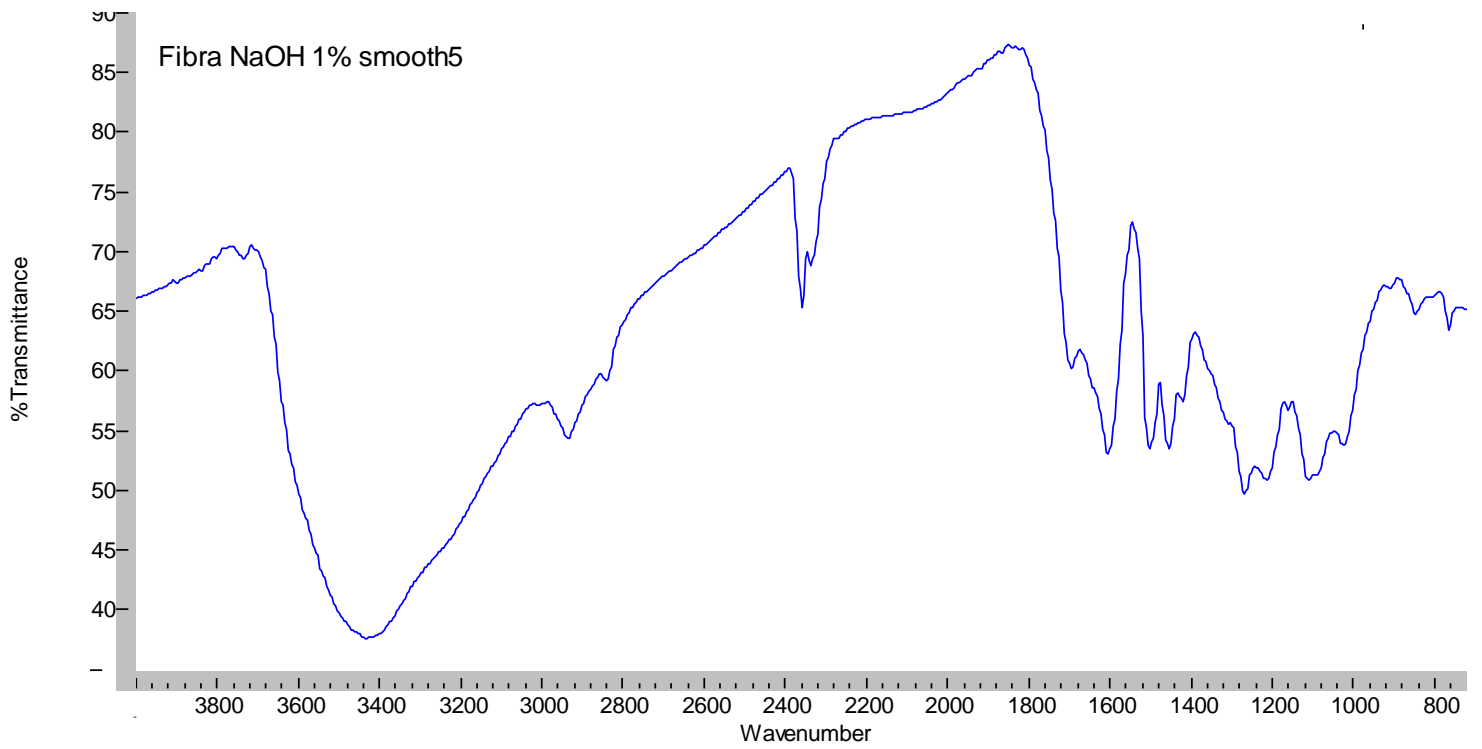
ZHU, J. Y.; PAN, X. J. Woody biomass pretreatment for cellulosic ethanol production: technology and energy consumption evaluation. **Bioresource technology**, v. 101, n. 13, p. 4992-5002, 2010.

ANEXOS

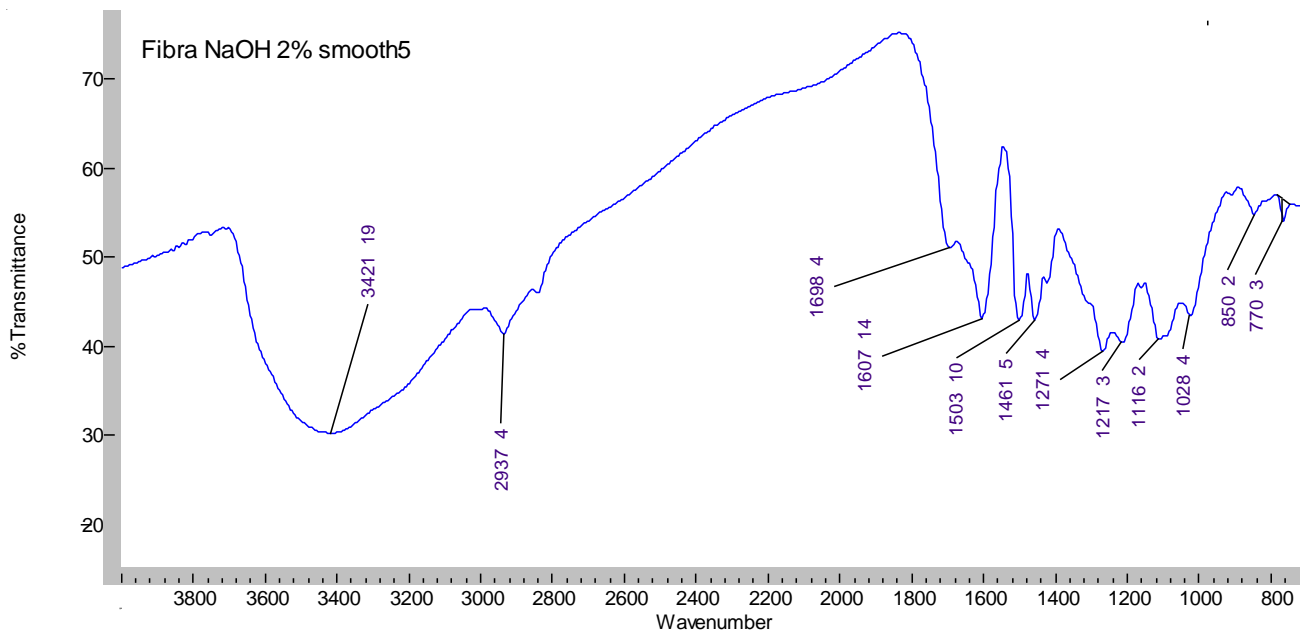
ANEXO 1: Análise Infravermelho Fibra pré-extraída



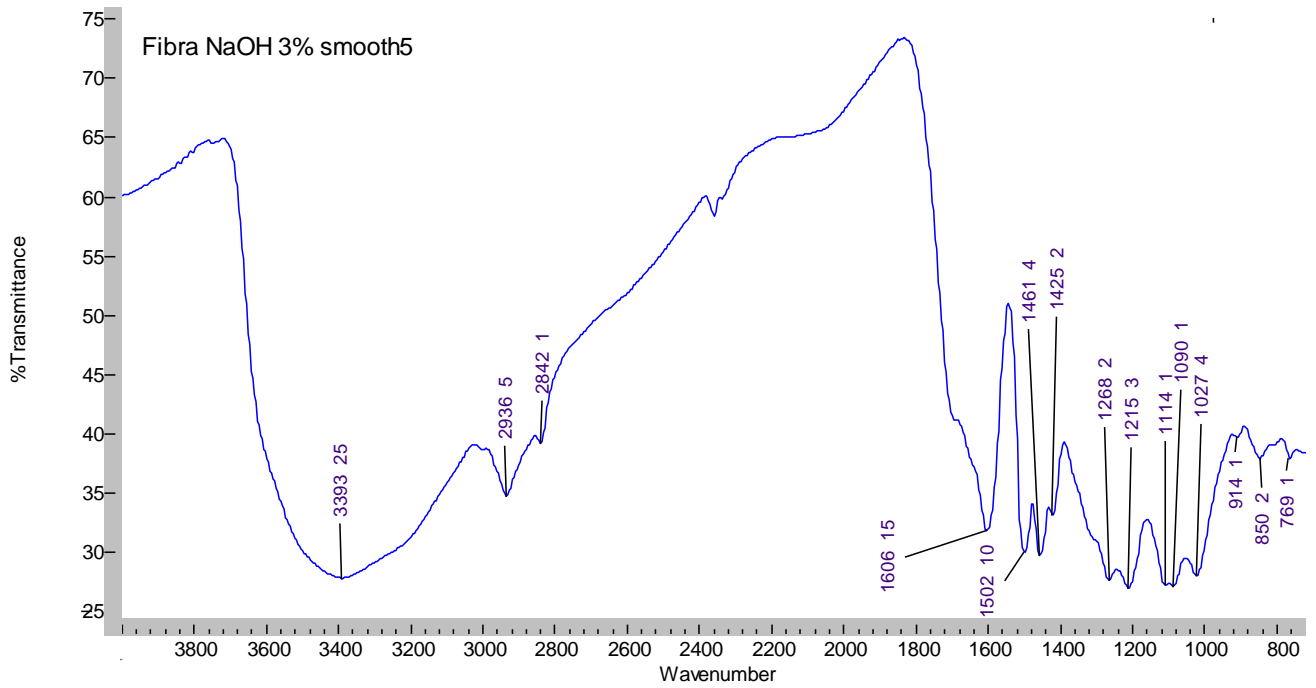
ANEXO 2: Análise Infravermelho Fibra NaOH 1%



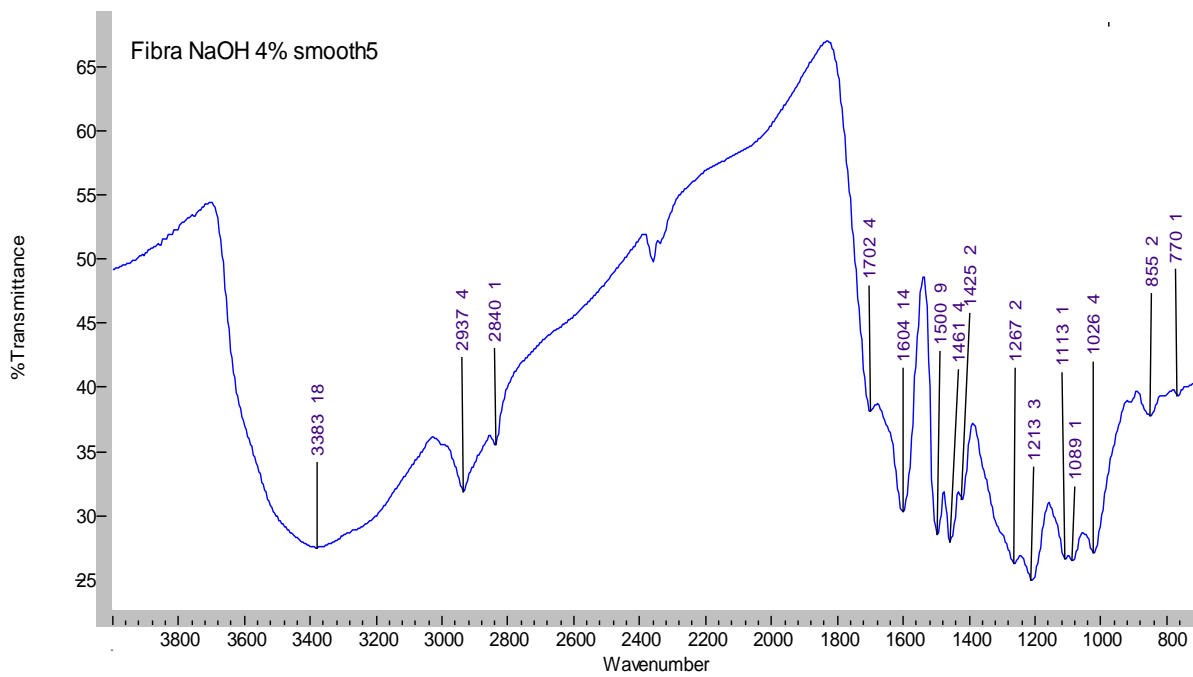
ANEXO 3: Análise Infravermelho Fibra NaOH 2%



ANEXO 4: Análise Infravermelho Fibra NaOH 3%



ANEXO 5: Análise Infravermelho Fibra NaOH 4%



ANEXO 6: Análise Infravermelho Fibra NaOH 5%

