



Universidade de Brasília  
Instituto de Química  
Curso de Bacharelado em Química Tecnológica

**MANOEL MESSIAS SIQUEIRA**

**Látex de borracha natural como revestimento para papel kraft:  
influência do tratamento com tanino ou amônia na hidro  
repelência.**

**Trabalho de Conclusão de Curso  
Segundo semestre de 2022**

Brasília, fevereiro de 2023.

**Manoel Messias Siqueira**

**Látex de borracha natural como revestimento para papel kraft:  
influência do tratamento com tanino ou amônia na hidro  
repelência.**

Trabalho de conclusão de curso  
submetido ao curso de graduação em  
Química Tecnológica da Universidade de  
Brasília como requisito parcial para  
obtenção do Título de Bacharel em  
Química Tecnológica.

Orientador: Dr. Floriano Pastore Júnior.

**Brasília, DF,  
Fev/2023**

Siqueira, Manoel Messias.

Látex de borracha natural como revestimento para papel kraft: influência do tratamento com tanino ou amônia na hidrorepelência. / Siqueira, Manoel Messias. Brasília: UnB/Lateq /IQ, 2022. Professor orientador: Floriano Pastore Junior.

Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília, Instituto de Química, Brasília, 2022. Orientação: Dr. Floriano Pastore Junior.

CDU Classificação

**Manoel Messias Siqueira**

Trabalho de Conclusão de Curso submetida como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Química Tecnológica do Instituto de Química da Universidade de Brasília, apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo em 17/02/2023:

**Prof. Dr. Floriano Pastore Junior, IQ/UnB**  
Presidente

**Dr. Fábio Moreira da Silva**  
Membro Titular

**Dr. Leonardo Giordano Paterno**  
Membro Titular

Brasília, DF

2023

*“A gravidade explica os movimentos dos planetas, mas não pode explicar quem colocou os planetas em movimento. Deus governa todas as coisas e sabe tudo que é ou que pode ser feito”.*

**Isaac Newton**

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de externar meus sinceros agradecimentos por mais essa obra concluída a diversas pessoas que me ajudaram a chegar até aqui.

1. A Deus, meu criador, obrigado por ter me dado inteligência suficiente para chegar até aqui ao final desse curso de graduação. Sei que através de sua bênção conseguirei vencer outros desafios ainda maiores que estão por vir.

2. A minha esposa Léia Siqueira, obrigado por todos os momentos em que eu fraquejei e você estava lá para me ajudar a erguer a cabeça dizendo que eu era capaz. Obrigado por estar ao meu lado naqueles momentos de medo, mas que a sua presença tornava esse fardo bem mais leve. Agradeço de coração por me entender e estar sempre ao meu lado.

3. A minha rainha e mãe Lídia Rodrigues de Cordeiro, obrigado por me trazer a esse mundo e poder realizar diversos sonhos, todos ao seu lado. Obrigado por estar ao meu lado no primeiro concurso público em que eu passei; e obrigado pelas diversas gargalhadas que fizeram me sentir melhor e um filho sempre querido.

4. Ao meu pai (*in memorian*), obrigado por ter me carregado por quanto estive entre nós. Minha vida acadêmica ao seu lado foi curta, mas foram essenciais para que eu pudesse, com seu exemplo de homem e pai, chegar aonde cheguei. Tenho certeza de que, se estivesse entre nós, estaria muito orgulhoso do filho que vos escreve.

5. Ao meu filho Lamôni Siqueira, obrigado por muitas vezes dispensar seu tempo para termos aquela conversa em que uma mente confusa não acharia fácil o caminho. Foram muitas conversas que aliviaram meu fardo pois você sabia do peso que eu carregava por já ter estado um dia sentado em uma cadeira da Universidade de Brasília.

6. A todos os meus irmãos, sem exceção, Valmir, Marccone, Marília, Mara, Rosângela, Marcione, Amador Júnior e Marcelo (*in memorian*), obrigado. Sei que, de alguma forma, me ajudaram, pois, família é o pilar para que possamos ter sucesso nesta vida.

7. A minha sogra Maria Isabel, por abrir as portas da sua casa para que eu pudesse, em diversas vezes, estudar e assistir as aulas quando estas foram remotas.

8. Aos meus professores, não somente os de agora, mas também aqueles que me acolheram quando meus pais me matricularam na Escola Classe 05 do Guará I pela primeira vez. E aqueles que estiveram presente na Escola Classe 01 do Guará I quando terminei o ensino fundamental I em 1984. Aos professores queridos do Centro de Ensino 04 do Guará I que me acolheram até a sétima série e não menos importante aos queridos professores do CASEB na 709 da Asa Sul, instituição em que terminei o ensino fundamental II. Aos nobres e valentes professores do Centro Educacional Elefante Branco, na pessoa do diretor Rodão que mais tarde o destino nos fez trabalhar juntos. A todos esses professores, o meu muitíssimo obrigado.

9. Ao professor Dr. Floriano Pastore Júnior pela constante dedicação e um pilar importante para que este trabalho fosse realizado.

10. Ao professor Dr. João Peres, pela atenção dispensada durante esses anos de universidade em que pude aprender a importância do estudo da química para benefício de uma comunidade. E pela companhia nas coletas na fazenda Maíra na Cidade Ocidental – GO.

11. Ao Sr. Luiz Carlos Pimentel pela inigualável ajuda e suporte logístico durante todas as coletas do látex na fazenda na Cidade Ocidental - GO.

12. Aos colegas que realizaram ensaios comigo no LATEQ e na FEsQ nas pessoas dos estudantes Júlia, Natália, Navarro, Yuri, Artur, Nathália e Carolina.

13. Aos amigos, em especial Fábio e Henrique, pela oportunidade que me permitiram estudar química com duas cabeças brilhantes e em dividir duplas em relatórios nos muitos laboratórios que cursamos ou com suas partilhas de conhecimento durante diversas aulas teóricas vividas nesta Universidade.

14. Aos meus professores desta Universidade, nos vários departamentos em que precisei cursar no decorrer desta trajetória e eles tiveram a paciência de compartilhar suas experiências.

## RESUMO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso tem como motivação primeira e problema central a coleta e descarte dos resíduos orgânicos domésticos, resultantes do preparo de alimentos e descartes das refeições que, presumivelmente, assomam proporções gigantescas nas grandes cidades. Como é fácil de se intuir no cenário atual, tais resíduos são embalados em sacolas de plástico, nas quais são recolhidos pela coleta governamental e descartados em lixões, sem haver separação entre resíduos orgânicos e as sacolas plásticas, o que se imagina seja uma difícil operação.

O Laboratório de Tecnologia Química (LATEQ/IQ/UnB) concebeu a proposta de impermeabilizar de modo temporário a face interna das sacolas de papel kraft (**PK**), amplamente distribuídas em lanchonetes *fastfood* e na modalidade de *delivery* de supermercados. Essas sacolas são resistentes, mas absorvem água e tornam-se frágeis, o que deixa sua reutilização restrita ao uso seco. A proposta do LATEQ é fazer um papel kraft temporariamente impermeável, **PKTI**, através da pintura interna com látex tratado com tanino (**LT**), sem vulcanizar, para que fique hidrorrepelente somente por um tempo limitado. Esse tratamento poderia permitir: 1) o uso de tais sacolas no recolhimento de lixo doméstico sobre as pias de cozinha, 2) o recolhimento e transporte pelo SLU/GDF, e 3) o descarte para compostagem após trituração.

Essa proposta, em sua concepção completa, é a base do projeto de mestrado do PPGQ da aluna Carolina Romera. Como objeto do presente TCC, foi desenvolvida uma ferramenta simples para mensurar a hidrorrepelência do papel após o tratamento com látex. Tal técnica é baseada na aplicação de gotas d'água sobre o papel tratado, a fotografia da gota e a medição do ângulo de contato que permite uma medida qualitativa, mas segura, da hidrorrepelência do PKTI. A diferença relativa de resultados permitiu indicar o melhor tratamento, dentre vários, para o PKTI. Nesse TCC, além do desenvolvimento da técnica de mensuração do ângulo de contato, foi ainda selecionado o PK, a formulação do LT e a técnica de aplicação, resultando o conjunto, que se presume, permita o equilíbrio entre hidrorrepelência e duração da impermeabilização, a ser confirmado no decorrer dos trabalhos do mestrado referido acima.

Finalmente, deve ser registrado que, em tudo correndo como esperado, o autor desse TCC tem como perspectiva aplicar-se ao mestrado, para desenvolver a técnica de produção das sacolas de PKTI e o seu teste em escala piloto.

**Palavras e expressões-chave:** papel Kraft, tratamento de superfície, látex de borracha natural, látex com tanino, descarte de lixo orgânico, compostagem e hidro repelência.

## **ABSTRACT**

This Course Completion Work has as its first motivation and central problem the collection and disposal of domestic organic waste, resulting from the preparation of food and disposal of meals that, presumably, assume gigantic proportions in large cities. As it is easy to intuit in the current scenario, such waste is packed in plastic bags, in which it is collected by the government collection and discarded in landfills, without separating organic waste from the plastic bags, which is imagined to be a difficult operation.

The Chemical Technology Laboratory (LATEQ/IQ/UnB) conceived the proposal to temporarily waterproof the inner surface of kraft paper bags (PK), widely distributed in fast food outlets and in the delivery mode of supermarkets. These bags are resistant, but absorb water and become fragile, which leaves their reuse restricted to dry use. LATEQ's proposal is to make a temporarily impermeable kraft paper, PKTI, through the internal painting with latex treated with tannin (LT), without vulcanizing, so that it becomes water repellent only for a limited time. This treatment could allow: 1) the use of such bags in the collection of household waste over the kitchen sinks, 2) collection and transportation by the SLU/GDF, and 3) disposal for composting after shredding.

This proposal, in its complete conception, is the basis of the PPGQ master's project by student Carolina Romera. As the object of this TCC, a simple tool was developed to measure the water repellency of paper after latex treatment. This technique is based on the application of water drops on the treated paper, photographing the drop and measuring the contact angle, which allows a qualitative but safe measurement of the PKTI's water repellency. The relative difference in results allowed indicating the best treatment, among several, for PKTI. In this TCC, in addition to the development of the contact angle measurement technique, the PK, the LT formulation and the application technique were also selected, resulting in the set, which is presumed to allow the balance between water repellency and waterproofing duration, to be confirmed during the work of the Master mentioned above.

Finally, it should be noted that, in everything going as expected, the author of this TCC intends to apply to the master's degree, to develop the production technique of PKTI bags and its test on a pilot scale.

**Key words and expressions: kraft paper, surface treatment, natural rubber latex, latex with tannin, disposal of organic waste, composting and water repellency.**

## LISTA DE ABREVIATURAS

AC	Ângulo de Contato
FL	Fluido ou Fluidos
FP	Folha de papel
KOH	Hidróxido de Potássio
LA – 1C	Látex tratado com amônia uma camada
LA – 2C	Látex tratado com amônia duas camadas
LA – 3C	Látex tratado com amônia três camadas
LBN	Látex de Borracha Natural
LBN – 1C	Látex de borracha natural in natura uma camada
LBN – 2C	Látex de borracha natural in natura duas camadas
LBN – 3C	Látex de borracha natural in natura três camadas
LBN/NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Látex de Borracha natural tratado com amônio
LBN/TAN	Látex de Borracha natural tratado com tanino
LESS	Lauril Éter Sulfato de Sódio
LT1 – 1C	Látex tratado com tanino a 1% com uma camada
LT1 – 2C	Látex tratado com tanino a 1% com duas camadas
LT1 – 3C	Látex tratado com tanino a 1% com três camadas
LT2 – 1C	Látex tratado com tanino a 2% com uma camada
LT2 – 2C	Látex tratado com tanino a 2% com duas camadas
LT2 – 3C	Látex tratado com tanino a 2% com três camadas
LT3 – 1C	Látex tratado com tanino a 3% com uma camada
LT3 – 2C	Látex tratado com tanino a 3% com duas camadas
LT3 – 3C	Látex tratado com tanino a 3% com três camadas
LTT	Tratado com tanino
NC	Número de camada
pH	potencial hidrogeniônico
PK	Papel Kraft
PKN	Papel Kraft natural (sem cera)
PKP	Papel Kraft pincelado
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01</b>	Fórmula Estrutural da Celulose.....	19
<b>Figura 02</b>	Papel Kraft para embalagens.....	25
<b>Figura 03</b>	Havea brasiliensis – Fazenda Maíra / Cidade Ocidental – GO.....	28
<b>Figura 04</b>	Cis – 1,4 – Poli – Isopreno.....	28
<b>Figura 05</b>	Coleta do látex na Fazenda Maíra na Cidade Ocidental – GO.....	29
<b>Figura 06</b>	Incisão para a coleta do látex.....	29
<b>Figura 07</b>	Estrutura do tanino condensado.....	30
<b>Figura 08</b>	Acácia Negra.....	31
<b>Figura 09</b>	Interação Tanino-Proteína por ligações de hidrogênio.....	32
<b>Figura 10</b>	Ângulos de contato com a água / hidroflicidade e a hidrofobicidade.....	33
<b>Figura 11</b>	Força de atração entre as moléculas de água.....	35
<b>Figura 12</b>	Tensiômetro óptico Theta Flow.....	36
<b>Figura 13</b>	Plantio localizado na fazenda Maíra no município da Cidade Ocidental – GO.	37
<b>Figura 14</b>	Suporte retangular para prender o papel kraft.....	38
<b>Figura 15</b>	Pincel número 03.....	39
<b>Figura 16</b>	Esponja multiuso de espuma.....	39
<b>Figura 17</b>	Folha com excedente de composto.....	40
<b>Figura 18-A</b>	Rolo de espuma.....	41
<b>Figura 18-B</b>	Rolo de lã.....	41
<b>Figura 19</b>	Gabarito de aço galvanizado.....	42
<b>Figura 20 - A</b>	Comparação da molhabilidade entre uma área natural e uma pincelada PKN....	45
<b>Figura 20 - B</b>	Comparação da molhabilidade entre uma área natural e uma pincelada PKP....	45
<b>Figura 21</b>	Gráfico com os tratamentos individualizados das amostras em função dos AC.	47
<b>Figura 22</b>	Gráfico mostrando os tratamentos realizados em função dos AC.....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Substâncias utilizadas no cozimento do cavaco.....	20
Tabela 02	Resistência ao rasgo e estouro em função da gramatura.....	26
Tabela 03	Composição dos tratamentos iniciais das amostras.....	37
Tabela 04	Composição dos tratamentos das amostras após chegada ao laboratório....	38
Tabela 05	Dimensões do molde.....	41
Tabela 06	Relação dos tratamentos realizados.....	44
Tabela 07	Ângulos de contato das triplicatas, médias e desvio padrão dos tratamentos	46
Tabela 08	Ângulos de contato entre a película e a água do LBN – 1C.....	56
Tabela 09	Ângulos de contato entre a película e a água do LBN – 2C .....	56
Tabela 10	Ângulos de contato entre a película e a água do LBN – 3C .....	57
Tabela 11	Ângulos de contato entre a película e a água do L1T – 1C.....	57
Tabela 12	Ângulos de contato entre a película e a água do L1T – 2C .....	58
Tabela 13	Ângulos de contato entre a película e a água do L1T – 3C .....	58
Tabela 14	Ângulos de contato entre a película e a água do L2T – 1C.....	59
Tabela 15	Ângulos de contato entre a película e a água do L2T – 2C .....	59
Tabela 16	Ângulos de contato entre a película e a água do L2T – 3C .....	60
Tabela 17	Ângulos de contato entre a película e a água do L3T – 1C.....	60
Tabela 18	Ângulos de contato entre a película e a água do L3T – 2C .....	61
Tabela 19	Ângulos de contato entre a película e a água do L3T – 3C .....	61
Tabela 20	Ângulos de contato entre a película e a água do LA – 1C.....	62
Tabela 21	Ângulos de contato entre a película e a água do LA – 2C .....	62
Tabela 22	Ângulos de contato entre a película e a água do LA – 3C .....	63

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2. OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>17</b>
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>18</b>
3.1. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA .....	18
3.2. PRODUÇÃO DE PAPEL .....	19
3.2.1. CELULOSE.....	19
3.2.2. EXTRAÇÃO DA CELULOSE .....	19
3.2.3. SELEÇÃO DOS CAVACOS.....	20
3.2.4. LICOR DE COZIMENTO.....	20
3.2.5. LAVAGEM DA PASTA MARROM .....	22
3.2.6. LICOR NEGRO .....	22
3.2.7. LICOR VERDE.....	23
3.2.8. REGENERAÇÃO DO LICOR BRANCO .....	23
3.2.9. DEPURAÇÃO E ETAPA DE BRANQUEAMENTO .....	24
3.3. PAPEL KRAFT .....	25
3.3.1. Características do Papel Kraft .....	26
3.4. LÁTEX.....	27
3.5. TANINO .....	30
3.6. MOLHABILIDADE.....	32
3.6.1. Sólidos hidrofóbicos e hidrofílicos.....	33
3.6.2. Ângulo de Contato .....	34
3.6.3. EQUAÇÃO DE YOUNG.....	34
3.6.4. Métodos para medida do ângulo de contato .....	35
3.6.4.1. Método da gota séssil .....	35
<b>4. MATERIAIS E METODOLOGIA.....</b>	<b>37</b>
4.1. COLETA E TRATAMENTO DO LÁTEX NATURAL.....	37
4.2. DEFINIÇÃO DO OBJETO PINCELADOR .....	38
4.3. PELÍCULA NA SUPERFÍCIE DO PAPEL KRAFT.....	41
4.4. GOTEJAMENTO NA FOLHA DE PK .....	42
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>44</b>
5.1. IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS IMAGENS.....	44
5.2. ANÁLISE DA MOLHABILIDADE .....	45
5.3. ANÁLISE DOS ÂNGULOS DE CONTATO .....	46
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>50</b>

<b>7. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>51</b>
<b>ANEXO I .....</b>	<b>56</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Por muitos anos, tem-se os polímeros como o principal material para a confecção de inúmeros produtos (SILVA, 2021). Entre eles estão as sacolas plásticas usadas na sociedade para o armazenamento temporário de produtos em geral. Segundo as Nações Unidas no Brasil (ONUBR, 2018), no ano de 1960, a Colloplast, uma indústria sueca, fez o primeiro protótipo dos sacos plásticos na forma como conhecemos hoje, e na década seguinte, este material foi incorporado no mercado como uma solução para acondicionar produtos em um só recipiente.

Entretanto, com a modernização industrial o plástico configurou-se como material de primeira necessidade, no quesito embalagem, tornando-se uma preocupação para os ambientalistas devido ao longo período para sua degradação após um descarte inadequado na natureza (ALVES ARAÚJO, 2017).

De acordo com Fabro; Lindemann; Vieira (2002), o poli(etileno) de baixa densidade (PEBD) é o principal polímero para a confecção das sacolas plásticas em que ficaram popularmente conhecida como sacolinhas. Em seu uso secundário, passou a ser um recipiente de resíduos não aproveitados, inclusive sendo reservatório para o resíduo orgânico doméstico no preparo das refeições. O efeito futuro disso é assombroso, visto que essas embalagens estão se tornando um problema ao meio ambiente devido à dificuldade na quebra das moléculas e partículas dessas embalagens, principalmente quando essas vão parar em vias públicas ou nas encostas marinhas, visto que esse material demorará até 400 anos para sua total degradação.

Com o intuito de amenizar tal impacto na natureza, uma proposta está sendo desenvolvida na dissertação da mestrandia Carolina Romera (IQ/UnB) tendo como substrato as sacolas de papel Kraft (**PK**) que seriam impermeabilizadas temporariamente com látex de borracha natural (**LBN**) tratado com tanino (**LTT**) para que pudessem receber os descartes orgânicos, armazená-los por tempo limitado e serem, então, descartadas para compostagem. Entretanto, para que o estudo da mestrandia pudesse ser desenvolvido adequadamente, foi necessário definir uma forma de avaliar diferentes formulações de LTT ou com amônia para o tratamento do PK buscando-se a melhor hidrorepelência com a menor camada de revestimento possível.

No presente trabalho de conclusão de curso procurou-se desenvolver uma técnica simples para medir a tensão superficial da água sobre o PK, através da observação e mensuração do ângulo de contato formado por gotas d'água. Esta técnica simples e direta determina a molhabilidade da superfície sólida e a influência que o tanino pode exercer sobre a aderência e a hidro repelência no PK, objetivando assim, a produção de sacolas de PK temporariamente impermeabilizado com vistas à sua compostabilidade.

## **2. OBJETIVO GERAL**

Desenvolver uma ferramenta técnica simples para permitir avaliar a hidro repelência de diferentes compostos de látex natural quando aplicados sobre o papel kraft.

### **2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Selecionar um PK homogêneo que permita a replicabilidade dos estudos de hidro repelência do PK após tratamento;
- Identificar materiais e técnicas de aplicação do LBN na superfície do PK;
- Organizar um arranjo para fazer fotografias das gotas com reprodutibilidade;
- Realizar um estudo da molhabilidade do PK tratado com diferentes formulações através do ângulo de contato da gota d'água;
- Selecionar formulações de LBN para tratamento de impermeabilização temporária do PK.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA**

Já há algum tempo, vem se formando uma visão crítica social da grande quantidade de resíduos da produção industrial e de produtos tecnológicos e do seu impacto no ambiente, visto que esses produtos estão presentes no cotidiano das pessoas de forma indiscriminada.

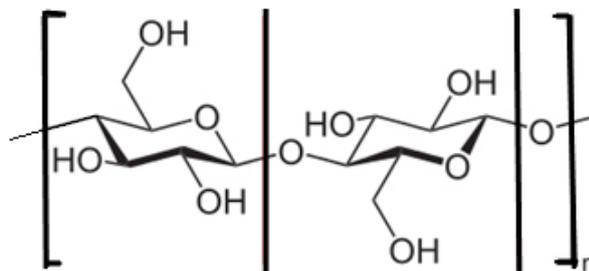
Muitos de tais impactos são difíceis de solucionar por demandarem mudanças culturais na sociedade, além de complexas operações logísticas. Em muitas cidades no Brasil, existem graves problemas em que o acúmulo desses rejeitos em vias públicas, gera alto custo financeiro aos governos locais, sendo ainda, uma ameaça ao saneamento básico (PINTO FILHO et al., 2011).

Para Sousa (2011), outro problema são os resíduos lançados em vias públicas de modo inconsequente pois as pessoas fazem esse descarte sem pensar nos impactos ambientais. Um fator básico que permeia todos esses problemas é o tempo de decomposição desses materiais pois podem demorar centenas de anos para serem consumido.

Outra categoria que deve ser levada em consideração é constituída pelos rejeitos orgânicos domésticos provenientes do preparo dos alimentos e do resto das refeições. Sem soluções adequadas, esses materiais são recolhidos nas pequenas lixeiras em cima das pias, na grande maioria das vezes em sacolas plásticas, do tipo de supermercado, e são assim disponibilizados para a coleta do sistema de limpeza urbano que o descarta em lixões e aterros sem fazer a separação de resíduos bons para compostagem, dos plásticos que os abrigam. Na grande maioria das vezes, esses materiais vão parar juntos com o lixo comum, dificultando a separação entre eles nos aterros sanitários, e acabam sendo aterrados sem controle, gerando impacto ao meio ambiente como chorume e gases que comprometem ainda mais a crise climática. Tipicamente, essa é uma situação que pode e deve receber atenção de toda a sociedade, inclusive do setor acadêmico, para ser resolvida. Esse lixo da cozinha, se bem acondicionado, pode contribuir com a geração de adubos através da compostagem, em vez de contribuírem com o prejuízo ao meio ambiente.

## 3.2 PRODUÇÃO DE PAPEL

De acordo com Foelkel (2009), a principal matéria prima para produção de papel, como conhecemos hoje, é a celulose (figura 1).



**Figura 1** – Fórmula estrutural da Celulose

Fonte: Batista, 2018 (com adaptações).

### 3.2.1. CELULOSE

A celulose é um carboidrato com origem vegetal. Possui uma cadeia longa e linear. Oriunda de fontes renováveis como florestas plantadas para tal finalidade. Formada por unidades de D-glicose com fórmula química  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Seus monômeros de glicose estão presentes entre 15 e 15.000 unidos por ligações glicosídicas (OGATA, 2013).

De acordo com Castro (2009), o processo para a produção de celulose consiste no descascamento do troco de eucalipto, no picotamento desse tronco para a produção de cavacos, na classificação dos cavacos, no cozimento através de um licor próprio para esta finalidade, depuração deste material, lavagem do produto do cozimento e o branqueamento da pasta.

### 3.2.2. EXTRAÇÃO DA CELULOSE

A extração da celulose ocorre a partir do tronco de árvores, em especial de eucaliptos oriundos de reflorestamentos controlados, devido o tipo de fibras existentes nessas espécies. Os troncos são descascados e encaminhados para a fábrica. As cascas do tronco, pobre em fibras, são levadas para as caldeiras para a produção de energia na fábrica.

### 3.2.3. SELEÇÃO DOS CAVACOS

As toras das árvores são transformadas em cavacos, através dos picotadores descascadores com faca para que fiquem com tamanhos entre 1,5 cm e 2,5 cm, tanto no comprimento como na largura, e uma espessura que pode variar entre 1 mm e 8 mm, sendo que o ideal fique entre 2 mm e 5 mm (FOELKE, 2016).

Após estes cortes, os cavacos são selecionados através de um sistema de peneiramento. As peças que não estejam no tamanho adequado são encaminhados para servirem como fontes de energia em uma caldeira na própria fábrica. As que são aproveitados são levados para um digestor em que deverão passar pelo processo de impregnação dos cavacos em que o licor branco, conhecido também como licor de cozimento, deve penetrar em sua totalidade na madeira com o objetivo de extrair a lignina e liberar as fibras.

### 3.2.4 LICOR DE COZIMENTO

O licor apropriado para realizar o cozimento é denominado de licor de cozimento ou conhecido como licor de branco. Sua composição é basicamente constituído por duas substâncias identificadas na tabela 01, e estas, em meio aquoso, se dissociam-se liberando seus íons que dará ao processo uma característica álcali (BASSA, 2002).

Tabela 01 – Substâncias utilizadas no cozimento do cavaco

<b>Substâncias</b>	<b>Fórmula Química</b>	<b>Íons liberados</b>
Hidróxido de Sódio	Na OH	Na <sup>+</sup> e OH <sup>-</sup>
Sulfeto de Sódio	Na <sub>2</sub> S	S <sup>2-</sup> Na <sup>+</sup> e HS <sup>-</sup>

Fonte: (Bassa, 2002)

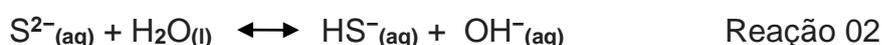
O cozimento dos cavacos é realizado a uma temperatura controlada de 170 °C em alta pressão com um equipamento denominado digestor, e este cozimento pode ter uma duração que varia entre 1h e 3h. Este processo é necessário para que o licor branco realize a ruptura da estrutura dos cavacos transformando-os em uma massa constituída de fibras.

Uma das reações químicas realizada no licor branco, através hidrólise do sulfeto de sódio, traz como produtos dois importantes íons, HS<sup>-</sup> e OH<sup>-</sup> conforme reação 01, que tem por função reagir com as substâncias orgânicas presentes nos cavacos como

carboidratos, as ligninas e outros extrativos da madeira, quando estes estiverem sendo impregnados pelo licor branco.



Os íons sulfetos, presente no licor oriundo do sulfeto de sódio, também são hidrolisados formando mais íons de hidrogenossulfetos e hidroxilas visto na reação 02, tornando a reação com maior característica álcali.

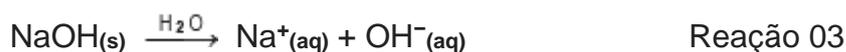


Segundo Bassa (2002), as concentrações dos íons formados na reação 02 e 03 são afetados através da hidrólise. Com isso, pode-se observar um aumento dos íons  $\text{HS}^-$  e  $\text{OH}^-$  responsáveis pelo processo no interior da madeira tornado a solução bastante alcalina com potencial para liberação de fibras e da lignina presente no interior do cavaco, e isso ocorre, de acordo com Frossard (2010), mesmo antes do aumento da temperatura, dando acesso a lamela média que faz parte das camadas no interior da madeira responsável pela liberação das fibras.

O licor deve penetrar nas três dimensões do cavaco, caso isso não ocorra, a parte central do cavaco não liberará seu conteúdo de lignina, havendo assim, segundo Frossard (2010), uma perda de rendimento para formação da massa fibrosa para produção de celulose.

Um fator importante para uma boa interação entre a madeira e o licor de cozimento é a superfície de contato entre a biomassa e o líquido. Para Cruz Filho (2016) esta relação nos leva a compreender que quanto menor a superfície de contato entre ambos, melhor será a entrada do licor na peça.

O Hidróxido de sódio é outra substância responsável pelo processo Kraft devido ao grau elevado de alcalinidade pela presença de  $\text{OH}^-$  conforme pode ser observado na reação 03.



Por se tratar de uma base forte, o hidróxido de sódio acaba sendo um agente desfavorável para os carboidratos presentes na madeira. Pelo mesmo motivo e pela

grande quantidade de hidroxilas que é liberado, ele intensifica as reações tornando as paredes celulares da madeira mais acessíveis dilatando-a, e assim, dando acesso inclusive à lignina (BASSA, 2002).

### 3.2.5. LAVAGEM DA PASTA MARROM

Uma etapa importante na produção de celulose para futura produção de papel é a lavagem da polpa gerada no estágio anterior conhecida como polpa marrom. Segundo Mendes (2013), o objetivo principal nesta fase é retirar uma quantidade máxima de materiais orgânicos presente no meio. Ainda assim, para Elbacha, da Cunha e Barbosa (2020), uma excelente lavagem permite nas etapas seguintes um enriquecimento no licor negro, deixando assim, uma quantidade de resíduos menores nas etapas de depuramento e branqueamento.

Os equipamentos que permite a lavagem da polpa envolvem prensas, difusores, filtros a vácuos, evaporadores e lavadores pressurizados/não pressurizados. Para Elbacha, da Cunha e Barbosa (2020), o princípio da lavagem da polpa consiste em escoar o líquido de sujidade do interior da polpa para fora em que haverá uma diluição do líquido deixando-a livre das impurezas e com um aspecto mais engrossado, e assim, a polpa apresenta uma concentração reduzida devido o fluído sujo ser expulso pelo líquido limpo.

### 3.2.6. LICOR NEGRO

A concentração do licor negro é feito nos evaporadores de múltiplo efeito em seis etapas. Após a evaporação, o líquido apresenta uma coloração escura e com alta viscosidade. Segundo Grace (1997), a porção orgânica, fruto do processo de cozimento do licor negro, produz calor que é usado na fábrica como fonte de energia. Além disso, há produção de dióxido de carbono e água. Conforme pode ser visto na reação 04.



Ao licor negro é adicionado sulfato de sódio. Ele reagirá com a matéria orgânica presente no licor negro para produzir sulfeto de sódio através da reação de redução mostrada na reação 05 que é a matéria-prima inicial para produção de licor branco.



### 3.2.7. LICOR VERDE

O produto inorgânico da reação 05 é uma massa denominada Smelt. De acordo com a evolução da reação, essa massa vai sendo depositada no fundo da caldeira de recuperação. (CRUZ, 2006). Após o Smelt ser depositado, ele é encaminhado o tanque de dissolução que transformará esta massa em um líquido denominado licor verde. A este novo licor é adicionado hidróxido de cálcio para realizar a regeneração do hidróxido de sódio através da reação de caustificação conforme visto na reação 06. Será este NaOH utilizado para formação do licor branco no processo inicial do cozimento dos cavacos.

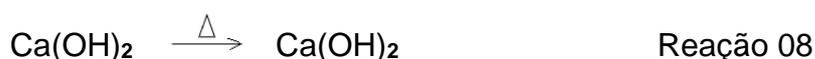


### 3.2.8. REGENERAÇÃO DO LICOR BRANCO

A adição desses novos reagentes químicos proporcionará uma retirada de impurezas insolúveis e um clareamento do licor ao ser transformado em licor branco. O carbonato de cálcio formado é decantado e posteriormente filtrado. Esta massa de  $\text{CaCO}_3$  é lavada e queimado para produzir óxido de cálcio e dióxido de carbono como visto na reação 07.



O óxido de cálcio produzido através da queima do carbonato de cálcio é hidratado gerando hidróxido de cálcio, que é reutilizado no licor verde na etapa de caustificação podendo ser visto na reação 08.



### 3.2.9. DEPURAÇÃO E ETAPA DE BRANQUEAMENTO

A próxima etapa, após a lavagem, é a depuração da polpa marrom. A depuração tem por objetivo realizar uma limpeza da massa celulósica de impurezas ainda persistentes que são indesejadas para a aparência da folha de papel (PEREIRA, 2012).

Existem diversos tipos de depuradores, porém, os mais comuns são os depuradores centrífugos. Segundo Abrantes (2011), existem três tipos de depuradores centrífugos: Forward, Reverse e Throughflow cada um com duas particularidades. Os depuradores Forward são utilizados para retirada de dejetos que variam entre 3 a 5 g/cm<sup>3</sup>. Os depuradores reverse e Throughflow tem a função de remover partículas mais leves.

Por último, tem se a etapa de branqueamento da polpa marrom. Ao fim desta etapa, ainda haverá presente na massa 5% de lignina. O tratamento é feito através de processos físico-químico que conferi propriedades na coloração da pasta celulósica eliminando grupos funcionais orgânicos e inorgânicos insaturados absorvidos na região do espectro com comprimento de ondas compreendidos entre 400nm a 1mm que corresponde os raios infravermelhos, luz visível e ultravioleta.

Segundo Castro (2009), o processo de branqueamento da polpa marrom é feito em até sete estágios. O primeiro estágio é a aplicação de cloro elementar. O uso deste químico está sendo descontinuado devido seu grau elevado de poluição. A próxima etapa é a adição de dióxido de cloro em pequenas doses. Este químico está aos poucos substituindo o cloro elementar. O terceiro estágio deve ser aplicado em meio básico para uma degradação da celulosa para um pH neutro. A quarta etapa é a aplicação de ozônio na pasta celulósica. Ainda com custo elevado, as frações de aplicação nesta etapa é realizada em pequenas doses devido aos altos custos. A próxima etapa é adição de oxigênio. A função predominante neste estágio é a máxima remoção da lignina ainda presente e a diminuição da viscosidade. Dentre todos os agentes oxidativos, esta etapa é a com o menor custo. O último estágio é a aplicação de peróxido de oxigênio substância altamente reativa que em grandes porções pode afetar a celulose agredindo as fibras e para amenizar tal situação é colocado sais de magnésio.

Por fim, a polpa branca pronta é colocada em calandras e adicionados alguns aditivos para que se configure os rolos de celulose pronta para a fabricação de papel branco.

### 3.3. PAPEL KRAFT

O que torna o papel kraft (PK) (Figura 2) diferenciado dos outros tipos de papéis é que ele não passa pelas várias técnicas de branqueamento, deixando-o próximo da cor original da madeira.

Para Soares (2018), o Brasil, em 2015, tornou-se um dos maiores fabricantes de papel e celulose no mundo exportando cerca de 12,9 milhões de toneladas desses produtos, contribuindo assim para a balança comercial brasileira e gerando empregos diretos e indiretos.



**Figura 2** – Papel Kraft para embalagens.

Fonte: Embale Bem Embalagens, 2023.

Em 2016, a indústria da celulose participou com 6% do PIB industrial do Brasil e projeta para as próximas décadas investimentos da ordem de 50 bilhões de reais (SOARES, 2018). O consumo interno de papel chegou a 6,3 milhões de toneladas.

Segundo Dias (2017), o PK apresenta algumas vantagens em relação aos demais papéis, tornando-o bastante interessante para uso comercial, tais como: a versatilidade de ser um papel que pode ser facilmente modificado; a resistência por suportar cargas; a sustentabilidade em comparação a outros tipos de embalagens como os plásticos e a aparência que agrega muito valor ao produto nele embalado.

De acordo com Santos, Gemelli e Ribeiro (2022), as embalagens produzidas a partir do PK vêm readquirindo importância nos tempos recentes para a fabricação de embalagens, tendo em vista o agravamento das questões ambientais, onde tende-se a privilegiar os papéis em detrimento dos plásticos, de maior dificuldade de reciclagem e biodegradabilidade (SILVA; SANTOS; NEVES SILVA, 2013).

No entanto, quando essas embalagens são utilizadas para o transporte primário, ou seja, da loja à casa do comprador, as sacolas e sacos que ainda estão em boa qualidade, têm uso secundário restrito chegando a serem jogadas no lixo sem aproveitamento.

Devido a problemas ambientais, Alves, Ribeiro e Ricci (2011) relatam em seu trabalho que o plástico passou a ser uma preocupação mundial devido aos impactos ambientais causados. Entretanto, uma alternativa foi a substituição dos sacos plásticos por sacos de papel. Dentre diversos tipos de papel com grande potencial para substituir os sacos de plásticos, o papel PK seria um dos melhores. Ele é uma combinação de espécies de fibras de celulose provenientes da polpa de madeiras do eucalipto. Um estudo realizado por Grande (2012) relata que essas fibras possuem tamanhos diversificados, tornando-o muito resistente e flexível.

### 3.3.1 Características do Papel Kraft

Segundo Dias (2017), a resistência mecânica é a principal característica atribuída ao PK e uma das responsáveis por uma expansão recente por esse tipo de papel. Um material de embalagem enfraquecido, seja qual for o motivo, é capaz de trazer prejuízo econômico, tanto para o consumidor final como para o lojista. Para atender bem às demandas de uso como embalagem no comércio em geral, a folha de PK deve ser resistente ao rasgo, à tração e ao estouro. Estudos realizados por Klock et al. (2004), demonstraram de forma quantitativa os índices de rasgo e estouro de uma folha de PK como pode ser observado na Tabela 02.

Tabela 02: resistência ao rasgo e estouro em função da gramatura.

Gramaturas (g/m)	Índice de rasgo (mN.m <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> )	Índice de Estouro (kPa.m <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> )
62,2	22,9	1,83
60,7	19,6	3,78
59,1	13,7	4,22
58,2	11,2	4,23

Fonte: Klock et al., 2004

É perceptível pela Tabela 2 que os dois índices são inversamente proporcionais em relação à gramatura do papel. Isso se deve ao tipo de tratamento recebido quando este se submete ao refinamento dado à celulose. O PK passa por processo menos intenso de branqueamento, restando no produto final com maior quantidade de lignina, responsável pela maior resistência e cor mais escura.

Outra característica do PK está na propriedade óptica de sua superfície. Para Menegazzo (2012), quando a luz incide sobre a superfície, parte dela é refletida e parte é absorvida dispersando-se em todas as direções. A partir disso, é possível determinar a opacidade e o quanto a folha pode permanecer branca ou escura. Farias (2015) determinou as propriedades químicas e físicas do papel Kraft utilizando técnicas ópticas, como o infravermelho.

Outra característica importante atribuída ao papel por Yasumura (2012) envolvendo o papel PK, é o processo de colagem interna, ou seja, da adesão entre as fibras de celulose entre si. Esse processo é responsável por tornar o papel mais resistente à entrada de fluídos. A colagem interna tem as funções de deixar o papel mais rígido, prevenir o espalhamento da tinta no processo de impressão no papel e tornar o papel mais resistente à umidade.

### **3.4. LÁTEX**

O látex de borracha natural (LBN) é um produto de alto consumo, empregado na fabricação de inúmeros artefatos, em especial de uso em saúde, como as luvas, cateteres e contraceptivos. No entanto, segundo Batello (2016), o LBN comercial vem modernamente sendo introduzido em usos menos comuns como no caso da produção de cimentos de usos especiais e na biomedicina com propriedades cicatrizantes.

Seu valor comercial e sua vasta aplicabilidade, além da sua capacidade de alta adesão, flexibilidade, maleabilidade, resistência a impacto, isolamento elétrico e impermeabilidade, tornam a busca por este material sempre elevada. Em termos de produção mundial, alguns poucos países da Ásia respondem pela maior parte, enquanto o Brasil não é um produtor importante nesse setor e produz apenas cerca de 1% da produção mundial (ANTÔNIA et al., 2006).

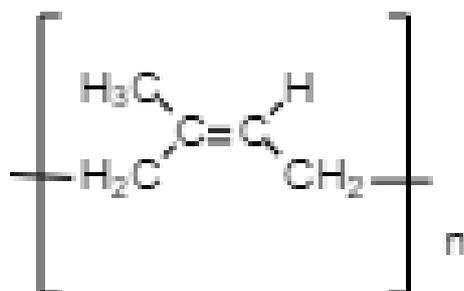
O látex é obtido pela sangria do tronco das árvores de várias espécies, mas principalmente, da seringueira, ou *Hevea brasiliensis* (Figura 3), responsável pela quase totalidade da produção mundial. Quimicamente, segundo Dall'Antônia et al. (2006), o composto é formado, em sua maioria, pelo polímero poli(cis-1,4-isopreno) (Figura 3). Esta configuração atribui ao material uma boa resistência à tração, baixa dureza, além das propriedades de elastômero essenciais para a aplicação tecnológica do produto (LIMA, 2018).



**Figura 3** – *Hevea brasiliensis* - Fazenda Maíra Cidade Ocidental GO.

Fonte: Autor, 2023

O látex de borracha natural é de composição complexa, mas tem no polímero cis-1,4-poli-isopreno o composto mais importante e responsável por suas propriedades. Sua unidade monomérica está representada na Figura 4 (PERES JÚNIOR, 2019).



**Figura 4:** Cis – 1,4 – Poli– Isopreno

Fonte: Pastore Junior, 2017

De acordo com Peres Júnior (2019), o LBN é constituído por partículas de borracha, que representam de 30% a 45% de massa, o conjunto de lutóides e complexos Frye-Wyssling que respondem por volta de 1% do LBN e a fase aquosa que representa 55%, que inclui a água propriamente dita, proteínas, enzimas, eletrólitos e outros componentes da matriz citoplasmática. Vários fatores influenciam nessa composição, tais como o clone, época do ano de sangria, idade das árvores, solo, entre outros.

A coleta do látex (Figura 5) é feita pelo método de sangria, no qual é realizado um corte espiral descendente, em metade do tronco em um ângulo de aproximadamente 30°.

Em quase todos os seringais, a sangria inicia-se quando a árvore atinge seus sete a oito anos de plantada. Entretanto, isso vai depender também da evolução que a seringueira teve e da circunferência atingida pelo tronco (SOUZA, 2010).



**Figura 5** – Coleta do látex Fazenda Maíra Cidade Ocidental – GO

Fonte: Autor, 2023

Na extremidade inferior do corte (Figura 6), é colocado um recipiente para coleta do látex que varia de 500 mL a 2000 mL, dependendo do clone e da frequência de corte e descanso da árvore entre cortes.



**Figura 6** – Incisão para coleta do látex

Fonte: Autor (2023).

Após extraído da árvore, o LBN é bastante instável e para manter a estabilidade coloidal, anticoagulantes devem ser adicionados. O mais utilizado e considerado um conservante universal é o  $\text{NH}_4\text{OH}$ , em concentração de 0,8% m/v, promovendo o aumento do pH e aumento da densidade de carga negativa das proteínas em torno das partículas

de borracha, fator responsável pela estabilidade eletroestática. Além disso, nessa concentração a amônia também atua como bactericida evitando a degradação biológica do látex.

### 3.5 TANINO

De acordo com Monteiro et al (2005), o tanino é uma substância polifenólica extraída de plantas e frutas. São classificados de duas formas: os taninos hidrolisáveis e os condensados. Os hidrolisáveis são classificados em taninos gálicos e taninos elágicos, de acordo com o ácido que se forma em sua hidrólise. Os taninos condensados (Figura 7) são constituídos pelos monômeros denominados catequina e se caracterizam pelo conjunto de polifenóis encontrados em sua estrutura (PAES, 2006).

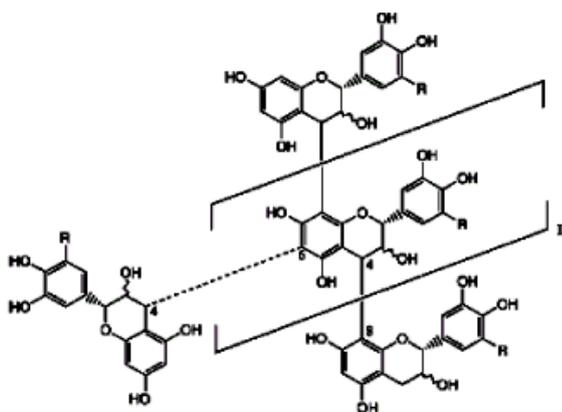


Figura 7 – Estrutura do tanino condensado

Fonte: Carneiro, 2009.

Apesar de serem mais comumente encontrados na casca das árvores, também são localizados nas sementes e casca dos frutos. Nos vegetais, a substância adstringente característica dos taninos, funciona como um bom bactericida, protegendo de agentes predadores externos.

Uma fonte de extração dos taninos é a casca da acácia negra ou *Acácia Mearnsii* (Figura 8), originária principalmente da Austrália e considerada um excelente composto biodegradável com fácil regresso à natureza causando um baixíssimo impacto ambiental.

O cultivo dessa árvore é feito, segundo Müller (2006), no sul do país, sendo o Brasil responsável por 50% da produção dos extratos oriundos da espécie. Esta árvore é

valorizada principalmente pelas características da casca donde se extraem os tanantes e fenóis que compõem os taninos (ABREU, 2019).



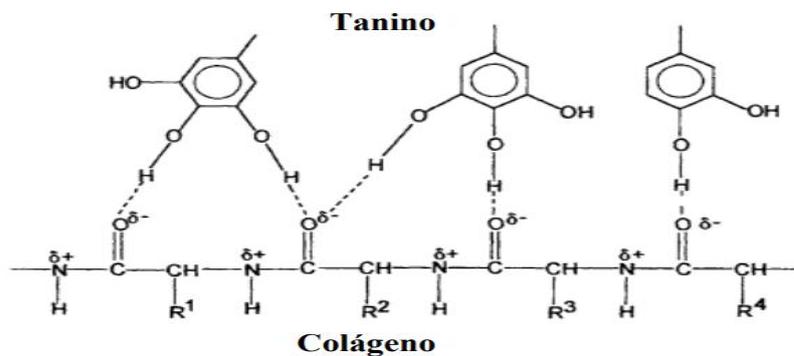
**Figura 8** – Acácia Negra

Fonte: Agropós.

A aplicação do tanino vegetal é bem diversificada, curtimento de peles animais, tratamentos de água, perfuração de poços de petróleo e, ainda, como aditivos para ração animal. O Brasil é o maior produtor de tanino seguido pela África do Sul (MÜLLER, 2006).

O principal meio de produzir o tanino é através de extração aquosa em processo de contracorrente. A casca é extraída do tronco, colocada para secar em estufa acima de 100°C e moída (PAES et al., 2006). O pó resultante é misturado com água a temperatura entre 50°C e 110°C, em autoclaves, levando entre 6 a 10 horas. Por fim, o produto é concentrado por evaporação e transformado em pó por processo de *spray dryer*, resultando no tanino. Para algumas espécies vegetais a extração do tanino se mostrou favorável na presença de soluções básicas, principalmente de NaOH, em concentrações de 5%. A adição de sulfato de sódio, a 1%, também permitiu um aumento no rendimento de tanino. Além destes compostos, solventes orgânicos também apresentaram aumento no rendimento, porém seu impacto desvantajoso no ambiente resultou na sua baixa utilização.

As hidroxilas disponíveis na estrutura fenólica permitem que estas consigam interagir com as proteínas da pele animal por ligações de hidrogênio (Figura 9), impossibilitando a ação de bactérias no produto resultando na estabilidade do couro (PASTORE, 2017).



**Figura 9** – Interação tanino/colágeno por ligações de hidrogênio  
 Fonte: Pastore, 2017.

A utilização do tanino como agente coagulante tem gerado impactos positivos nas estações de tratamento de água, visto que esta substância não interfere no pH gerando uma menor produção de lodo, além de que este mineral gerado é biodegradável. O tanino vegetal é atóxico (SIQUEIRA, 2009).

Além das aplicações citadas acima, existem uma série de novas áreas em que o tanino vem sendo utilizado, segundo Moreira (2020), como inibidor da ação corrosiva do aço. Outra aplicabilidade está na produção de espuma, substituindo ou se combinando com o poliuretano, e ainda na produção de adesivos na formação do complexo tanino/formaldeído.

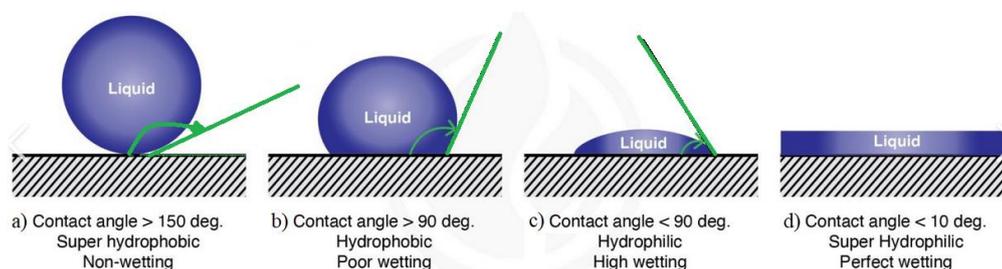
### 3.6. MOLHABILIDADE

A molhabilidade dos sólidos pela água é determinada pela composição dos sólidos e pela polaridade das ligações Inter atômicas ou intermoleculares existentes nos sólidos. De acordo com Wanke (2012), a molhabilidade é uma característica do sólido. Quando a água entra em contato com a interface do sólido, ela se espalha sobre a superfície formando uma bolha cujo formato é determinado pela polaridade da superfície, entre outros fatores.

### 3.6.1. Sólidos hidrofóbicos e hidrofílicos

Ao derramar água na superfície de um sólido, ela irá se comportar de três formas: penetrando totalmente o interior do sólido, penetrando parcialmente ou não penetrando o sólido, ficando, de acordo com Sampaio (2007), totalmente na superfície do sólido com um formato característico de uma bolha, conforme Figura 10-a.

Existem quatro formas do ângulo que se forma quando a água se estabiliza na superfície do sólido, identificando-os como super hidrofóbicos, hidrofóbicos, hidrofílicos e super hidrofílicos (Figura 10). Se o ângulo de contato (**AC**) formado for maior que  $150^\circ$ , o sólido é considerado super-hidrofóbica, o que apresenta repulsão extrema à água, conforme Figura 9-a. Para Penha; Spier e Debacher (2001), os sólidos hidrofóbicos são os que apresentam AC maior que  $90^\circ$  e menor que  $150^\circ$  (Figura 10-b), e eles têm uma dificuldade maior em deixar a água ser espalhada devido à inexistência de afinidade entre os dois. Em contrapartida, os hidrofílicos (Figura 10-c), são estabilizados quando uma boa quantidade de água entra no interior do sólido formando um AC menor que  $90^\circ$ . Quando há uma penetrabilidade total da água no sólido, haverá molhabilidade intensa, favorecendo o espalhamento do líquido no sólido podendo o AC chegar a zero grau conforme visto na Figura 10-d.



- a) Ângulo de contato  $> 150^\circ$ , super hidrofóbico, sem molhabilidade
- b) Ângulo de contato  $> 90^\circ$ , hidrofóbico, molhabilidade pobre
- c) Ângulo de contato  $< 90^\circ$ , hidrofílico, alta molhabilidade
- d) Ângulo de contato  $< 10^\circ$ , super hidrofílico, molhabilidade perfeita

**Figura 10** – Ângulo de contato com a água / hidroflicidade e hidrofobicidade

Fonte: IGL Coatings (2019)

A avaliação da molhabilidade de uma superfície pode ser realizada pela determinação do ângulo de contato, que pode variar de 0 a 180 graus conforme Figura 10. Quanto menor esse ângulo, mais molhável é a superfície (MOTTA, 2012).

### 3.6.2. Ângulo de Contato

Um ângulo de contato (AC) pode ser definido como um parâmetro quantitativo de quanto um sólido é molhado por um líquido (SANT'ANA, 2010). O valor dessa medida dependerá de quanto o líquido irá se estabilizar na face do sólido. Quando um líquido entra em contato com um sólido, um ângulo se forma entre a fase sólida e a tangente da interface líquido/ar, onde haverá um ponto de intersecção entre as três fases. Portanto, o ângulo de contato é aquele que se forma pela reta que tangencia a gota a partir da intersecção dos três meios.

Segundo Hammes (2017) quando o AC é menor que 90° pode-se considerar que a superfície é molhável pelo líquido. Entretanto, quando o ângulo é maior que 90° pode-se dizer que o há uma repelência natural do sólido. Quando o AC é zero, significa que a espalhabilidade do fluído é de 100%.

O ângulo de contato tem uma influência direta na distribuição do fluido na superfície, estabelecendo o molhamento da superfície. O que vai determinar o quanto um fluido vai se espalhar é proporcional à tensão superficial que se forma entre o sólido e o líquido, o que acaba se traduzindo na formação do ângulo de contato formado pela superfície e a gota do fluido.

### 3.6.3. EQUAÇÃO DE YOUNG

Para Sampaio (2007), o grau de molhabilidade é denotado de forma qualitativamente de acordo com a magnitude do AC lido da fase líquida. De acordo com Sant'Ana (2010), o ângulo de contato constituído através do contato da gota com a superfície entra em equilíbrio caso o somatório das forças for igual a zero. O estado de equilíbrio é descrita pela Equação de Young abaixo.

$$X_1 = X_2 + Y \cdot \cos(\phi) \qquad \text{Equação de Young}$$

(SANT'ANA, 2010) descreve bem cada variável da equação de Young. Em (Y) tem-se a tensão superficial do líquido, (X<sub>1</sub>) representa a tensão superficial do sólido e em (X<sub>2</sub>) é descrito a tensão interfacial entre um sólido e o líquido, e por fim,  $\phi$  caracteriza o ângulo de contato entre a gota de água e o sólido.

Thomas Young sugeriu esta fórmula para explicar a teoria quantitativa da tensão superficial (figura 11). Na equação proposta por ele é descrito um equilíbrio no contato trifásico (fluido, ar e superfície) onde a superfície é reputada como ideal, ou seja, ela deve ser simplesmente, plana, rígida, lisa sem qualquer deformidade e homogêneo (ONODY, 2021).

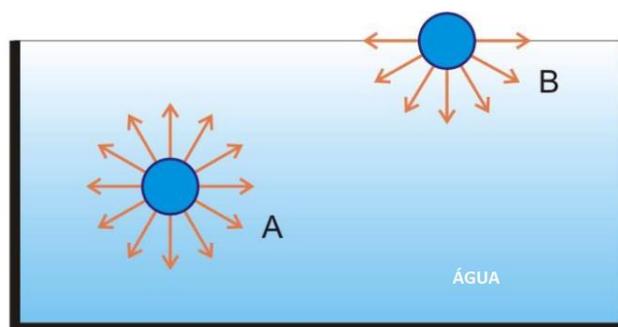


Figura 11 – Forças de atração em uma molécula no interior do líquido (A) e outra na superfície (B).

Fonte: TCC – Costa. Tensão Superficial de Eletrólitos, 2018. Com adaptações.

### 3.6.4. Métodos para medida do ângulo de contato

Conforme a obra de Wanke (2018) há duas formas principais de medir o ângulo de contato: o método da lâmina proposto por Wilhelmy ou pelo método da gota-séssil proposta por Newman e Good. Aqui será abordado apenas o método da Gota-Séssil que é o método semelhante ao usado nos experimentos para construção desta ferramenta.

#### 3.6.4.1. Método da gota séssil

De acordo com Sindorski (2020) para aplicar o método da gota séssil é necessário gravar ou fotografar a imagem especular de uma gota sendo colocada na superfície de um sólido. Outros métodos podem ser usados, entretanto, este é o mais usual. Quando o ângulo de contato precisa ser corrigido devido às rugosidades dos sólidos, o método da gota séssil é o mais aceitável para realizar a prova.

Segundo Sindorski (2020), no método da Gota Séssil uma gota é colocada na superfície sólida com uma micro seringa e uma imagem da gota é captada e medida no goniômetro (Figura 12).



**Figura 12** – Goniômetro modelo ramé-Hart 250

Fonte: Central de análise UFSC, 2022.

Com a ajuda de um goniômetro, medir um ângulo de contato é simples e feito de forma direta no aparelho.

## 4. MATERIAIS E METODOLOGIA

### 4.1. COLETA E TRATAMENTO DO LÁTEX NATURAL

O LBN foi coletado no período da manhã, de 20 árvores de seringueira da espécie *Hevea brasiliensis*, clone RRIM 600 (Figura 13) na fazenda Maíra, localizada no município de Cidade Ocidental – GO.



Figura 13 – Plantio localizado no município da Cidade Ocidental - GO

Fonte: Autor, 2023.

O látex, assim que coletado no campo, foi tratado com duas formulações diferentes como pode ser observado na Tabela 03. A primeira com hidróxido de amônio (solução aquosa de  $\text{NH}_4\text{OH}$ , a 25%, m/m) e a segunda com tanino, conservantes e bactericidas, ambos colocados em refrigeração para preservação até chegar no laboratório na universidade.

Tabela 03: composição dos tratamentos iniciais das amostras

	LBN/TAN (g)	LBN/ $\text{NH}_3$ (% m/m)
Tanino	10	
Ácido bórico	5	
Hidróxido de potássio	6,72	
Hidróxido de amônia		0,8

Fonte: Lateq/IQ/UnB

Ao chegar ao laboratório, foram realizadas as medidas do pH de cada solução e posteriormente foram acrescentados Lauril Éter Sulfato de Sódio (**LESS**) e corrigido o pH com KOH com a mesma quantidade colocada no campo conforme a Tabela 04.

Tabela 04: composição dos tratamentos das amostras após chegada ao Laboratório

	KOH (g)	LESS (L)
LBN/TAN (g)	6,72	0,006

Fonte: Lateq/IQ/UnB

#### 4.2. DEFINIÇÃO DO OBJETO PINCELADOR

Para conferir firmeza ao papel no momento do gotejamento optou-se por utilizar uma peça feita com aço (Figura 14) no formato retangular com quatro garras pequenas (jacarés), com a função de prender o papel.

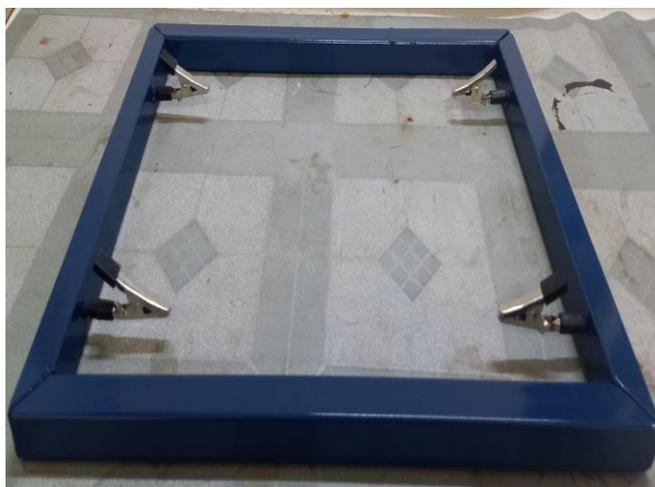


Figura 14 – Suporte retangular para prender o papel kraft

Fonte: Autor, 2022.

Para formação do filme no PK, alguns materiais foram utilizados até que se chegou à peça desejada. No início, um pincel número 03 foi testado (Figura 15).



**Figura 15** – Pincel número 03  
Fonte: Autor, 2022.

Ao mergulhá-lo no recipiente contendo látex com amônia, observou-se uma boa quantidade de fluido nas cerdas do pincel. Mesmo pressionando sobre a parede do recipiente detectou-se que ainda continha uma boa quantidade de látex no pincel. Sendo assim, uma camada foi dada na folha do PK, verificando-se, na superfície do papel, que um excesso de líquido foi para o PK. Repetiu-se a operação e uma boa parte deste fluido continuava sendo exposto. Após cinco dias confirmou-se a secagem do filme no PK.

Em busca de alternativas para levar o mínimo possível de fluido para o papel, optou-se em utilizar uma esponja de espuma (Figura 16).



**Figura 16** – Esponja de espuma  
Fonte: Autor, 2022

Ao mergulhá-la no recipiente contendo látex pressionou-a com a mão para retirada do excesso de látex. Ao realizar uma camada no PK observou-se excedente do composto químico na folha (Figura 17).



**Figura 17** – Folha com excedente do composto químico

**Fonte:** Autor, 2023.

Repetiu-se a operação e a observação foi a mesma. Contudo, algo que não acontecia no pincel passou a ser observado na esponja de espuma: o látex estava coagulando na esponja após aproximadamente cinco minutos.

Outro ponto a observar, foi que um excesso de líquido, sem ser o látex, se formava sobre o papel. Após algumas ponderações e testes posteriores, chegou-se à conclusão que era água em excesso, possivelmente vindo do interior da esponja. Um pedaço de retalho de pano de algodão e um papel toalha foram utilizados para remover o excedente de líquido na superfície do papel. Com isso, observou-se que uma fina película tinha se formado na superfície do papel. Repetiu-se a operação com uma camada em um outro pedaço de papel, entretanto, optou-se por um secador de cabelo em velocidades baixa e média, respectivamente, para secar o fluido. Contudo, após 20 minutos de observação, tanto em velocidade baixa como em velocidade média, o líquido não tinha secado, mas sim, espalhado em uma área maior do papel. Sendo assim, a utilização do secador de cabelo foi abortada.

Em busca de resolver a situação, o próximo objeto a ser testado foi um pequeno rolo de espuma (Figura 18-a). Mergulhou-se o rolo no látex e levou-o a superfície de papel. Chegou-se a mesma conclusão quanto à esponja de espuma, pois ambos eram confeccionados com o mesmo material.



(a)



(b)

**Figura 18** – Rolo de espuma e lã,  
Fonte: Autor, 2023.

Por fim, optou-se por utilizar um rolo pequeno revestido por lã (Figura 18-b) e o mesmo procedimento usado com o rolo de espuma foi realizado. A princípio, não foi detectado excesso na superfície da lã, fato que trouxe esperança na aplicação do látex no papel kraft. Ao realizar a camada no PK, notou-se que não houve sobra de fluido na superfície do papel, o que conduziu a uma reflexão que a lã absorveu o fluido, passando apenas para o PK uma quantidade satisfatória de látex.

Com isso, determinou-se que o objeto a ser utilizado para pincelar o PK seria o rolo em lã. Uma outra característica observada foi que o rolo de lã dava para ser utilizada por até cinco vezes deixando-o em um recipiente contendo água até a sua próxima utilização. Esse resultado, por certo, será utilizado em outros projetos de pesquisa no LATEQ, onde for necessário aplicar uma determinada quantidade de látex.

### 4.3. PELÍCULA NA SUPERFÍCIE DO PAPEL KRAFT

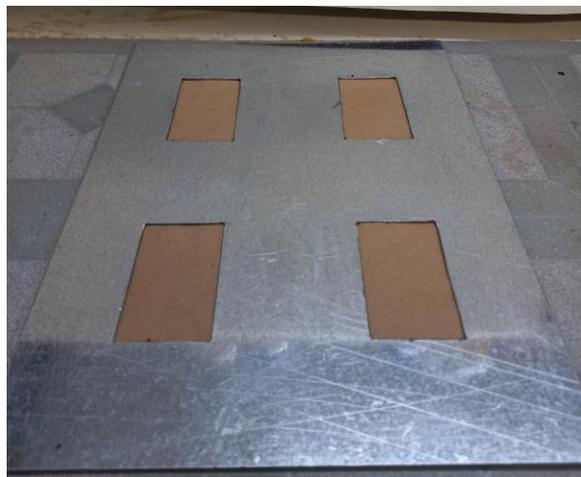
Para formação da película na folha do PK foi utilizado um modelo com as dimensões especificadas na Tabela 05.

Tabela 05: Dimensões do molde/gabarito.

Tamanho da folha de PK	20,0 cm x 27,0 cm
Medida dos quatro retângulos no molde-gabarito de pintura do PK	3,5 cm x 6,0 cm
Distância horizontal entre os retângulos	6,0 cm
Distância vertical entre os retângulos	6,0 cm
Distância horizontal entre os retângulos e o topo da folha	4,5 cm
Distância horizontal entre os retângulos e o final da folha	4,5 cm
Distância vertical entre os retângulos e as laterais do PK	3,5 cm

Fonte: Autor, 2022

O molde foi confeccionado na indústria metalúrgica Dinâmica Comércio de Aço, localizada no bairro Parque Alvorada I no município de Luziânia – GO. pelo colaborador Ronaldo José da Silva. O material empregado na peça foi aço galvanizado (Figura 19).



**Figura 19** – Molde-gabarito feito em aço galvanizado

Fonte: Autor, 2022

#### **4.4. GOTEJAMENTO NA FOLHA DE PK**

A tensão superficial, que se estabelece entre duas fases imiscíveis pode ser determinada por alguns métodos, geralmente em equipamentos de custo elevado ou em procedimentos que consomem tempo. No entanto, neste trabalho foi proposto um método semelhante ao usado no equipamento goniômetro, em que uma gota é formada no centro da película de látex sobre o PK. Em seguida, tira-se uma fotografia da gota com auxílio de um celular com boa resolução, tomando-se a precaução de adotar sempre as mesmas distâncias e ângulos de enquadramento em todas as fotos.

Após a secagem do filme prendeu-se o PK no molde retangular (Figura 14). Dois momentos foram testados para o gotejamento da água: com auxílio de uma bureta e com uma pipeta de pasteur, respectivamente. Em ambos os casos, centralizou-se a ponta de saída do fluido das peças no centro da película. No primeiro momento, adicionou-se água no interior da bureta, e aos poucos e com cuidado abriu-se a torneira da bureta com o intuito de deixar passar apenas uma gota de água. As vezes a torneira da bureta endurecia, o que dificultava a abertura dela para o escape da água. Isto se tornou um problema porque quando se perdia o momento da mão ao abrir a torneira, perdia-se também o gotejamento e passava uma quantidade de água além do permitido molhando a

folha e perdendo o formato da bolha. A solução foi utilizar a pipeta de pasteur que fornecia um controle maior sobre o gotejamento.

Quando é gotejado apenas uma mesma quantidade de água na superfície sólida (Figura 20-A e 20-B), o comportamento dessa gota pode ser observado de acordo as propriedades do sólido. Em uma comparação, ao se pegar uma superfície pronta para ser pintada, pode-se observar que o AC entre a superfície e o fluido pode ser alto ou baixo, lembrando que os conceitos de alto e baixo estão relacionados com os ângulos de contato, se for acima de noventa graus é alto, se o valor for inferior a  $90^\circ$  será considerado baixo. Segundo (MASS, 2008) o ângulo nos concede observar a quantificação do grau de afeição dos pontos intermediários entre os extremos relacionados acima.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS IMAGENS

Todas as películas registradas na face do PK foram feitas em triplicada com os tratamentos descritos na Tabela 06 e gotejado apenas uma gota de água em cada filme. Na Tabela 06 pode ser observado todos os tipos de tratamentos realizados e o número de camadas passadas na superfície do PK.

Tabela 06: Relação dos tratamentos experimentais

<b>Nome do Tratamento</b>	<b>Tanino (%)</b>	<b>Amônia (%)</b>	<b>Números de camadas aplicadas na superfície do PK</b>
LBN-1C			1
LBN-2C			2
LBN-3C			3
LT1-1C	1		1
LT1-2C	1		2
LT1-3C	1		3
LT2-1C	2		1
LT2-2C	2		2
LT2-3C	2		3
LT3-1C	3		1
LT3-2C	3		2
LT3-3C	3		3
LA-1C		0,8	1
LA-2C		0,8	2
LA-3C		0,8	3

Fonte: Autor, 2022

Além disso, todas as imagens dos tratamentos realizados podem ser observadas no ANEXO I deste trabalho. Utilizando as imagens foi traçado e medido um ângulo de contato (AC) com auxílio de uma régua e um transferidor. Os ângulos foram medidos conforme a reta feita fosse tangenciando o limite entre as interfaces líquido/ar e líquido/sólido. A partir disto foi possível determinar o ângulo de contato de cada figura que também estão apresentados no ANEXO I.

## 5.2. ANÁLISE DA MOLHABILIDADE

O estudo da molhabilidade na superfície do PK foi realizado pela determinação do ângulo de contato formado entre a gota e face da folha. Em uma primeira comparação realizou-se um teste analisando o comportamento da gota de água quando gotejada diretamente no PK, sem proteção nenhuma, e quando gotejado na superfície da película conforme a Figura 20-a e 20-b.

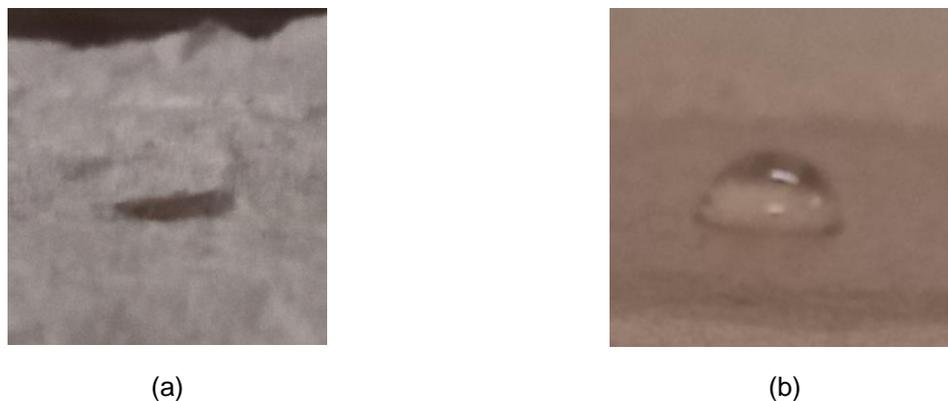


Figura 20 - Comparação da molhabilidade entre uma área natural e uma pincelada  
Fonte: Autor, 2022

Observou-se que a molhabilidade aplicada diretamente no PK formou-se um ângulo de contato muito próximo ao  $0^\circ$  em que a água foi praticamente toda adsorvida pelo papel Figura 20-a em que quanto menor for o ângulo de contato, mais molhável será a superfície do sólido (HAMMES, 2017). Isso se configura pelo fato do papel kraft possuir uma superfície superhidrofílica, ou seja, uma afinidade entre a face do PK e a água gotejada.

Fazendo uma comparação entre as médias dos ângulos de contato, a análise das Tabelas 08 até 22, os ângulos de contato formados entre as superfícies das películas e a água foram menores que  $90^\circ$ . Essa observação leva à conclusão que a face da película apresenta uma certa afinidade pelo papel, constituindo-se como uma superfície hidrofílica, entretanto, essa correlação não é total devido à película começar a gerar uma tensão superficial em sua face quando a água começa a penetrar na mesma.

Um ponto que atrapalha a molhabilidade na FP é quanto à rugosidade formada na superfície da FP. Há um impacto direto na formação da bolha, podendo ser observado, quando se trata dos fatores que influenciam a molhabilidade na superfície da folha.

### 5.3. ANÁLISE DOS ÂNGULOS DE CONTATO

Na Tabela 07 pode ser observado o resultado da média e desvio padrão dos ângulos de contatos obtidos nos tratamentos realizados nesse estudo utilizando-se as imagens do ANEXO I.

Tabela 07: Ângulos de contato das triplicatas, média e desvio padrão dos tratamentos realizados.

Tratamento	Ângulo de contato da Triplicata 1 (°)	Ângulo de contato da Triplicata 2 (°)	Ângulo de contato da Triplicata 3 (°)	Média do ângulo de contato (°)	Desvio Padrão
LBN-1C	51	46	40	<b>46</b>	<b>± 4</b>
LBN-2C	53	46	40	<b>51</b>	<b>± 5</b>
LBN-3C	47	50	48	<b>48</b>	<b>± 1</b>
LT1-1C	54	46	50	<b>50</b>	<b>± 3</b>
LT1-2C	81	60	55	<b>63</b>	<b>± 12</b>
LT1-3C	54	63	58	<b>58</b>	<b>± 3</b>
LT2-1C	44	30	41	<b>38</b>	<b>± 6</b>
LT2-2C	58	43	44	<b>48</b>	<b>± 6</b>
LT2-3C	42	35	41	<b>39</b>	<b>± 3</b>
LT3-1C	56	42	41	<b>46</b>	<b>± 6</b>
LT3-2C	<b>53</b>	<b>48</b>	<b>44</b>	<b>48</b>	<b>± 3</b>
LT3-3C	51	47	47	<b>47</b>	<b>± 2</b>
LA-1C	35	26	27	<b>29</b>	<b>± 4</b>
LA-2C	49	34	36	<b>38</b>	<b>± 7</b>
LA-3C	52	40	31	<b>37</b>	<b>± 10</b>

Fonte: Autor, 2022

Na Figura 21 pode-se observar os tratamentos de forma individualizados, camada por camada, de todas as amostras deste estudo, em função das médias dos ângulos de contato medidos. Nesta imagem cada tratamento está representado com uma coluna com coloração diferente para uma melhor visualização.

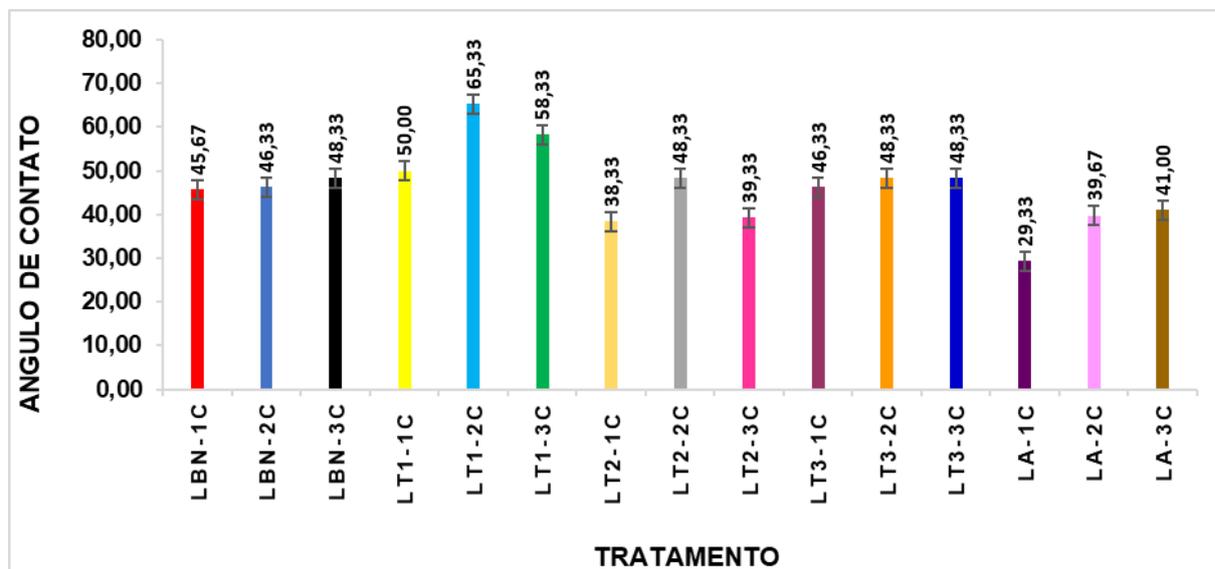


Figura 21: Gráfico mostrando os tratamentos individualizados das amostras em função dos AC.  
Fonte: Autor, 2023

O LA-1C que é o LBN tratado com Amônia é o tratamento que apresenta a menor média de AC (29,33°). O Tratamento LT2-1C que é o LBN tratado com tanino a 2% com a aplicação de uma camada mostra o segundo menor valor de AC (38,33°). Este fato pode ter acontecido, possivelmente, devido a quantidade insuficiente de fluido pincelado no LT2-1C podendo ter até espaços não preenchidos no PK. Com isso, pode-se notar que todos os tratamentos com apenas uma camada de aplicação apresentaram os menores resultados de média de AC. Neste caso, a hidroflicidade se torna maior devido o espalhamento do líquido na película formada.

A informação mais importante extraída da Figura 21 está no tratamento com duas camadas, em especial, com tratamento de LT1-2C. A segunda triplicata desta amostra apresentou um valor de AC alto (81°) elevando a média para (65°) tornando-se a maior e todos os tratamentos. Uma possível razão para este alto valor de AC foi o excesso de látex tratado com amônia a 1%. Talvez a pressão aplicada no rolo de lã fez com que fosse transferido mais fluido para o PK fazendo com que a camada ficasse com uma espessura maior tornando a sua tensão superficial maior, apresentando uma maior hidro repelência.

Na Figura 22 tem-se uma relação dos cinco tratamentos realizados conforme a tabela 7 em função dos AC aplicados com uma, duas e três camadas..

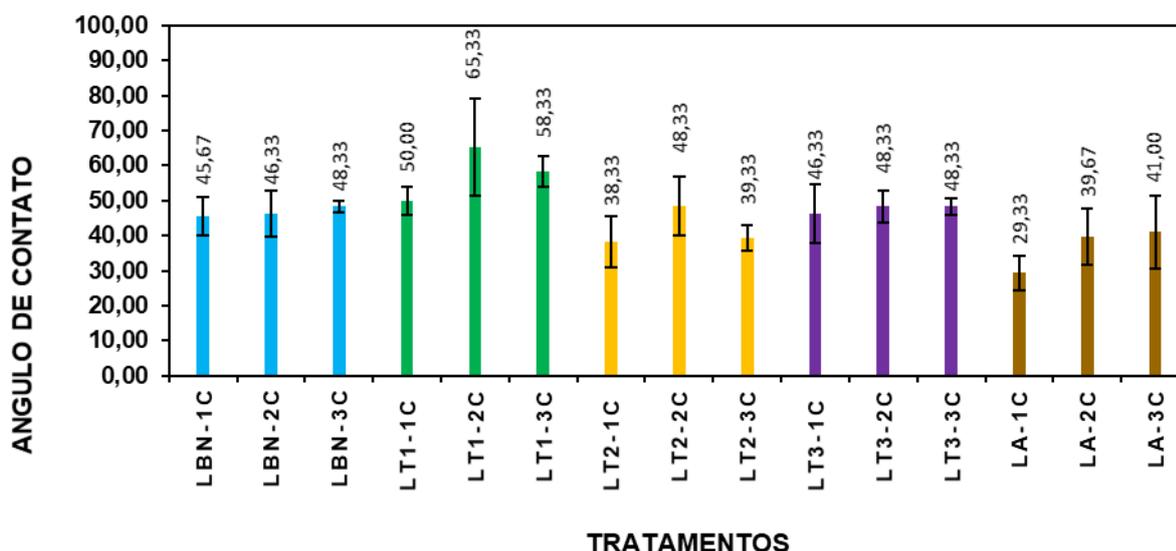


Figura 22: Gráfico mostrando os tratamentos realizados em função dos AC  
 Fonte: Autor, 2023

O LBN sem nenhum tipo de tratamento demonstrou uma boa estabilidade de AC quando analisado em uma, duas e três camadas aplicadas. Ele traz consigo uma hidrorepelência satisfatória quando gotejada a água e observando-se por mais de duas horas. Entretanto, o LBN, ao ser coletado na seringueira, traz por si só uma instabilidade natural, visto que ele possui um tempo de degrabilidade de até doze horas sem refrigeração e 24h com refrigeração. Em escala industrial, o tratamento de LBN *in natura* não seria recomendável devido a este sofrer uma coagulação espontânea em curto prazo.

Por outro lado, o tratamento do LBN com amônia há um crescimento da hidrorepelência com o aumento do número de camadas aplicadas. Entre todos os tratamentos, o látex tratado com amônia foi a que apresentou a menor média entre os AC (36°). No entanto, em relação ao látex *in natura*, ele mostra uma hidrorepelência ainda menor, mesmo trabalhando com três camadas (41°). Considerando tal situação, o uso deste composto para a construção da ferramenta proposta seria descartada devido não apresentar uma película com uma boa hidrorepelência com os resultados apresentados.

Os tratamentos com LBN com tanino a 1%, 2% e 3% expressaram uma hidrorepelência superior ao do LBN tratado com amônia, satisfazendo a finalidade primordial deste estudo. O látex de borracha natural tratado com tanino a 2%. A média dos AC do LBN/TAN 2% foi de 42° ficando, ainda assim, com valor superior à média relatada dos AC quando tratado com LBN/NH<sub>3</sub> e látex *in natura*. Entretanto, quando comparado aos outros

dois tratamentos com tanino (1% e 3%), a hidro repelência foi boa, com uma viável aplicação junto a indústria, porém, inferior ao demais tratamentos com tanino.

O LBN/TAN a 3% apresenta uma boa estabilidade entre seus tratamentos, com uma média de 48° o que o torna um composto factível para a formação do instrumento deste trabalho quando comparado às análises anteriores.

Contudo, atentando ao gráfico na Figura 22, o que retratou um AC executável para a construção da ferramenta desta obra foi o LBN/TAN a 1% devido este trazer os maiores AC, o que o torna habilitado quando comparados aos outros tratamentos deste estudo. A média entre os AC destas amostras, entre as três camadas ficou em 58° representando a maior e excelente hidro repelência.

Sendo assim, os resultados advindos dos ensaios realizados no LATEQ/IQ/UnB mostraram que todos os tratamentos realizados com LBN/TAN são habilitados para a confecção da ferramenta que será usada em estudos posteriores, entretanto, para melhores resultados, o aconselhado seria trabalhar com LBN/TAN a 1% com duas camadas.

## 6. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados apresentados, a ferramenta tecnológica para determinar se o ângulo de contato formado entre a água e uma película de látex na superfície do papel kraft, proposta como tema para este TCC, apresentou resultados satisfatórios.

O objetivo geral foi atingido, pois o látex com tanino 1% com duas camadas, mostrou-se viável para a obtenção de uma boa hidro repelência quando aplicada ao PK. Nesta formulação, o composto apresentou um ângulo de contato elevado, refletindo uma alta hidrofobicidade.

A construção da ferramenta tecnológica proposta já forneceu os elementos básicos de decisão de qual tratamento aplicar nos estudos incluídos nos trabalhos de mestrados da aluna Carolina Romera, visto que em seus trabalhos, ela já poderá decidir usar o tratamento químico do LBN a 1% de tanino, com duas demãos para revestir o papel kraft. Dessa forma, em nossa opinião, o presente TCC cumpriu sua missão de construir a ferramenta de análise de ângulo de contato para aferir o grau de hidro repelência que o LBN/tanino conferiu quando aplicado sobre a superfície do papel kraft. Dessa forma, fica viabilizada a continuidade do desenvolvimento do PKTI, o papel kraft temporariamente impermeabilizado, que poderá vir a cumprir papel de importância na compostagem de rejeitos orgânicos domésticos de cozinha.

Contudo, ao realizar uma comparação entre LBN/TAN com LBN/NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e com o látex in natura é notório que os compostos com a amônia e com o LBN in natura mostraram que existem uma hidroflicidade facilitada, e como consequência, um aumento na molhabilidade no PK devido o diâmetro formado da gota com água na superfície do PK ser maior. Entretanto, uma observação analisada é que entre todas as amostras, os compostos que têm o tanino foram os que apresentaram os maiores AC. Sendo assim, a amostra com LBN/TAN a 1% com duas camadas foi a que demonstrou uma melhor aplicabilidade para a construção da ferramenta

## 7. BIBLIOGRAFIA

ABRANTES, L. F. **A operação de depuração na produção do papel.** Disponível em: <https://ubibliorum.ubi.pt/handle/10400.6/1739> Acessado em 07 de abril de 2023.

ABREU, S. C. C de. **Tanino de acácia-negra (*Acácia Mearnsii*) como coagulante natural no tratamento de água residuária de suinocultura e vinhaça.** Disponível em: <https://repositorio.ife-s.edu.br/bitstream/handle/123456789/2257/TCC%20%20SunciarayAbreu.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acessado em 15 de janeiro de 2023.

AGOSTINI, L. da S. **Caracterização dos constituintes do látex e da borracha natural que estimulam a angiogênese.** Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/94-503/agostini\\_dls\\_me\\_bauru.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/94-503/agostini_dls_me_bauru.pdf?sequence=1&isAllowed=y) Acessado em janeiro de 2023.

AGROPÓS. **Acácia mangium: Entenda o que é e para que serve!** Disponível em: <https://agropos.com.br/acacia-mangium/>. Acessado em 15 de novembro de 2022.

ALVES, A. N; RIBEIRO, M. F; RICCI, V. A. **O uso de sacolas plásticas pelos clientes de supermercados e seu impacto sobre a natureza.** Disponível em: <http://sistemas.ib.unicamp.br/be310/nova/index.php/be310/article/view/280/216>. Acessado em 13 de novembro de 2022.

ALVES, D. A; ARAÚJO, G. C. de. **Sacolinhas plásticas: um estudo sobre a percepção ambiental de alunos do curso de administração da UFMS/CPAR.** Disponível em: <https://simsad.ufms.br/files/2017/05/SACOLINHAS-PL%C3%81STICAS-UM-ESTUDO-SOBRE-A-PERCEP%C3%87%C3%83O-AMBIENTAL-DE-ALUNOS-DO-CURSO-DE-ADMINISTRA%C3%87-%C3%83O-DA-UFMS-CPAR.pdf>. Acessado em 10 de outubro de 2022.

BASSA, A. **Processo de polpação Kraft de convencional e modificado com madeiras de *E. grandis* e híbrido (*E. grandis* x *E. urophylla*).** Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11149/tde-20191218-123106/publico/BassaAlexandre.pdf>. Acesso em 26 de Fevereiro de 2023.

BATELLO, L. **Avaliação do soro do leite como coagulante do látex de borracha natural.** Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/138218/batello\\_l\\_me\\_ilha\\_int.d-f?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/138218/batello_l_me_ilha_int.d-f?sequence=4&isAllowed=y). Acessado em 10 de janeiro de 2023.

BATISTA, T. S. **A indústria de papel e celulose no Brasil: produtividade, competitividade, meio ambiente e mercado consumidor.** Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/26863/1/IndustriaPapelCelulose.pdf>. Acesso em 21 de Fevereiro de 2023.

CANISARES, F. da S. M. **Complexos heterolépticos e heterobimetálicos de Eu(III) e Ir(III) utilizando ligantes ácidos carboxílicos e bases de Schiff.** Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/181245/canisares\\_fsm\\_me\\_sjrp\\_int.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/181245/canisares_fsm_me_sjrp_int.pdf?sequence=4&isAllowed=y). Acessado em 22 de dezembro de 2022.

CARNEIRO, A. de C. O et al. **Propriedades de chapas de aglomerado fabricadas com adesivo tânico de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina*) e uréia-formadeído.** Disponível em: [https://old.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622009000300014&script=sci\\_arttext](https://old.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622009000300014&script=sci_arttext). Acesso em 15 dezembro de 2022.

CASTRO, H. F. de. **Processos Químicos industriais II: Papel e Celulose.** Disponível em: <https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5840556/434/apostila4papelecelulose.pdf>. Acessado em 10 de abril de 2023.

CRUZ FILHO, I. J. DA. **Separação dos principais componentes do cavaco de eucalipto, hidrólise enzimática da celulose e caracterização das frações obtidas.** Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/17763/1/Dissertacao%-20Iranildo%20Cruz.pdf>. Acesso em 23 de Fevereiro de 2023.

CRUZ, V. M. V. **Estudo do Comportamento Químico e Físico do Licor Negro de Eucalipto no Processo de Extração da Lignina.** Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=475590>. Acessado em 03 de março de 2023.

ANTONIA, A. C. D. et al. **Avaliação de Clones de Borracha Natural Crua por Ensaio Padrão e Análise Dinâmico-Mecânica.** Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/DyJzQxZscdJV6p4CJdH-HdhJ/?format=pdf&lang=pt>. Acessado 23 de novembro de 2022.

DALL'ANTONIA, A. C. et al. **Avaliação de Clones de Borracha Natural Crua por Ensaio Padrão e Análise Dinâmico-Mecânica.** Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/DyJzQxZscdJV6p4CJdH-HdhJ/?format=pdf&lang=pt>. Acessado 23 de novembro de 2022.

DIAS, R. A. **Avaliação da interferência da adição de fibras de papel kraft em argamassa.** Disponível em: [https://bdm.unb.br/bitstream/10483/19145/1/2017\\_RaissaArvellosDias.pdf](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/19145/1/2017_RaissaArvellosDias.pdf). Acessado em 22 de dezembro de 2022.

EBALCHA, B. dos S; CUNHA, W. A. da; BARBOSA, R. C. **Otimização operacional em linha de descarga do digestor e filtros lavadores de polpa em uma indústria de celulose: de caso.** Disponível em: <https://dspace.doctum.edu.br/handle/123456789/3869>. Acesso em 01 de março de 2023.

EMBALAGENS, E. B. **Saco kraft natural.** <https://www.embalebem.net/produto-31-kraft-natural-saco-fundo-quadrado-sos-liso-80gr.html>. Acessado em 10 de janeiro 2023.

FABRO, A. T; LINDEMANN, C; VIEIRA, S. C. **Utilização de sacolas plásticas em supermercados.** Disponível em: <http://sistemas.ib.unicamp.br/be310/nova/index.php/be3-10/article/view/70/46> . Acessado em 29 de outubro de 2022.

FARIAS, M. A dos S. **Aplicação de métodos quimiométricos de calibração e resolução multivariada de curvas em espectroscopia aman para análise qualitativa e quantitativa de polimorfismo em carbamazepina, clopidogrel e ezetimiba.** Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/7511/TeseMASF.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acessado em 12 de novembro de 2022.

FOELKEL, C. E. B. **O Processo de Impregnação dos Cavacos de Madeira de Eucalipto pelo Licor Kraft de Cozimento.** Disponível em: <https://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT15-ImpregnacaoCavacos.pdf>. Acesso em 21 de Fevereiro de 2023.

FROSSARD, V. A. **Pré-impregnação de cavacos de eucaliptos com efluentes setoriais com polpação kraft.** Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/6409/1/texto%20completo.pdf> .Acesso em 26 de Fevereiro de 2023.

GRABAUSKAS, D. **Tópico: Indústria de Papel e Celulose: branqueamento da polpa celulósica.** Disponível em: <https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5840855/LOQ4023/Branqueamentocelulose.pdf>. Acessado em 07 de abril de 2023.

GRANDE, J. P. **Dimensões de cavacos industriais de eucalipto e relações com a polpação, resistência e morfologia de fibras na polpa.** Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/>

bitstream/handle/11449/99756/grande\_jp\_me\_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acessado em 10 de dezembro de 2022.

HAMMES, M. V. **Modelagem do fenômeno de ascensão capilar em leitos de partículas parcialmente solúveis.** Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/178781/001066953.pdf>. Acesso em 16 de Agosto de 2022.

KLOCK, U; et. al. **Propriedades do papel kraft a partir da madeira juvenil de pinus maximinoi H.E Moore e pinus taeda L.** Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/2373/1982>. Acessado em: 12 de maio de 2022.

LIMA, J. B. de. **Preparação da mistura Poliestireno/Borracha Natural através da incorporação do látex de Borracha Natural durante a reação de polimerização em emulsão do estireno.** Disponível em: <https://tede.ufrj.br/jspui/bitstream/jspui/4773/2/2018%20-%20J%20c%20a9ssica%20B-alhazar%20de%20Lima.pdf>. Acessado em 11 de novembro de 2022.

MENDES, A. F. **Impacto da lavagem da polpa marron no branqueamento, na evaporação e no meio ambiente.** Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/5936/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em 01 de março de 2023.

MENEGAZZO, M. L. **Características morfológicas de celuloses branqueadas de pinus e eucalyptus em analisador óptico automático de fibras.** Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/99750/menegazzo\\_m\\_me\\_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/99750/menegazzo_m_me_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acessado em 23 de dezembro de 2022.

MONTEIRO, J. M. **Tanino: uma abordagem da química à ecologia.** Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/YJDjDfvLBpkkbFXML3GPjdt/?format=pdf&lang=pt>. Acessado em 01 de janeiro de 2023.

MOREIRA, R. G. **Utilização de taninos vegetais como inibidores de corrosão em aço carbono.** Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/41516/2/DISSERTA%20C3%87%20C3%83Outiliza%20C3%A7%20C3%A3o%20de%20taninos%20vegetais%20como%20inibidores%20de%20corros%C3%A3o%20em%20a%C3%A7o%20carbono.pdf>. Acessado em 15 de janeiro de 2023.

MOTTA, F. de C. **Caracterização da condutividade térmica, viscosidade dinâmica e ângulo de contato de nanofluidos baseado em partículas de alumina-gama em água.** Disponível em: [www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/72093/000882191.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/72093/000882191.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acessado em 15 de dezembro de 2022.

MÜLLER, J. **Avaliação da produtividade da Acácia Mearnsii de wild. (acácia negra) em função de diferentes espaçamentos.** Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/8348/ivanor.pdf?sequence=1>. Acessado em 12 de janeiro de 2023.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. **Da origem à proibição: a história das sacolas plásticas.** Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/da-origem-proibicao-historia-das-sacolas-plasticas>. Acessado em 03 de janeiro de 2023.

OGATA, B. H. **Caracterização das frações celulose, hemicelulose e lignina de diferentes genótipos de cana de açúcar e potencial uso em biorrefinarias.** Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-13112013-143039/publico/Bruna\\_Harumi\\_Ogata.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-13112013-143039/publico/Bruna_Harumi_Ogata.pdf). Acesso em 23 de Fevereiro de 2023.

PAES, J. B. **Viabilidade técnica dos taninos de quatro espécies florestais de ocorrência no semi-árido brasileiro no curtimento de pele.** Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/ciencia-florestal/article/view/1927/1169>. Acessado em 03 de janeiro de 2023.

PASTORE, F. J. **Tratamento de látex de borracha natural com tanino vegetal.** Disponível em: [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/24470/1/2017\\_FlorianiPastoreJunior.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/24470/1/2017_FlorianiPastoreJunior.pdf). Acessado em 30 de outubro de 2022.

PENHA, F. G.; SPIER, V. C.; DEBACHER, N. A. **Adsorção de xantatos sobre pirita.** Qnesc, v. 24, n. 5, p. 612–615, out. 2001.

PEREIRA, D. W. de C. M. **Impacto econômico-ambiental do consumo de água no processo industrial de fabricação de celulose branqueada.** Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/38981/R - E - DANIEL WENCESLAU DE CARVALHO MACHADO.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Acessado em 10 de abril de 2023.

PERES JUNIOR, J. B. R. P. **Estudo das características do látex e da borracha de Hevea brasiliensis cultivadas e nativas da Amazônia.** Disponível em: [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/35830/1/2019\\_da%20a3oBoscoRodriguesPeresJunior.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/35830/1/2019_da%20a3oBoscoRodriguesPeresJunior.pdf). Acessado em: 30 de outubro de 2022.

PINTO FILHO, J. L. de O. et al. **Aspecto de saneamento ambiental da baixa do CAIC no bairro Lagoa Seca na cidade de Apodi – RN.** Disponível em: <https://periodicos.ifal.edu.br/educte/article-view/51/42>. Acessado em 10 de janeiro de 2023.

POLOWSKI, D. C. **Avaliação sistema de lavagem de polpa marrom utilizando simulador de balança de massa.** Disponível em: <https://dspace.mackenzie.br/bitstream/handle/10899/147/DANIELLE%20CRITINNE%20POLOWSKI1.pdf;jsessionid=95438EF1178BC5C947BFCD2EDD6B-8991?sequence=1>. Acesso em 01 de março sw 2023.

RAMALHO, J. **Fenômenos de Molhamento, Espalhamento e capilaridade envolvidos na Brasagem.** Disponível em: [https://infosolda.com.br/wp-content/uploads/Downloads/Artigos/processos\\_solda/fenomenos-de-molhamento-espalhamento-e-capilaridade-envolvidos-na-brasagem.pdf](https://infosolda.com.br/wp-content/uploads/Downloads/Artigos/processos_solda/fenomenos-de-molhamento-espalhamento-e-capilaridade-envolvidos-na-brasagem.pdf). Acesso em 16 novembro de 2022.

RIBEIRO JUNIOR, J. R; GUERATO, G. **Otimização dos Evaporadores Tipo Falling Film de Uma Planta de Evaporação do Licor Negro Proveniente do Processo de Digestão da Madeira – Kraft, Através da Modificação do Processo de Lavagem Visando o Aumento da Capacidade da Unidade.** Disponível em: <https://sistemas.eel.usp.br/bibliotecas/monografias/2012/MIQ12008.pdf>. Acessado em 07 de abril de 2023.

SAMPAIO, J. A. et al. **Tratamento de minérios: práticas laboratoriais.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007. Cap 27 e 28.

SANT'ANA, P. L. **Tratamento a Plasma de Polímeros Comerciais Transparentes.** Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/99675/santana\\_pl\\_me\\_bauru.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/99675/santana_pl_me_bauru.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acessado em 16 de novembro de 2022.

SANTOS, B. F. R. dos. **Abordagem multidisciplinar para discriminação forense de luvas de látex.** <https://1library.org/document/yj701n66-abordagem-multidisciplinar-para-discriminacao-forense-de-luvas-latex.html>. Acessado em 21 de dezembro de 2022.

SANTOS, R. P. GEMELLI, S. RIBEIRO, L. C. N. **Avaliação do uso de argamassa de revestimento produzidas com a utilização de embalagens descartadas de cimento considerando o clima equatorial da amazônia oriental.** Disponível em: <http://periodicos.ceap.br/index.php/rcmc/article/view/161/96>. Acessado em 08 de novembro de 2022.

SINDERSKI, L. G. Z. **Ângulo de Contato e Rugosidade de Madeiras, uma breve revisão.** Disponível em: [https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira/article/view/14618/111\\_87](https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira/article/view/14618/111_87). Acesso em 16 dezembro de 2022.

SILVA, C. O. SANTOS, G. M; NEVES SILVA, L. **A degradação ambiental causada pelo descarte inadequado das embalagens plásticas: estudo de caso.** Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/8248/pdf>. Acessado em 08 de novembro de 2022.

SILVA, E de. A. P da. **Estudo sobre a melhoria da qualidade e sustentabilidade das embalagens plásticas a partir da aplicação de nanocelulose.** Disponível em: <https://bdta.abcd.usp.br/item/003059318>. Acessado em 29 de outubro de 2022.

SIQUEIRA, M. E. T. **Estudo da utilização de coagulantes naturais e químicos em uma estação de tratamento de água piloto (ETA – PILOTO).** Disponível em: <repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/3753/1/000178428.pdf>. Acesso em 15 de janeiro de 2023.

SOARES, D. R. **Economia Circular na Indústria de Celulose tipo Kraft: aproveitamento de resíduos dregs egrits.** Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/36098/36098.PDF>. Acessado em 27 de dezembro de 2022.

SOUSA, C. M. de. **Como, logo corro: Sobre deixar o lixo em espaços semi-públicos urbanos.** Disponível em: [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9961/1/2011\\_CleideMariaSousa.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9961/1/2011_CleideMariaSousa.pdf). Acessado em 16 de janeiro de 2023.

SOUZA, G. A. de. **Influência do método de sangria e da adubação na produção e qualidade do látex de seringueira.** Disponível em: [http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/2087/1/DISSERTAÇÃO\\_Influência%20do%20método%20de%20sangria%20e%20da%20adubação%20na%20produção%20e%20qualidade%20do%20látex%20de%20seringueira.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/2087/1/DISSERTAÇÃO_Influência%20do%20método%20de%20sangria%20e%20da%20adubação%20na%20produção%20e%20qualidade%20do%20látex%20de%20seringueira.pdf). Acessado em 22 de dezembro de 2022.

SOUZA, M. F. R. L de. **Produção de nanocompósito de polietileno de alta densidade proveniente da produção de sacolas plásticas com nanocristais de celulose obtidos a partir de filtros de cigarros.** Disponível em: [https://repositorio.unifesp.br/bitstream/handle/11600/63686-/Disserta%20a7%20a3o%20Mafe\\_final21-09.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unifesp.br/bitstream/handle/11600/63686-/Disserta%20a7%20a3o%20Mafe_final21-09.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acessado em: 20 de janeiro de 2023.

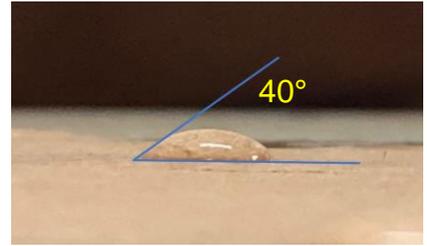
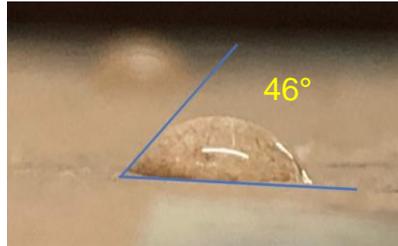
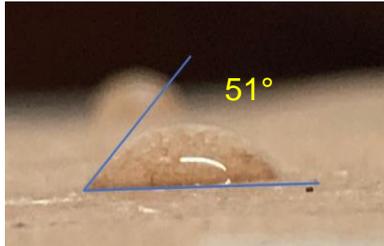
UFSC – CENTRAL DE ANÁLISE. **Goniômetro (Ângulo de contato).** Disponível em: <https://eqanalises.ufsc.br/equipamentos/goniometro-angulo-de-contato/>. Acessado em 10 de outubro de 2022.

WANKE, C. H. **Tratamento superficial do polipropileno visando o controle da molhabilidade** Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/72093/000882191.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acessado em 05 de janeiro de 2023.

YAMUSURA, P. K. **Caracterização de propriedades do papel para impressão por jato de tinta.** Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-06062013-170116/publico/Tese\\_YASUMURA.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-06062013-170116/publico/Tese_YASUMURA.pdf). Acessado em 21 de novembro de 2022.

# ANEXO I

## ANEXO A – Látex Borracha Natural *in natura* - uma camada



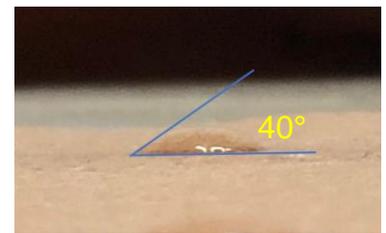
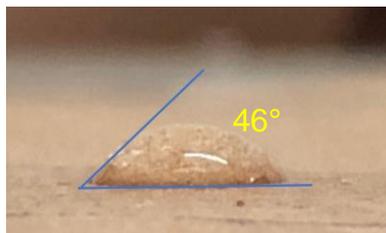
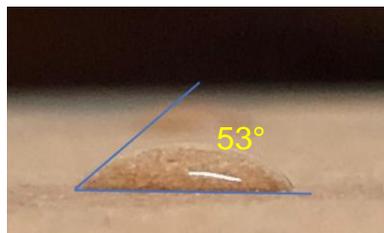
Fonte: Autoria própria (2023)

▪ Tabela 08. Ângulos de contato entre a película e a água do LBN – 1C

Amostra	Ângulo formado
1	51
2	46
3	40
<b>Média / Desvio Padrão</b>	<b>46 ± 4</b>

Fonte: Autor, 2022

## ANEXO B – Látex Borracha Natural *in natura* - duas camadas



Fonte: autoria própria (2023)

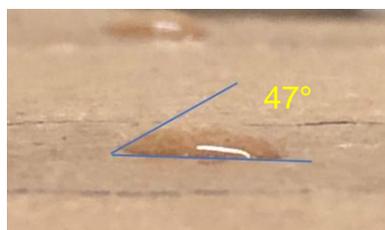
▪  
▪

▪ Tabela 09. Ângulos de contato entre a película e a água do LBN – 2C

Amostra	Ângulo formado
1	53
2	46
3	40
<b>Média / Desvio Padrão</b>	<b>51 ± 5</b>

Fonte: Autor, 2022

ANEXO C – Látex Borracha Natural *in natura* - três camadas



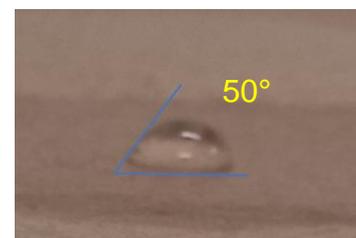
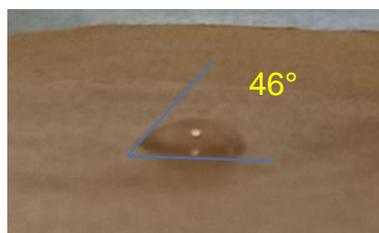
Fonte: Aatoria própria (2023)

▪ Tabela 10: Ângulos de contato entre a película e a água do LBN – 3C

Amostra	Ângulo formado
1	47
2	50
3	48
<b>Média / Desvio Padrão</b>	<b>48,33 ± 1,25</b>

Fonte: Autor, 2022

ANEXO D – Látex Borracha Natural tanino 1% uma camada



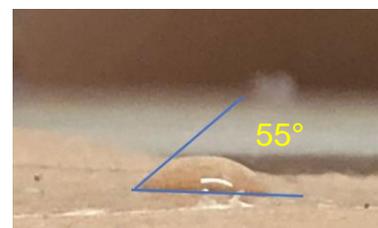
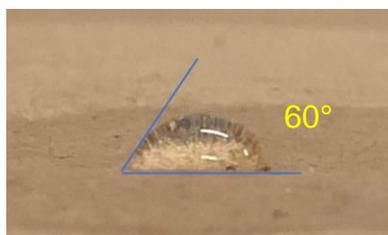
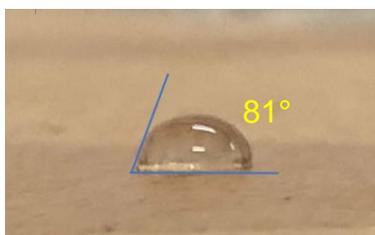
Fonte: Aatoria própria (2023)

▪ Tabela 11: Ângulos de contato entre a película e a água do L1T – 1C

Amostra	Ângulo formado
1	54
2	46
3	50
<b>Média / Desvio Padrão</b>	<b>50 ± 3</b>

Fonte: Autor, 2022

ANEXO E – Látex Borracha Natural tanino 1% duas camadas



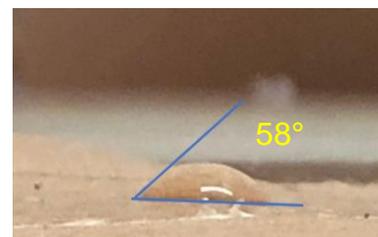
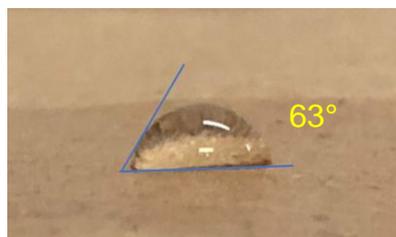
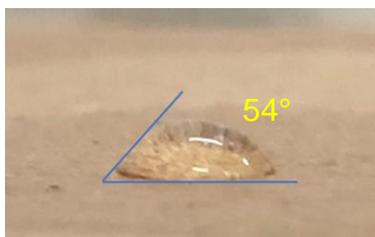
Fonte: Aatoria própria (2023)

▪ Tabela 12: Ângulos de contato entre a película e a água do L1T – 2C

Amostra	Ângulo formado
1	81
2	60
3	55
<b>Média / Desvio Padrão</b>	<b>63 ± 12</b>

Fonte: Autor, 2022

ANEXO F – Látex Borracha Natural tanino 1% três camadas



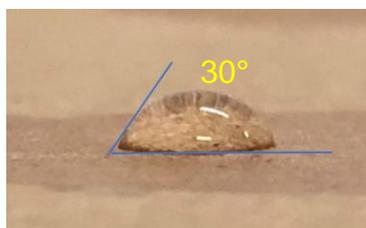
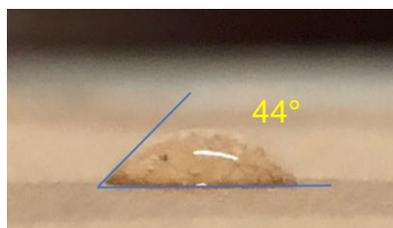
Fonte: Aatoria própria (2023)

▪ Tabela 13: Ângulos de contato entre a película e a água do L1T – 3C

Amostra	Ângulo formado
1	54
2	63
3	58
<b>Média / Desvio Padrão</b>	<b>58,33 ± 3,68</b>

Fonte: Autor, 2022

ANEXO G – Látex Borracha Natural tanino 2% uma camada



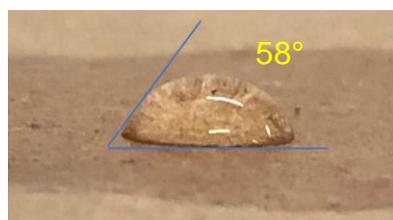
Fonte: Aatoria própria (2023)

▪ Tabela 14: Ângulos de contato entre a película e a água do L2T – 1C

Amostra	Ângulo formado
1	44
2	30
3	41
<b>Média / Desvio Padrão</b>	<b>38,33 ± 6,02</b>

Fonte: Autor, 2022

ANEXO H – Látex Borracha Natural tanino 2% duas camadas



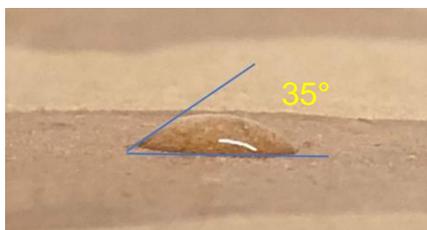
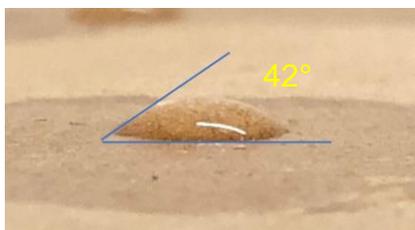
Fonte: Aatoria própria (2023)

▪ Tabela 15: Ângulos de contato entre a película e a água do L2T – 2C

Amostra	Ângulo formado
1	58
2	43
3	44
<b>Média / Desvio Padrão</b>	<b>48,33 ± 6,85</b>

Fonte: Autor, 2022

ANEXO I – Látex Borracha Natural tanino 2% três camadas



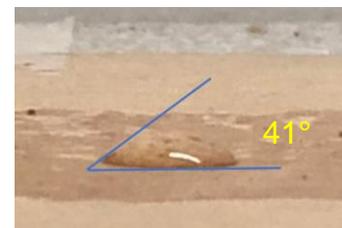
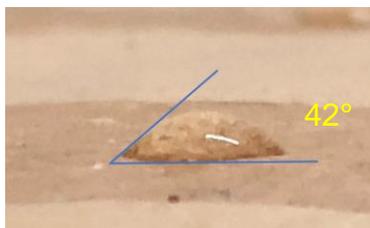
Fonte: Autoria própria (2023)

▪ Tabela 16: Ângulos de contato entre a película e a água do L2T – 3C

Amostra	Ângulo formado
1	42
2	35
3	41
<b>Média / Desvio Padrão</b>	<b>39,33 ± 3,09</b>

Fonte: Autor, 2022

ANEXO J – Látex Borracha Natural tanino 3% uma camada



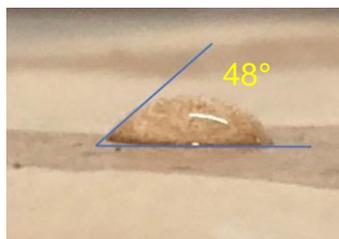
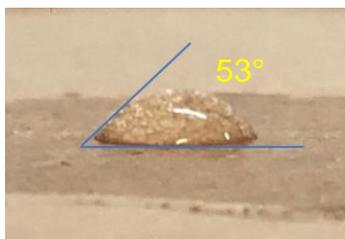
Fonte: Autoria própria (2023)

▪ Tabela 17: Ângulos de contato entre a película e a água do L3T – 1C

Amostra	Ângulo formado
1	56
2	42
3	41
<b>Média / Desvio Padrão</b>	<b>46,33 ± 6,85</b>

Fonte: Autor, 2022

ANEXO K – Látex Borracha Natural tanino 3% duas camadas



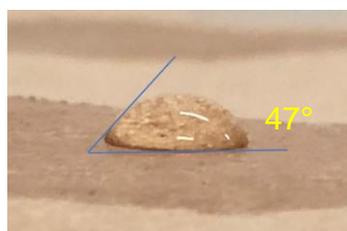
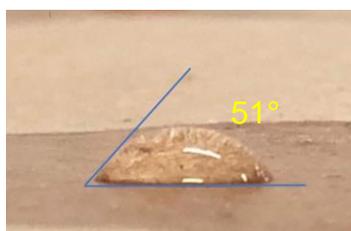
Fonte: A autoria própria (2023)

▪ Tabela 18: Ângulos de contato entre a película e a água do L3T – 2C

Amostra	Ângulo formado
1	53
2	48
3	44
<b>Média / Desvio Padrão</b>	<b>48,33 ± 3,68</b>

Fonte: Autor, 2022

ANEXO L – Látex Borracha Natural tanino 3% três camadas



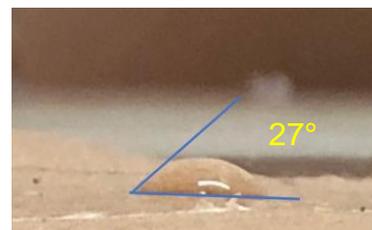
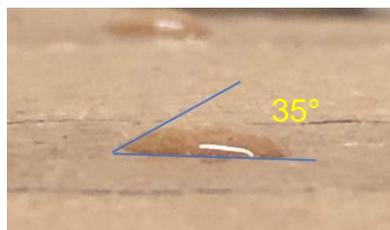
Fonte: A autoria própria (2023)

▪ Tabela 19: Ângulos de contato entre a película e a água do L3T – 3C

Amostra	Ângulo formado
1	51
2	47
3	47
<b>Média / Desvio Padrão</b>	<b>47,33 ± 2,87</b>

Fonte: Autor, 2022

ANEXO M – Látex Borracha Natural com amônio uma camada



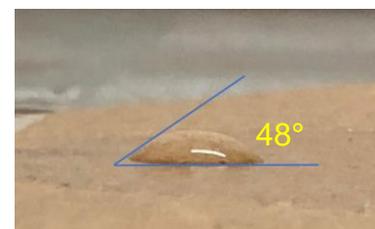
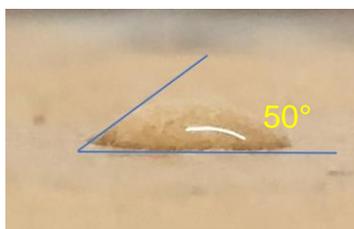
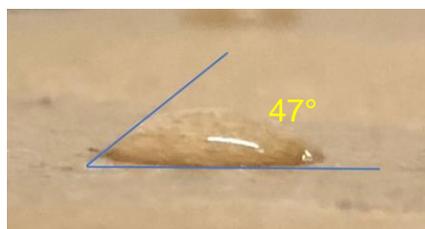
Fonte: Autoria própria (2023)

▪ Tabela 20: Ângulos de contato entre a película e a água do LA – 1C

Amostra	Ângulo formado
1	35
2	26
3	27
<b>Média / Desvio Padrão</b>	<b>29 ± 4</b>

Fonte: Autor, 2022

ANEXO N – Látex Borracha Natural com amônio duas camadas



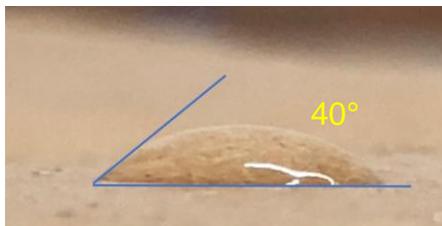
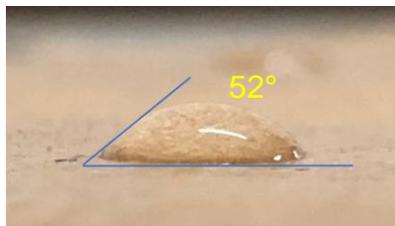
Fonte: Autoria própria (2023)

▪ Tabela 21: Ângulos de contato entre a película e a água do LA – 2C

Amostra	Ângulo formado
1	49
2	34
3	36
<b>Média / Desvio Padrão</b>	<b>38 ± 7</b>

Fonte: Autor, 2022

ANEXO O – Látex Borracha Natural com amônio três camadas



Fonte: Autorial própria (2023)

▪ Tabela 22: Ângulos de contato entre a película e a água do LA – 3C

Amostra	Ângulo formado
1	52
2	40
3	31
<b>Média / Desvio Padrão</b>	<b>37 ± 10</b>

Fonte: Autor, 2022