



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

Faculdade de Engenharia
Departamento de Engenharia Química
Licenciatura em Engenharia Química

TRABALHO DE LICENCIATURA

**EXTRACÇÃO DA LIGNINA DA SERRADURA DE TRONCO DE COQUEIRO PARA
PRODUÇÃO DE CELULOSE PELO MÉTODO DE SODA CÁUSTICA: CARACTERIZAÇÃO E
AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL**

Autor:

Morais Maurício Manuel Jone

Supervisor:

Prof. Doutor João Chidamoio, Eng^o

Co-supervisor:

Prof^a. Doutora Maria Eduardo, Eng^a

Maputo, Junho de 2024



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

Faculdade de Engenharia
Departamento de Engenharia Química
Licenciatura em Engenharia Química

TRABALHO DE LICENCIATURA

**EXTRACÇÃO DA LIGNINA DA SERRADURA DE TRONCO DE COQUEIRO PARA
PRODUÇÃO DE CELULOSE PELO MÉTODO DE SODA CÁUSTICA:
CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL**

Autor:

Morais Maurício Manuel Jone

Supervisor:

Prof. Doutor João Chidamoio, Eng^o

Co-supervisor:

Prof^a. Doutora Maria Eduardo, Eng^a

Maputo, Junho de 2024

TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante Morais Maurício Manuel Jone entregou no dia____/____/2024 as 5 cópias, cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com a referência_____, intitulado: Extracção da lignina da serradura de tronco de coqueiro para produção de celulose pelo método de soda cáustica: caracterização e avaliação do impacto ambiental.

Maputo, _____ de _____ de 2024

O Chefe de Secretaria

DECLARAÇÃO SOB PALAVRA DE HONRA

Eu, Morais Maurício Manuel Jone, declaro por minha honra que o presente trabalho foi realizado inteiramente por mim, no Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, no âmbito da conclusão do curso de Licenciatura em Engenharia Química.

Maputo, _____ de _____ de 20_____

(Morais Maurício Manuel Jone)

DEDICATÓRIA

Ao meu pai, Maurício Manuel Jone, minha mãe Josefa António João e meu irmão Manuel Maurício Manuel, pela educação, apoio, persistência e sempre acreditarem em mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Soberano Senhor Jeová pela vida, aprendizado e protecção, a minha família por todo o amor, dedicação e apoio ao longo da minha vida e de toda a caminhada para a conclusão deste capítulo da minha vida.

Aos meus supervisores Prof. Doutor Eng^o. João Chidamoio e Prof^a. Doutora Eng^a. Maria Eduardo pelo acompanhamento, ensinamento, dedicação e pela contribuição para a materialização deste trabalho. A todo o corpo docente e técnico da Faculdade de Engenharia, em especial do Departamento de Engenharia Química pelo conhecimento por eles transmitido e suporte durante os estudos. Aos colegas (Alcídio Martins Ferreira, Adolfo José, Zeca Albano João Chipuazo e Pedro Estefene Amilai), amigos e companheiros, que me deram forças e ânimo para prosseguir com os estudos em busca de conhecimentos, e a todos que de alguma forma contribuíram durante o meu percurso académico.

Resumo

O presente trabalho teve como objectivo extrair a lignina para produzir celulose através do processo de polpação Soda sobre a serradura de tronco de coqueiro com vista a aplica-lo para fins ecológicos na geração de materiais de fácil biodegradação. Cerca de 110 g de resíduo com uma granulometria entre 2 - 4 mm e humidade compreendida entre 4.73 – 6.18% foram pesadas para a extracção da lignina a uma temperatura de 160 °C. A amostra também foi avaliada em relação aos parâmetros físico-químicos. Em cada polpação, utilizou-se as mesmas percentagens de licor, sendo que os resultados obtidos mostraram que o rendimento da celulose e o teor de lignina variaram de 34.42 – 29.40% e 46.34 – 38.08%, com uma média de $31.29\% \pm 0.68$ e $42.13 \pm 0.99\%$ para a celulose e lignina, respectivamente. Não houve diferenças significativas com relação ao teor de celulose obtido no material estudado em comparação com os teores alcançados por alguns autores em diferentes biomassas de origem vegetal, o que permite concluir que os resíduos seleccionados no presente trabalho são excelentes precursores de biomassa para a produção de celulose.

Palavras-chave: Celulose, Lignina, Serradura de tronco de coqueiro, Biomassa.

Índice

RESUMO.....	I
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objectivos	3
1.1.1. Objectivo geral.....	3
1.1.2. Objectivos específicos.....	3
1.2. Justificação do estudo.....	3
1.3. Metodologia.....	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1. Generalidades sobre coqueiro	6
2.1.1. Características físico-químicas e mecânicas do tronco de coqueiro	7
2.2. Características gerais da biomassa	12
2.3. Materiais lignocelulósicos	15
2.3.1. Celulose.....	16
2.3.2. Hemicelulose	17
2.3.3. Lignina	17
2.4. Aplicação da lignina	20
2.5. Métodos de extracção da lignina.....	21
2.6. Branqueamento da pasta celulósica	24
2.6.1. Principais reagentes de branqueamento	25
2.7. Impacto ambiental dos processos de produção de celulose	29
2.7.1. Poluentes atmosféricos	29
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	32
3.2.1. Humidade	32
3.2.2. Secagem.....	32

3.2.3.	Peneiração e granulometria	32
3.2.4.	Determinação da densidade básica.....	33
3.2.5.	Extracção da Lignina em um reactor Batch	33
3.2.6.	Filtração do Licor negro, lavagem e branqueamento da pasta celulósica	34
3.2.7.	Isolamento da Lignina.....	35
3.2.8.	Secagem da celulose.....	36
3.3.	Determinação do teor de material solúvel.....	38
3.4.	Determinação do rendimento real de celulose	38
4.	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	39
4.1.	Caracterização físico-química da serradura de tronco de coqueiro	39
4.1.1.	Humidade do material.....	39
4.1.2.	Densidade básica da serradura do coqueiro	40
4.1.3.	Classificação granulométrica.....	40
4.1.4.	Rendimento dos componentes da serradura do tronco de coqueiro	42
5.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	46
5.1.	Conclusões	46
5.2.	Recomendações	47
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
	APÊNDICES	a
	ANEXOS	b

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

ASTM – Sociedade Americana de Testes e Materiais (*American Society for Testing and Materials*)

AVC - Avaliação do Ciclo de Vida

CMMAD - Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

DTPA - Ácido dietilenotriaminopentaacético

EDTA - Ácido etilenodiaminotetracético

Eo - Extracção alcalina com oxigénio

Eop - Extracção alcalina com peróxido de hidrogénio

FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*)

FD - Factor de diluição

GRSU - Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos

MADER - Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural

MDF - Painel de fibra de média densidade (*Medium Density Fiberboard*)

MITADER - Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural

PML ou P+L - Produção Limpa

SB - Estireno-butadieno

Tg - Temperatura de transição vítrea

TRS - Compostos de Enxofre Total Reduzido

VOC - Compostos Orgânicos Voláteis

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolução da área cultivada da cultura de coqueiro em Moçambique, de 2017 a 2022.	4
Figura 2: Fontes de biomassa.....	12
Figura 3: Representação da molécula de celulose.	16
Figura 4: Representação da molécula de hemicelulose.....	17
Figura 5: Fórmula estrutural hipotética da lignina.	19
Figura 6: Derivados da lignina em uma biorefinaria de lignocelulósicos.	21
Figura 7: Lavagem e filtração da mistura de licor negro e celulose.	34
Figura 8: Reacção de branqueamento da celulose.....	35
Figura 9: Lavagem da polpa branqueada.....	35
Figura 10: Celulose obtida após o branqueamento e secagem	36
Figura 11: Fluxograma do processo de extracção da lignina e obtenção da celulose. .	37
Figura 12: Classificação granulométrica	41
Figura 13: Composição de celulose e material solúvel do material em estudo em relação a alguns tipos de biomassas de origem vegetal.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação taxonómica do coqueiro.	6
Tabela 2: Plantação de coqueiros em Moçambique no ano de 2015.....	7
Tabela 3: Propriedades únicas.....	8
Tabela 4: Propriedades físicas.....	9
Tabela 5: Propriedades mecânicas.....	10
Tabela 6: Propriedades químicas.....	10
Tabela 7: vantagens de se utilizar madeiras de densidades baixas e altas para produção de polpa celulósica.....	11
Tabela 8: Composição elementar	13
Tabela 9: Comparação da composição de celulose, hemicelulose e lignina de diferentes fontes de biomassa	15
Tabela 10: Métodos de Extração da Lignina	22
Tabela 11: Reagentes do branqueamento.	25
Tabela 12: Reagentes e suas características	26
Tabela 13: Principais poluentes e seus impactos na atmosfera.....	30
Tabela 14: Propriedades físico-químicas	39

1. INTRODUÇÃO

A vida na sociedade contemporânea juntamente com as novas tecnologias tem causado um aumento na produção de resíduos sólidos. Grande parte destes permanecem por centenas e milhares de anos no meio ambiente, causando não só uma crise ambiental, como também um problema econômico e social (Rahmani et al., 2007). Grande parte destes resíduos é proveniente de derivados de petróleo, e a combustão destes contribui para o aumento do teor de carbono atmosférico, levando ao aumento da poluição do ar e da incidência de chuvas ácidas, o que impacta as mudanças climáticas mundiais (Cragg et al., 2017). Os aspectos previamente mencionados, dentre outros, levaram ao desenvolvimento de um segmento da economia denominado bioeconomia, voltado para um sistema sustentável, em que matérias primas renováveis são usadas, visando a minimização de problemas estratégicos, econômicos e ambientais.

Os componentes da biomassa lignocelulósica correspondem a matérias-primas que podem ser usadas na indústria da celulose, energia, químicos e farmacêutica (Vaz, 2018). Entre todos os componentes, a celulose pode ser destacada, devido às suas propriedades físicas e químicas excelentes para a produção de embalagens e papéis para diversos fins (Yu et al., 2018). A biomassa lignocelulósica é composta maioritariamente por celulose, hemiceluloses e lignina, (Chrysikou et al., 2018), cujas percentagens dependem da genética da planta e factores ambientais, como o clima em que a biomassa foi produzida. Com base no material seco, a biomassa lignocelulósica, geralmente, apresenta em torno de 70-80 % de celulose e hemiceluloses e 10-25 % de lignina (Nanda et al., 2014).

Existem vários métodos de extracção da lignina para obtenção da celulose. Em Moçambique ainda não há estudos publicados em relação a aplicação dos diferentes métodos para a extracção da lignina, porém, a nível mundial o método mais utilizado actualmente na indústria é o processo Kraft, todavia, possui desvantagens ambientais (Santos, 2011) por utilizar como agente de extracção solventes cuja composição contém o elemento enxofre. Além disso, este processo não produz uma lignina com elevada pureza para usos tais como a geração de energia eléctrica em motores de combustão interna e como agente compactibilizante para melhoria de adesão do polipropileno. Outro

método para extracção é o processo *organosolv*, que produz uma lignina com maior pureza do que o de Kraft (Pinheiro, 2014). Contudo, o processo *organosolv* ainda envolve o uso de grandes quantidades de solvente orgânico, além da necessidade de um longo tempo de reacção, implicando em grandes gastos de energia. Todavia, tendo em conta principalmente as questões ambientais bem como o consumo elevado de energia, o método usado no presente estudo foi o processo soda que em comparação com o processo Kraft e os lignosulfonatos, não contém enxofre no produto extraído e apresenta maior pureza, isto é, cerca de 98% (Sixta, 2006).

Dentre as biomassas, a serradura proveniente da cultura do coqueiro (tronco) pode ser utilizada para produzir celulose, sendo esta serradura obtida a partir do processamento do tronco de coqueiro (colhido nas unidades de processamento artesanal). Devido à vasta produção desta cultura em Moçambique (cerca de 83.047 hectares de área cultivada) com destaque para as províncias de Inhambane e Zambézia, a geração de resíduos decorrente da exploração da mesma é significativa tendo em conta que apenas em 2022 de acordo com a FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) Moçambique teve uma produção anual da ordem de 245.800,55 toneladas, tornando-se necessário encontrar alternativas viáveis para o seu reaproveitamento visando reduzir a poluição ambiental causada pelo seu descarte em locais inapropriados bem como o seu uso como combustível lenhoso. Neste contexto, o presente trabalho propõe-se a realizar a extracção da lignina da serradura de tronco de coqueiro para produção de celulose pelo método de soda cáustica e avaliar o seu impacto ambiental.

1.1. Objectivos

1.1.1. Objectivo geral

Extrair a lignina da serradura de tronco de coqueiro para produção de celulose pelo método de soda cáustica.

1.1.2. Objectivos específicos

- Determinar as características físicas da serradura de tronco de coqueiro (humidade, granulometria e densidade);
- Determinar as características químicas da serradura de tronco de coqueiro (teores de lignina, hemicelulose e celulose);
- Extrair a lignina pelo processo soda caustica;
- Analisar o impacto ambiental do processo de extracção da lignina.

1.2. Justificação do estudo

O coqueiro é uma planta de grande importância socioeconómica que, além de produzir a água-de-coco e o albúmen para indústria de alimentos e cosméticos, gera grande quantidade de resíduos, pelo que se procuram actualmente utilizações alternativas para estes. Em Moçambique, os principais usos dos resíduos do tronco de coqueiro são na cozinha como combustível lenhoso e no processamento artesanal para produção de materiais imobiliários.

Moçambique é rico em recursos agroflorestais que como consequência produzem resíduos, alguns desses resíduos possuem um alto teor de celulose sendo possível usá-los como fonte alternativa dos recursos fósseis. Segundo Dos Santos (2003) Moçambique é um dos maiores produtores de coqueiros na região e tem uma vasta área de aproximadamente 160.000 hectares de produção de coqueiros tendo sido o maior produtor de África entre os períodos de 1948 a 1981. As regiões que mais produziram foram a Zambézia (cerca de 50%), Inhambane (cerca de 35%) e Ilha de Moçambique (cerca de 3%). De acordo com o último inquérito publicado em 2015 pelo Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural (MADER), só nesse ano Moçambique teve um total de cerca de 10.747.445 plantações de coqueiros, com destaque para a província de Inhambane que teve maior número de plantações com cerca de 6.980.628 plantações.

Conforme se pode observar na Figura 1, estudos recentes referentes a cultura de coqueiro em Moçambique foram desenvolvidos pela FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) onde se constata uma evolução da área cultivada e produção anual num período de 5 anos, mostrando um incremento de cerca de 706 hectares de área cultivada e 6.722,97 toneladas de produção anual, correspondentes ao período de 2017 a 2022.

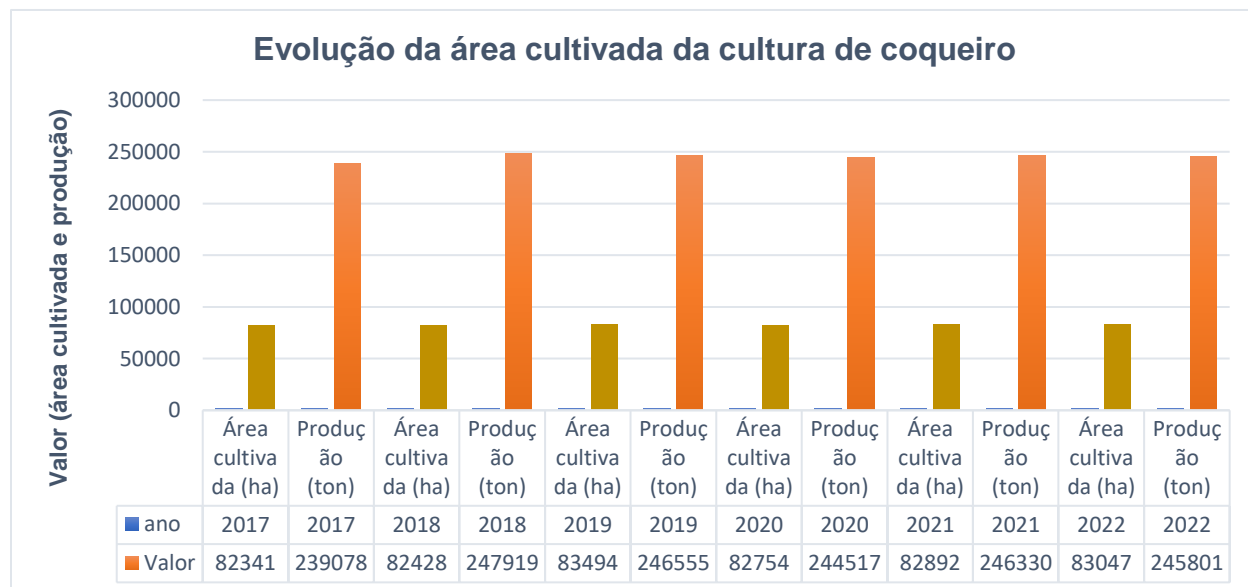


Figura 1: Evolução da área cultivada da cultura de coqueiro em Moçambique, de 2017 a 2022.

Portanto, face a abundância deste material, o estudo e caracterização dos resíduos de tronco de coqueiro para produção de celulose é de extrema relevância para que se possa melhorar o conhecimento a respeito das suas características físicas e químicas, pois só assim a potencialidade do uso da serradura de tronco de coqueiro alcançará novos patamares.

1.3. Metodologia

O presente trabalho cumpriu com a seguinte metodologia: pesquisa bibliográfica, trabalho laboratorial, tratamento e organização dos dados experimentais, análise e discussão dos resultados e elaboração do relatório final.

- a) Pesquisa bibliográfica: consistiu na fundamentação teórica necessária para tratar o tema e o problema de pesquisa, por meio da análise de informações obtidas a

partir de fontes secundárias como teses, dissertações, páginas de internet (*Google Scholar*, *Google Books*, *Springer Link*, entre outras) de temas relacionados com a extracção de lignina para obtenção da celulose e suas propriedades físico-químicas e funcionais;

- b) Aquisição das amostras de serradura de tronco de coqueiro;
- c) Realização das experiências de laboratório para a extracção da lignina e caracterização físico-química da serradura de tronco de coqueiro;
- d) Tratamento de dados através da análise estatística, utilizando a comparação das médias;
- e) Elaboração do relatório final.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades sobre coqueiro

Coqueiro é uma planta arbórea, com caule geralmente erecto, sem ramificação, e com folhas terminais, pertencendo a família *Palmae*, (*Arecaceae*), uma das mais importantes famílias da classe *Monocotyledoneae* que possui mais de 200 géneros e é a única espécie do género cocos (IPA, 1992).

Nos princípios do século XX, a cultura do coqueiro foi introduzida em Moçambique por grandes empresas e posteriormente o sector familiar iniciou com a sua produção em áreas adjacentes às das empresas. Durante as últimas décadas, com o desaparecimento de quase todas as plantações industriais devido à guerra civil, a descida de preços do mercado internacional e ainda outros factores, o sector de coqueiros em Moçambique sofreu uma redução drástica na quantidade e qualidade da copra produzida, sendo que actualmente a produção é proveniente quase que exclusivamente do sector familiar. A total ausência de intervenções por parte do Estado ou das empresas em apoio a este sector, contribuiu de forma negativa para esta situação (Ohler, 1986).

O coqueiro fornece não somente alimento, água e óleo de cozinha, mas também resíduos sólidos, folhas para telhados de palha, fibra para cordas, tapetes e redes, casca que pode ser usada para fabricar utensílios, e ornamentos. Açúcar e álcool, podem também ser produzidos a partir de seiva da sua inflorescência, e inúmeros outros produtos são elaborados de diferentes partes da planta (Camboim, 2001).

Segundo Silveira (2008), o coqueiro apresenta a seguinte classificação taxonómica:

Tabela 1: Classificação taxonómica do coqueiro.

Divisão	Espermatófita
Classe	Angiosperma
Sub Classe	Monocotyledoneae
Ordem	Palmales
Família	Palmae
Sub família	Cocoidae

Género	Cocos
Espécie	<i>Cocos nucífera</i> , L.
Nome Vulgar	Coqueiro

De acordo com o Inquérito Agrário Integrado do ano de 2015 realizado pelo Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural (MADER), nesse ano Moçambique teve a seguinte plantação de coqueiros:

Tabela 2: Plantação de coqueiros em Moçambique no ano de 2015

PROVÍNCIAS	NÚMERO DE PLANTAÇÕES
Maputo	156.119
Gaza	298.151
Inhambane	6.980.628
Sofala	221.760
Manica	8.742
Tete	2.650
Zambézia	1.603.870
Nampula	856.306
Cabo Delgado	619.219
Niassa	-
Total	10.747.445

2.1.1. Características físico-químicas e mecânicas do tronco de coqueiro

A massa específica representa um importante papel na determinação das propriedades físicas, mecânicas e de utilidade de cada tipo de madeira, pois influencia as propriedades básicas da madeira permitindo diferenciar peças para uma finalidade específica, mesmo quando essas são oriundas da mesma árvore (Brown et al., 1952).



Para Kollmann (1968) e Tsoumis (1991), a massa específica está directamente relacionada com outras propriedades e, por isso, é um importante indicador da qualidade

da madeira, permitindo, até certo ponto, indicar a trabalhabilidade e características de acabamento.

1) Propriedades únicas

As propriedades únicas são um conjunto de propriedades exclusivas e particulares de cada material puro, podendo ser usadas para identificá-los, sendo a densidade uma delas. Na Tabela 3 é apresentado de forma resumida a variação da densidade e qualidade ao longo da secção transversal do tronco de coqueiro.

Tabela 3: Propriedades únicas

Propriedades únicas	
  <p>Fonte: Cocowood. <i>Properties and processing facts for coconut 'wood'</i>. Imagem disponível em www.cocowood.net</p>	<p>Variação de densidade na secção transversal</p> <ul style="list-style-type: none">• A córtex externo / 'casca'• B duro: $>700 \text{ kg/m}^3$• C médio: $500\text{--}700 \text{ kg/m}^3$• D baixo: $<500 \text{ kg/m}^3$ <p>Variação na qualidade</p> <ul style="list-style-type: none">• Placas de alta densidade são adequado para produtos de piso em mercados internacionais.• Placas de média densidade são adequado para os mercados locais.• Material de baixa densidade pode ser usado em produtos secundários como como substrato para cultivo de plantas.

2) Propriedades físicas

Na tabela que se segue, são apresentados de forma resumida as propriedades físicas das fibras do tronco de coqueiro de baixa e alta densidade.

Tabela 4: Propriedades físicas

Propriedades físicas (unidades)	Alcance = fibra de baixa-alta densidade
<i>Densidade - básica (kg/m³)</i>	100–1020
<i>Densidade - seco ao ar (kg/m³)</i>	200–1170
<i>Densidade para produtos de piso (dureza Janka >7kN)(kg/m³)</i>	>700
<i>Gravidade Específica</i>	0.26–0.59
<i>Encolhimento: tangencial, verde a seco (%)</i>	3.0–6.0
<i>Encolhimento: radial, verde a seco (%)</i>	2.7–7.4
<i>Encolhimento unitário: tangencial</i>	0,05–0,42 alta densidade: 0,32–0,38
<i>Encolhimento unitário: radial</i>	0,05–0,34 alta densidade: 0,24–0,3
<i>trabalhabilidade</i>	Firme a duro; usar ferramentas afiadas

Fonte: Poulter (2010) e Arancon (1997).

3) Propriedades mecânicas

Todo o material sólido quando submetido a esforços externos tem a capacidade de deformar-se. Assim sendo, as propriedades mecânicas dos materiais definem o comportamento do material quando sujeito a cargas externas, sua capacidade de resistir ou transmitir esses esforços sem se fracturar ou deformar de forma incontrolada. Na Tabela 5 estão apresentadas as propriedades mecânicas das fibras de baixa e alta densidade.

Tabela 5: Propriedades mecânicas.

Propriedades mecânicas (unidades)	Faixa = fibra de baixa a alta densidade
Módulo de elasticidade: seco (GPa)	2–25 alta densidade: 11,4
Módulo de ruptura: seco (GPa)	28–205 alta densidade: 104
Resistência máxima ao esmagamento: seco (MPa)	19–57 alta densidade: 40
Dureza Janka: seco (kN)	0,7–23,9

Fonte: Arancon (1997).

4) Propriedades químicas

Na Tabela 6 apresenta-se de forma resumida as principais propriedades químicas das fibras do tronco de coqueiro de baixa e alta densidade.

Tabela 6: Propriedades químicas.

Propriedades químicas (unidades)	Faixa = fibra de baixa a alta densidade
Cinza pura inorgânica (%)	0,75 (0,25–2,4)
Sílica (%)	0,07 (0,01–0,2)
Lignina (%)	25,1
Holocelulose (%)	66,7
Pentosanos (%)	22,9
Amido (%)	4,3–4,6 (>6 meses de idade; o amido diminui com a idade)
pH	6,2

Fonte: Gibe (1985).

Na tabela abaixo estão apresentadas algumas vantagens de se utilizar madeiras de densidades baixas e altas para produção de polpa celulósica conforme relatado por Gomes (1998):

Tabela 7: vantagens de se utilizar madeiras de densidades baixas e altas para produção de polpa celulósica

Baixa densidade básica	Alta densidade básica
(0,400 a 0,480 g cm⁻³)	(0,480 a 0,560 g cm⁻³)
Menor custo de exploração	Menor custo com transporte
Menor teor de casca	Maior capacidade de armazenamento no pátio
Menor consumo de facas no picador	Menor consumo específico de madeira
Menor consumo de álcali	Maior espessura de parede
Maior rendimento	Maior índice de rasgo
Maior facilidade de impregnação	Maior volume específico
Menor energia de refino	Maior porosidade do papel

A variação de densidade básica da madeira causa alterações no processo de polpação, por isso é recomendável um planejamento adequado do abastecimento de madeira na fábrica. Dentre as alterações que podem ocorrer no processo, pode-se citar a impregnação da madeira pelo licor de cozimento e a transformação da madeira em cavacos. De maneira geral, as madeiras com alta densidade (0,480 a 0,560 g cm⁻³) deverão ter menores dimensões de cavacos para facilitar o processo de impregnação. No entanto, com o incremento da densidade, a picagem torna-se mais difícil, pois requer maior demanda energética e tende a produzir cavacos pouco uniformes (Cardoso, 2006). Dentre os componentes da madeira, a celulose é o componente mais abundante e o mais importante economicamente, já que é o material de interesse na fabricação do papel (Mokfienski, 2004).

2.2. Características gerais da biomassa

Biomassa é uma matéria vegetal gerada pela fotossíntese e seus diversos produtos e subprodutos derivados, tais como as florestas, as culturas e os resíduos agrícolas, os dejectos animais e a matéria orgânica que é contida nos rejeitos industrial e urbano. (MME, 2007). Segundo Mohammed (2021) as principais fontes de biomassa podem ser obtidas de vegetais lenhosos e não lenhosos, resíduos orgânicos e biofluidos. A Fig. 2 apresenta as características das diferentes fontes de biomassa.

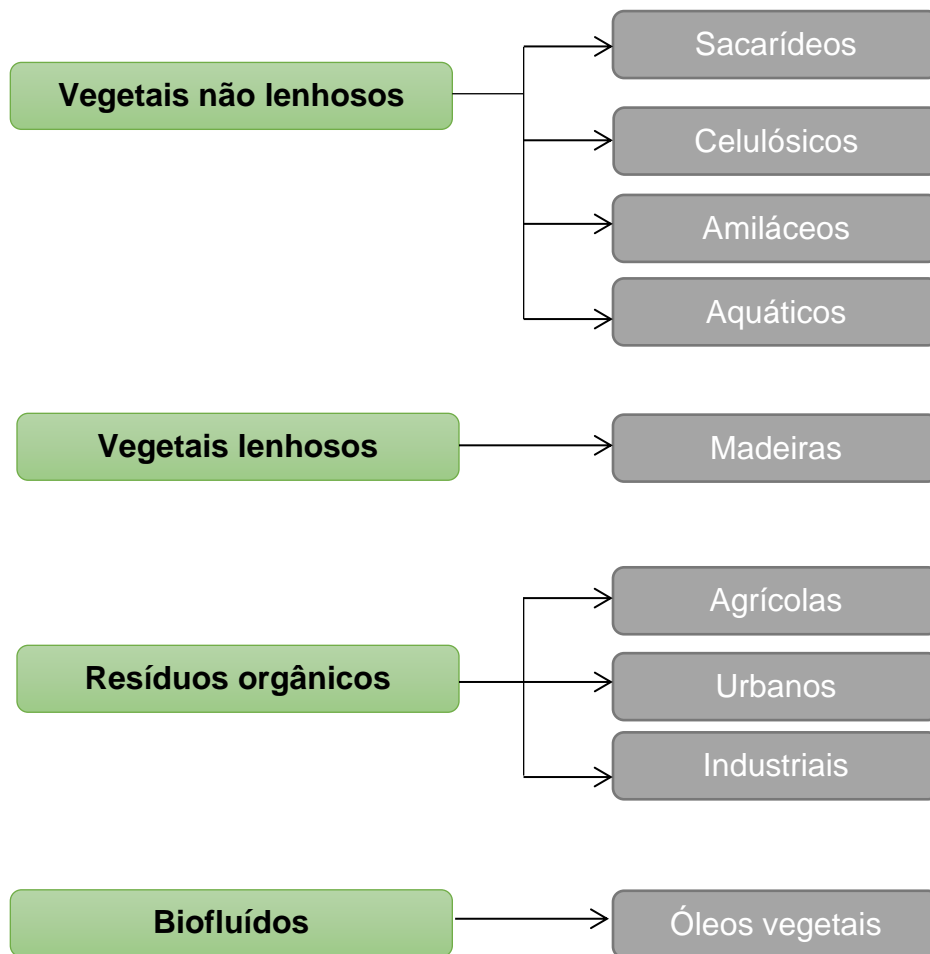


Figura 2: Fontes de biomassa.

Em relação à estrutura química da biomassa, esta inclui na sua composição a celulose, a hemicelulose, a lignina, os lípidos, as proteínas, os açúcares simples, o amido, a água e cinzas que são resultantes do processo de fotossíntese. A concentração de cada

componente varia de acordo com a espécie, o estágio de maturação e as condições de crescimento (Khan et al., 2008).

A celulose é um polissacarídeo linear, constituído por monómeros de glicose, apresentando, portanto, devido às suas ligações, uma estrutura que muito dificilmente é quebrada através da hidrólise. A hemicelulose é um polissacarídeo com composição variável (20 a 40%) que está associado à celulose (40 a 50%), é amorfo e o seu peso molecular é inferior ao da primeira. A lignina, com composição de 25%, é um polímero irregular constituído por unidades de compostos aromáticos, o que aumenta a resistência da planta e a torna difícil de degradar. A função destes constituintes é conferir rigidez, resistência e impermeabilidade à biomassa (Jenkins *et al.*, 1998).

As propriedades da biomassa têm influência direta na escolha da tecnologia de conversão, devido à sua especificidade no que diz respeito ao conteúdo de matéria seca, tamanho, forma e consistência (Quaak et al., 1999).

Em termos de composição elementar, o principal constituinte da madeira é o carbono, seguido do oxigénio e em terceiro lugar o hidrogénio (aproximadamente 5-6 % da matéria seca). No entanto, a biomassa tem muito mais oxigénio que os combustíveis fósseis convencionais (incluindo o carvão), uma vez que é constituída essencialmente por hidratos de carbono, representando estes cerca de 45 % da matéria seca (Vassilev et al., 2010). A Tabela 8 apresenta a principal composição elementar dos diferentes tipos de biomassa vegetal.

Tabela 8: Composição elementar

Elemento	Teor (%)	Descrição	Fonte
Carbono (C)	42-71	Geralmente, o teor de carbono diminui pela seguinte ordem: biomassa aquática > biomassa contaminada > madeira e biomassa lenhosa > herbáceas e resíduos agrícolas > herbáceas e biomassa agrícola > herbáceas e erva agrícola.	Vassilev <i>et al.</i> , 2010
Oxigénio (O)	16-49	Este teor diminui pela seguinte ordem: herbáceas e erva agrícola > herbáceas e biomassa agrícola > herbáceas e resíduos agrícolas > madeira e biomassa lenhosa > biomassa contaminada > biomassa aquática.	

Hidrogénio (H)	3-11	Este teor na biomassa diminui normalmente pela seguinte ordem: biomassa aquática > biomassa contaminada > herbáceas e resíduos agrícolas > (madeira e biomassa lenhosa, herbáceas e biomassa agrícola) > herbáceas e erva agrícola.	
Azoto (N)	0,10-12,00	O azoto é um micronutriente para as plantas e prejudicial ao seu crescimento e diminui pela seguinte ordem: biomassa aquática > biomassa contaminada > herbáceas e resíduos agrícolas > (herbáceas e biomassa agrícola, herbáceas e palha agrícola) > herbáceas e erva agrícola > madeira e biomassa lenhosa.	Khan <i>et al.</i> , 2008
Enxofre (S)	0,01-2,30	Diminui pela seguinte ordem: biomassa aquática > biomassa contaminada > herbáceas e resíduos agrícolas > (herbáceas e biomassa agrícola, herbáceas e palha agrícola) > herbáceas e erva agrícola > madeira e biomassa lenhosa.	Vassilev <i>et al.</i> , 2010
Cloro (Cl)	0,01-0,90	Diminui pela seguinte ordem: biomassa aquática > biomassa contaminada > herbáceas e erva agrícola > herbáceas e biomassa agrícola > herbáceas e resíduos agrícolas > madeira e biomassa lenhosa.	

Os teores de C, H, O são semelhantes nos diferentes tipos de biomassa, já os teores de N apresentam diferenças significativas. As maiores variações ocorrem em termos de Al, Mn, Na e Si, e ocorrem menores variações em termos de Ca, Cl, Fe, K, Mg e P, para a biomassa lenhosa. A concentração e o comportamento de elementos como Ca, Cl, K, Na, P, S, Si e metais pesados (mais precisamente oligoelementos), estão na origem de muitos problemas tecnológicos e ambientais durante o processamento da biomassa (Vassilev *et al.*, 2010). Estudos realizados permitem afirmar que a madeira lenhosa apresenta geralmente concentrações mais baixas de Cl, K, N, S e Si e concentrações mais elevadas de Ca e C, em comparação com outras variedades de biomassa. As culturas anuais de rápido crescimento (pequenos ramos e folhagens de árvores, madeiras, palhas, gramíneas e frutos) apresentam as maiores concentrações de Cl, K, Mg, N, P e S em comparação com caules, troncos, cascas e ramos de árvores grandes (Khan *et al.*, 2008).

2.3. Materiais lignocelulósicos

A biomassa lignocelulósica pode ser entendida como um material composto por celulose, hemicelulose e lignina sendo que sua composição varia de acordo com a biomassa de origem (Santos et al., 2012).

A biomassa lignocelulósica, por sua vez, é composta especialmente de celulose (35-50%), hemicelulose (20-35%), e lignina (5-30%) (Zhang et al., 2004). A Tabela 9 abaixo ilustra a composição de celulose, hemicelulose e lignina de acordo com a fonte de biomassa.

Pode-se ver da Tabela 9 que a celulose está em maiores proporções comparativamente aos outros componentes independentes da fonte da biomassa.

Tabela 9: Comparação da composição de celulose, hemicelulose e lignina de diferentes fontes de biomassa

Biomassa Lignocelulósica/Espécie	Celulose (%)	Hemicelulose (%)	Lignina (%)	Fonte/Autor
Palha de cana	40-44	30-32	22-25	Santos et al. (2012)
Bagaço de cana	32-48	19-24	23-32	
Madeira dura	43-47	25-35	16-24	
Madeira mole	40-44	25-29	25-31	
Talo de milho	35	25	35	
Espiga de milho	45	35	15	
gdgdgAlgodão	95	2	0,3	
Palha de trigo	33-38	26-32	17-19	(Reddy et al., 2005)
Palha de cevada	31-45	27-38	14-19	
Palha de arroz	28	23	12	
<i>Mimosa caesapiniaefolia</i>	32.80	-	-	(Gonçalves et al., 2010)
<i>Schizolobium amazonicum</i>	50.70	-	-	(Vidaure, 2010)
<i>Eucalyptus urophylla</i>	50.90	-	-	(Mokfiesnski, 2004)
Fibra de coco	30-50	-	-	(Balter, 2009)

A seguir, descrevem-se, de forma resumida os materiais lignocelulósicos.

2.3.1. Celulose

A celulose é o biopolímero de maior abundância no mundo, sendo constituída de monômeros de glicose ligados por ligações β -1,4-glicosídicas, conforme visto na figura abaixo (Zhang et al., 2004).

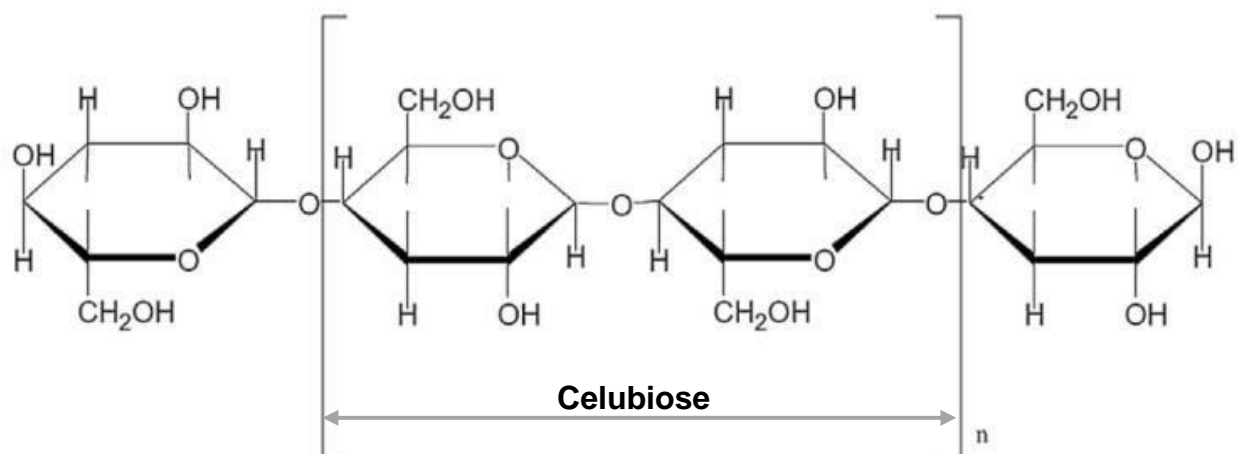


Figura 3: Representação da molécula de celulose.

Fonte: Santos et al. (2012)

A unidade repetitiva presente na celulose, a celubiose (Figura 3), apresenta seis grupos hidroxila que, ao formar ligações de hidrogénio intra e intermoleculares fazem com que a celulose tenha uma forte tendência a formar cristais insolúveis em água e em grande parte dos solventes orgânicos (Silva et al., 2009). Segundo Klemm et al. (1998) as plantas contêm aproximadamente 33% de celulose, enquanto a madeira contém cerca de 50% e o algodão contém 90%.

Payen (1842) foi o primeiro a determinar a composição elementar da celulose já em 1838, tendo descoberto que a celulose contém 44 a 45% de carbono, 6 a 6,5% de hidrogénio e o restante consistindo de oxigénio. Com base nestes dados, a fórmula empírica da celulose foi deduzida como sendo $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$.

De acordo com Myasoedova (2000), a celulose encontra muitos usos, sendo de destacar madeira para construção, produtos de papel, algodão, linho e rayon para roupas, nitrocelulose para explosivos, acetato de celulose para filmes.

A maior parte da celulose é utilizada como matéria-prima na produção de papel. Isto equivale a aproximadamente 108 toneladas de celulose produzidas anualmente. Desse total, apenas 4 milhões de toneladas são usadas anualmente para processamento químico adicional (Hermanutz et al., 2006). Fica bastante claro a partir desses valores que apenas uma quantidade muito pequena da fração de celulose é usada para a produção de matérias-primas e produtos químicos.

2.3.2. Hemicelulose

As hemiceluloses são polissacarídeos polimerizados, como D-xilose, D-glucose, D-galactose, D-manose, L-arabinose, ácido D-glucurônico e ácido 4-O-metil-glucurônico. (Santos et al., 2012). Em biomassas que tem como origem a lenha, por exemplo, o componente mais comum é a xilose, unidas por ligações glicosídicas nas posições 1 e 4 (Figura 4). (Silva et al., 2009). A hemicelulose possui uma estrutura ramificada de fácil interação com a celulose, o que confere estabilidade à biomassa lignocelulósica (Santos et al., 2012).

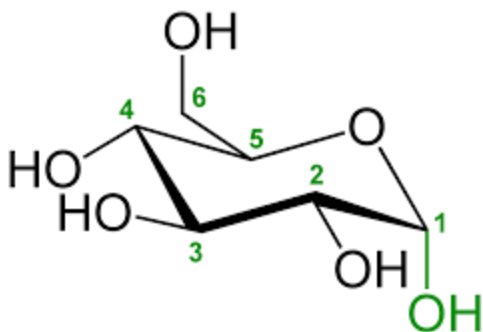


Figura 4: Representação da molécula de hemicelulose.

Fonte: Santos et al. (2012).

2.3.3. Lignina

A lignina é o segundo polímero natural mais abundante do globo terrestre, representando um total de 30% de todo carbono orgânico não fóssil, é um composto amorfo e ramificado, fonte de polímeros aromáticos de natureza fenólica, que tem como função dar rigidez, força e flexibilidade à parede celular (Santos et al., 2012). Este polímero é

considerado um resíduo em diversos processos, como na produção de etanol e na produção de papel e celulose. Isso ocorre devido à sua variedade e complexidade estrutural, o que juntamente com seu alto poder calorífico faz com que a lignina seja comumente destinada à geração de energia.

A lignina representa uma fracção de 5-30% da biomassa lignocelulósica (Zhang et al., 2004), definida por BES e colaboradores (2019) como “material amorfo e polifenólico derivado da polimerização desidrogenativa de três estruturas fenilpropanoides”, sendo estas três estruturas álcool p-cumarílico, álcool sinapílico e álcool coniferílico. A ligação entre estes três monômeros ocorre de forma aleatória com aproximadamente dez tipos de diferentes ligações entre si, originando a lignina na sua forma tridimensional (Leite, 2016).

A lignina actua nas fibras da biomassa lignocelulósica como um “cimento”, devido à adesão entre celulose e lignina (Silva et al., 2009). A estrutura da lignina não é homogénea, sendo que sua composição varia de acordo com sua fonte de biomassa (Santos et al., 2012).

Ao contrário da celulose que tem uma estrutura bem definida, a lignina possui uma estrutura molecular complexa e que varia de acordo com a espécie de planta e o seu modo de cultivo (Hernández, 2007). A figura abaixo apresenta a fórmula estrutural hipotética da lignina.

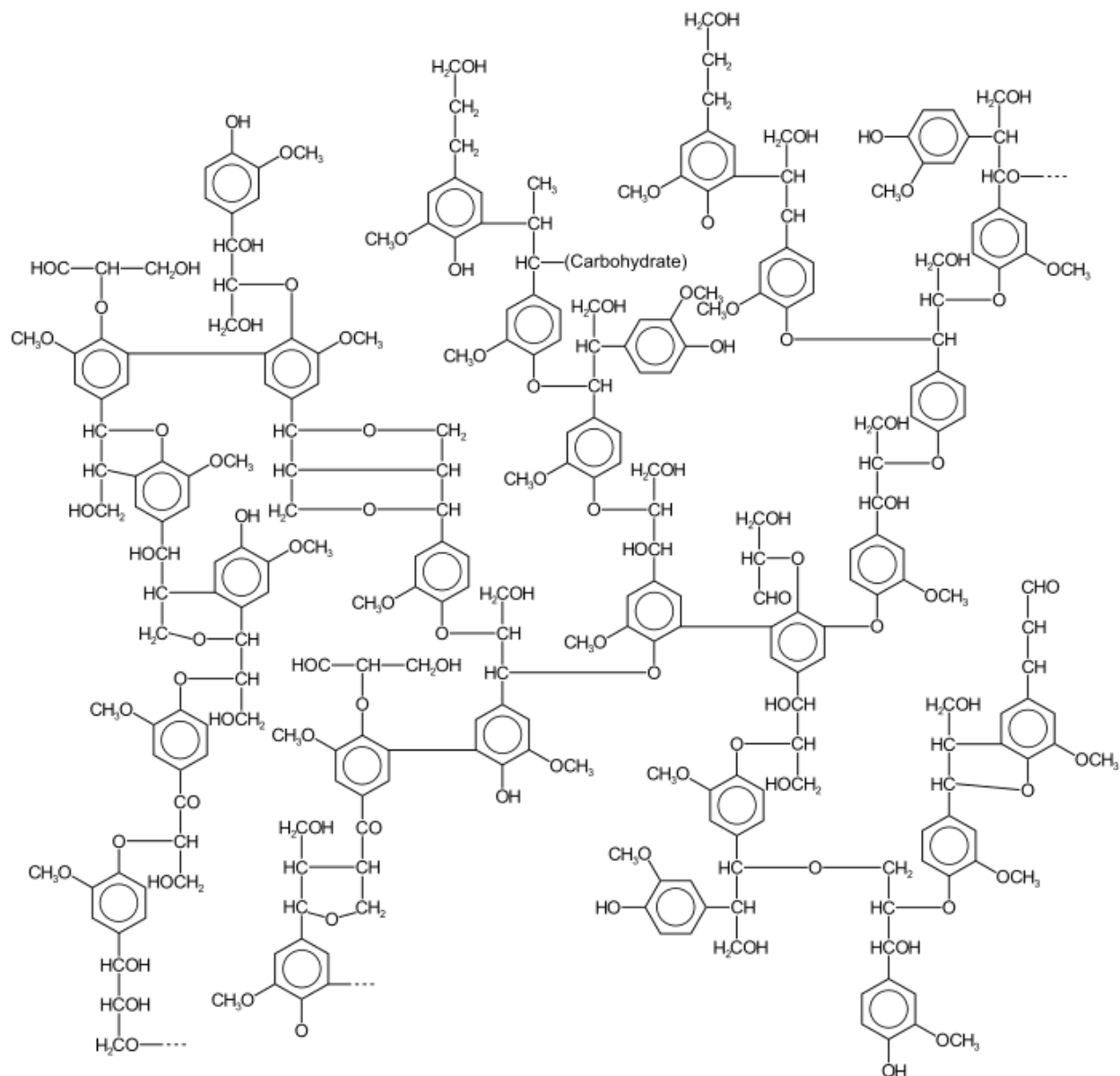


Figura 5: Fórmula estrutural hipotética da lignina.

Fonte: Bykov, 2008

Essa macromolécula natural tem sua estrutura fundamentada em três diferentes unidades que dependem do grau de metoxilação: a guaiacila (4-hidroxi-3-metoxifenila), siringila (4-hidroxi-3,5-dimetoxifenila) e *para*-hidroxifenila (4-hidroxifenila), que se formam, respectivamente, a partir dos precursores: álcool coniferílico, álcool sinapílico e álcool *p*-cumarílico (Figura 6). A proporção de cada uma dessas unidades varia de acordo com o tipo de planta. As unidades da lignina estão ligadas entre si pelos anéis

aromáticos e pelas cadeias alifáticas, formando estruturas tridimensionais (Santos, 2011), e sua polimerização é ativada pela ação das enzimas peroxidases e lacase (Hernández, 2007)

2.4. Aplicação da lignina

Actualmente a valorização da lignina representa um desafio real, já que todo ano mais de 50 milhões de toneladas de lignina são produzidas na indústria de papel e queimadas para fornecer energia nesse campo de actividade. Porém, uma parte dessa lignina pode ser usada para outras aplicações sem prejuízo à indústria do papel (Joffres et al., 2014).

Dentre os usos da lignina destacam-se os adesivos, resinas fenol-formaldeídos e resinas epóxi (Seyed, 2014). No caso do uso como adesivos, muito esforço tem sido feito para trocar o fenol por lignina com base na similaridade das estruturas (Zhang et al., 2013). Tradicionalmente utilizam-se adesivos termofixos em placas de fibra de madeira de média densidade (*medium density fiberboard* – MDF) e em *particle boards*, principalmente formados por ureia-formaldeído, melamina-ureia-formaldeído e fenol-formaldeído. Esses componentes são derivados do petróleo. Alternativamente, a lignina pode ser utilizada como capa na produção de MDF (Seyed, 2014). A Figura 6 mostra os productos que podem ser obtidos pela lignina.

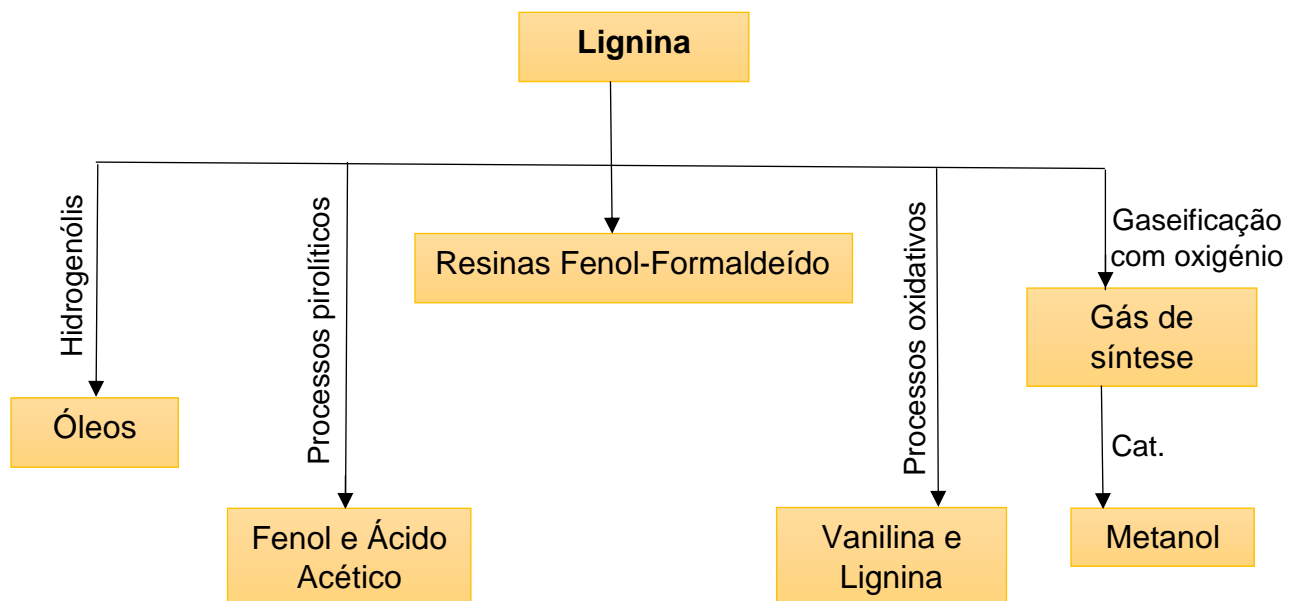


Figura 6: Derivados da lignina em uma biorefinaria de lignocelulósicos.

Adesivos fenol-formaldeídos (ou resinas) são extensivamente usados na indústria da madeira pela alta performance incluindo altas forças de ligação, excelente resistência à água, resistência ao calor e estabilidade química (Jin et al., 2010). O uso da resina lignina-fenol-formaldeído como adesivo em madeiras tem sido relatado em muitos artigos. Porém, há pouco sucesso no uso dessas resinas na indústria principalmente por razões técnicas e económicas. Há duas maneiras principais de se preparar a resina - na primeira, a lignina é purificada e modificada para obter produtos puros e activos; e a segunda via é chamada de *catch all*, na qual se utiliza toda a lignina bruta sem purificação (Zhang et al., 2013). Resinas epóxi também são preparadas de materiais lignocelulósicos e são conhecidas por serem importantes polímeros termofixos, usados em adesivos, compósitos e elastômeros (Hirose et al., 2012).

2.5. Métodos de extracção da lignina

A lignina é extraída da biomassa lignocelulósica a partir de tratamentos físicos e/ou químicos e bioquímicos. Todos os métodos de isolamento têm como objetivo a degradação química da estrutura da lignina polimérica até que os fragmentos resultantes se tornem solúveis. (Wang et al., 2020).

As propriedades da lignina isolada dependem do método empregado, sendo que o sucesso de cada processo depende de fatores como o pH do sistema, a capacidade do solvente e/ou soluto para atuar na fragmentação da lignina, impedir condensação da lignina e de dissolver a lignina (Wang et al., 2020).

Na actualidade são utilizados quatro processos industriais para isolar a lignina pura, sendo estes categorizados com base na presença de enxofre no produto resultante, conforme a tabela abaixo. A lignina resultante de qualquer um destes quatro métodos é chamada de lignina técnica (Wang et al., 2020).

Tabela 10: Métodos de Extração da Lignina

Classificação	Processo de extracção	Agentes	pH	Temperatura (°C)
Processo com enxofre	<i>Kraft</i>	$NaOH+Na_2S$ (licor branco)	13-14	170
	<i>Lignosulfonatos</i>	H_2SO_3	1-13	120 -180
Processo sem enxofre	<i>Lignina Organosolv</i>	Ácido Acético/Ácido Fórmico/Água	-	150 - 200
	<i>Soda</i>	$NaOH$	11-13	160

Fonte: Laurichesse et al. (2014).

Nos parágrafos que se seguem descrevem-se, de forma resumida, os métodos de extracção apresentados na Tabela 10.

2.5.1. Processo Kraft

O processo Kraft é o processo mais utilizado globalmente para extração de lignina, sendo responsável por 90% da capacidade de produção global e por apresentar vantagens como alta resistência da polpa (Azadi et al., 2013). Neste processo, usa-se uma mistura de hidróxido de sódio ($NaOH$) e sulfeto de sódio (Na_2S) (licor branco), sendo a mistura aquecida a 150-180°C (Wang et al., 2020). O pH inicial é ajustado entre 13 e 14, mas diminui gradualmente ao longo da digestão como resultado da liberação ácidos orgânicos da hemicelulose e da lignina (Azadi et al., 2013).

A lignina é despolimerizada, podendo ser isolada através de acidificação do licor negro e precipitação. O resultado de tal combinação é a dissolução da lignina e a liberação das fibras que resultam na celulose marrom ou massa marrom (Komura, 2015). A grande desvantagem deste processo é o teor de enxofre residual na lignina extraída, normalmente nas faixas de 1,5 a 3%, que gera poluição odorífera através da geração de compostos de enxofre. A lignina isolada pela polpação Kraft raramente é utilizada na produção de químicos ou materiais, sendo destinada para geração de energia nas fábricas de celulose (Wang et al., 2020).

2.5.2. Lignosulfonatos

O processo de sulfito é extremamente flexível em termos de faixa de pH, podendo ser operado entre pH 1 a 13 ao se alterar o componente químico utilizado na polpação, bem como sua dosagem (Azadi et al., 2013). Neste processo, utiliza-se uma solução aquosa de dióxido de enxofre na presença de espécies como sódio, amônio, magnésio ou Cálcio. Opera-se o digestor na faixa de 120 a 180°C, com um tempo de digestão que varia de 1 a 5 horas (Azadi et al., 2013). A depender do cátion e da sua solubilidade, o pH resultante pode variar entre 1 e 13,5. Ocorre então a sulfonação da lignina a partir da ação de ácido sulfônico nos carbonos alfa, levando à hidrólise da lignina (Azadi et al., 2013) A lignina resultante deste processo pode ser usada como estabilizador em suspensões coloidais, colas, detergentes, alimentos, dentre outros (Komura, 2015).

2.5.3. Polpação Soda

O processo soda é um método alternativo para a produção de celulose sem enxofre. Durante este processo, adiciona-se à biomassa uma solução aquosa de hidróxido de sódio, aquecendo-se a 160°C e permitindo a despolimerização (Wang et al., 2020). Como produto deste processo tem-se fragmentos de lignina solúveis em água, que podem ser isolados via acidificação. O produto é livre de enxofre e apresenta maior pureza quando comparado a lignina lignosulfonato, entretanto, possui menor peso molecular (Wang et al., 2020). Sua aplicação se dá na nutrição animal, resinas de fenol e dispersantes. A lignina soda também é a mais adequada para a síntese de polímeros (Komura, 2015).

2.5.4. Lignina Organosolv

Neste processo de polpação o cozimento é feito misturando-se solventes orgânicos de baixa temperatura de ebulição com água. Comumente, os solventes utilizados são ácido acético, ácido fórmico, etanol, e ácidos peroxiorgânicos. Pode-se utilizar solventes com temperatura de ebulição mais elevadas, permitindo a operação a pressão atmosférica, entretanto, a recuperação do solvente seria dificultada (Azadi et al., 2013). A lignina é separada dos solventes por precipitação, ajustando-se parâmetros como concentração, temperatura e pH (Laurichesse et al., 2014). Trata-se de uma lignina com maior pureza e mais homogênea, em relação aos lignosulfonatos.

2.6. Branqueamento da pasta celulósica

O branqueamento pode ser definido como um tratamento físico-químico que tem por objectivo melhorar as propriedades da pasta a ele submetido. Algumas propriedades relacionadas com este processo são alvura, limpeza e pureza química (Suhr et al., 2015).

A polpação química promove uma deslignificação da madeira, mas, como já comentada anteriormente, devido às condições severas a que a madeira é exposta, pode ocorrer também degradação da celulose e hemicelulose. No intuito de protegê-las, o processo nunca deve ser conduzido até o ponto de remoção total da lignina. Neste caso, resta na polpa final um pequeno percentual de lignina residual, a qual, quando necessário, será removida por processos de branqueamento que não são tão agressivos.

Portanto, a cor das pastas de celulose é devida principalmente aos derivados de lignina que foram formados durante a polpação e nela permaneceram. A intensidade da cor também pode aumentar posteriormente mediante reações de degradação com o oxigênio do ar e também devido à radiação ultravioleta da luz solar. Também contribuem para a coloração, a presença de íons metálicos, resinas ou outras impurezas.

Ainda de acordo com Suhr e Sancho (2015), os reagentes utilizados no branqueamento de pastas químicas são, em sua maioria, compostos oxidantes, os quais conferem à pasta alvura mais estável.

Para a produção de embalagens de qualidade superior e alvura elevada, torna-se necessário a remoção da lignina e de outras impurezas das polpas químicas. Neste caso

o branqueamento torna-se um processo de purificação, afetando mais diretamente outras propriedades da pasta (viscosidade, teor de hemicelulose e propriedades físicas e mecânicas).

2.6.1. Principais reagentes de branqueamento

De acordo com Campos (2011) os reagentes utilizados enquadram-se em dois tipos:

Tabela 11: Reagentes do branqueamento.

Reagentes redutores	Bissulfito de sódio (NaHSO ₃)
	Ditionitos de zinco e sódio (ZnS ₂ O ₄ e Na ₂ S ₂ O ₄) (antigamente conhecidos por hidrossulfitos).
	Borohidreto de sódio (NaBH ₄) (também conhecido por tetrahidroborato de sódio).
Reagentes oxidantes	Peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂)
	Cloro (Cl ₂)
	Dióxido de cloro (ClO ₂)
	Hipoclorito de sódio (NaClO)
	Oxigênio (O ₂)
	Ozônio (O ₃)

Os tipos mais utilizados para pastas químicas são os oxidantes. Considerando-se que o objectivo do branqueamento das pastas é a obtenção do grau de alvura desejado e estável, com um custo mínimo de reagentes e equipamentos, sem prejuízo das características físico-mecânicas do produto, este objectivo será mais facilmente atingido se for utilizada uma combinação de vários reagentes em vários estágios, alternando-se, por exemplo, estágios de oxidação com estágios de lavagens simples ou alcalinas (Campos, 2011).

Segundo Kaindl (2006) os principais reagentes e suas características são:

Tabela 12: Reagentes e suas características

Cloro (Cl₂)	Condição: oxidante Função: oxida e clora a lignina. Etapa: C (cloração) Vantagens: efetivo, deslignificação económica; boa remoção de partículas e “shives”. Desvantagens: formação de organoclorados; altamente corrosivo.
Hipoclorito de sódio (NaClO)	Condição: oxidante. Função: oxida, descolore e solubiliza a lignina. Etapa: H (hipocloração). Vantagens: fácil de fazer e de usar, custo baixo. Desvantagens: pode causar a perda da resistência da celulose; formação de clorofórmio.
Dióxido de cloro (ClO₂)	Condição: oxidante. Função: oxida, descolore e solubiliza a lignina; em pequenas quantidades com Cl ₂ , protege a celulose da degradação. Etapa: D (dioxidação). Vantagens: consegue elevados graus de alvura sem perda de resistência da celulose. Bom branqueamento de partículas. Desvantagens: precisa ser feito no local, custo elevado, alguma formação de organoclorados, altamente corrosivo.

Oxigénio (O₂)	<p>Condição: oxidante.</p> <p>Função: oxida e solubiliza a lignina.</p> <p>Etapa: O (deslignificação com oxigénio).</p> <p>Vantagens: baixo custo químico; fornece efluente livre de cloro para a recuperação.</p> <p>Desvantagem: requer investimento de capital significativo em equipamento quando usado em grandes quantidades; perda potencia de rendimento em celulose.</p>
Peróxido de hidrogénio (H₂O₂)	<p>Condição: oxidante.</p> <p>Função: oxida e descolore a lignina.</p> <p>Etapa: P (peroxidação).</p> <p>Vantagens: fácil de usar, baixo custo de capital.</p> <p>Desvantagens: alto custo dos reagentes; branqueamento deficiente de partículas; pode causar a perda da resistência da celulose.</p>
Ozônio (O₃)	<p>Condição: oxidante.</p> <p>Função: oxida, descolore e solubiliza a lignina.</p> <p>Etapa: Z (ozonização).</p> <p>Vantagens: eficiente, produz efluente livre de cloretos para o branqueamento.</p> <p>Desvantagens: precisa ser feito no local; custo alto; baixa remoção de partículas, pouca resistência da celulose.</p>
Hidróxido de sódio (NaOH)	<p>Condição: álcali.</p>

	<p>Função: hidrolisa a clorolignina e a lignina solúvel.</p> <p>Etapa: E (extração alcalina). OBS.: a extração alcalina pode ser feita com a inclusão de outros reagentes como é o caso da extração alcalina com oxigénio (Eo) e com oxigénio e peróxido de hidrogénio (Eop), por exemplo.</p> <p>Vantagens: efectivo e económico.</p> <p>Desvantagens: escurece a celulose.</p>
Xilanase	<p>Condição: enzima.</p> <p>Função: catalisa a hidrólise da xilose e na remoção da lignina.</p> <p>Etapa: X (tratamento com enzima).</p> <p>Vantagens: fácil de usar, baixo custo de capital.</p> <p>Desvantagens: efectividade limitada; custo alto.</p>
EDTA ou DTPA	<p>Condição: quelante.</p> <p>Função: remove íons metálicos.</p> <p>Etapa: Q (quelação).</p> <p>Vantagens: melhora a selectividade e eficiência dos peróxidos.</p>
Ácido sulfúrico (H₂SO₄)	<p>Condição: ácido</p> <p>Função: remove íons metálicos</p> <p>Etapa: A (estágio ácido)</p> <p>Vantagens: age como uma lavagem ácida; reduz o teor de metais na polpa; reduz a intensidade de formação de</p>

oxalato de cálcio; baixo custo de operação.

Desvantagens: possível perda de viscosidade.

2.7. Impacto ambiental dos processos de produção de celulose

O impacto ambiental causado pelos processos de extracção da lignina para produção da celulose na indústria tem sido uma preocupação pública e o sector tem se esforçado para minimizar os sérios problemas causados através de novas metodologias como processos de produção limpa, novos procedimentos que enfatizam a integração das indústrias e a prevenção de impactos.

Segundo Silva e Alves (2001) nas indústrias de celulose as emissões atmosféricas ocupam lugar de destaque, principalmente nos processos com enxofre. Os odores dos gases presentes nestas emissões causam desconforto á população podendo desta forma causar danos à saúde humana como irritação nos olhos, nariz e garganta, bronquite, asma, entre outras complicações.

2.7.1. Poluentes atmosféricos

O dióxido de enxofre, emitido principalmente por fábricas de celulose Kraft e fábricas de sulfito, é oxidado na atmosfera, e o trióxido de enxofre, assim formado, e lavado pelas chuvas, cai na forma de ácido sulfúrico. Este acidifica tanto a terra como a água modificando a vida biológica e acelerando a corrosão (Filho, 2012).

Os compostos com mau odor presentes, por exemplo, nas emissões de processos de cozimento de sulfato são constituídos principalmente de sulfeto de hidrogênio e sulfetos orgânicos. Tais gases apresentam um difícil problema de poluição e, portanto, tem-se projetado vários sistemas como é o caso do processo Soda, com o objetivo de reduzir seus efeitos sobre o meio ambiente (Filho, 2012).

De acordo com Wenzel (1997), os compostos clorados são emitidos em menores quantidades, principalmente nos processos de branqueamento e são do tipo difuso, ou seja, não se localizam em algum ponto particular. As poeiras inorgânicas, constituídas

principalmente de carbonatos e sulfatos, além de representarem perdas processuais, aumentam a corrosão de equipamentos e provocam efeitos no meio ambiente por diminuírem a transmissibilidade da luz solar incidente, quando em suspensão no ar.

Na Tabela 13 estão apresentados os principais tipos de compostos poluentes emitidos principalmente pelos processos Kraft, Lignosulfonatos e Soda, e os seus impactos na atmosfera.

Tabela 13: Principais poluentes e seus impactos na atmosfera

Composto	Descrição	Impacto
Óxidos de enxofre (SO _x)	São emitidos principalmente por fábricas de celulose Kraft e fábricas de sulfito, é oxidado na atmosfera e são provenientes da caldeira de recuperação, caldeira de biomassa e forno de cal.	Acidificação tanto da terra como da água modificando a vida biológica e acelerando a corrosão e danos ao sistema respiratório humano.
Compostos de Enxofre Total Reduzido (TRS: H ₂ S, CH ₃ SH, CH ₃ SCH ₃ e CH ₃ S ₂ CH ₃)	Oriundos dos digestores, evaporadores e caldeiras de recuperação.	Provocam odores a concentrações extremamente baixas.
Compostos Orgânicos Voláteis (VOC: Álcoois,	Provenientes dos digestores e evaporadores.	São tóxicos e provocam reações fotoquímicas na atmosfera com produção de ozônio.

terpenas e fenóis)		
Cloro e dióxido de Cloro	Provenientes das plantas de branqueamento.	Provocam corrosão e são tóxicos à saúde humana.
Partículas sólidas particular microscópicas (1 - 30 mm: Na ₂ SO ₄ e Na ₂ CO ₃)	Provenientes das caldeiras de recuperação, caldeira de biomassa, forno de cal e tanque de dissolução de fundidos.	Podem penetrar no sistema respiratória e causar danos à saúde humana.

Fonte: Silva e Alves (2001).

Em Moçambique, de acordo com o Catálogo de Normas moçambicanas do Instituto Nacional de Normalização e Qualidade (INNQ), a norma ambiental vigente para o condicionamento, ensaio e procedimento de controlo do ambiente e condicionamento das amostras lignocelulósicas usada é a ISO 187 (1990). Apesar da existência de várias normas, o catálogo não contempla uma secção apenas com normas para productos químicos inorgânicos a semelhança do que acontece com os orgânicos, limitando-se apenas nas normas dos principais testes da indústria química moçambicana. De acordo com a NBR-14725, o hidróxido de sódio em contacto com a água ou solo, causa elevação do pH, modificando o local, degradando o meio ambiente, com prejuízos à fauna. Por esta razão o seu manuseio deve ser feito em ambiente devidamente controlado.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Materiais

Para a realização da presente pesquisa utilizou-se a serradura de tronco de coqueiro obtida na província de Inhambane, distrito da Maxixe e posteriormente conduzida para a faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Química, Universidade Eduardo Mondlane.

3.2. Métodos

3.2.1. Humidade

Para a determinação da humidade foi usado um medidor de humidade da marca Sartorius, modelo MA 100. O teor de humidade foi determinado com base na norma ASTM E871-82, onde foram utilizadas três placas de alumínio contendo amostras com cerca de 0.55 gramas de material, sendo o teor de humidade a média entre essas três repetições.

3.2.2. Secagem

A secagem é uma etapa bastante necessária pois através dela é possível reduzir o teor de humidade *in natura* da amostra que geralmente é elevado, evitando a degradação da biomassa por acção de microrganismos ou condições climáticas que, por sua vez, levam à alteração das características químicas e físicas (Dias *et al.*, 2012). Para a secagem das amostras foi usada uma estufa de marca *Labotec*, modelo *Ecotherm*. A temperatura de secagem foi de 105 °C por um período de 72 horas de modo a reduzir o teor de humidade para valores abaixo de 8% (Nakashima *et al.*, 2014).]

3.2.3. Peneiração e granulometria

Para realizar este procedimento, pesou-se 276.3 g de amostra na balança analítica (marca: Denver Instrument; modelo: M-310), que foram colocados em peneiros padronizados, para realizar a peneiração por 15 minutos e amplitude de 85 Hz num peneirador vibratório orbital de marca Tampson, modelo VS 1000.

A classificação de partículas foi feita por análise granulométrica que efectuou-se pesando a massa retida em cada peneiro numa série de peneiros Tyler onde a fracção mássica

diferencial (x_d) e a fracção mássica cumulativa (x_c) foram determinadas de acordo com as expressões abaixo:

$$\text{Fracção mássica diferencial: } x_d = \frac{m_r}{m_t} \quad (01)$$

$$\text{Fracção mássica cumulativa: } x_c = \frac{\sum m_r}{m_t} \quad (02)$$

3.2.4. Determinação da densidade

Para obter este valor, pesaram-se balões volumétricos vazios e com auxílio de uma espátula, as amostras foram introduzidas no balão de modo a preenchê-lo até o limite de 100 cm³. De seguida, os balões foram novamente pesados com as amostras para que se pudesse ter as massas que couberam no volume de 100 cm³.

$$\text{A densidade a granel foi determinada pela expressão: } \rho_{\text{granel}} = \frac{m_{\text{amostra}}}{V} \quad (03)$$

Onde:

ρ_{granel} – densidade a granel [g/cm³ ou kg/m³];

m_{amostra} – massa das amostras [g ou kg];

V – Volume do balão [cm³ ou m³].

3.2.5. Extracção da Lignina (Licor negro) em um reactor Batch

O equipamento usado para a extracção da lignina foi um reactor Batch e uma mufla que serviu de meio de fornecimento de calor. O método usado para a extracção foi o processo alcalino Soda na qual a principal etapa para a obtenção da celulose é a reacção que ocorre no reactor onde preliminarmente prepara-se uma solução alcalina de NaOH dissolvida em água destilada afim de reduzir o pH para faixas que variam de 11 a 13 de acordo com Laurichesse (2014). Uma vez pronta a solução, introduz-se no reactor junto com a biomassa (serradura de tronco de coqueiro) na proporção de 500 mililitros de NaOH por 110 gramas de serradura seguida de uma homogeneização da mistura. Posteriormente liga-se a mufla e faz-se a introdução do perfil de temperaturas no qual o reactor leva 90 minutos para sair da temperatura ambiente até alcançar 160 °C e manter-se a esta temperatura por 2 horas e de seguida efectuar o arrefecimento do mesmo

permitindo o seu manuseio para os passos subsequentes, isto é, separação do licor negro contendo a lignina e o excesso de NaOH na celulose obtida.

3.2.6. Filtração do Licor negro, lavagem e branqueamento da pasta celulósica

Para a filtração do licor negro contendo a lignina foi usado o crivo de série ASTM de abertura de 0.5 mm onde após o resfriamento do reator contendo a amostra, a mistura de licor negro e celulose foi filtrada conforme se pode observar na figura abaixo e as fibras de celulose que ficaram retidas no filtro foram lavadas com água corrente e o pH foi neutralizado com solução de H_2SO_4 1M até chegar a aproximadamente 7,0 com a finalidade de reduzir o teor de metais na polpa e a intensidade de formação de oxalato de sódio durante o branqueamento.



Figura 7: Lavagem e filtração da mistura de licor negro e celulose.

De seguida o licor de branqueamento contendo hipoclorito de sódio ($NaClO$) dissolvido em água destilada a uma concentração de 3.5% foi adicionado à polpa em temperatura ambiente. Após a homogeneização da mistura em um balão de ensaio de 500 ml, o material foi aquecido em um aquecedor magnético de marca BIBBY-tiB502 conforme se pode observar na figura abaixo até a temperatura de cerca de 60 °C e com recurso a um agitador magnético para melhorar a homogeneização e a acção do alvejante nas superfícies das partículas da pasta celulósica, onde foi mantido durante 5 horas, permitindo o branqueamento, a dissolução e remoção da lignina residual na celulose.

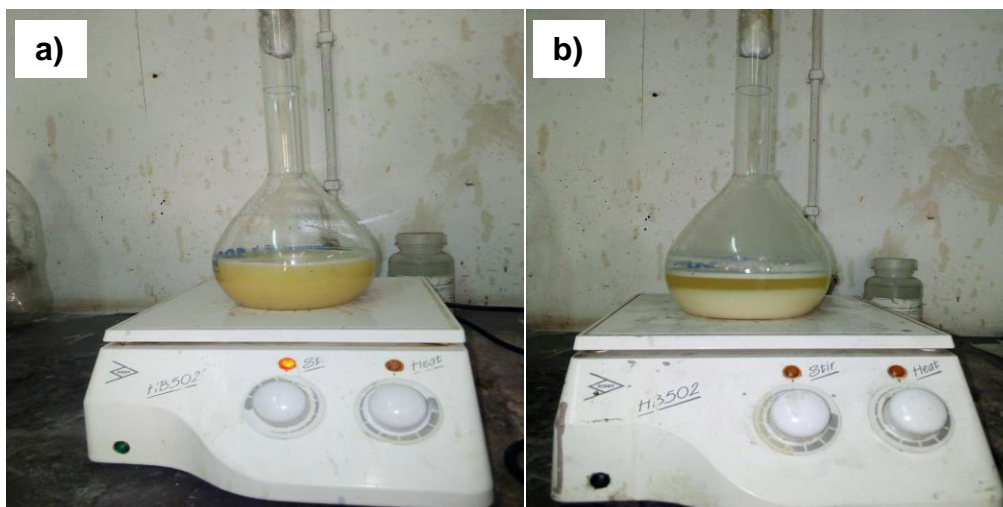


Figura 8: Reacção de branqueamento da celulose. a) Mistura de licor de branqueamento e celulose durante a reacção; b) Mistura de licor de branqueamento e celulose após a reacção.

Terminada a reacção a polpa foi lavada e filtrada em um peneiro de série ASTM com abertura de 0.25 mm (para reduzir as perdas da pasta celulósica) com água destilada a fim de remover o excesso de cloro presente na pasta.

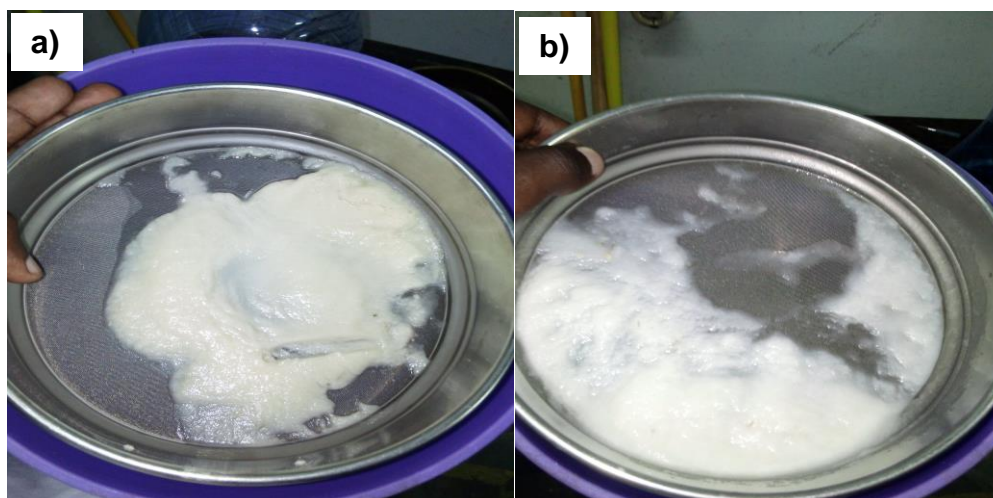


Figura 9: Lavagem da polpa branqueada. a) Celulose branqueada antes da lavagem; b) Celulose branqueada após três lavagens.

3.2.7. Isolamento da Lignina

O licor negro obtido da extração Soda foi pré-concentrado por evaporação em uma panela de aço inox e em seguida precipitado em água destilada à 80 °C com uma razão de volume de licor por volume de água de 1:10. Após 24 horas em repouso a

lignina foi filtrada em um peneiro ASTM de 8 μm de abertura e levado à estufa à 50 °C por 24 horas e de seguida pesado em uma balança analítica (série ATX-R).

3.2.8. Secagem da celulose

Em uma bandeja de polietileno com tamanho suficiente foram adicionados 2 litros de água destilada e toda a celulose lavada e separada da lignina residual e do excesso de cloro através da filtração em um peneiro de 0.25 mm. O sistema foi homogeneizado até obter-se uma suspensão com boa distribuição de fibras de celulose. A suspensão de celulose foi peneirada com a peneiro de 0.25 mm de abertura sucessivamente até as fibras cobrirem toda a malha do peneiro de maneira uniforme. Em seguida, a pasta obtida foi levada em estufa com temperatura de 105 °C durante 24 horas.



Figura 10: Celulose obtida após o branqueamento e secagem. a) Material seco após a extracção da lignina sem nenhuma lavagem; b) Material seco após a extracção da lignina e três lavagens; c) Material seco após a extracção da lignina e branqueamento.

Na Figura 11 apresenta-se de forma resumida o diagrama de fluxo simplificado do processo de extracção Soda seguindo a metodologia descrita anteriormente, com ligeiras modificações.

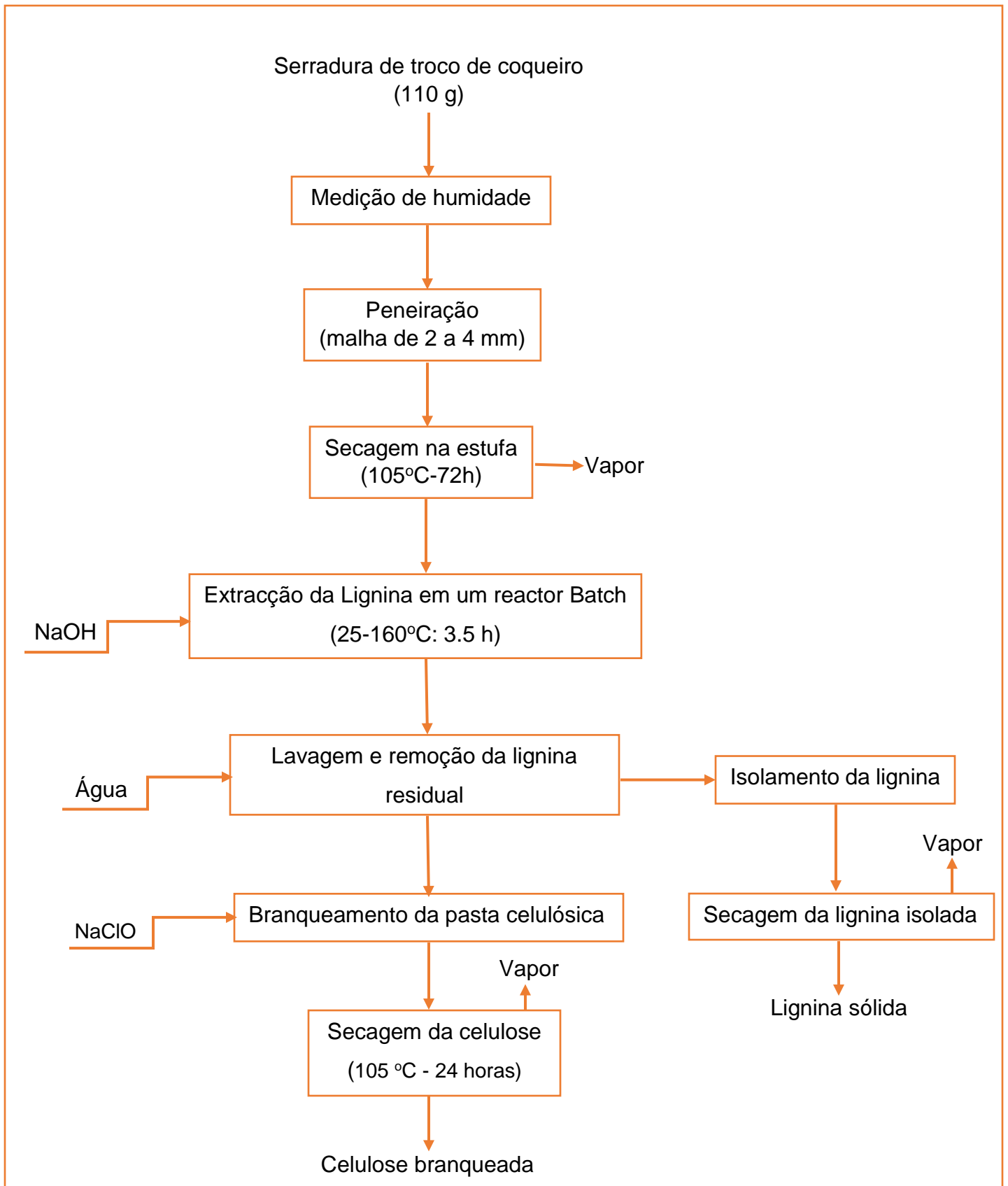


Figura 11: Fluxograma do processo de extracção da lignina e obtenção da celulose.

3.3. Determinação do teor de material solúvel (lignina e hemicelulose)

Com o auxílio da balança analítica pesou-se 110 g de amostra seca (serradura de tronco de coqueiro) com extractivos e de seguida realizou-se a extração com solução de NaOH com pH igual a 12 em um reactor Batch. Após a extração do material solúvel secou-se e registrou-se o peso da lignina de acordo com o procedimento 7 (isolamento da lignina) (ASTM D1106-96 2007). De seguida determinou-se o teor de lignina e hemicelulose pelas fórmulas:

$$\text{Teor de lignina (\%)} = \frac{P_2}{P_1} \times 100 \quad (04)$$

$$\text{Teor de hemicelulose (\%)} = 100 - (\text{Teor de lignina}) - (\text{Teor de celulose}) \quad (05)$$

Onde:

P_1 = Peso seco inicial da amostra (g)

P_2 = Peso seco da lignina (g)

3.4. Determinação do rendimento real de celulose

A celulose obtida foi seca em estufa a 105 °C e depois pesada até peso constante. (Halward e Sanchez 1975). O teor de celulose (rendimento real) foi calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{Celulose (\%)} = \frac{P_2}{P_1} \times 100 \quad (05)$$

Onde:

P_1 = Peso seco inicial da amostra (g)

P_2 = Peso seco da celulose obtida (g)

3.5. Análise estatística

Todas as determinações dos parâmetros físico-químicos foram realizadas em triplicado e cada valor foi expresso como média \pm desvio padrão.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1. Caracterização físico-química da serradura de tronco de coqueiro

Os resultados da caracterização físico-química da serradura de tronco de coqueiro estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14: Propriedades físico-químicas

Propriedades físico-químicas	Serradura de tronco de coqueiro	
	<i>in natura</i>	Após secagem
Humidade (% base seca)	46.32±2.13	5.40±0.60
Densidade básica (kg/m ³)	619.35±3.92	

Teores de Lignina, Hemicelulose e Celulose após extracção	
Lignina (%)	42.13±2.94
Hemicelulose (%)	26.51±1.95
Celulose (%)	31.29±1.81

4.1.1. Humidade do material

Conforme se pode observar na Tabela 14, o teor de humidade da serradura do tronco de coqueiro como recebido (*in natura*) é bastante elevado com uma média de 46.32%, isto nos leva a concluir que a massa do material não é uniforme devido a presença de água em quantidade apreciável na serradura. Por esta razão o material foi submetido a secagem até uma humidade média de 5.40% w/w (base seca) que é próximo ao valor de 6.18% encontrado por Bezerra *et al.* (2017) e 8,08% no estudo de Ferreira *et al.* (2016) para as cascas de coco, traduzindo-se em diferenças de 0.78% e 2.68% comparativamente ao resultado obtido no presente estudo.

No caso de não se secar a amostra quando esta apresenta teor de humidade elevado e seguir-se com a extracção da celulose, o rendimento real (teor de celulose) será irrealístico pois a quantidade de água presente na amostra reduzirá o teor de celulose durante a sua determinação visto que tanto a celulose extraída quanto a serradura são sólidos isentos de humidade e não só, de acordo com Costa (2004) os cavacos de madeira que não apresentam massa constante (seca) dificultam a penetração do licor de cozimento durante o processo de impregnação no reactor e leva a uma diminuição da

concentração dos produtos químicos reagentes e isso aumenta a quantidade de rejeitos, de lignina residual e a perda de reactivos que ficam aderidos aos rejeitos.

4.1.2. Densidade básica da serradura do coqueiro

Ao se comparar a densidade dessa biomassa (619.35 kg/m³) com a de outras espécies nativas já estudadas para fins industriais, ela apresentou valor superior ao encontrado por Vidaurre (2010) para a espécie amazônica *Schizolobium amazonicum* (275 kg/m³) e valor inferior ao valor encontrado por Gonçalves et al. (2010) para a espécie *Mimosa caesalpiniaefolia* (780 kg/m³). Ao se comparar com a biomassa de eucalipto, a serradura do tronco de coqueiro apresentou valor de densidade básica maior que o valor encontrado por Mokfienski (2004) - *Eucalyptus urophylla* (544 kg/m³).

A densidade básica é um parâmetro de grande importância nas indústrias de polpa celulósica por exercer influência antagônica no consumo específico de madeira (m³ de madeira/tonelada de celulose) e nas propriedades e qualidade da polpa. O aumento da densidade básica da madeira permite uma maior quantidade de madeira dentro do digestor e conseqüentemente uma maior produção. Por outro lado, devido a essa maior densidade da madeira, existe uma maior dificuldade na individualização das fibras, demandando maior carga alcalina e tempo/temperatura para a deslignificação, o que acarreta em perda de rendimento. Dessa forma, a densidade da madeira para produção de polpa celulósica deve ser cuidadosamente analisada.

4.1.3. Classificação granulométrica

Após a peneiração dos materiais, estes apresentaram a distribuição granulométrica diferenciais e cumulativas de fracção de pesos cujos resultados estão ilustrados na seguinte figura 12.

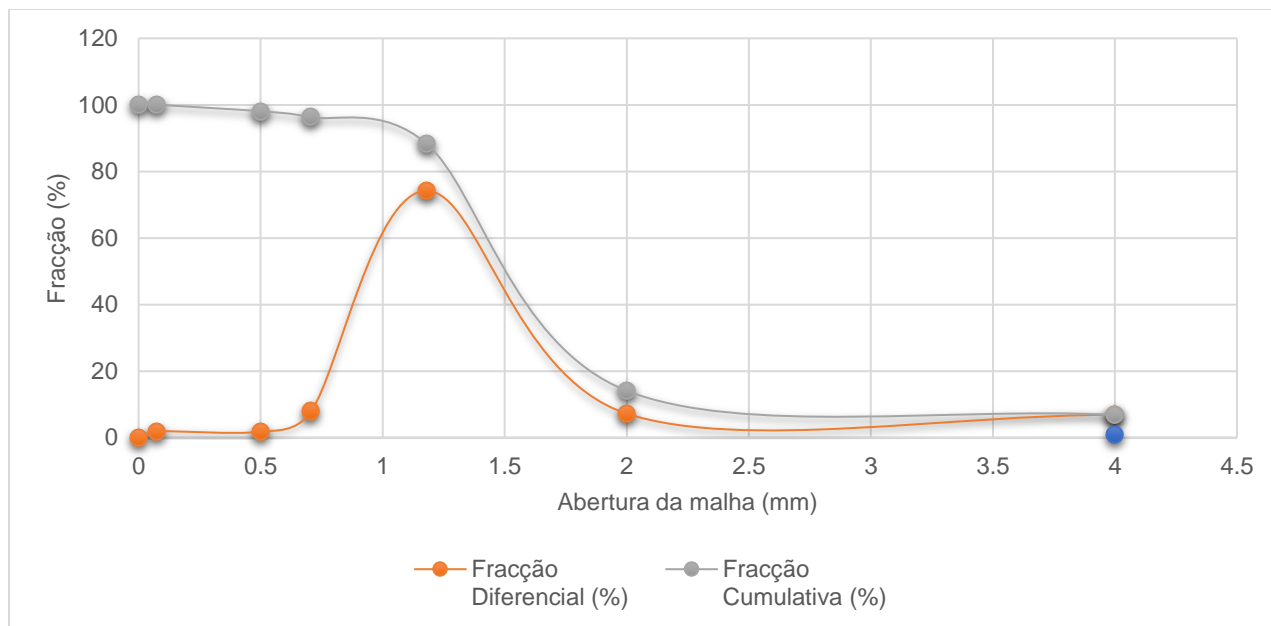


Figura 12: Classificação granulométrica.

Analisando a distribuição granulométrica da serradura de tronco de coqueiro, observou-se que a maior retenção de partículas ocorreu entre os peneiros do crivo 3 e 4 (Tabela A₁₋₃, Apêndice A₁), demonstrando que o material é majoritariamente composto por partículas de tamanho compreendido entre 1,18 mm a 0,707 mm. Mc Govern (1979), analisou a influência de diferentes granulometrias na produção da celulose, tendo sido possível a formação de celulose em todas as granulometrias estudadas, porém a produção com cavacos de espessura menor que 2 mm consomem maior quantidade de álcali, proporcionam menor rendimento e resultam em celulose de menor densidade e com menores resistências mecânicas em relação a celulose obtida com cavacos acima de 2 mm, pois estão mais expostos às condições mais drásticas de polpação. Por outro lado, cavacos com espessuras superiores a 8 mm, muitas vezes associados à presença de nós e anomalias na estrutura da madeira, necessitam de cozimentos mais longos e elevam o teor de rejeitos, com reflexos negativos no rendimento e na qualidade da celulose. Por esta razão após a classificação granulométrica usou-se apenas a serradura retida nos peneiros de abertura de 4 a 2 mm para a realização do estudo. A dimensão dos cavacos de madeira exerce um efeito muito expressivo na pasta obtida, pois a

redução da espessura dos cavacos aumenta a velocidade de cozimento e reduz a quantidade de rejeitos.

4.1.4. Rendimento dos componentes da serradura do tronco de coqueiro (celulose, lignina e hemicelulose)

Conforme se pode observar na Tabela 14, a lignina extraída apresentou maior fracção extraída seguido da celulose e hemicelulose, o que já se esperava, pois de acordo com Giertz (1977), dos materiais solúveis (lignina e hemicelulose), a lignina apresenta menor temperatura de transição vítrea para a roptura das fibras e dissolução que geralmente ocorre com temperaturas na faixa de 115 a 170 °C de acordo com o tipo de biomassa e o processo de extracção usado.

A serradura de tronco de coqueiro apresentou um teor de celulose de $31.29 \pm 0.68\%$, menor em relação à espécie *Schizolobium amazonicum* (50.7%), *Eucalyptus urophylla* (50.9%), espiga de milho (45%), algodão (95%) e palha de cana (40-44%), entretanto, esse valor é maior que o encontrado para a palha de arroz (28%). Ao se comparar a biomassa em estudo com a fibra de coco (30-50%), bagaço de cana de açúcar (32-48%) e palha de cevada (31-45%) observa-se que o teor de celulose se encontra dentro do intervalo para a fibra de coco e palha de cevada, e também se encontra muito próximo ao teor do bagaço de cana de açúcar.

A lignina actua nas fibras da biomassa lignocelulósica como um cimento, devido à adesão entre a celulose e lignina, por esta razão para se obter a celulose com baixo teor de lignina residual é preciso ter em conta a temperatura de transição vítrea correspondente a 160 °C para este processo, pois a baixas temperaturas de transição vítrea, parte considerável da lignina não será dissolvida e como consequência obter-se-á celulose de baixa qualidade e rendimento (<25%) (Keays, 2000), o que não se observou no presente estudo. Menor teor de lignina na biomassa, proporciona menor quantidade de lignina para ser removida no processo de deslignificação, porém, segundo Endt et al. (2000), a velocidade de deslignificação é independente do teor de lignina na biomassa vegetal e este facto pode estar relacionada à diferença na estrutura molecular da lignina no material.

A variável pH é um parâmetro de grande importância na obtenção e rendimento da celulose, sendo que no presente estudo levou-se em consideração as faixas estabelecidas para o processo Soda de 11-13, tendo-se optado por conduzir a extração com o pH médio de 12 a fim de manter a faixa padrão durante toda a reação, que segundo Azadi et al. (2013), o pH da solução durante a reação de extração diminui gradualmente ao longo da digestão como resultado da libertação de ácidos orgânicos da hemicelulose e da lignina e, não só, ao utilizar uma alta carga alcalina associada à alta temperatura (acima de 160 °C), a viscosidade da polpa é prejudicada, prejudicando também a qualidade e a resistência do papel. Outro problema associado a alta carga alcalina é a decomposição de parte da celulose e hemicelulose presentes na biomassa, e sua diminuição para faixas abaixo 11 tornaria a solução cada vez mais ácida e como consequência baixos teores de lignina seriam alcançados, resultando na redução do teor de celulose, o que não é desejável, sendo que não se observou no presente estudo durante a sua extração.

Na Figura 13 compara-se a composição de celulose e material solúvel extraída da serradura do coqueiro do presente estudo e a composição de outros tipos de biomassas de origem vegetal encontrados na literatura (Santos et al., 2012).

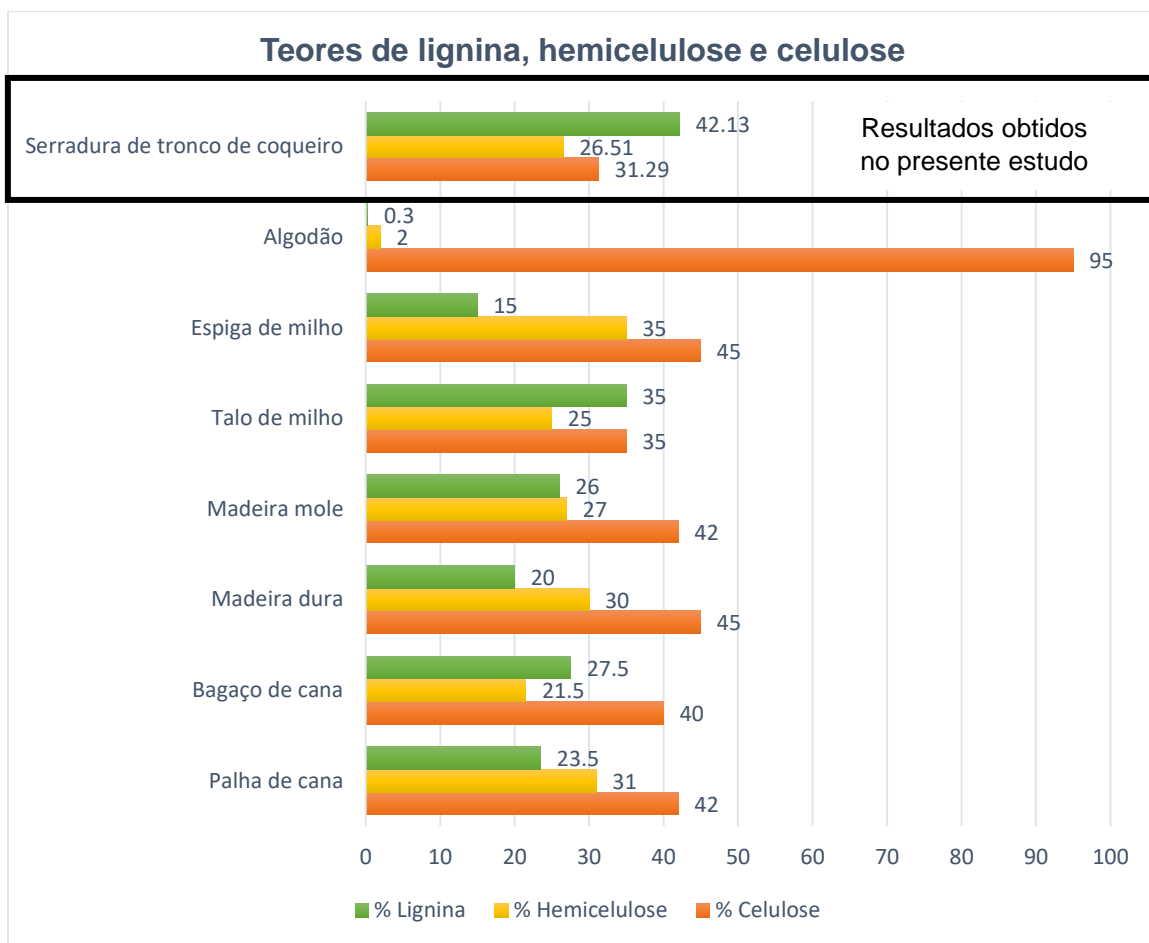


Figura 13: Composição de celulose e material solúvel do material em estudo em relação a alguns tipos de biomassas de origem vegetal.

Observa-se na Figura 12 que o teor do material solúvel (lignina + hemicelulose) presente na serradura do tronco de coqueiro apresentou um valor de 68.64% sendo $42.13 \pm 0.99\%$ correspondente ao teor de lignina e $26.51 \pm 0.74\%$ a hemicelulose. Quando comparada à biomassa de talo de milho, percebe-se uma pequena diferença no teor de material solúvel entre elas, sendo o teor de material solúvel presente no talo de milho de 60%, com valores muito próximos de teor de hemicelulose ($26.51 \pm 0.68\%$ e 25% para a serradura e talo de milho, respectivamente). Em relação as demais biomassas apresentadas por Santos et al. (2012), conforme o gráfico acima, o teor de material solúvel da biomassa em estudo com destaque para a lignina, apresentou maior valor em relação a palha de cana, bagaço de cana, madeira dura, madeira mole, espiga de milho e algodão, o que indica que a serradura de tronco de coqueiro apresenta maior quantidade de material solúvel, sendo o mais predominante a lignina. Para Abad et al.

(2002), a variação do teor de lignina, hemicelulose e celulose em materiais lignocelulósicos dependem da idade, fonte, período de corte da biomassa e método de extração. Maior teor de material solúvel pode significar menor qualidade da celulose obtida se o teor da hemicelulose dissolvida no material for bastante significativo, isto é, maior que 35% de acordo com Zhang et al. (2004), o que não se observou, pois, o teor obtido no estudo para a hemicelulose foi de 26.51%. Estes resultados podem, provavelmente, justificar-se pelo facto de que o maior teor de hemiceluloses torna as polpas mais hidrofílicas e com maior capacidade de retenção de água, assim é desejável que se dissolva menos hemicelulose durante a reacção de deslignificação.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusões

Foi possível caracterizar a serradura de tronco de coqueiro, tendo-se produzido celulose a partir desta biomassa para o seu uso na produção de materiais de fácil biodegradação, quer em pequena, média ou larga escala.

Dos resultados da caracterização química e física constatou-se que os materiais analisados no presente estudo são indicados para fins ecológicos na indústria de papel para diversos fins, apresentando valores de densidade, teor de material solúvel (lignina e hemicelulose) e rendimento da celulose dentro dos intervalos recomendados. O processo da deslignificação foi influenciada pela granulometria, humidade e temperatura de transição cujos valores variaram, respectivamente entre 2 a 4 mm, 5.4 a 46.32% e 25 a 160°C. Outro parâmetro que influenciou o processo foi o pH, tendo-se conduzido o processo a um pH médio de 12. Estes valores permitiram a penetração do licor de cozimento na biomassa durante o processo de impregnação.

Dos resultados da caracterização química, o teor de lignina obtida foi maior em relação a várias biomassas e durante o branqueamento, em todos ensaios, verificou-se a presença de pequenas quantidades de lignina residual separada da celulose branqueada após o alvejamento com NaClO, indicando uma tendência de perda da lignina residual remanescente na celulose após a lavagem com água. A avaliação da densidade permitiu concluir que a biomassa é classificada como sendo de densidade média ($619.35 \pm 3.92 \text{ kg/m}^3$) e por consequência possui uma organização estrutural compacta, o que resulta em menor facilidade ao ataque alcalino quando o material for usado fora da granulometria recomendada.

A celulose obtida a partir dos resíduos do tronco de coqueiro apresenta rendimento superior em relação a alguns tipos de biomassas, como é o caso da palha de arroz que apresenta um rendimento de 28% e rendimento próximo a de várias biomassas como o bagaço de cana de açúcar (32-48%), palha de cevada (31-45%), madeira da espécie *mimosa caesapiniaefolia* (32.8%) e as fibras de coco (30-50%) indicando que a extracção

da lignina por meio do processo Soda foi promissora e pode contribuir para a obtenção de materiais de fontes renováveis por meio de tecnologias mais verdes.

5.2. Recomendações

Com os resultados obtidos e limitações observadas durante a realização do trabalho, recomenda-se para estudos futuros:

- Produção de embalagens biodegradáveis.
- Analisar a influência do aumento da concentração da soda cáustica com o objectivo de avaliar o seu impacto do rendimento da celulose.
- Estudos da influência da carga alcalina no processo da despolimerização.
- Estudo da aplicação da lignina na obtenção de combustíveis, uma vez que por conta do alto poder calorífico da lignina tal aplicação possui grande valor no mercado energético.
- Um aprofundamento da análise de trabalhos disponíveis na literatura a respeito das obtenções de produtos a partir da lignina.
- Estudo comparativo do teor de celulose da biomassa de tronco de coqueiro com o endocarpo de coco, que tem seu uso consolidado em outros países.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arancon, R. (1997). Asia-Pacific Forestry: Focus on Coconut Wood. Paper No.APFSOS/WP/23. FAO,United Nations, Rome. 3, pp. 4-11.

ASTM D1106-96, N. A. (2007). Standard Test Method for Acid-Insoluble Lignin. p. 1.

Azadi, P., Inderwildi, O. R., Farnood, R., & King, D. A. (2013). Liquid fuels, hydrogen and chemicals from lignin: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. pp. 506–523. doi:10.1016/j.rser.2012.12.022

Balter, M. (2009). Clothes Make the (Hu) Man. *Science*. 6, p. 1329.

BES. (2019). Extração e caracterização da lignina proveniente do pré-tratamento de biomassa para produção de etanol de 2ª geração. *24(1)*, pp. 55-60. doi:http://dx.doi.org/10.1590/s1413

Bezerra, J. M., Vidal, M. S., Bizerra, D. A., Malveira, J. Q., & Rios, M. A. (2017). Estudo do potencial energético de briquetes produzidos a partir de resíduos da casca de coco verde e bagaço de cana, IX SBEA, Belo Horizonte. pp. 5-7.

Brown, H. P., Panshin, A. J., Forsaith, C. C., & McGraw-Hill. (1952). *Textbook of wood technology*. 2, p. 652.

CAMPOS, E. d. (2011). Curso básico de fabricação de celulose e papel. Apostila. pp. 15-37

Cardoso, G. (2006). *Fabricação de celulose*. 1, p. 349.

Chrysikou, L. P., Bezergianni, S., & Kiparissides, C. (2018). Environmental analysis of a lignocellulosic-based biorefinery producing bioethanol and high-added value chemicals. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 28, pp. 103-109.

Costa, M. M., Gomide, J. L., Zanuttini, M., Souza, E., & Brum Neto, M. (2004). Estudos sobre a impregnação de cavacos de *Eucalyptus* spp. 37.º Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel.

Dias, J. M., Souza, D. T., Braga, M., Onoyama, M. M., Miranda, C. H., Barbosa, P. F., & Rocha, J. D. (2012). Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais. p. 130.

Dos Santos, L. (2003). Papel do coqueiro no sistema de produção de Nhacoongo e Cumbana. 2003. Tese de Licenciatura – Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, Universidade Eduardo Mondlane. p. 26.

Endt, D. V., Costa, P., & Zago, M. K. (2000). Genes de lignificação: em busca do eucalipto transgênico com reduzidos teores de lignina. *Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento*, 3, pp. 151-159.

FAO. (2022). Production and Crops. doi:<http://faostat.fao.org>.

Ferreira, A. F., Costa, A. D., Flores, L. B., Baia, R. T., Moreno, S. O., & Morais, M. R. (2016). Caracterização energética da fibra da casca do coco com posterior produção de briquete, XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química.

Filho, B. (2012). Controle ambiental em fábricas de papel e celulose. pp. 143-144.

Gibe, Z. (1985). The Philippines' recommendations for coconut timber utilisation. Philippine Coconut Authority.

Giertz, H. (1977). Termomechanical Pulping of Hardwoods.

Gomes, I., Pereira, A., & Yodoval, P. (1998). Mix de madeira: a busca do melhor desempenho global. In: Congresso Anual De Celulose e Papel. pp. 19-23.

Gonçalves, C. A., Leis, R. C., & Abreu, H. S. (2010). Caracterização físico-química da madeira de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth). *Revista Caatinga*, 23, 54-62.

Halward, & Sanchez, C. (1975). Métodos de ensaio nas indústrias de papel e celulose. p. 458.

Hermanutz, F., Meister, F., & Uerdingen, E. (2006). *Chemical Fibres*. 6, pp. 342-344.

Hernández, J. A. (2007). Lignina Organosolv de *Eucalyptus dunnii* maiden, alternativa para a síntese de adesivos de poliuretano para madeira. Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná. pp. 15-22.

Hirose, S., Hatakeyama, T., & Hatakeyama, H. (2012). Novel Epoxy Resins Derived from Biomass Components. *Procedia Chemistry*. 4, pp. 26-33.

IPA. (1992). Instituto de Pesquisa Agropecuária da Bahia.

Jenkins, B., Baxter, L., Miles, J., & Miles, T. (1998). Combustion properties of biomass, *Fuel Processing Technology*. 54, pp. 17-46.

Jin, Y., Cheng, C., & Zheng, Z. (2010). Preparation and characterization of phenol-formaldehyde adhesives modified with enzymatic hydrolysis lignin. *Bioresource Technology*. p. 101.

Joffres, B. (2014). Catalytic Hydroconversion of a wheat straw soda lignin: Characterization of the products and the lignin residue. *Applied Catalysis B: Environmental*. pp. 145-167.

Keays, J. L., & Hatto, J. (2000). *Pulp and paper magazine of Canada*. p. 100.

Khan, A., Jong, W., Jansensrg, P., & Spliethoff, H. (2008). "Biomass combustion in fluidized bed boilers: Potential problems and remedies", *Fuel Processing Technology*. 90, pp. 21-50.

Klemm, D., Philipp, B., Heinze, T., Heinze, U., & Wagenknecht, W. (1998). *Comprehensive Cellulose Chemistry, Fundamentals and Analytical Methods*, Wiley-VCH, Weinheim. 1.

Kollmann, F. P., & Côté, J. (1968). *Principles of wood science and technology*. Berlin: Springer-Verlag. *solid wood*, 1, p. 592.

Laurichesse, S. M. (2014). Chemical modification of lignins: Towards biobased polymers. *Progress in Polymer Science*. pp. 1266-1290.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2013.11.004>

Leite, R. F. (2016). Fracionamento de lignina de bagaço de cana: caracterização e eletrofiação. 2016. Tese (Doutorado em Ciência de Materiais) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016. pp. 45-55.
doi:<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/17655>

- Mc Govern, Y. N. (1979). Raw material variables in chip production. In: Hatton, J. V. Chip quality monograph. Vancouver, Tappi – pulp and paper technology series. pp. 91-110.
- MITADER. (2018). Relatório do Inventário Florestal Nacional; Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural: Maputo, Moçambique. pp. 41–180.
- MME. (2007). Balanço Energético Nacional. pp. 1-35.
doi:<http://www.mme.gov.br/documents/10584/3597241/01+-+BEN+2007+-+Ano+Base+2006+%28PDF%29/d3b8d0d9-4487-498c-9846-61a5bbdb8fc3>
- Mohammed, T. (2021). Biomass Energy. Cientific article. pp. 3-7.
doi:https://www.researchgate.net/publication/355204245_Biomass_Energy
- Mokfienski, A. (2004). Fabricação de celulose kraft de mercado: da floresta ao produto. ABTCP. pp. 15-50.
- Mokfienski, A. (2004). Importância relativa da densidade básica e composição química de madeira de Eucalyptus spp.no rendimento, branqueabilidade e qualidade da polpa kraft. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa. p. 152.
- Myasoedova, V. V. (2000). Physical chemistry of non-aqueous solutions of cellulose and its derivatives. pp. 10-12.
- Nakashima, G. T., Martins, M. P., Da Silva, D. A., Chrisostomo, W., & Yamaji, F. M. (2014). Aproveitamento de Resíduos Vegetais Para a Produção de Briquetes, Revista Brasileira de Ciências Ambientais. 34, pp. 22-29.
- Nanda, S., Mohammad, J., Reddy, S. N., Kozinski, J. A., & Dalai, A. K. (2014). Pathways of lignocellulosic biomass conversion to renewable fuels. Biomass Conversion and Biorefinery. 4(2), pp. 157–191.
- Payen, A. (1842). 'Troisième mémoire sur le development végétaux'Extrait des mémoires de l'Academie Royale des Sciences: Tomes III des Savants Étranges, Imprimerie Royale, Paris.

Pinheiro, F. G. (2014). Produção de Lignossulfonatos a partir da lignina extraída do bagaço de cana-de-açúcar. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Ceará. pp. 5-30.

Poulter, R., & Hopewell, G. (2010). Secondary cocowood products. Potting mix. (DEEDI), Brisbane, Australia.

Quaak, P., Knoef, H., & Stassem, H. (1999). "Energy from biomass: a review of combustion and gasification technologies", Washington D.C.: The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank. p. 422.

Rahman, M., & Khan, M. (2007). Surface treatment of coir (*Cocos nucifera*) fibers and its influence on the fibers' physico-mechanical properties. *Composites Science and Technology*. 67, pp. 2369–2376.

Rahmani, E., Dehestani, M., Beygi, M. H., Allahyari, H., & Nikbin, I. M. (2013). On the mechanical properties of concrete containing waste PET particles. *Construction & Building Materials*. 47, pp. 1302-1308. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.06.041>

Sansígolo, C. A., Martins, M. A., & Butture, N. (1988). Estudo comparativo das polpas de fibra curta de mercado – 1ª parte – fabricantes da A. Latina e Europa. Relatório Técnico. p. 52.

Santos, F. A., & Queiróz, J. H. (2012). Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol: Potential of sugarcane straw for ethanol production. 35, pp. 1-3. doi:<https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000500025>

Santos, M. F. (2011). Elaboração da Technology Roadmap para Biorrefinaria de Produtos da Lignina no Brasil.

Seyed, H., & Mizi, F. (2014). Lignin in straw and its applications as an adhesive. *International Journal of Adhesion & Adhesives*. pp. 92-101.

Silva, C. L., & Mendes, J. T. (2005). Reflexões sobre o desenvolvimento sustentável: agentes e interações sob a ótica multidisciplinar. Petrópolis: Vozes.

- Silva, J., & McDonough, T. (2020). Polpação Lo-Solids de Eucalipto: Efeito do Ritmo de Produção. *O Papel*. pp. 69-81.
- Silva, R. (2009). Aplicações de fibras lignocelulósicas na química de polímeros e em compósitos. pp. 5-7. doi:<https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000300010>
- Silveira, M. S. (2008). Aproveitamento das cascas de coco verde para produção de briquete em Salvador – BA. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia. pp. 14-20.
- Sixta, H. (2006). *Handbook of Pulp*. 2, pp. 11-12.
- Smook, G. A. (1990). *Manual para técnicos de pulpa y papel*. p. 397.
- Suhr, M., & Sancho, L. D. (2015). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board. JRC SCIENCE AND POLICY REPORTS.
- Tsoumis, G. (1991). *Science and technology of wood structure, properties, utilization*. New York. p. 494.
- Vassilev, S., Baxter, D., Andersen, L., & Vassileva, C. (2010). “An overview of the chemical composition of biomass”, *Fuel*. 89, pp. 913–933.
- Vaz, S. (2018). Biomass and the Green Chemistry Principles In: Vaz Júnior, S. (Ed.). *Biomass and green chemistry: building a renewable pathway*. Cham: Springer International Publishing. pp. 1-9.
- Vidaurre, G. B. (2010). Caracterização anatômica, química e físico-mecânica da madeira de paricá (*Schizolobium amazonicum*) para produção de energia e polpa celulósica. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. Improving the. p. 88.
- Wenzel, H. (1997). *Environmental Assessment of Products. Scientific background*. Chapman Hall, Londres. 2.
- Yu, L., Dean, K., & Li, L. (2018). Polymer blends and composites from renewable resources. *Progress in Polymer Science*. 31, pp. 576–602.

Zhang, Y. H. (2004). Toward an Aggregated Understanding of Enzymatic Hydrolysis of Cellulose: Noncomplexed Cellulase Systems. Wiley InterScience. 2, pp. 20-25. doi:10.1002/bit.20282

Apêndices

APÊNDICES

Apêndice A1. Caracterização física dos resíduos..... i

Apêndice A2. Caracterização química dos resíduos.....ii

Apêndice A1. Caracterização física dos resíduos

Tabela A1-1. Determinação da humidade in natura dos materiais (antes da secagem)

Serie/Medição	m (g)	T (°C)	t (minutos)	H (%)	Valor médio (%)	Desvio padrão
1	0.55	105	17	47.53	46.32	2.127
2	0.546	105	16.2	43.33		
3	0.554	105	15.4	48.1		

Tabela A1-2. Determinação da humidade depois da secagem do material

Serie/Medição	m (g)	T (°C)	t (minutos)	H (%)	Valor médio (%)	Desvio padrão
1	0.548	105	2.6	6.18	5.40	0.596
2	0.549	105	3.8	5.30		
3	0.553	105	3.8	4.73		

Tabela A1-3. Resultados da análise granulométrica

Nº de crivos	Abertura (mm)	massa retida (kg)	Fracção Diferencial (%)	Fracção Cumulativa (%)
1	4	0.019	6.8765	6.8765
2	2	0.02	7.2385	14.115
3	1.18	0.205	74.1947	88.3097
4	0.707	0.022	7.9624	96.2721
5	0.5	0.005	1.8096	98.0817
6	0.075	0.0053	1.9182	100

7 (Base)	0	0	0	100
Total	-	0.2763	100	-

Tabela A1-4. Dados experimentais para a determinação da massa específica

Nº da exp.	peso do balão vazio(g)	Peso do balão com amostra (g)	Massa (g)	Volume (ml)	Densidade (Kg/m ³)	Valor médio (Kg/m ³)	Desvio padrão
1	16.777	79.103	62.326	100	623.26	619.35	3.915
2	16.623	78.166	61.543	100	615.43		

Apêndice A2. Caracterização Química dos resíduos

Tabela A2-1. Perfil de temperatura da reacção

Tempo (minutos)	Temperatura (°C)
0	25
90	170
210	170
480	50

Tabela A2-2. Resultados experimentais para a determinação do teor de lignina, hemicelulose e celulose

Experiências	Peso da amostra seca (g)	Peso de lignina (g)	Peso da celulose (g)
1	110	48.4990	33.3304
2	110	41.9430	35.4571
3	110	50.9740	32.3407
4	110	45.2430	33.5210
5	110	47.0250	36.5546
6	110	41.8880	37.8614
7	110	48.8180	32.4456

Tabela A2-3. Teor de celulose, lignina e hemicelulose

	Teor de Lignina (%)	Teor de Hemicelulose (%)	Teor de Celulose (%)
	44.09	25.61	30.30
	38.13	29.64	32.23
	46.34	24.26	29.40
	41.13	28.40	30.47
	42.75	24.02	33.23
	38.08	27.50	34.42
	44.38	26.12	29.49
Valor médio	42.13	26.51	31.29
Desvio padrão	2.94	1.95	1.81

Anexos

Anexo A. Ficha técnica de dados de segurança de soda cáustica.....i

Anexo A. Catálogo de segurança de soda cáustica



Ficha de dados de segurança
conforme 1907/2006/EC (REACH), 2015/830/UE


SODA CAUSTICA



SECÇÃO 1: IDENTIFICAÇÃO DA SUBSTÂNCIA/MISTURA E DA SOCIEDADE/EMPRESA

- 1.1 Identificador do produto:** SODA CAUSTICA
Hidróxido de sódio
CAS: 1310-73-2
EC: 215-185-5
Index: 011-002-00-6
REACH: 01-2119457892-27-XXXX
- 1.2 Utilizações identificadas relevantes da substância ou mistura e utilizações desaconselhadas:**
Usos pertinentes: Vários
Usos desaconselhados: Todos aqueles uso não especificados nesta epígrafe ou na subsecção 7.3
- 1.3 Identificação do fornecedor da ficha de dados de segurança:**
Lacrilar, Comércio de Artigos de Limpeza, Lda
Ramalhal
2565-641 Ramalhal Torres Vedras - Lisboa - Portugal
Tel.: +351 261 915 190 - Fax: +351 261 915 191
geral@lacrilar.pt
http://www.lacrilar.pt
- 1.4 Número de telefone de emergência:** CIAV 800250250

SECÇÃO 2: IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS

- 2.1 Classificação da substância ou mistura:**
Regulamento nº1272/2008 (CLP):
A classificação deste produto foi efectuada em conformidade com o Regulamento nº1272/2008 (CLP).
Eye Dam. 1: Lesões oculares graves/irritação ocular, Categoria 1, H318
Skin Corr. 1A: Corrosão/irritação cutânea, Categoria 1A, H314
- 2.2 Elementos do rótulo:**
Regulamento nº1272/2008 (CLP):
Perigo
- 
- Advertências de perigo:**
Skin Corr. 1A: H314 - Provoca queimaduras na pele e lesões oculares graves
- Recomendações de prudência:**
P101: Se for necessário consultar um médico, mostre-lhe a embalagem ou o rótulo
P102: Manter fora do alcance das crianças
P264: Lavar as mãos cuidadosamente após manuseamento
P280: Usar luvas de proteção/vestuário de proteção/proteção ocular/proteção facial
P301+P330+P331: EM CASO DE INGESTÃO: Enxaguar a boca. NÃO provocar o vômito
P303+P361+P353: SE ENTRAR EM CONTACTO COM A PELE (ou o cabelo): Retirar imediatamente toda a roupa contaminada. Enxaguar a pele com água ou tomar um duche
P305+P351+P338: SE ENTRAR EM CONTACTO COM OS OLHOS: Enxaguar cuidadosamente com água durante vários minutos. Se usar lentes de contacto, retire-as, se tal lhe for possível. Continue a enxaguar
P501: Eliminar o conteúdo/recipiente por meio do sistema de recolha seletiva em vigor no seu município
- Substâncias que contribuem para a classificação**
Hidróxido de sódio (CAS: 1310-73-2)
- 2.3 Outros perigos:**
O produto não atende aos critérios PBT/mPmB

SECÇÃO 3: COMPOSIÇÃO/INFORMAÇÃO SOBRE OS COMPONENTES

- CONTINUA NA PÁGINA SEGUINTE -



SODA CAUSTICA



SECÇÃO 3: COMPOSIÇÃO/INFORMAÇÃO SOBRE OS COMPONENTES (continuação)

3.1 Substâncias:

Descrição química: Mistura de substâncias

Componentes:

De acordo com o Anexo II do Regulamento (EC) nº1907/2006 (ponto 3), o produto contém:

Identificação	Nome químico/classificação	Concentração
CAS: 1310-73-2 EC: 215-185-5 Index: 011-002-00-6 REACH: 01-2119457892-27-XXXX	Hidróxido de sódio⁽¹⁾ Regulamento 1272/2008 Skin Corr. 1A: H314 - Perigo	ATP CLP00 99 - <100 %

⁽¹⁾ Substância que apresentam um risco para a saúde ou para o meio ambiente e que atendem aos critérios estabelecidos pelo Regulamento (UE) n.º 2015/830

Para mais informações sobre a perigosidade da substâncias, consultar as seções 11, 12 e 16.

Outras informações:

Identificação	Limite de concentração específico
Hidróxido de sódio CAS: 1310-73-2 EC: 215-185-5	% (p/p) >=5: Skin Corr. 1A - H314 2<= % (p/p) <5: Skin Corr. 1B - H314 0,5<= % (p/p) <2: Skin Irrit. 2 - H315 % (p/p) >=2: Eye Dam. 1 - H318 0,5<= % (p/p) <2: Eye Irrit. 2 - H319

3.2 Misturas:

Não aplicável

SECÇÃO 4: MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS

4.1 Descrição das medidas de primeiros socorros:

Solicitar assistência médica imediata, mostrando-lhe a FDS deste produto.

Por inalação:

Trata-se de um produto que não contém substâncias classificadas como perigosas por inalação, no entanto, no caso de sintomas de intoxicação é recomendado retirar o afectado do local de exposição e proporcionar ar fresco. Solicitar cuidados médicos se os sintomas agravarem ou persistirem

Por contacto com a pele:

Tirar a roupa e os sapatos contaminados, limpar a pele ou lavar a zona afectada com água fria abundante e sabão neutro. Em caso de afeção grave consultar um médico. Se o produto causar queimaduras ou congelação, não se deve tirar a roupa pois poderá agravar a lesão se esta estiver colada à pele. Caso se formem bolhas na pele, estas não se devem rebentar pois aumentaria o risco de infecção.

Por contacto com os olhos:

Enxaguar os olhos com água em abundância à temperatura ambiente pelo menos durante 15 minutos. Evitar que o afectado esfregue ou feche os olhos. No caso, do afectado usar lentes de contacto, estas devem ser retiradas sempre que não estejam coladas aos olhos, pois, de outro modo, poderia produzir-se um dano adicional. Em todos os casos, depois da lavagem, deve consultar um médico o mais rapidamente possível com a FDS do produto.

Por ingestão/aspiração:

Solicitar assistência médica imediata, mostrando a FDS deste produto. Não induzir o vômito, porque a sua expulsão do estômago pode provocar danos na mucosa do tracto digestivo superior e a sua aspiração, ao tracto respiratório. Enxaguar a boca e a garganta, porque existe a possibilidade de que tenham sido afectadas na ingestão. No caso de perda de consciência não administrar nada por via oral até supervisão de um médico. Manter o afectado em repouso.

4.2 Sintomas e efeitos mais importantes, tanto agudos como retardados:

Os efeitos agudos e retardados são os indicados nos pontos 2 e 11.

4.3 Indicações sobre cuidados médicos urgentes e tratamentos especiais necessários:

Não relevante

SECÇÃO 5: MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIOS

5.1 Meios de extinção:



SECÇÃO 5: MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIOS (continuação)

Produto não inflamável em condições normais de armazenamento, manipulação e uso. No caso de inflamação como consequência da manipulação, armazenamento ou uso indevido, utilizar preferencialmente extintores de pó polivalente (pó ABC), de acordo com o Regulamento de instalações de protecção contra incêndios. NÃO É RECOMENDADO utilizar jato d'água como agente de extinção.

5.2 Perigos especiais decorrentes da substância ou mistura:

Como consequência da combustão ou decomposição térmica são gerados subprodutos de reacção que podem ser altamente tóxicos e, consequentemente, podem apresentar um risco elevado para a saúde.

5.3 Recomendações para o pessoal de combate a incêndios:

Em função da magnitude do incêndio, poderá ser necessário o uso de roupa protectora completa e equipamento de respiração autónomo. Dispor de um mínimo de instalações de emergência ou elementos de actuação (mantas ignífugas, farmácia portátil, etc.) conforme a Directiva 89/654/EC.

Disposições adicionais:

Actuar conforme o Plano de Emergência Interno e as Fichas Informativas sobre a actuação perante acidentes e outras emergências. Suprimir qualquer fonte de ignição. Em caso de incêndio, refrigerar os recipientes e tanques de armazenamento de produtos susceptíveis de inflamação, explosão ou "BLEVE" como consequência de elevadas temperaturas. Evitar o derrame dos produtos utilizados na extinção do incêndio no meio aquático.

SECÇÃO 6: MEDIDAS A TOMAR EM CASO DE FUGAS ACIDENTAIS

6.1 Precauções individuais, equipamento de protecção e procedimentos de emergência:

Varrer e recolher o produto com pás ou outros meios e deitá-lo num recipiente para a sua reutilização (preferencialmente) ou para a sua eliminação.

6.2 Precauções a nível ambiental:

Produto não classificado como perigoso para o meio ambiente. Manter afastado dos esgotos, das águas superficiais e subterrâneas

6.3 Métodos e materiais de confinamento e limpeza:

Recomenda-se:

Varrer e recolher o produto com pás ou outros meios e deitá-lo num recipiente para a sua reutilização (preferencialmente) ou para a sua eliminação.

6.4 Remissão para outras secções:

Veja as secções 8 e 13.

SECÇÃO 7: MANUSEAMENTO E ARMAZENAGEM

7.1 Precauções para um manuseamento seguro:

A.- Precauções para a manipulação segura

Cumprir a legislação vigente em matéria de prevenção de riscos laborais. Manter os recipientes hermeticamente fechados. Controlar os derrames e resíduos, eliminando-os com métodos seguros (epígrafe 6). Evitar o derrame livre a partir do recipiente. Manter ordem e limpeza onde sejam manuseados produtos perigosos.

B.- Recomendações técnicas para a prevenção de incêndios e explosões.

Devido às suas características de inflamabilidade, o produto não apresenta risco de incêndio em condições normais de armazenamento, manuseamento e utilização.

C.- Recomendações técnicas para prevenir riscos ergonómicos e toxicológicos.

Não comer nem beber durante o seu manuseamento, lavando as mãos posteriormente com produtos de limpeza adequados.

D.- Recomendações técnicas para prevenir riscos meio ambientais.

É recomendado dispor de material absorvente nas imediações do produto (ver epígrafe 6.3)

7.2 Condições de armazenagem segura, incluindo eventuais incompatibilidades:

A.- Medidas técnicas de armazenagem

Armazenar em local fresco, seco e ventilado

B.- Condições gerais de armazenagem.

Evitar fontes de calor, radiação, electricidade estática e o contacto com alimentos. Para informação adicional, ver epígrafe 10.5



SODA CAUSTICA



SECÇÃO 7: MANUSEAMENTO E ARMAZENAGEM (continuação)

7.3 Utilização(ões) final(is) específica(s):

Excepto as indicações já especificadas, não é necessário realizar nenhuma recomendação especial quanto às utilizações deste produto.

SECÇÃO 8: CONTROLO DA EXPOSIÇÃO/PROTECÇÃO INDIVIDUAL

8.1 Parâmetros de controlo:

Substâncias cujos valores limite de exposição ocupacional devem ser controladas no ambiente de trabalho (Decreto-Lei n.º 24/2012 e Norma Portuguesa NP 1796-2014):

Identificação	Valores limite ambientais	
	TLV-TWA	TLV-STEL
Hidróxido de sódio CAS: 1310-73-2 EC: 215-185-5		2 mg/m ³

DNEL (Trabalhadores):

Identificação		Curta exposição		Longa exposição	
		Sistémica	Locais	Sistémica	Locais
Hidróxido de sódio CAS: 1310-73-2 EC: 215-185-5	Oral	Não relevante	Não relevante	Não relevante	Não relevante
	Cutânea	Não relevante	Não relevante	Não relevante	Não relevante
	Inalação	Não relevante	Não relevante	Não relevante	1 mg/m ³

DNEL (População):

Identificação		Curta exposição		Longa exposição	
		Sistémica	Locais	Sistémica	Locais
Hidróxido de sódio CAS: 1310-73-2 EC: 215-185-5	Oral	Não relevante	Não relevante	Não relevante	Não relevante
	Cutânea	Não relevante	Não relevante	Não relevante	Não relevante
	Inalação	Não relevante	Não relevante	Não relevante	1 mg/m ³

PNEC:

Não relevante

8.2 Controlo da exposição:

A.- Medidas gerais de segurança e higiene no ambiente de trabalho

Como medida de prevenção recomenda-se a utilização de equipamentos de protecção individuais básicos, com o correspondente marcação CE. Para mais informações sobre os equipamentos de protecção individual (armazenamento, utilização, limpeza, manutenção, classe de protecção,...) consultar o folheto informativo fornecido pelo fabricante do EPI. As indicações contidas neste ponto referem-se ao produto puro. As medidas de protecção para o produto diluído podem variar em função do seu grau de diluição, uso, método de aplicação, etc. Para determinar o cumprimento de instalação de duchas de emergência e/ou lava-olhos nos armazéns deve ter-se em conta a regulamentação referente ao armazenamento de produtos químicos aplicável em cada caso. Para mais informações ver epígrafe 7.1 e 7.2.

Toda a informação aqui apresentada é uma recomendação, sendo necessário a sua implementação por parte dos serviços de prevenção de riscos laborais ao desconhecer as medidas de prevenção adicionais que a empresa possa dispor.

B.- Protecção respiratória:

Será necessária a utilização de equipamentos de protecção no caso de formação de neblinas ou no caso de ultrapassar os limites de exposição profissional.

C.- Protecção específica das mãos.

Pictograma	PPE	Marcação	Normas ECN	Observações
	Luvas NÃO descartáveis de protecção química		EN ISO 374-1:2016 EN 16523-1:2015 EN 420:2003+A1:2009	O período de permeação (Breakthrough Time) indicado pelo fabricante deve ser superior ao tempo de uso do produto. Não utilizar cremes protectores depois do contacto do produto com a pele.

D.- Protecção ocular e facial



Ficha de dados de segurança
conforme 1907/2006/EC (REACH), 2015/830/UE

SODA CAUSTICA



SECÇÃO 8: CONTROLO DA EXPOSIÇÃO/PROTECÇÃO INDIVIDUAL (continuação)

Pictograma	PPE	Marcação	Normas ECN	Observações
 Protecção obrigatória da cara	Ecrã facial	 CE CAT II	EN 166:2001 EN 167:2001 EN 168:2001 EN ISO 4007:2018	Limpar diariamente e desinfetar periodicamente de acordo com as instruções do fabricante. Recomenda-se a sua utilização, no caso de risco de salpicos.

E.- Protecção corporal

Pictograma	PPE	Marcação	Normas ECN	Observações
 Protecção obrigatória do corpo	Roupa de protecção contra riscos químicos.	 CE CAT III	EN 13034:2005+A1:2009 EN 168:2001 EN ISO 13982-1:2004/A1:2010 EN ISO 6529:2013 EN ISO 6530:2005 EN 464:1994	Uso exclusivo no trabalho. Limpar diariamente de acordo com as instruções do fabricante.
 Protecção obrigatória dos pés	Calçado de segurança contra risco químico	 CE CAT III	EN ISO 20345:2011 EN 13832-1:2019	Substituir as botas perante qualquer indício de deterioração.

F.- Medidas complementares de emergência

Medida de emergência	Normas	Medida de emergência	Normas
 Duche de segurança	ANSI Z358-1 ISO 3864-1:2011, ISO 3864-4:2011	 Lavagem dos olhos	DIN 12 899 ISO 3864-1:2011, ISO 3864-4:2011

Controlos de exposição do meio ambiente:

Em virtude da legislação comunitária de protecção do meio ambiente, é recomendado evitar o derrame tanto do produto como da sua embalagem no meio ambiente. Para informação adicional, ver epígrafe 7.1.D

Compostos orgânicos voláteis:

Em aplicação do Decreto-Lei nº 127/2013 (Directiva 2010/75/UE), este produto apresenta as seguintes características:

C.O.V. (Fornecimento):	0 % peso
Densidade de C.O.V. a 20 °C:	0 kg/m ³ (0 g/L)
Número de carbonos médio:	Não relevante
Peso molecular médio:	Não relevante

SECÇÃO 9: PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

9.1 Informações sobre propriedades físicas e químicas de base:

Para obter informações completas ver a ficha técnica do produto.

Aspecto físico:

Estado físico a 20 °C:	Sólido
Aspecto:	Característico
Cor:	<input type="checkbox"/> Branco
Odor:	Inodoro
Limiar olfativo:	Não relevante *

Volatilidade:

Temperatura de ebulição à pressão atmosférica:	1388 °C
Pressão de vapor a 20 °C:	Não relevante *
Pressão de vapor a 50 °C:	Não relevante *
Taxa de evaporação a 20 °C:	Não relevante *

*Não existem dados disponíveis a data da elaboração deste documento ou porque não é aplicável devido a natureza e perigo do produto

- CONTINUA NA PÁGINA SEGUINTE -



SODA CAUSTICA



SECÇÃO 9: PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS (continuação)

Caracterização do produto:

Densidade a 20 °C:	2130 kg/m ³
Densidade relativa a 20 °C:	Não relevante *
Viscosidade dinâmica a 20 °C:	Não relevante *
Viscosidade cinemática a 20 °C:	Não relevante *
Viscosidade cinemática a 40 °C:	Não relevante *
Concentração:	Não relevante *
pH:	13,5
Densidade do vapor a 20 °C:	Não relevante *
Coefficiente de partição n-octanol/água:	Não relevante *
Solubilidade em água a 20 °C:	Não relevante *
Propriedade de solubilidade:	Solúvel em água
Temperatura de decomposição:	Não relevante *
Ponto de fusão/ponto de congelação:	323 °C
Propriedades explosivas:	Não relevante *
Propriedades comburentes:	Não relevante *

Inflamabilidade:

Temperatura de inflamação:	>100 °C
Inflamabilidade (sólido, gás):	Não relevante *
Temperatura de auto-ignição:	Não relevante *
Límite de inflamabilidade inferior:	Não relevante *
Límite de inflamabilidade superior:	Não relevante *

Explosividade:

Límite inferior de explosividade:	Não relevante *
Límite superior de explosividade:	Não relevante *

9.2 Outras informações:

Tensão superficial a 20 °C:	Não relevante *
Índice de refração:	Não relevante *

*Não existem dados disponíveis a data da elaboração deste documento ou porque não é aplicável devido a natureza e perigo do produto

SECÇÃO 10: ESTABILIDADE E REATIVIDADE

10.1 Reactividade:

Não se esperam reacções perigosas se cumprirem as instruções técnicas de armazenamento de produtos químicos.

10.2 Estabilidade química:

Quimicamente estável nas condições de manuseamento, armazenamento e utilização.

10.3 Possibilidade de reacções perigosas:

Sob as condições não são esperadas reacções perigosas para produzir uma pressão ou temperaturas excessivas.

10.4 Condições a evitar:

Aplicáveis para manipulação e armazenamento à temperatura ambiente:

Choque e fricção	Contacto com o ar	Aquecimento	Luz Solar	Humidade
Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável

10.5 Materiais incompatíveis:

Ácidos	Água	Matérias comburentes	Matérias combustíveis	Outros
Pode reagir violentamente	Pode reagir violentamente	Precaução	Não aplicável	Não aplicável

- CONTINUA NA PÁGINA SEGUINTE -



SECÇÃO 10: ESTABILIDADE E REATIVIDADE (continuação)

10.6 Produtos de decomposição perigosos:

Ver epígrafe 10.3, 10.4 e 10.5 para conhecer os produtos de decomposição especificamente. Dependendo das condições de decomposição, como consequência da mesma podem ser libertadas misturas complexas de substâncias químicas: dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono e outros compostos orgânicos.

SECÇÃO 11: INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA

11.1 Informações sobre os efeitos toxicológicos:

Não se dispõem de dados experimentais do produto em si relativamente às propriedades toxicológicas

Efeitos perigosos para a saúde:

Em caso de exposição repetitiva, prolongada ou a concentrações superiores às estabelecidas pelos limites de exposição ocupacional, podem ocorrer efeitos adversos para a saúde em função da via de exposição:

A- Ingestão (efeito agudo):

- Toxicidade aguda: Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos e não apresenta substâncias classificadas como perigosas por ingestão. Para mais informação, ver epígrafe 3.
- Corrosividade/Irritação: Produto corrosivo - a sua ingestão provoca queimaduras, destruindo os tecidos em toda a sua espessura. Para mais informação sobre efeitos secundários por contacto com a pele, ver epígrafe 2.

B- Inalação (efeito agudo):

- Toxicidade aguda: Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos e não apresenta substâncias classificadas como perigosas por inalação. Para mais informação, ver epígrafe 3.
- Corrosividade/Irritação: Em caso de inalação prolongada o produto é destrutivo para os tecidos das membranas mucosas e das vias respiratórias superiores

C- Contacto com a pele e os olhos. (efeito agudo):

- Contato com a pele: Principalmente o contacto com a pele destrói os tecidos em toda a sua espessura, provocando queimaduras. Para mais informação sobre efeitos secundários por contacto com a pele, ver epígrafe 2.
- Contato com os olhos: Lesões oculares significativas após o contacto

D- Efeitos CMR (carcinogenicidade, mutagenicidade e toxicidade para a reprodução):

- Carcinogenicidade: Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos e não apresenta substâncias classificadas como perigosas para os efeitos descritos. Para mais informação, ver epígrafe 3.
IARC: Não relevante
- Mutagenicidade: Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos, não apresentando substâncias classificadas como perigosas para este artigo. Para mais informações ver epígrafe 3.
- Toxicidade pela reprodução: Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos, não apresentando substâncias classificadas como perigosas para este artigo. Para mais informações ver epígrafe 3.

E- Efeitos de sensibilização:

- Respiratória: Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos e não apresenta substâncias classificadas como perigosas com efeitos sensibilizantes. Para mais informação, ver epígrafe 3.
- Cutânea: Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos, não apresentando substâncias classificadas como perigosas para este artigo. Para mais informações ver epígrafe 3.

F- Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT), tempo de exposição:

Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos, não apresentando substâncias classificadas como perigosas para este artigo. Para mais informações ver epígrafe 3.

G- Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT), a exposição repetida:

- Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT), a exposição repetida: Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos, não apresentando substâncias classificadas como perigosas para este artigo. Para mais informações ver epígrafe 3.
- Pele: Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos, não apresentando substâncias classificadas como perigosas para este artigo. Para mais informações ver epígrafe 3.

H- Perigo de aspiração:

Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos, não apresentando substâncias classificadas como perigosas para este artigo. Para mais informações ver epígrafe 3.

Outras informações:



SODA CAUSTICA



SECÇÃO 11: INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA (continuação)

Não relevante

Informação toxicológica específica das substâncias:

Identificação	Toxicidade aguda	Género
Hidróxido de sódio	DL50 oral >2000 mg/kg	
CAS: 1310-73-2	DL50 cutânea >2000 mg/kg	
EC: 215-185-5	CL50 inalação >5 mg/L (4 h)	

SECÇÃO 12: INFORMAÇÃO ECOLÓGICA

12.1 Toxicidade:

Identificação	Toxicidade aguda	Espécie	Género
Hidróxido de sódio	CL50 189 mg/L (48 h)	Leuciscus idus	Peixe
CAS: 1310-73-2	EC50 33 mg/L	Crangon crangon	Crustáceo
EC: 215-185-5	EC50 Não relevante		

12.2 Persistência e degradabilidade:

Não disponível

12.3 Potencial de bioacumulação:

Não disponível

12.4 Mobilidade no solo:

Não disponível

12.5 Resultados da avaliação PBT e mPmB:

O produto não atende aos critérios PBT/mPmB

12.6 Outros efeitos adversos:

Não descritos

SECÇÃO 13: CONSIDERAÇÕES RELATIVAS À ELIMINAÇÃO

13.1 Métodos de tratamento de resíduos:

Código	Descrição	Tipo de resíduo (Regulamento (UE) n.º 1357/2014)
	Não é possível atribuir um código específico, uma vez que este depende do uso dado pelo utilizador	Perigoso

Tipo de resíduo (Regulamento (UE) n.º 1357/2014):

HP8 Corrosivo

Gestão do resíduo (eliminação e valorização):

Consultar o gestor de resíduos autorizado para as operações de valorização e eliminação, conforme o Anexo 1 e Anexo 2 (Directiva 2008/98/CE, Decreto-Lei nº 73/2011). De acordo com os códigos 15 01 (Decisão da Comissão 2014/955/UE), no caso da embalagem ter estado em contacto direto com o produto, esta será tratada do mesmo modo como o próprio produto, caso contrário será tratada com resíduo não perigoso. Não se aconselha a descarga através das águas residuais. Ver epígrafe 6.2.

Disposições relacionadas com a gestão de resíduos:

De acordo com o Anexo II do Regulamento (EC) nº1907/2006 (REACH) são apresentadas as disposições comunitárias ou estatais relacionadas com a gestão de resíduos.

Legislação comunitária: Directiva 2008/98/EC, Decisão da Comissão 2014/955/UE, Regulamento (UE) n.º 1357/2014

Legislação nacional: Decreto-Lei nº 73/2011

SECÇÃO 14: INFORMAÇÕES RELATIVAS AO TRANSPORTE

Transporte terrestre de mercadorias perigosas:

Em aplicação do ADR 2019 e RID 2019:



Ficha de dados de segurança
conforme 1907/2006/EC (REACH), 2015/830/UE

SODA CAUSTICA



SECÇÃO 14: INFORMAÇÕES RELATIVAS AO TRANSPORTE (continuação)



14.1 Número ONU:	UN1823
14.2 Designação oficial de transporte da ONU:	HIDRÓXIDO DE SÓDIO, SÓLIDO
14.3 Classes de perigo para efeitos de transporte:	8
Etiquetas:	8
14.4 Grupo de embalagem:	II
14.5 Perigos para o ambiente:	Não
14.6 Precauções especiais para o utilizador	
Disposições especiais:	Não relevante
Código de Restrição em túneis:	E
Propriedades físico-químicas:	ver epígrafe 9
Quantidades Limitadas:	1 kg
14.7 Transporte a granel em conformidade com o anexo II da Convenção MARPOL e o Código IBC:	Não relevante

Transporte de mercadorias perigosas por mar:

Em aplicação ao IMDG 39-18:



14.1 Número ONU:	UN1823
14.2 Designação oficial de transporte da ONU:	HIDRÓXIDO DE SÓDIO, SÓLIDO
14.3 Classes de perigo para efeitos de transporte:	8
Etiquetas:	8
14.4 Grupo de embalagem:	II
14.5 Perigos para o ambiente:	Não
14.6 Precauções especiais para o utilizador	
Disposições especiais:	Não relevante
Códigos EmS:	F-A, S-B
Propriedades físico-químicas:	ver epígrafe 9
Quantidades Limitadas:	1 kg
Grupo de segregação:	SGG18
14.7 Transporte a granel em conformidade com o anexo II da Convenção MARPOL e o Código IBC:	Não relevante

Transporte de mercadorias perigosas por ar:

Em aplicação ao IATA/ICAO 2020:



14.1 Número ONU:	UN1823
14.2 Designação oficial de transporte da ONU:	HIDRÓXIDO DE SÓDIO, SÓLIDO
14.3 Classes de perigo para efeitos de transporte:	8
Etiquetas:	8
14.4 Grupo de embalagem:	II
14.5 Perigos para o ambiente:	Não
14.6 Precauções especiais para o utilizador	
Propriedades físico-químicas:	ver epígrafe 9
14.7 Transporte a granel em conformidade com o anexo II da Convenção MARPOL e o Código IBC:	Não relevante

- CONTINUA NA PÁGINA SEGUINTE -



Ficha de dados de segurança
conforme 1907/2006/EC (REACH), 2015/830/UE

SODA CAUSTICA



SECÇÃO 15: INFORMAÇÃO SOBRE REGULAMENTAÇÃO

15.1 Regulamentação/legislação específica para a substância ou mistura em matéria de saúde, segurança e ambiente:

Substâncias candidatas a autorização no Regulamento (CE) 1907/2006 (REACH): Não relevante

Substâncias incluídas no Anexo XIV do REACH (lista de autorização) e data de validade: Não relevante

Regulamento (CE) 1005/2009, sobre substâncias que esgotam a camada de ozono: Não relevante

Artigo 95, Regulamento (UE) Nº 528/2012: Não relevante

REGULAMENTO (UE) N.º 649/2012, relativo à exportação e importação de produtos químicos perigosos: Não relevante

Seveso III:

Não relevante

Limitações à comercialização e ao uso de determinadas substâncias e misturas perigosas (Anexo XVII REACH, etc...):

Não relevante

Disposições particulares em matéria de protecção das pessoas ou do meio ambiente:

É recomendado utilizar a informação recompilada nesta ficha de dados de segurança como dados de entrada numa avaliação de riscos das circunstâncias locais com o objectivo de estabelecer as medidas necessárias de prevenção de riscos para o manuseamento, utilização, armazenamento e eliminação deste produto.

Outras legislações:

Decreto-Lei n.º 220/2012, de 10 de outubro, que assegura a execução na ordem jurídica interna das obrigações decorrentes do Regulamento (CE) n.º 1272/2008, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro, relativo à classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas, que altera e revoga as Diretivas n.os 67/548/CEE e 1999/45/CE e altera o Regulamento (CE) n.º 1907/2006.

Decreto-Lei n.º 293/2009, de 13 de Outubro, que assegura a execução, na ordem jurídica nacional, das obrigações decorrentes do Regulamento (CE) n.º 1907/2006, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de Dezembro, relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição dos produtos químicos (REACH) e que procede à criação da Agência Europeia dos Produtos Químicos. Decreto-Lei n.º 33/2015, de 4 de março - Estabelece obrigações relativas à exportação e importação de produtos químicos perigosos, assegurando a execução, na ordem jurídica interna do Regulamento (UE) n.º 649/2012, do Parlamento Europeu e do Conselho.

Decreto-Lei 41-A/2010 de 29 de Abril que regulamenta o transporte rodoviário e ferroviário de mercadorias perigosas.

Decreto-Lei n.º 24/2012 de 6 de Fevereiro, alterado pelo D.L. n.º 88/2015 de 28 de Maio e pelo D.L. n.º 41/2018 de 11 de Junho. Consolida as prescrições mínimas em matéria de protecção dos trabalhadores contra os riscos para a segurança e a saúde devido à exposição a agentes químicos no trabalho e transpõe a Directiva n.º 2009/161/UE, da Comissão, de 17 de Dezembro de 2009.

Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de Junho - Procede à terceira alteração ao Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, transpõe a Directiva n.º 2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro, relativa aos resíduos, e procede à alteração de diversos regimes jurídicos na área dos resíduos alterado pelo Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de Junho - Procede à terceira alteração ao Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, transpõe a Directiva n.º 2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro, relativa aos resíduos.

Decisão da Comissão 2014/955/EU - Lista Europeia de Resíduos.

15.2 Avaliação da segurança química:

O fornecedor não realizou avaliação de segurança química.

SECÇÃO 16: OUTRAS INFORMAÇÕES

Legislação aplicável a ficha de dados de segurança:

Esta ficha de dados de segurança foi desenvolvida em conformidade com o ANEXO II - Guia para a elaboração de Fichas de Dados de Segurança do Regulamento (EC) Nº 1907/2006 (Regulamento (UE) Nº 2015/830)

Modificações relativas à ficha de segurança anterior que afectam as medidas de gestão de risco:

Não relevante

Textos das frases contempladas na secção 2:

H314: Provoca queimaduras na pele e lesões oculares graves

H318: Provoca lesões oculares graves

Textos das frases contempladas na secção 3:

As frases indicadas não se referem ao produto em si, são apenas a título informativo e fazem referência aos componentes individuais que aparecem na secção 3

Regulamento nº1272/2008 (CLP):

Skin Corr. 1A: H314 - Provoca queimaduras na pele e lesões oculares graves

- CONTINUA NA PÁGINA SEGUINTE -



Ficha de dados de segurança
conforme 1907/2006/EC (REACH), 2015/830/UE

SODA CAUSTICA



SECÇÃO 16: OUTRAS INFORMAÇÕES (continuação)

Conselhos relativos à formação:

Recomenda-se formação mínima em matéria de prevenção de riscos laborais ao pessoal que vai a manipular este produto, com a finalidade de facilitar a compreensão e a interpretação desta ficha de dados de segurança, bem como da etiqueta / rótulo do produto.

Principais fontes de literatura:

<http://echa.europa.eu>
<http://eur-lex.europa.eu>

Abreviaturas e acrónimos:

(ADR) Acordo Europeu relativo ao Transporte Internacional de Mercadorias Perigosas por Estrada
(IMDG) Código Marítimo Internacional para o Transporte de Mercadorias Perigosas
(IATA) Associação Internacional de Transporte Aéreo
(ICAO) Organização de Aviação Civil Internacional
(DQO) Demanda Química de oxigénio
(DBO5) Demanda biológica de oxigénio aos 5 dias
(BCF) Fator de bioconcentração
(DL50) Dose letal para 50 % de uma população de teste (dose letal mediana)
(CL50) Concentração letal para 50 % de uma população de teste
(EC50) Concentração efetiva para 50 % de uma população de teste
(Log POW) logaritmo coeficiente partição octanol-água
(Koc) coeficiente de partição do carbono orgânico
(CAS) Número CAS (Chemical Abstracts Service)
(CMR) Carcinogénico, mutagénico ou tóxico para a reprodução
(DNEL) Nível derivado de exposição sem efeito (Derived No Effect Level)
(CE) Número EINECS e ELINCS (ver também EINECS e ELINCS)
(PBT) Substância Persistente, Bioacumulável e Tóxica
(PNEC) Concentração Previsivelmente Sem Efeitos (Predicted No Effect Concentration)
(EPI) Equipamento de proteção individual
(STOT) Toxicidade para órgãos-alvo específicos
(mPmB) Persistente, bioacumulável e tóxico ou muito persistente e muito bioacumulável



Lacrilar