



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO DE CIÊNCIAS EXATAS E EDUCAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA TÊXTIL  
CURSO DE ENGENHARIA TÊXTIL

Sophia Helena Alves

**Sustentabilidade em fibras celulósicas: Desempenho de tingimento com corantes naturais e quitosana em malha de algodão orgânico e lyocell.**

Blumenau

2023

Sophia Helena Alves

**Sustentabilidade em fibras celulósicas: Desempenho de tingimento com corantes naturais e quitosana em malha de algodão orgânico e lyocell.**

Projeto de Final de Curso II submetido ao curso de Engenharia Têxtil do Centro Tecnológico de Ciências Exatas e Educação da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Têxtil.

Orientador(a): Prof. Dr. Brenno Henrique Silva Felipe.

Blumenau

2023

Alves, Sophia Helena  
Sustentabilidade em fibras celulósicas:  
Desempenho de tingimento com corantes  
naturais e quitosana em malha de algodão  
orgânico e lyocell. / Sophia Helena Alves ;  
orientador, Brenno Henrique Silva Felipe,  
2023.  
60 p.

Trabalho de Conclusão de Curso  
(graduação) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Campus Blumenau, Graduação em  
Engenharia Têxtil, Blumenau, 2023.

Inclui referências.

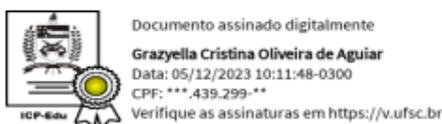
1. Engenharia Têxtil. 2.  
Sustentabilidade. 3. Tingimento natural. 4.  
Quitosana. 5. Fibras celulósicas. I.  
Felipe, Brenno Henrique Silva. II.  
Universidade Federal de Santa Catarina.  
Graduação em Engenharia Têxtil. III.  
Título.

Sophia Helena Alves

**Sustentabilidade em fibras celulósicas: Desempenho de tingimento com corantes naturais e quitosana em malha de algodão orgânico e lyocell.**

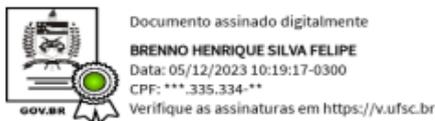
Este Projeto de Final de Curso II foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro Têxtil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Têxtil.

Local: Blumenau, 01 de dezembro de 2023.

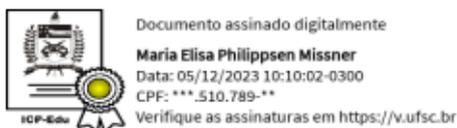


Coordenação do Curso

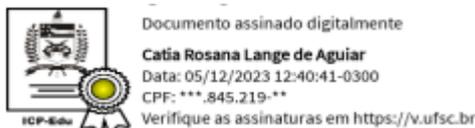
**Banca examinadora**



Prof. Brenno Henrique Silva Felipe, Dr. Orientador



Prof.(a) Maria Elisa Philippsen Missner, Dr.(a)  
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof.(a) Catia Rosana Lange de Aguiar, Dr.(a)  
Universidade Federal de Santa Catarina

Blumenau, 2023.

Dedico este trabalho à minha família, em especial aos meus pais.

## **AGRADECIMENTOS**

Deixo meu agradecimento por todo o apoio familiar que tive nesses anos, em especial dos meus pais que me ajudaram muito, me proporcionaram toda a base, recursos e sou muito grata e desejo dar muito orgulho com a finalização do curso.

Agradeço aos meus amigos que muitas vezes me ajudaram em momentos e também pelo apoio acadêmico em algumas matérias.

Ao meu orientador por todo suporte, apoio e principalmente pela ajuda com contatos e materiais necessários para a realização do TCC.

Gostaria de agradecer também a Universidade Federal de Santa Catarina - campus Blumenau por esses anos de aprendizado e alguns professores pelo suporte e parceria, em especial Prof<sup>a</sup> Catia Rosana Lange de Aguiar, Prof<sup>a</sup> Grazyella Cristina Oliveira de Aguiar, Prof<sup>a</sup> Fernanda Steffens que muitas vezes serviu de inspiração, Prof<sup>o</sup> Carlos Rafael Silva de Oliveira, Prof<sup>a</sup> Rita de Cassia Siqueira Curto Valle e ao meu orientador Brenno Henrique Silva Felipe.

Aos meus colegas de trabalho, no qual realizei meu estágio, tanto na Karsten quanto na Cia Hering, por todo conhecimento que me foi passado, pela oportunidade, aprendizado, apoio e parceria tanto dentro quanto fora da empresa.

Por fim, um agradecimento especial à Cia Hering que me disponibilizou as malhas, com o apoio da minha gestora Laura Lorenzatto para a realização do trabalho e à empresa Fratelli Ricci Química Brasil pela disponibilização dos corantes naturais.

“Viver é enfrentar um problema atrás do outro. O modo como você encara é que faz a diferença.”

(Benjamin Franklin)

## RESUMO

A sustentabilidade é um conceito que está cada vez mais forte dentro das indústrias, principalmente na têxtil, visto que há uma grande geração de resíduos causadores de problemas ambientais. Existem diversas formas de aplicar a sustentabilidade dentro dos processos têxteis, desde a escolha por fibras sustentáveis, tingimento natural, utilização de mordentes ecológicos, reuso da água e reaproveitamento de tecidos para aumentar a vida útil do produto. Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho da quitosana no tingimento de fibras celulósicas, bem como o algodão orgânico e o lyocell, utilizando corantes naturais provenientes do fruto de romã e inseto lacca. Inicialmente foi realizada uma purga em uma meia malha de lyocell e um alvejamento em uma meia malha de algodão orgânico para reduzir o amarelamento natural do tecido, além de outras impurezas. Em seguida, foi feito um tratamento em ambas as fibras com quitosana como mordente, pelo método de esgotamento. Assim, foram tingidas amostras com e sem quitosana, com cada um dos dois corantes naturais. A partir dos resultados foi realizada uma avaliação visual e de valores de K/S em espectrofotômetro de reflectância, onde, a partir delas, foi possível observar que houve uma intensidade maior de cor entre 37% e 183% nas amostras tratadas com quitosana, em relação aquelas não tratadas. Nos ensaios de solidez à luz foi verificado o desbotamento das amostras quando submetidas à luz artificial, sendo notório uma menor solidez nas amostras que estavam com a aplicação do biopolímero. Na solidez à lavagem, na avaliação da solidez por transferência, foi possível concluir que nas amostras com a aplicação da quitosana houve transferência do corante extraído da *Punica Granatum*, em especial do tingimento no algodão, que mantiveram o valor da nota entre 4 e 5, em que os valores obtidos nos resultados foram aceitáveis. Já nos testes de solidez à fricção foi avaliado a transferência de coloração ao tecido-testemunha através de 20 ciclos, notando-se que ambas amostras apresentaram notas entre 4 e 5 na escala de cinza, ficando dentro de valores aceitáveis mostrando que a transferência não ocorreu ou foi mínima.

**Palavras-chave:** Quitosana; Algodão orgânico; Lyocell; Tingimento natural; Sustentabilidade.

## ABSTRACT

Sustainability is a concept that is increasingly stronger within industries, especially in textiles, as there is a large generation of waste that causes environmental problems. There are several ways to apply sustainability within textile processes, from choosing sustainable fibers, natural dyeing, using ecological mordants, reusing water and reusing fabrics to increase the useful life of the product. This work aimed to evaluate the performance of chitosan in dyeing cellulosic fibers, as well as organic cotton and lyocell, using natural dyes from pomegranate fruit and lacca insect. Initially, a purge was carried out on a lyocell half-mesh and a bleaching on an organic cotton half-mesh to reduce the natural yellowing of the fabric, as well as other impurities. Then, both fibers were treated with chitosan as a mordant, using the exhaustion method. Thus, samples were dyed with and without chitosan, with each of the two natural dyes. From the results, a visual evaluation and K/S values were carried out using a reflectance spectrophotometer, where, from these, it was possible to observe that there was a greater color intensity between 37% and 183% in the samples treated with chitosan, in relation to those not treated. In the light fastness tests, the samples were found to fade when subjected to artificial light, with a lower solidity being noticeable in the samples that had the biopolymer applied. Regarding washing fastness, in the assessment of transfer fastness, it was possible to conclude that in the samples with the application of chitosan there was transfer of the dye extracted from *Punica Granatum*, especially from the dyeing on cotton, which maintained the grade value between 4 and 5, in which the values obtained in the results were acceptable. In the friction fastness tests, the transfer of color to the control fabric was evaluated through 20 cycles, noting that both samples presented scores between 4 and 5 on the gray scale, remaining within acceptable values, showing that the transfer did not occur or was minimal.

**Keywords:** Chitosan; Organic cotton; Lyocell; Natural dyeing; Sustainability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classificação de fibras têxteis.....	20
Figura 2 – Estrutura molecular da celulose.....	21
Figura 3 – Estrutura da fibra de algodão.....	22
Figura 4 – Processo de produção do Lyocell.....	24
Figura 5 – Comparação de estrutura de um tecido plano, tecido de malha e nãotecido.....	25
Figura 6 – Classificação de uma laçada.....	25
Figura 7 – Classificação de tecidos de malha.....	26
Figura 8 – Comparação entre estrutura de malha por trama e por urdume.....	27
Figura 9 – Tear circular.....	27
Figura 10 – Formação de laçada na malharia por trama.....	28
Figura 11 – Direito e avesso técnico da malha Jersey.....	29
Figura 12 – Estrutura química dos ácidos laccaicos.....	31
Figura 13 – Estrutura molecular da punicalagina.....	32
Figura 14 – Desacetilação da quitina.....	33
Figura 15 – CIELAB.....	35
Figura 16 – Fluxograma da metodologia empregada no trabalho.....	36
Figura 17 – Solução de quitosana.....	40
Figura 18 – Corantes utilizados.....	41
Figura 19 – Corante RN Viola.....	42
Figura 20 – Corante RN Malva.....	42
Figura 21 – Fricção do corpo de prova sem quitosana.....	50
Figura 22 – Fricção do corpo de prova com quitosana.....	51

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Identificação dos substratos e produtos utilizados.....	37
Quadro 2 – Identificação dos equipamentos utilizados.....	37
Quadro 3 – Grau de branco das amostras.....	45
Quadro 4 – Comparação visual do grau de branco das malhas.....	46
Quadro 5 – Amostras tingidas.....	47
Quadro 6 – Notas de solidez à lavagem com base na escala de cinza.....	49
Quadro 7 – Notas de solidez à fricção com base na escala de cinza.....	50
Quadro 8 – Notas com base no padrão de solidez à luz.....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ficha técnica das malhas e fios utilizados.....	38
Tabela 2 – Avaliação colorística dos substratos tintos com e sem quitosana.....	47

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
RB	Relação de banho
ETA	Estação de tratamento de água
ETE	Estação de tratamento de efluentes
EPA	Environmental Protection Agency
GOTS	Global Organic Textile Standard
CO	Algodão
LY	Lyocell
CIELAB	Comissão internacional de iluminação
pH	Potencial hidrogeniônico
$\Delta E$	Diferença total de cor
LABENE	Laboratório de beneficiamento
LABCT	Laboratório de conservação têxtil
LINTEX	Laboratório integrado têxtil
RN	Ricodye N

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	17
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>19</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>20</b>
3.1 FIBRAS CELULÓSICAS.....	20
<b>3.1.1 Algodão orgânico.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1.2 Lyocell.....</b>	<b>23</b>
3.2 TECIDOS DE MALHA.....	24
<b>3.2.1 Estrutura meia malha.....</b>	<b>28</b>
3.3 CORANTES NATURAIS.....	29
<b>3.3.1 Corante extraído da Kerria Lacca.....</b>	<b>30</b>
<b>3.3.2 Corante extraído da Punica Granatum.....</b>	<b>31</b>
3.4 AGENTE CATIONIZANTE/MORDENTE.....	32
<b>3.4.1 Quitosana.....</b>	<b>33</b>
3.5 COLORIMETRIA.....	34
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>36</b>
4.1 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	36
4.2 INFORMAÇÕES TÉCNICAS.....	38
4.3 PROCESSO DE PREPARAÇÃO DAS MALHAS AO TINGIMENTO.....	39
4.4 PREPARAÇÃO DA QUITOSANA.....	39
4.5 APLICAÇÃO DA QUITOSANA SOBRE OS SUBSTRATOS TÊXTEIS.....	40
4.6 AVALIAÇÃO DO GRAU DE BRANCO E COR.....	40
4.7 PROCESSO DE TINGIMENTO.....	41
4.8 ENSAIOS DE SOLIDEZ.....	42
<b>4.8.1 Solidez à lavagem.....</b>	<b>43</b>
<b>4.8.2 Solidez à fricção.....</b>	<b>43</b>
<b>4.8.3 Solidez à luz.....</b>	<b>44</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>44</b>
5.1 AVALIAÇÃO DO GRAU DE BRANCO.....	45
5.2 AVALIAÇÃO DE COR APÓS TINGIMENTO.....	46
5.3 AVALIAÇÃO DOS ENSAIOS DE SOLIDEZ.....	49
<b>5.3.1 Solidez à lavagem.....</b>	<b>49</b>
<b>5.3.2 Solidez à fricção.....</b>	<b>49</b>
<b>5.3.3 Solidez à luz.....</b>	<b>50</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>52</b>
<b>7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>53</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O consumo têxtil mundial aumentou nos últimos tempos, o que contribuiu para o aumento da industrialização, influenciando em diversos setores. O principal impacto deste aumento se deve à utilização de recursos naturais, interferindo de uma forma negativa diretamente no meio ambiente (Toniollo; Zancan; Wust, 2015).

O setor têxtil muitas vezes acaba por produzir resíduos em todas as etapas de produção, sendo notório os impactos que são causados ao meio ambiente. Desta forma é necessário minimizar os impactos e riscos gerados, principalmente desde o plantio até a produção propriamente dita (Santos. A. P. L; Fernandes. D.S; 2012). Na matéria prima de produção têxtil, o algodão é a fibra mais utilizada, e em suas etapas de produção incluindo plantio e adubação, é comum a utilização de agrotóxicos e pesticidas os quais são prejudiciais ao meio ambiente e também à saúde dos trabalhadores rurais (Santos, 2012).

Entretanto, as indústrias têxteis possuem o âmbito de se adequar sustentavelmente, visando uma estrutura para minimizar danos ao meio ambiente, na matéria prima produzida são introduzidos processos produtivos com alternativas mais ecológicas, como por exemplo o algodão orgânico. Esse algodão é cultivado sem o uso de agrotóxicos e pesticidas, substituindo produtos químicos por outros que sejam menos nocivos, garantindo assim a saúde do trabalhador (Milan, 2010).

Além do algodão orgânico como uma fibra celulósica sustentável, podemos citar o Lyocell, que é uma fibra de celulose regenerada e que está com elevado crescimento no mercado nos últimos tempos. Possui grande aplicação técnica no universo têxtil e sua extrusão é obtida por uma dissolução de pasta solúvel de madeira em um solvente orgânico. O nome Lyocell é o termo utilizado ao processo desta fibra celulósica, no qual é favorável ao meio ambiente, pois além de ser biodegradável, utiliza produtos químicos que possuem níveis de toxicidade baixíssimos além da redução no consumo de água durante o processo (Antunes; Santos; Peres; Lourenço, 2021).

No desenvolvimento de novos produtos, a produção dentro da cadeia têxtil se dá desde a obtenção das fibras, fiação, tecelagem ou malharia, beneficiamento e outros processos até chegar ao produto final a ser comercializado. Uma etapa dentro do processo de beneficiamento é o tingimento, onde a utilização de alguns corantes é prejudicial ao meio ambiente, bem como pode-se afirmar o elevado

consumo de água e a necessidade de tratamentos para retorná-la novamente ao meio ambiente. De acordo com o Relatório Setorial da Indústria Têxtil, um dos fatores críticos na diferenciação do setor têxtil no ambiente global em que diz respeito à competitividade, é a sustentabilidade (Brasileira da Indústria Têxtil e Confecção, 2012).

Como uma alternativa mais sustentável, a aplicação de corantes naturais está sendo uma boa opção ecológica comparada aos corantes sintéticos, juntamente com biopolímeros, para ajudar em uma melhor capacidade de absorção na coloração (Giacomini, 2019). Cada vez mais os corantes naturais ganham uma considerável procura no mercado, visto que além de serem biodegradáveis, possuem baixa toxicidade, conseguindo também atingir alguns parâmetros desejados dependendo da fibra no qual é aplicado, como um bom grau de solidez à luz e à lavagem e uma boa fixação de cor (Santos, 2009).

Como uma opção para cationizar substratos celulósicos, tem-se a utilização da quitosana, naturalmente abundante, além de ser biodegradável, possuir baixo custo e se tratar de um polímero orgânico, é economicamente viável. A utilização da quitosana segundo alguns estudos, mostra um resultado significativo como agente auxiliar no tingimento, sendo extraída por exemplo, de crustáceos e outros materiais biológicos e obtida a partir da quitina (Hao et al., 2017).

A partir disso, é possível realizar o processo da cadeia têxtil com aplicações mais sustentáveis, desde a preparação dos fios e tecidos até o processo final de confecção, com uma maior ênfase no processo de beneficiamento.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Cada vez mais a sustentabilidade vem ganhando forças e espaço dentro das empresas, mas em algumas indústrias ainda falta a adequação dentro dos processos. Entretanto é extremamente necessário dentro de processos têxteis analisar e pensar em meios mais sustentáveis ao meio ambiente, visto que emitem uma grande quantidade de carbono. Segundo dados da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), os aterros sanitários recebem descartes de roupas como mais da metade dos resíduos (EPA, 2019). Com isso, é notório a importância de procurar meios de diminuir impactos ambientais gerados principalmente pelo descarte de têxteis.

Neste contexto, como possíveis melhorias para a diminuição de riscos ambientais tem-se a sugestão de utilização de produtos naturais, biodegradáveis, mais sustentáveis e que possam ser reaproveitados de alguma forma, como a utilização de corantes naturais provenientes de plantas ou até mesmo insetos, no qual não há utilização de produtos tóxicos, ajudando no tratamento de água e efluentes, além também de serem mais ecológicos. Além da escolha dos corantes naturais, a utilização de mordentes biodegradáveis, como a quitosana, é uma opção sustentável que reduz a utilização de produtos químicos no processo, juntamente com a escolha de fibras sustentáveis, reduzindo as emissões de carbono e mantendo também a qualidade da matéria prima.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Comparar o tingimento natural em malha de algodão orgânico e malha de lyocell com e sem a aplicação de quitosana.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

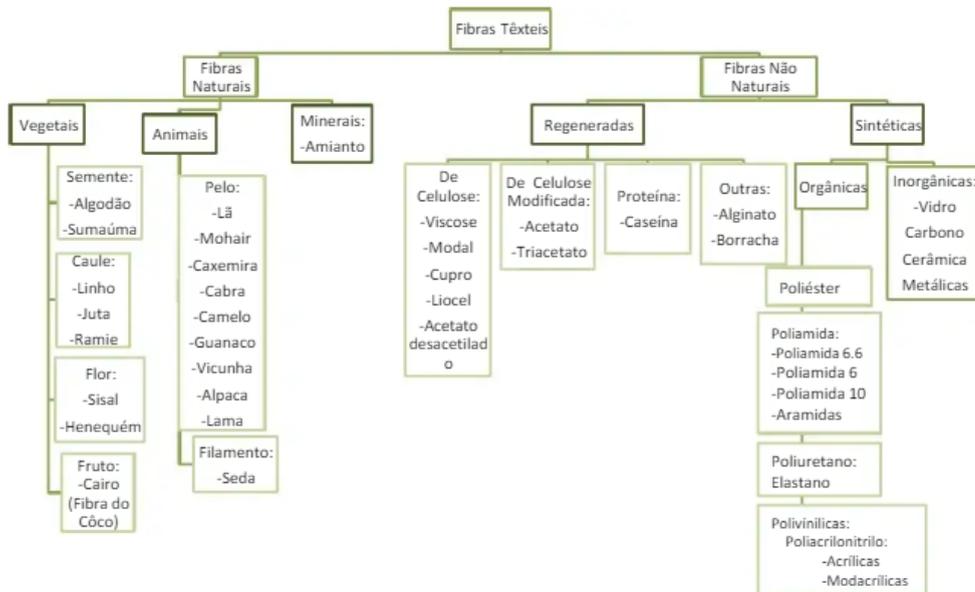
- Conceituar as fibras celulósicas sustentáveis;
- Compreender o tingimento de meia malha de algodão e lyocell com corantes naturais provenientes de insetos *Lacca* e da planta *Punica Granatum*;
- Identificar propriedades física e químicas das malhas tingidas através de análises de cor no espectrofotômetro, grau de branco e testes de solidez à luz, lavagem e fricção;
- Avaliar a eficiência da quitosana no tingimento natural por meio de análises visuais no tecido e ensaios de solidez à luz, lavagem e fricção.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 FIBRAS CELULÓSICAS

Fibras têxteis são caracterizadas como elemento filiformes, ou seja, semelhantes a um fio, que se diferem pela flexibilidade, comprimento, dimensão transversal, em que posteriormente podem ser fiadas para de fato se transformarem em um fio. Estas fibras podem ser descontínuas, quando possuem um comprimento reduzido, ou contínuas quando possuem um longo comprimento (Kuasne, 2008). Na figura 1 tem-se a classificação das fibras para melhor visualização na cadeia têxtil em um contexto geral.

Figura 1: Classificação de fibras têxteis.



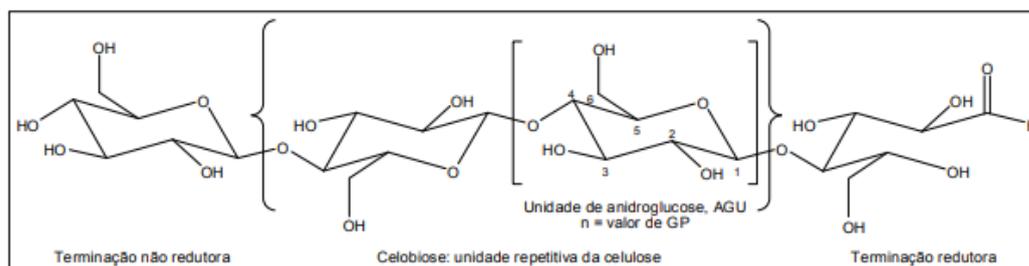
Fonte: Azevedo, [s.d].

Alguns aspectos e características das fibras, como por exemplo o brilho refletido e o toque, dependem da forma da mesma e também da superfície, podendo estas serem naturais ou não. Dentre as diversas fibras têxteis existentes, existe a categoria de fibras celulósicas, onde seu principal componente é a celulose presente nas paredes celulares de troncos, em que basicamente é constituída de carbono, hidrogênio e oxigênio. O arranjo molecular e o grau de polimerização influenciam na

resistência dessas fibras, ou seja, quanto maior o grau de polimerização, em proporção, maior será a resistência, conforme Figura 2 (Kuasne, 2008).

As fibras celulósicas ajudam a proporcionar conforto, pois estas possuem uma capacidade de absorção e transpiração, auxiliando na troca de calor do corpo com o meio ambiente, o que conseqüentemente promove a sensação de bem estar. Além disso, a celulose é o polímero orgânico mais abundante (Klemm *et al.*, 2005).

Figura 2: Estrutura molecular da celulose.



Fonte: Gurgel, 2007.

O processo de extração das fibras obtidas a partir da celulose, ocorre desde a colheita até a purificação para serem transformadas em fio. Com isso, possuem características que agregam ao processo produtivo, como a boa resistência, respirabilidade e boa capacidade para tingir, sendo leve e biodegradável também, contribuindo além de tudo com o meio ambiente (Duarte *et al.*, 2022).

Além das fibras que são de origem natural, como o algodão que é amplamente utilizado na indústria têxtil, existem também as fibras celulósicas modificadas, como o Lyocell, que é considerado um tipo de fibra celulósica que além de ser biodegradável, se decompondo em alguns meses, possui baixa emissão de carbono, sendo derivado da polpa de madeira de florestas sustentáveis, geralmente de eucalipto, e estas florestas são na maior parte plantadas e não nativas (Shi *et al.*, 2023).

Diferente do algodão, o Lyocell é modificado quimicamente para alteração de suas propriedades, melhorando sua qualidade em vários aspectos, como resistência e conforto, proveniente de fontes renováveis.

### 3.1.1 Algodão orgânico

O algodão é uma fibra têxtil utilizada desde muitos anos, possui uma grande demanda no mercado consumidor e sendo muito requisitado por indústrias, com isso, ocupa parte de um terço do total no mercado têxtil (Memon *et al.*, 2016). Possui grandes aspectos positivos ao meio produtivo, pois além de ter um custo reduzido em comparação à outras fibras, há grande versatilidade de aplicação, podendo ser utilizado em diversos setores e produtos, além de ter uma facilidade de produção (Haji; Qavamnia; Bizhaem, 2016; Memon *et al.*, 2016; Wangatia; Tseghai, 2015).

A tonalidade do algodão natural é de uma coloração mais amarelada, devido às impurezas, que compõem geralmente em torno de 5% da fibra, e também devido à algumas alterações químicas que podem ocorrer na própria celulose (Alfieri, 1991). Na Figura 3 é possível observar que a estrutura da fibra de algodão é composta por lúmen, camadas de celulose e pela cutícula.

Figura 3: Estrutura da fibra de algodão.



Fonte: Kuasne, 2008.

Já o algodão orgânico, é uma forma de produção de algodão em que as práticas agrícolas são voltadas para a sustentabilidade e foco ecológico. Não há utilização de produtos químicos prejudiciais ao meio ambiente e também há a redução de riscos aos trabalhadores, o qual não utiliza pesticidas químicos e nem fertilizantes sintéticos e prejudiciais, optando pela utilização de adubo orgânico. Com isso tem-se muitas vantagens econômicas e baixo impacto ambiental em relação ao cultivo do algodão convencional (Retamiro *et al.*, 2013).

O cultivo do algodão orgânico utiliza adubo de resíduos, que muitas vezes são gerados na própria unidade rural do plantio, este, além de não passar

por processos químicos, também não utiliza sementes transgênicas, ou seja, não utiliza sementes geneticamente modificadas, deixando o solo mais fortificado em relação a outros processos (Alessio *et al.*, 2014).

Com isso é possível conservar a biodiversidade local reduzindo os riscos ao meio ambiente e agricultores, visto que estão em contato direto com a produção, preservando também os recursos naturais disponíveis na plantação e unidades rurais. Entre outros pontos positivos deste plantio, o custo é relevante também, pois aumenta o lucro e diminui o custo de produção garantindo a qualidade do produto. O cultivo ocorre de forma mais lenta e deve conter certificações que garantem que aquele algodão de fato é orgânico, atendendo aos padrões, como o GOTS (Global Organic Textile Standard). A agricultura biológica aumenta a retenção de água, o que ajuda em períodos de seca e na fertilidade biológica do solo (Ramos *et al.*, 2022).

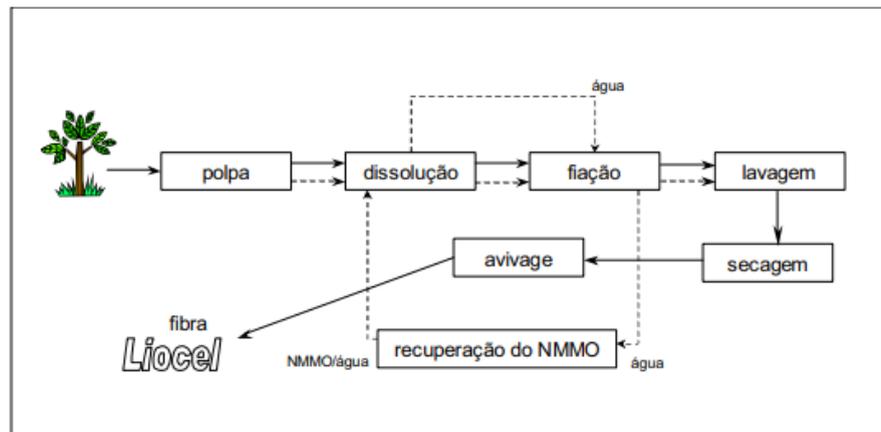
### 3.1.2 Lyocell

O Lyocell é uma fibra celulósica artificial ecológica. Sua fiação geralmente é por processo de fiação úmida, além disso, possui grandes vantagens e características que acrescentam qualidade aos produtos, pois além de possuir boa resistência, proporciona um ótimo conforto (Shi *et al.*, 2023). Quanto ao aspecto absorvente, é em torno de 50 % mais eficaz que o algodão, mesmo ambas sendo fibras celulósicas (Antunes *et al.*, 2021).

Assim, como o próprio algodão orgânico, o Lyocell também é biodegradável, ecológico, é produzido sustentavelmente e ainda possui baixa emissão de carbono. Entretanto, esta fibra possui uma alta tendência a gerar *pilling* no processo de tingimento, o que acaba reduzindo a qualidade do produto dependendo dos tratamentos utilizados no processo de beneficiamento (Shi *et al.*, 2023).

Esta fibra celulósica é produzida com um solvente orgânico e consiste em celulose regenerada, possuindo uma boa resistência à tração e alto grau de cristalinidade (Rosenau *et al.*, 2001). Possui poucas etapas de produção quando comparada às outras fibras, como possível observar na figura 4.

Figura 4: Processo de produção do Lyocell.



Fonte: Textília, 2000; Rosenau *et al.*, 2001.

A fibra de Lyocell é extraída e fabricada a partir da polpa de madeira de árvores de eucalipto, na maioria das vezes, no qual é proveniente de florestas plantadas sustentavelmente. O solvente utilizado para a produção pode ser reciclado, sendo uma fibra muito confortável para a produção de têxteis em geral, visto que as fibras são a matéria prima para a formação de fios e posteriormente tecidos, as peças produzidas com esta composição são excelentes para estações como primavera e verão.

### 3.2 TECIDOS DE MALHA

No universo têxtil existem diversos tipos de tecido e de estruturas, como o tecido plano, tecido de malha e o não-tecido, conforme Figura 5. O tecido plano é formado pelo entrelaçamento de fios no sentido da trama, que é no sentido horizontal, e do urdume, que é no sentido vertical, dispostos em 90 graus, ou seja, perpendicularmente. Já o não-tecido é composto por fibras dispostas aleatoriamente ao invés de fios. E por fim, o tecido de malha é composto por um conjunto de fios que formam laçadas (Texprima, 2019).

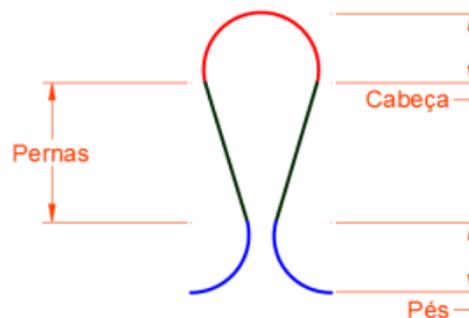
Figura 5: Comparação de estrutura de um tecido plano, tecido de malha e nãotecido.



Fonte: Castro, 2013.

Na malharia existem dois tipos de processo para obtenção do tecido, malharia por trama e malharia por urdume. Ambas formam uma laçada, o qual constitui um conjunto que possui cabeça, pernas e pés, conforme Figura 6, em que estão dispostas em carreiras, que é no sentido da largura do tecido, e em colunas, que é no comprimento (Macedo, s.d). O fio utilizado na malharia possui um grau de torção menor quando comparado ao fio utilizado na tecelagem, evitando também mais processos no próprio beneficiamento e também na preparação do fio (Romero *et al.*, 1994).

Figura 6: Classificação de uma laçada.

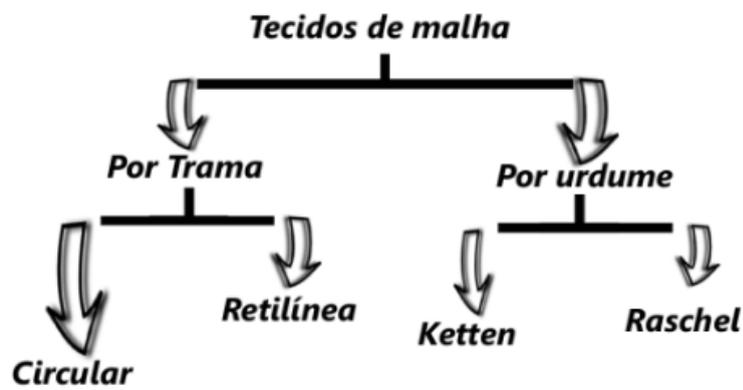


Fonte: Almeida, 2017.

O tipo de malha a ser produzida depende da matéria prima a ser utilizada, que no caso é o fio, variando conforme as suas características como a composição, comprimento, torção e principalmente o título do fio, pois em alguns artigos de malharia são necessários fios com títulos mais elevados ou menores, dependendo

do que vai ser produzido (Sanches *et al.*, 2021). A titulação do fio interfere no comprimento das laçadas e na galga, que é a quantidade de agulhas por unidade de comprimento (Kadolph, 2010). Um fio utilizado para produzir uma meia malha é diferente de um fio utilizado para produzir um moletom, pois as características mudam. Além disso, a malha por trama e a malha por urdume são produzidas em teares diferentes. Na Figura 7 é possível visualizar a classificação dos tecidos de malha e em que teares estes podem ser produzidos.

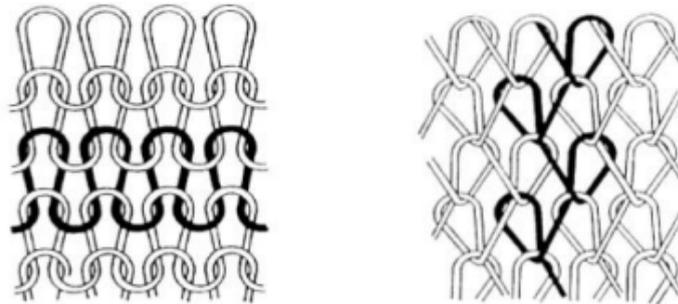
Figura 7: Classificação de tecidos de malha.



Fonte: Grupo NS têxtil, 2021.

Dentre as principais diferenças entre a malharia por trama e a malharia por urdume está a estrutura, como é possível observar na Figura 8. Quando se trata de malharia por trama, a alimentação das agulhas ocorre por um mesmo fio, já na malharia por urdume, mais fios podem alimentar cada agulha. O tecimento por trama é obtido com a formação de laçadas no sentido horizontal, ou seja, na largura do tecido, ao contrário das laçadas do urdume, que são no sentido vertical (Romani, 2016; Ray, 2012).

Figura 8: Comparação entre estrutura de malha por trama e por urdume.



Fonte: Zonda, 2002.

Na malharia por trama a produção pode ser realizada tanto em um tear circular, onde é feita uma malha tubular, como na Figura 9, podendo ser feita a produção de diversas estruturas, ou em tear retilíneo, o qual é mais voltado para a produção de golas e punhos, embora diversos outros produtos também são produzidos neste tipo de equipamento. A principal diferença, além da estrutura visual em que o nome é bem sugestivo, se dá ao guia-fio, onde no tear circular o guia-fio fica parado e as agulhas se movimentam para pegar o fio e na retilínea isto acontece ao contrário, pois as agulhas que permanecem paradas (Constantino, 2022).

Figura 9: Tear circular.

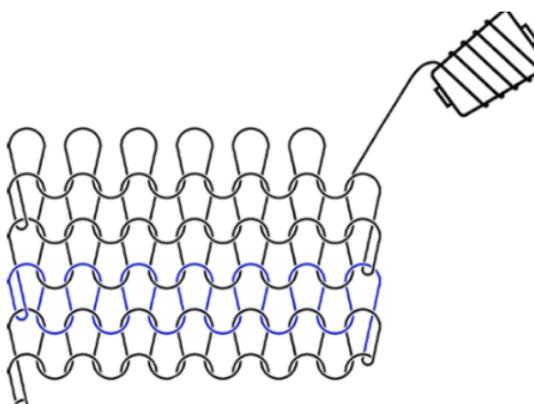


Fonte: Grupo NS têxtil, 2021.

Uma propriedade bem característica entre os artigos de malha em geral é a flexibilidade, podendo conter ou não elastano em sua estrutura, o que conseqüentemente proporciona conforto principalmente quando se trata de vestuário, além do seu elevado índice de porosidade. A tensão aplicada ao fio está

diretamente relacionada ao comprimento da laçada, ajuste que pode ser feito no próprio tear, visto que, quanto menor for a laçada, maior será a tensão aplicada (Guerra, 2016). Na Figura 10 é possível observar como ocorre a formação das laçadas na malharia por trama.

Figura 10: Formação de laçada na malharia por trama.



Fonte: Grupo NS têxtil, 2021.

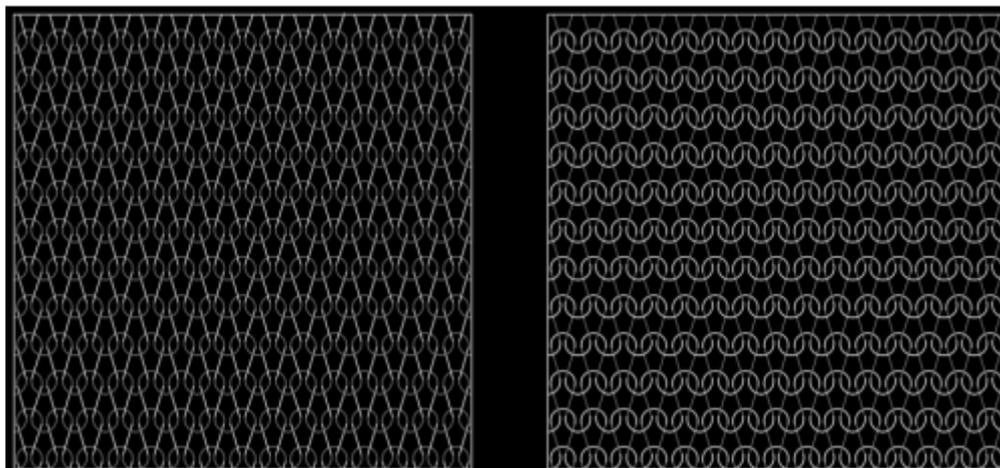
### 3.2.1 Estrutura meia malha

Entre as estruturas de malha, a mais simples é a meia malha, também conhecida como Jersey, composta apenas por pontos simples e com maior tendência ao enrolamento das bordas (Holanda, 2016).

Além do conforto e elasticidade, o direito e avesso técnico da malha são definidos pelo toque e porosidade, o qual proporciona uma melhor sensação térmica quando comparada a um tecido plano. As laçadas ficam mais aparentes em um dos lados do tecido (Senai, 2015). A matéria prima e o processo de fabricação estão totalmente ligados à garantia de qualidade final dos produtos, pois a qualidade e tensão do fio interferem diretamente nestas características de formação do artigo têxtil (Cherem, 2004).

Segundo Catarino (1998), a estrutura mais simples, no caso a meia malha, é a base para as outras estruturas mais trabalhadas. No direito técnico tem-se as pernas da laçada e no avesso técnico a cabeça das laçadas, sendo possível observar na Figura 11. O lado mais liso pertence ao direito, onde tem-se as colunas no sentido do comprimento do tecido de malha, na estrutura Jersey a estabilidade dimensional é maior em relação a outros ligamentos na malharia por trama.

Figura 11: Direito e avesso técnico da malha Jersey.



Fonte: Almeida, 2017.

### 3.3 CORANTES NATURAIS

Como uma possível redução de riscos ao meio ambiente e até mesmo trabalhadores do setor, nos tempos atuais está cada vez mais popular a procura de corantes naturais, podendo ser de origem vegetal onde são retirados de plantas, de origem animal que são derivados de insetos e de origem mineral que é obtido por fontes minerais (como a argila). Diferente dos corantes sintéticos, pois a água proveniente dos processos de beneficiamento precisam passar por uma estação de tratamento de água (ETA) e de tratamento de efluentes (ETE). Entretanto, por mais que sejam aplicados os tratamentos necessários, não anula o fato que estes corantes sintéticos possuem alto nível de toxicidade e baixo índice de se degradar (Peixoto *et al.*, 2013).

Há uma grande utilização de produtos químicos para preparar o tecido a ser tingido, o próprio corante e mais químicos que ajudam na fixação da cor, visto que, a maior parte desses corantes são sintéticos, o que torna ainda mais prejudicial e nada ecológico, contaminando o meio ambiente (Beltrame, 2000).

Os corantes naturais não são tóxicos, são biodegradáveis, possuem variedades de tonalidades, são renováveis e também podem ser utilizados para tingir diferentes categorias de fibras, sendo elas naturais, sintéticas e artificiais. Mesmo sendo de origem natural, possuem uma boa fixação e proporcionam uma boa solidez ao tingimento do tecido (Santos, 2009). Com isso, estes corantes são

uma opção viável de aplicação têxtil como uma alternativa de produção mais sustentável, podendo substituir os corantes sintéticos pois são mais ecologicamente corretos (Shahid *et al.*, 2013).

Um corante natural possui diferentes cores e tonalidades, no qual as cores dependem dos grupos presentes na estrutura (cromóforos e auxócromos), no qual os cromóforos são responsáveis pela cor e os auxócromos são responsáveis pela variação da tonalidade (Salvador, 2011). Suas principais limitações são as demandas, visto que é necessário ter um manejo consciente das matérias primas garantindo a preservação natural, não podendo comprometer a biodiversidade ambiental (Saxena; Raja, 2014).

Entre diversos corantes naturais disponíveis na natureza tem-se os carotenoides, que tingem com colorações que variam do amarelado ao avermelhado, podendo ser extraídos de vegetais. Como outra opção, pode ser utilizado o corante de origem do urucum, convencionalmente utilizado como corante para alimentos conhecido como coloral, além da aplicação no têxtil (VILAR *et al.*, 2014). Tem-se também a extração de secreções do inseto lac e casca de frutos como a romã.

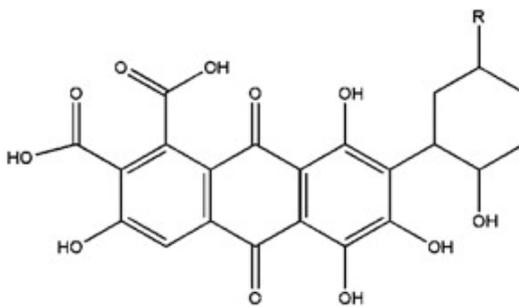
### **3.3.1 Corante extraído da *Kerria Lacca***

Entre os diversos corantes naturais e sua origem, o corante Ricodye N Viola é um corante de caráter iônico aniônico, é solúvel em água, é extraído da *Kerria Lacca*, um inseto conhecido também por inseto lac, que produz secreções no qual podem ser feitos corantes e até mesmo uma goma. Podendo ser tingido tanto por esgotamento quanto por tingimento contínuo. É indicado para a obtenção de diversas tonalidades entre rosa e púrpura (Ricci, 2023).

Esta espécie é mais utilizada na Índia e pode ser utilizada tanto para a produção de corantes quanto para ceras e resinas (Ramani *et al.*, 2007). Sua obtenção é a partir das fêmeas e o gênero *Kerria* é o mais comum entre os corantes *Lacca* (Santos *et al.*, 2015).

O corante *Lacca* é extraído com água, onde se é obtido o principal cromóforo, ácido laccaico, que pode ser observado na Figura 12.

Figura 12: Estrutura química dos ácidos laccaicos.



Fonte: Santos *et al.*, 2015.

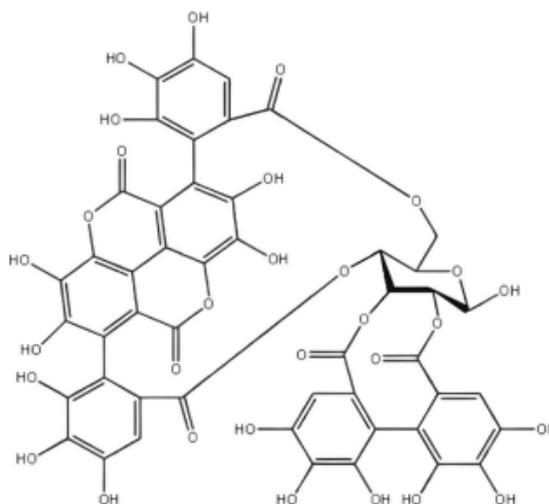
### 3.3.2 Corante extraído da *Punica Granatum*

O Ricodye N Malva é um corante extraído da casca da *Punica Granatum*, uma planta frutífera de origem asiática, cujo é conhecido como romã. A partir dele é possível obter tonalidades entre amarelo, cáqui e cinza, dependendo dos auxiliares utilizados no pré-tratamento ou até mesmo durante o processo de tingimento. Possui caráter iônico aniônico e é solúvel em água (Ricci, 2023).

Para Sharma e Munisharma (2003), a romã, devido a sua composição com ácido tânico, é um tanino hidrolisável, que é quebrado por enzimas, para tratamento de efluentes contaminados com compostos fenólicos. É muito utilizada na culinária como condimento e aromatizante e na preparação de certos tipos de chocolate e licores. O sabor e aroma intensos vêm do aldeído cinâmico ou cinamaldeído (Lima *et al.*, 2018).

O tanino presente na *Punica Granatum*, de acordo com a literatura, é encontrado nas cascas da fruta e é possível ser utilizado no tingimento natural (Shahid *et al.*, 2013). O tanino hidrolisável também é chamado de punicalagina e é possível observar sua estrutura molecular na Figura 13.

Figura 13: Estrutura molecular da punicalagina.



Fonte: Santiago *et al.*, 2014.

### 3.4 AGENTE CATIONIZANTE/MORDENTE

A maioria dos corantes naturais necessitam de um mordente para melhor fixação em fibras naturais, melhorando também a solidez e outras propriedades titoriais (SHAHID *et al.*, 2013). Para ajudar na cationização, tem-se a possibilidade de utilizar mordentes orgânicos ou inorgânicos. A principal função é ajudar na fixação e solidez, pois um tingimento com corante natural sem esta fixação possui uma afinidade bem baixa, ocasionando na perda de cor em exposição a luz e nas lavagens também (Salvador, 2011).

Os mordentes de origem natural são chamados de biomordentes e são uma alternativa sustentável e eficaz para a fixação de corantes. Além de serem biodegradáveis, não exigem tantos tratamentos químicos de água e efluentes (Rather *et al.*, 2016). Além de serem aplicados diretamente para a fixação, podem ser utilizados também como auxiliares aos mordentes metálicos, aumentando a afinidade do corante com fibras celulósicas (Saxena; Raja, 2014).

A cationização auxilia na redução do consumo de água e modifica as moléculas de celulose, o que a torna catiônica. Isso resulta em uma maior afinidade

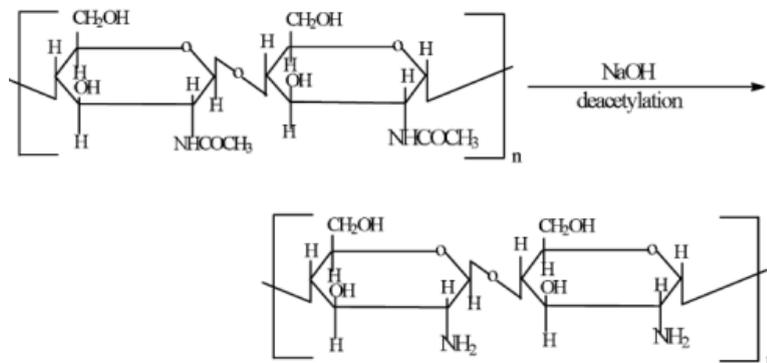
entre o corante utilizado e a fibra, ajudando a eliminar a utilização de álcalis, barrilha e sal no tingimento com corantes sintéticos (Correia, 2021).

### 3.4.1 Quitosana

A quitosana é um polímero natural derivado da quitina, podendo ser encontrada, por exemplo, nas cascas dos crustáceos. Possui excelentes propriedades antibacterianas, além de outras propriedades significativas como a biodegradabilidade e é atóxica (Zhu *et al.*, 2022). A quitosana é um composto catiônico podendo ser utilizada para auxiliar na absorção de corantes nos têxteis, aumentando sua afinidade com as fibras (Bhuiyan *et al.*, 2014).

A obtenção deste polímero natural é através da desacetilação parcial da quitina, como pode ser observado na Figura 14. Além disso, é renovável e possui baixo custo. A quitina também é insolúvel em água e na maior parte dos solventes orgânicos.

Figura 14: Desacetilação da quitina.



Fonte: (Machado *et al.*, 2023)

Pode ser amplamente utilizada na indústria têxtil no processo de beneficiamento ou até mesmo em tratamento de efluentes, na biomedicina, atividades antimicrobianas e muitas outras áreas. É ambientalmente abundante e a quitina é um biopolímero sintetizado por organismos vivos, no qual é um dos polissacarídeos mais produzidos no mundo. Além disso, é um produto incolor, pois passa por um processo para remover pigmentos residuais (Rinaudo, 2006).

Os grupos amino em sua forma catiônica possuem carga positiva, o que auxilia na polarização do substrato, fazendo assim, com que a interação com corantes aniônicos aumente, como por exemplo, com a celulose (Marquardt, 2022). A cationização então irá permitir que a fibra celulósica, principalmente o algodão, consiga se ligar aos grupos aniônicos dos corantes, diminuindo principalmente a utilização de sal no processo, podendo reduzir em até 50% a utilização de produtos químicos (Cotton Incorporated, 2009).

### 3.5 COLORIMETRIA

A colorimetria quantifica, descreve e simula as percepções da cor pelo homem, sendo de extrema importância em processos de tingimento, garantindo uniformidade e a conferência que a tonalidade desejada tenha sido atingida (Oliveira, 2006).

A leitura das cores é feita através do aparelho espectrofotômetro, permitindo a análise comparativa das tonalidades (Salem, 2010). Além de fazer a medição das cores, é possível medir o grau de branco do substrato. O que muda para as leituras são os padrões utilizados para calibrar o equipamento.

O grau de branco é medido conforme a luminosidade, quanto mais uniforme for a refletância, mais branco será o tecido, podendo ser utilizado o grau de branco Berger ou o grau de branco CIE. (Akgun, 2014). Os parâmetros de intensidade de cor (K/S) possuem valores mais elevados quando a cor pela leitura do espectrofotômetro for mais intensa, o que está diretamente relacionado ao quanto o tecido conseguiu absorver de corante dependendo da sua afinidade com o mesmo. O valor de K/S é determinado conforme a Equação 1, sendo K/S a intensidade da cor, no qual o K é o coeficiente de absorção e o S o coeficiente de difusão da luz, além do R que é a fração de reflectância (Rouette *et al.*, 2001).

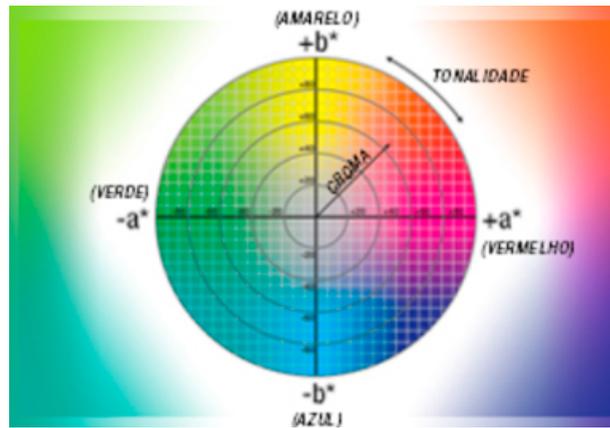
$$\frac{K}{S} = \frac{(1-R)^2}{2R} \quad (1)$$

Como possível observar na figura 15, os eixos a\* abrangem tonalidade de verde a vermelho, b\* corresponde à tonalidade entre amarelo e azul e por fim, L\* vai determinar a luminosidade da cor (variando entre branco e preto), no qual são

chamados e espaço de cor CIELAB. Como podem haver diferenças de cor entre a amostra do produto e o padrão estabelecido, esta diferença é determinada pelo  $\Delta E$  conforme a Equação 2 (Gulrajani, 2010).

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (2)$$

Figura 15: CIELAB.



Fonte: Extralab, 2021.

A tonalidade identifica a cor pelo comprimento de onda, que é a posição no espectro, já a saturação é a intensidade ou pureza da cor, medindo a quantidade de luz acromática, e a luminosidade é a reflectância do objeto (SALVADOR, 2011).

## 4 METODOLOGIA

Como é possível observar na figura 16, foram utilizados duas malhas com composições diferentes, o algodão (CO) com uma preparação de pré-alveamento e o Lyocell (LY) com uma preparação de purga. Após essa preparação, as amostras foram divididas para serem realizados processos diferentes e ser possível fazer a comparação da eficiência do mordente. Algumas foram tingidas sem a aplicação do biopolímero e outras tingidas após a aplicação da quitosana.

Figura 16: Fluxograma da metodologia empregada no trabalho.



Fonte: O autor, 2023.

A preparação realizada em ambas as malhas é necessária para que os tecidos sigam para as próximas etapas de beneficiamento. A purga aplicada na malha de Lyocell foi feita para que houvesse uma limpeza na fibras, removendo parafinas e óleos provenientes da fiação ou malharia, pois a presença destes componentes interfere na hidrofiliabilidade do tecido, e se não for removido dificulta em um processo seguinte como o tingimento. Já na malha de algodão orgânico, foi necessário realizar um pré-alveamento para remoção de ceras, graxas e também a

coloração natural do algodão, que é mais amarelada, o que vai proporcionar as propriedades necessárias para dar continuidade no processo (SANTOS *et al.*, 2017).

Para aumentar a afinidade do algodão com o corante utilizado, é importante a aplicação de um mordente para aumentar a ligação da fibra com a cadeia molecular do próprio corante. Isso vai proporcionar um tingimento mais uniforme e mais intenso, dependendo da quantidade de corante. O mordente utilizado foi a quitosana tendo em vista sua eficiência em aplicações semelhantes (CORREIA, 2021).

#### 4.1 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Os substratos utilizados, bem como as malhas de algodão orgânico e lyocell, e também os químicos para pré-alveijamento, purga, cationização e tingimento estão descritos no Quadro 1.

Quadro 1: Identificação dos substratos e produtos utilizados.

<b>Material</b>	<b>Descrição</b>	<b>Fornecedor</b>
Tecido de malha 100% Algodão orgânico	Meia malha (Jersey)	Hering
Tecido de malha 100% Lyocell	Meia malha (Jersey)	Hering
Ricodye N Viola (RN Viola)	Corante natural	Fratelli Ricci química Brasil
Ricodye N Malva (RN Malva)	Corante natural	Fratelli Ricci química Brasil
Barrilha - Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Alcalinizante	Fiobrás
Colorswet DTU-M	Detergente	Color química
Ácido acético - CH <sub>3</sub> COOH	Agente neutralizante de pH	CRQ
Água destilada	Meio de tingimento	-
Quitosana	Agente cationizante	Sigma
Soda cáustica (50%) - NaOH	Alcalinizante	Ciavikko

Peróxido de Hidrogênio (50%) - H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Agente oxidante para alveamentos	CRQ
Complex FE2	Sequestrante de ferro	Werken

Fonte: O autor, 2023.

Os equipamentos utilizados para realizar os ensaios de preparação, aplicação do biopolímero, tingimento, testes de solidez e leitura de grau de branco e cores estão descritos no Quadro 2.

Quadro 2: Identificação dos equipamentos utilizados.

<b>Equipamento</b>	<b>Descrição</b>	<b>Marca</b>
HT IR Dyer TC2200	Aparelho preparação, tingimento e realização de testes de solidez à lavagem	Texcontrol
Foulard Mathis FVH	Equipamento para impregnação	Mathis
Crockmeter	Equipamento para solidez à fricção	Kimac
Espectrofotômetro DC500	Equipamento para determinação de cor e grau de branco	DataColor
Estufa	Destinado a secagem das malhas	Lucadema
Overlock	Máquina de costura	Hoseki
Balança	Aparelho para a pesagem dos produtos	Even
pHmetro PHS-3E	Aparelho para medir pH	Even
Suntest CPX+	Equipamento para solidez à luz	Heraeus

Fonte: O autor, 2023.

Os processos de preparação e tingimento foram realizados no Laboratório de Beneficiamento Têxtil (LABENE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - Campus Blumenau.

## 4.2 INFORMAÇÕES TÉCNICAS

As informações técnicas dos fios utilizados e das malhas foram baseadas nas fichas técnicas disponibilizadas pela mesma empresa que cedeu os materiais. As características técnicas das malhas Jersey e fios utilizados para sua produção estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1: Ficha técnica das malhas e fios utilizados.

<b>Composição</b>	<b>Torção (T/m)</b>	<b>Título (Ne)</b>	<b>Tenacidade (cN/tex)</b>	<b>Pilosidade (H)</b>	<b>Gramatura média da malha (g/m<sup>2</sup>)</b>
100% CO orgânico	727,6	26,0	14,8	6,8	160 g/m <sup>2</sup>
100% LY	789,2	25,5	23,5	3,7	155 g/m <sup>2</sup>

Fonte: O autor, 2023.

## 4.3 PROCESSO DE PREPARAÇÃO DAS MALHAS AO TINGIMENTO

Foi realizado um processo de purga para remoção de impurezas do lyocell, uma vez que a fibra exhibe intrinsecamente uma elevada tonalidade branca, eliminando assim a necessidade de processos adicionais de alveamento. Neste processo foi utilizada uma receita composta por 2 g/L de barrilha, juntamente com 2 g/L de Colorswet DTU-M, em uma relação de banho (R:B) de 1:20. A purga foi realizada em processo por esgotamento na máquina HT IR Dyer TC2200, onde este foi realizado por 30 minutos em temperatura de 80 °C e a curva de aquecimento empregada foi de 3 °C/min. Após a finalização deste processo, as amostras foram lavadas 3 vezes, sendo a primeira apenas com água corrente em temperatura ambiente, a segunda lavagem com solução de ácido acético 1%, e por fim uma lavagem de água destilada, sendo posteriormente colocadas para secar em estufa a 40 °C.

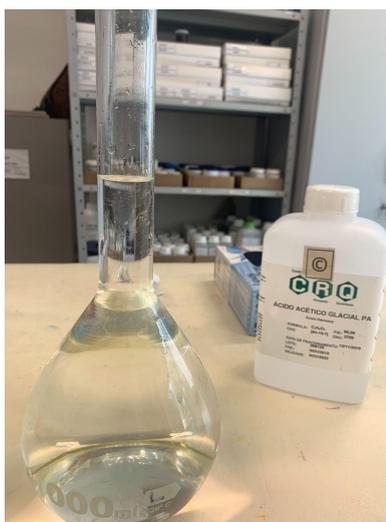
O algodão orgânico naturalmente possui uma coloração mais amarelada, sendo assim, foi feito um pré-alveamento para aumentar o grau de branco. Foi utilizada uma receita com 2 g/L de hidróxido de sódio 50%, juntamente com 2 g/L de

peróxido de hidrogênio 50%, , 2 g/L de Colorswet DTU-M e 2 g/L Compex FE2 em uma R:B de 1:20. O processo de alvejamento foi realizado na mesma máquina que a purga, sendo que este foi conduzido por 40 minutos na temperatura de 95 °C com um gradiente de aquecimento de 3°C/min. Após finalizar o processo, foram feitas 3 lavagens igualmente ao que foi realizado com as amostras de lyocell.

#### 4.4 PREPARAÇÃO DA QUITOSANA

Para a preparação da solução de quitosana a 5 g/L, procedeu-se à diluição gradual de toda a massa de quitosana em 1 L de uma solução de ácido acético glacial a 1%, utilizando um agitador para assegurar a homogeneização adequada. Após a completa mistura, conforme na Figura 17, o composto resultante foi deixado em repouso por um período de 24 horas.

Figura 17: Solução de quitosana.



Fonte: O autor, 2023.

#### 4.5 APLICAÇÃO DA QUITOSANA SOBRE OS SUBSTRATOS TÊXTEIS

Para a aplicação do biopolímero quitosana, foi empregada uma R:B de 1:30, sendo 20 mL de solução de quitosana 5 % e 40 mL de água destilada.. A aplicação foi feita por esgotamento, no qual as amostras utilizadas tinham 2 gramas cada. Esta solução foi submetida a máquina HT a 90 °C por 45 minutos com gradiente de aquecimento de 3 °C/min. Finalizado este processo, as amostras foram espremidas no foulard para obtenção de um pick-up de 75%. Em seguida foram

colocadas para secar em estufa a 100 °C por 5 minutos e foi realizada a cura em 140 °C por 4 minutos.

#### 4.6 AVALIAÇÃO DO GRAU DE BRANCO E COR

Para avaliação de grau de branco e também da cor, foi realizada uma comparação dos tecidos que foram submetidos a aplicação da quitosana com os que não passaram pelo tratamento. Foi utilizado o espectrofotômetro Datacolor® 500, analisando a medição de K/S e grau de branco Berger. Foram feitas 5 leituras por amostra em pontos diferentes, para obter os valores de grau de branco e verificando também se o tingimento ficou uniforme.

#### 4.7 PROCESSO DE TINGIMENTO

No processo de tingimento foram utilizados dois corantes diferentes, o RN VIOLA e o RN MALVA, conforme Figura 18, em uma R:B de 1:20. Foi aplicado 1 g de barrilha em cada tingimento, diluindo em 100 mL de água destilada, conforme sugestão da ficha técnica disponibilizada pelo fornecedor, e 10% s.p.m. de cada corante. O tingimento foi conduzido por esgotamento durante 40 minutos em temperatura de 95 °C, conforme indicação do fabricante de corantes. Após o processo, as amostras foram lavadas duas vezes com água destilada e colocadas para secar em estufa por 60 °C durante 20 minutos.

Figura 18: Corantes utilizados.



Fonte: O autor, 2023.

O corante Viola possui coloração avermelhada, como é possível observar na Figura 19.

Figura 19: Corante RN Viola.



Fonte: O autor, 2023.

E o corante Malva, possui coloração amarelada, como é possível observar na Figura 20.

Figura 20: Corante RN Malva.



Fonte: O autor, 2023.

## 4.8 ENSAIOS DE SOLIDEZ

Os ensaios de solidez foram realizados nas amostras tingidas, incluindo aquelas tratadas com quitosana e aquelas não submetidas ao biopolímero, a fim de possibilitar a comparação dos resultados finais.

### 4.8.1 Solidez à lavagem

Foram realizados ensaios de solidez à lavagem para verificar o quanto o corante fixou na fibra e a transferência de coloração ao corpo de prova. O procedimento foi realizado com uma adaptação da norma ABNT NBR ISO 106-C06 - Solidez à lavagem doméstica e comercial. Para este ensaio foram costuradas as amostras tingidas (corpo de prova) em um tamanho médio de 10 cm por 7 cm no meio de dois tecidos-testemunha 100% algodão, pré-alvejado, na mesma dimensão que o corpo de prova, todas as amostras foram costuradas em uma máquina de costura overlock em todos os lados. Para realizar a lavagem, utilizou-se 1 L de água destilada juntamente com 4 g de detergente em pó sem alvejante óptico tipo WOB. Em cada caneco, colocou-se cada amostra juntamente com 150 mL da solução de detergente e 10 esferas de aço para ajudar no atrito. Foi utilizada a máquina HT para realizar o procedimento, no qual operou por 30 minutos em uma temperatura de 40 °C. Após o término as amostras foram lavadas duas vezes, uma com água corrente e outra com água destilada, em sequência foram levadas à estufa para

secar por 30 minutos em uma temperatura de 55 °C. Por fim, foi feita uma análise na escala cinza para ver fazer a avaliação de transferência da cor.

#### **4.8.2 Solidez à fricção**

Foi realizado ensaios de solidez à fricção com uma adaptação da norma ABNT NBR ISO 105 X12 - Solidez da cor à fricção. Foram utilizadas amostras de dimensão 10 cm por 7 cm no equipamento Crockmeter, utilizando um tecido-testemunha 100% algodão pré-alvejado e sem branqueador óptico, igualmente ao utilizado no processo de solidez à lavagem. Foi realizada apenas a fricção com o tecido-testemunha seco, pois a fricção com os tecidos úmidos precisa de um tamanho de corpo de prova maior. Foram aplicados 20 ciclos em cada amostra e após o procedimento foi avaliada a transferência de coloração ao tecido-testemunha.

#### **4.8.3 Solidez à luz**

O ensaio de solidez à luz foi realizado baseado na norma ABNT NBR ISO 105 B02 - Solidez da cor à artificial, no qual as amostras utilizadas possuem dimensões de 10 cm por 7 cm e foram submetidas ao equipamento Suntest CPS+ por 24 horas sob luz que simula a luz solar do meio dia.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Os resultados a serem discutidos estão nos tópicos a seguir a partir da preparação dos substratos, no qual foram realizados um procedimento de purga e pré-alveamento para eliminar possíveis sujidades, ceras ou outros componentes e também a coloração natural do algodão, além da aplicação do biopolímero quitosana como mordente e o tingimento com corantes naturais. Estão apresentados também os resultados das avaliações de grau de branco nos substratos crus, após preparação e também após a aplicação do biopolímero quitosana, para os tecidos tingidos foi analisado o K/S e avaliados resultados nos testes de solidez para identificar se houve eficiência no uso da quitosana.

### **5.1 AVALIAÇÃO DO GRAU DE BRANCO**

Foi feito um padrão inicialmente com a malha crua para a comparação do grau de branco antes das amostras passarem pelo tratamento de purga de pré-alveamento, comparando após o tratamento visto que foi eliminado as

impurezas, ceras e coloração natural para que no tingimento em ambas as amostras fosse realizado em condições semelhantes de grau de branco, facilitando uma comparação no espectrofotômetro tanto após o tratamento como também após a aplicação da quitosana, avaliando se a amostra teve alguma alteração. Como é possível observar na tabela 4, o grau de branco aumentou após o pré-alvejamento e a purga, porém reduziu em ambas as composições de fibras após o tratamento com quitosana, com maior impacto na amostra de algodão orgânico.

Quadro 3: Grau de branco das amostras.

Composição	Grau de Branco (Berger)		
	Tecido cru	Purga ou Pré-alvejamento, sem quitosana	Purga ou Pré-alvejamento, com quitosana
Algodão orgânico	18,10	70,36	66,55
Lyocell	53,88	62,85	61,99

Fonte: O autor, 2023.

Conforme os resultados apresentados, o grau de branco estava maior antes da aplicação do biopolímero, visto que baseado em outro artigo, as amostras tiveram o grau de branco reduzido, indicando menos luminosidade (Karsten, 2022), podendo apresentar alguma influência no tingimento esta diminuição no grau de branco obtida com a preparação.

No quadro 5 é possível observar a diferença visual na coloração da meia malha de algodão orgânico e na meia malha de lyocell antes do tratamento, com a purga e pré-alvejamento e por fim com o tratamento e com a aplicação da quitosana, sendo notório a redução considerável do amarelamento do algodão orgânico após a etapa de preparação. Já o Lyocell apresentava uma tonalidade mais branca, por isso, a mudança não foi tão evidente visualmente, entretanto, após a aplicação do tratamento com a quitosana, não houve uma diferença considerável.

Quadro 4: Comparação visual do grau de branco das amostras.

Composição	Malha crua	Após purga ou pré-alvejamento	Após tratamento com quitosana
------------	------------	-------------------------------	-------------------------------

<b>Algodão Orgânico</b>			
<b>Lyocell</b>			

Fonte: O autor, 2023.

## 5.2 AVALIAÇÃO DE COR APÓS TINGIMENTO

No tingimento foram utilizados dois corantes naturais, um de origem da casca da romã (Ridocye N Malva) e outro de origem do inseto lacc (Ridocye N Viola), de coloração amarelada e avermelhada, respectivamente. Ambos foram realizados após a etapa de preparação, que envolveu os processos de eliminação de impurezas ou pigmentos naturais das fibras, através da purga ou pré-alvejamento; e cationização com quitosana. A concentração de corante utilizada foi de 10% SPM, o maior valor sugerido pela ficha técnica do fornecedor com o objetivo de obter cores intensas. O pH do banho de tingimento do corante malva e viola ficou em 6 e 7, respectivamente. As amostras tingidas podem ser observadas no Quadro 6.

Quadro 5: Amostras tingidas.

<b>Fibra / Corante</b>	<b>Não-tratado com quitosana</b>	<b>Tratado com quitosana</b>
<b>Algodão Orgânico / Ridocye N Malva</b>		

<b>Lyocell / Ridocye N Malva</b>		
<b>Algodão Orgânico / Ridocye N Viola</b>		
<b>Lyocell / Ridocye N Viola</b>		

Fonte: O AUTOR, 2023.

Os dados de K/S obtidos por espectroscopia de reflectância estão disponíveis na tabela 3.

Tabela 2: Avaliação colorística dos substratos tintos com e sem quitosana.

<b>Composição</b>	<b>K/S sem quitosana</b>	<b>K/S com quitosana</b>
Lyocell malva	4,23	8,35
Algodão malva	2,93	8,31
Lyocell viola	0,79	1,09
Algodão viola	0,32	0,64

Fonte: O autor, 2023.

Os dados apresentados estão associados entre si, pois enquanto o quadro indica o aspecto qualitativo, a tabela indica um aspecto quantitativo, comprovando os dados da pesquisa. Em todos os valores apresentados houve êxito no tingimento, sendo este um valor alto ou baixo mas de fato foi obtida uma melhora com as

amostras que foram tratadas com quitosana, visto que esta foi utilizada como um mordente para fixar o corante na fibra.

Já no algodão orgânico o corante RN Viola não teve muita afinidade com a fibra, mesmo que tenha duplicado de valor, a intensidade em 0,64 continua baixa. Já com o RN Malva o tingimento ficou mais intenso, quase triplicando o valor e atingindo um valor de K/S em 8,31, entretanto não fixou completamente na fibra.

Mesmo ambas as composições sendo celulósicas, uma é natural e a outra artificial, sendo o lyocell neste caso mais puro, entretanto em um dos corantes a intensidade da cor foi semelhante, podendo ser da própria composição e pigmentação do corante. Além das propriedades físicas, químicas e estruturas das fibras, os corantes naturais também possuem instabilidade em elevadas temperaturas, variação de pH e baixa solidez à luz e lavagem, se tornando um pouco mais difícil de obter homogeneidade no tingimento. Para aumentar essa afinidade e aumentar a fixação é utilizado um mordente.

A variação na diferença entre os valores iniciais de K/S com o corante viola foi baixa, não teve grande afinidade com o corante e não apresentou coloração intensa, mas mesmo assim aumentou com a presença de quitosana.

Já nas amostras com o corante malva, a variação de K/S foi maior comparando com o antes e depois da preparação com o biopolímero, mostrando maior intensidade. Mesmo ambos os corantes sendo de origem natural e sendo utilizados na mesma proporção, naturalmente o corante Viola pode ter uma maior intensidade em sua pigmentação, tendo uma interferência na hora da aplicação.

### 5.3 AVALIAÇÃO DOS ENSAIOS DE SOLIDEZ

Para os ensaios de solidez foram adaptadas suas respectivas normas. Ambos utilizaram amostras tingidas com dois corantes diferentes e amostras com e sem aplicação da quitosana.

#### 5.3.1 Solidez à lavagem

A partir do ensaio de solidez à lavagem, nas amostras com aplicação da quitosana foi possível observar que houve uma diminuição na pigmentação na amostra do algodão do algodão que estava tingido com o corante Ricodye N Viola

(avermelhado), entretanto, nas outras amostras não houve uma alteração visual nas tonalidades no corpo de prova. As amostras tingidas com o corante Ricodye N Malva (amarelado), transferiram cor para o tecido-testemunha mas dentro dos padrões esperados. Os tecidos-testemunha do teste de solidez obtiveram nota entre 4 e 5 baseados na escala de cinza conforme quadro 7.

Quadro 6: Notas de solidez à lavagem com base na escala de cinza.

Composição	Solidez à lavagem	
	Tingimento sem quitosana	Tingimento com quitosana
Algodão - RN Malva	4	4
Algodão - RN Viola	5	5
Lyocell - RN Malva	5	4
Lyocell - RN Viola	5	5

Fonte: O autor, 2023.

### 5.3.2 Solidez à fricção

No ensaio de fricção foi avaliada a transferência de cor do corpo de prova ao tecido-testemunha seco em 20 ciclos para cada amostra. Houve uma maior migração com as amostras que tinham quitosana aplicada, em especial no tecido de algodão orgânico com ambos os corantes, a transferência com o Lyocell foi mínima, como é possível observar na Figura 21.

Figura 21: Fricção do corpo de prova sem quitosana.



Fonte: O autor, 2023.

Já nas amostras sem mordente, houve transferência de cor em ambas as amostras e mesmo assim manteve uma nota dentro do esperado, que seria entre 4 e 5 na escala de cinza, conforme Figura 22.

Figura 22: Fricção do corpo de prova com quitosana.



Fonte: O autor, 2023.

No Quadro 7 é possível observar as notas obtidas a partir da escala de cinza, em que o tingimento sem a aplicação da quitosana com o corante RN Viola houve uma melhor solidez à fricção, obtendo nota 5. Nas amostras com a aplicação da quitosana todas atingiram a mesma nota.

Quadro 7: Notas de solidez à fricção com base na escala de cinza.

Composição	Solidez à fricção	
	Tingimento sem quitosana	Tingimento com quitosana
Algodão - RN Malva	4	4
Algodão - RN Viola	5	4
Lyocell - RN Malva	4	4
Lyocell - RN Viola	5	4

Fonte: O AUTOR, 2023.

Conforme as notas indicadas no Quadro acima, indica que neste caso os corantes naturais com e sem a quitosana foram eficientes nas fibras utilizadas.

### 5.3.3 Solidez à luz

No ensaio de solidez à luz, as amostras de cada tingimento, com e sem aplicação de mordentes, foram comparadas e avaliadas conforme padrão estabelecido pela empresa que realizou os testes no qual utiliza notas de 1 à 8, a partir disso, os resultados obtidos estão presentes no quadro 8.

Com a aplicação do biopolímero a degradação da coloração das amostras quando expostas à luz artificial foi maior do que nas amostras que não tiveram esta aplicação, com exceção das amostras de Lyocell tingidas com o corante RN Malva, apresentando o mesmo comportamento independente da presença da quitosana. Foi possível observar que o corante Malva teve um melhor desempenho em relação ao Viola, pois sem a aplicação da quitosana obteve um desgaste muito menor. Muitos estudos recentes avaliam os corantes naturais em relação à solidez da cor, mostrando um desempenho melhor com a aplicação de mordentes. Segundo Giacomini (2019), a falta de afinidade com a fibra celulósica, principalmente o algodão, é melhorada a partir da mordentagem.

Como com a aplicação da quitosana a solidez ficou com nota menor, pode-se perceber que possivelmente criou uma película por cima do próprio tecido ao invés de realmente fixar no interior da fibra, sendo assim, possivelmente a interação ocorreu em maior parte entre o corante e o próprio mordente.

Quadro 8: Notas com base no padrão de solidez à luz.

Composição	Solidez à luz no Suntest CPX +	
	Tingimento sem quitosana	Tingimento com quitosana
Algodão - RN Malva	7	3
Algodão - RN Viola	7	2
Lyocell - RN Malva	7	7
Lyocell - RN Viola	3	2

Fonte: O autor, 2023.

## 6 CONCLUSÃO

A partir dos resultados apresentados é possível concluir que a quitosana teve um bom desempenho para aumentar a afinidade do corante com as fibras, tanto de algodão orgânico quanto de lyocell. Nos testes de solidez à lavagem e fricção, os tingimentos ficaram dentro do esperado, atingindo nota média entre 4 com base na escala de cinza. Já nos testes de solidez à luz as notas ficaram abaixo do esperado mesmo com a aplicação do mordente.

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar a eficiência da quitosana como mordente na aplicação de corantes naturais em fibras celulósicas. Para uma cor mais intensa, pode-se acrescentar maior concentração de corante e para aumentar afinidade usar uma concentração maior de biopolímero ou até mesmo aplicá-lo juntamente ao tingimento.

O grau de branco também obteve alteração após a aplicação do mordente mas continuou em um bom padrão de branco, visto que foi feita a preparação dos tecidos com purga e pré-alvejamento, garantindo a limpeza essencial das fibras, removendo ceras, sujidades e até mesmo coloração natural, porém os valores obtidos de grau de branco Berger com a aplicação da quitosana não são suficientes para afirmar a interferência considerável no resultado do tingimento.

Há um grande potencial no uso da quitosana como mordente, entretanto são necessários mais estudos para otimizar os parâmetros do processo.

## 7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com os resultados obtidos, tem-se algumas sugestões para outros testes:

- Utilizar a quitosana juntamente com os corantes;
- Aumentar a concentração dos corantes naturais;
- Utilizar outras variedades de corantes;
- Aumentar a variedade de fibras celulósicas e também realizar testes em demais fibras;
- Estudar a influência do pH no tingimento com corantes naturais;
- Estudar aplicação de outros mordentes ecológicos e comparar com a aplicação da quitosana.

## REFERÊNCIAS

ALESSIO , Monik Aparecida; ARAUJO , Amanda Silveira; LOPES , Luciana Dornbusch; SCHULTE, Neide Köhler. Algodão Orgânico na Produção Sustentável. **ModaPalavra e-Periódico**, [s. l.], n. 14, p. 136-150, 2014. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=514051623009>. Acesso em: 27 nov. 2023.

BELTRAME, Leocádia Terezinha Cordeiro - **Caracterização de Efluente Têxtil e Proposta de Tratamento**. Dissertação de Mestrado, UFRN, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Área de concentração: Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologias Regionais, Natal: 2000.

BORBÉLY, É. Lyocell, **The New Generation of Regenerated Cellulose**. Acta Polytechnica Hungarica, v. 5, n. 3, 2008.

CONSTANTINO, Tatiana Vitória. **Análise dimensional de malhas Jersey de poliéster com diferentes percentuais de elastano**. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, [s. l.], 2022.

CORREIA, Jeferson. **Cationic dyeing in chemical textile processing of cotton fabric**, [s. l.], 2021.

DA SILVA, C.; FROLLINI, E. **Compósitos de matriz fenólica reforçadas com fibras celulósicas têxteis**. [s.l: s.n.].

Disponível em: <<https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbpol/2007/PDF/597.pdf>>.

DUARTE, Larissa Oliveira; VASQUES, Rosana Aparecida; FILHO, Homero Fonseca; RAMOS, Julia Baruque; NAKANO, Davi. From fashion to farm: Green marketing innovation strategies in the Brazilian organic cotton ecosystem. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 360, 2022.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132196>.

FACCIOLI, G.; BARBOSA, L. A.; NETO, J. M. F. A. **Sustentabilidade na gestão da indústria têxtil: aplicações enzimáticas no tratamento de efluentes. Prospectus** (ISSN: 2674-8576), v. 2, n. 1, 2020.

FERNANDES, Ligia Lopes. **Produção e caracterização de membranas de quitosana e quitosana com sulfato de condroitina para aplicações biomédicas**, [s. l.], 2009.

Disponível em: <https://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10003532.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2023.

GIACOMINI, F. **Estudo comparativo do tingimento com corante cochonilha em tecido de algodão cationizado com polímeros naturais**. Repositorio.uem.br, 2019.

GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Corantes têxteis. **Química Nova**, v. 23, n. 1, p. 71–78, fev. 2000.

GULRAJANI, M. L. **Colour measurement: principles, advances and industrial applications**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2010. 433 p. (Woodhead Publishing Series in Textiles).

GURGEL, Leandro Vinícius Alves. **Mercerização e modificação química da celulose e bagaço de cana-de-açúcar com anidrido succínico trietilenotetramina: Preparação de novos materiais quelantes para adsorção de Pb (II), Cd (II), Cr (VI) e Cu (II)**, 2007.

HAO, Longyun et al. **The modification of cotton substrate using chitosan for improving its dyeability towards anionic microencapsulated nanopigment particles**. *Industrial Crops And Products*, [S.L.], v. 95, p. 348-356, jan. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.10.043>.

HEIDEROSE, H.; PICCOLI. **Determinação do Comportamento Tintorial de Corantes Naturais em Substrato de Algodão**. Disponível em:

<<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/92146/260091.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>, 2008.

HOLANDA, Samanda Mesquita De. **Estudo e desenvolvimento de antenas de microfita utilizando tecido de malha à base de fibras têxteis compostas**, [s. l.], 2016.

Incorporated, Cotton. **Cationization for Salt-Free Dyeing. A World of Ideas: Technologies for Sustainable Cotton Textile Manufacturing**, 2009.

JIANG, X. et al. A review on raw materials, commercial production and properties of lyocell fiber. **Journal of Bioresources and Bioproducts**, v. 5, n. 1, p. 16–25, fev. 2020.

KARSTEN, Amanda Caroline. **Funcionalização de substratos têxteis utilizando quitosana e calêndula visando aplicações médico-dermatológicas**, 2022.

KLEMM, D. et al. **Cellulose: Fascinating Biopolymer and Sustainable Raw Material**. *Angewandte Chemie International Edition*, v. 44, n. 22, p. 3358–3393, 30 maio 2005.

KUASNE, Angela. **Fibras têxteis**. CURSO TÊXTIL EM MALHARIA E CONFECÇÃO 2º MÓDULO, [s. l.], 2008.

Disponível em: [https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/8/88/Apostila\\_fibras.pdf](https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/8/88/Apostila_fibras.pdf). Acesso em: 27 nov. 2023.

KUASNE, A.; MACEDO, S. **Análise de malhas**, primeira edição. Disponível em: [https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/2/26/Apostila\\_de\\_analise.pdf](https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/2/26/Apostila_de_analise.pdf).

**Materiais e Processos Têxteis-Parte 2**. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/Ezilen/materiais-e-processos-txeisparte-2>.

MEHLER, J. R. **Desafios da Indústria Têxtil e as Demandas de Sustentabilidade**. *Diálogos Interdisciplinares*, v. 2, n. 2, p. 1–25, 9 set. 2013.

MILAN, G. S; VITTORAZZI, C; REIS, Z. C. **A Redução de Resíduos Têxteis e de Impactos Ambientais: Um Estudo Desenvolvido em uma Indústria de Confecções do Vestuário.** XIII SemeAD seminários em administração, 2010.

MOTTA, Maurício. **Utilização das cascas da canela e punica granatum como bioadsorventes na remoção de azul de metileno.** Centro Universitário Estácio do Recife, [s. /], 2018.

NS, M. **Processo de formação dos tecidos de malha: TRAMA e URDUME.**

Disponível em:

<<https://www.ns.com.br/blog/noticias/processo-de-formacao-dos-tecidos-de-malha-trama-e-urdume/>>.

OLIVEIRA, Danielle Ferreira de. **Confiabilidade metrológica e validação de procedimentos espectroradiométricos para medição de fontes luminosas.** 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Metrologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - Puc-Rio, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.pucRio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=93241>. <https://doi.org/10.17771/PUCRio.acad.9324>.

OLIVEIRA, Sara Cristina da Costa. **Utilização de extratos vegetais para obtenção de cores diversas em substratos têxteis naturais.** Universidade do Minho, [s. /], 2014.

OTAVIANO, Bryna Tieme Haraki. **Estudo das propriedades de tingimento, ação antibacteriana e fotoprotetora do extrato das cascas de romã (Punica granatum L.) aplicado em tecido de algodão.** UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, [s. /], 2021.

PEIXOTO. F; MARINHO, G; RODRIGUES, K. **Corantes têxteis: uma revisão.** In: HOLOS, Ano 29, Vol. 5: 2013.

RAMOS, L. **A influência da qualidade de fios 100% algodão na construção de tecido de malhas**, 2018. [s.l: s.n.].

RATHER, L. J.; ISLAM, S.; SHABBIR, M.; BUKHARI, M. N.; SHAHID, M.; KHAN, M. A.; MOHAMMAD, F. Ecological dyeing of Woolen yarn with Adhatoda vasica natural dye in the presence of biomordants as an alternative copartner to metal mordants. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 4, p. 3041 - 3049, 2016.

RETAMIRO, W.; SILVA, J. L. G. DA; VIEIRA, E. T. **A sustentabilidade na cadeia produtiva do algodão orgânico**. Latin American Journal of Business Management, v. 4, n. 1, 2013.

ROMERO , Luiz Lauro; VIEIRA, Jayme Oiaciw K M.; MARTINS, Renato Francisco; MEDEIROS, Luiz Alberto Rossaíto. **Malharias**. BNDES, [s. l.], 1994.

ROSENAU , Thomas; POTTAST, Antje; SIXTA, Herbert; KOSMA, Paul. **The chemistry of side reactions and byproduct formation in the system NMMO/cellulose (Lyocell process)**. Progress in Polymer Science, [s. l.], v. 26, p. 1763-1837, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0079-6700\(01\)00023-5](https://doi.org/10.1016/S0079-6700(01)00023-5).

ROUETTE, H. K.; LINDNER, A.; SCHWAGER, B. **Encyclopedia of Textile Finishing**. Aachen: Springer, 2001.

SALVADOR, Susana Isabel Nobre. **Influência do tipo de mordentes e corantes utilizados no tingimento na fotodegradação de lãs de Tapetes de Arraiolos do século XVIII**. Universidade de Évora, [s. l.], 2011. Disponível em: <https://www.proquest.com/docview/2585950819?fromopenview=true&pq-origsite=gscolar&parentSessionId=3vu5XmV4lCN1J7kAOzLNjDkPAbLq8jjk82Wjwh%2FHpHw%3D>. Acesso em: 27 nov. 2023.

SANTOS, A. P. L; FERNANDES, D. S. **Análise do impacto ambiental gerado no ciclo de vida de um tecido de malha**. Florianópolis. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, v. 4, n. 7, p. 1-17, 2012.

SANTOS, G. **Corantes têxteis naturais: a biotecnologia da antiguidade ao século XXI**. 2009. Dissertação (Mestrado em Design de Moda). Faculdade de Arquitetura, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.

SANTOS, Raquel; HALLETT, Jessica; OLIVEIRA, M. Conceição; SOUSA, Micaela M.; SARRAGUÇA, Jorge; SIMMONDS, M.S.J.; NESBITT, M. **HPLC-DAD-MS analysis of colorant and resinous components of lac-dye: A comparison between Kerria and Paratachardina genera**. *Dyes and Pigments*, [s. l.], v. 118, p. 129-136, 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2015.02.024>.

SANTOS, S. **Impacto ambiental causado pela indústria têxtil. UFSC- Engenharia de Produção e Sistemas**. Florianópolis- SC.

SANTOS, V. L. V. F. DOS; BARCELLOS, I. O.; PICCOLI, H. H. **Pré-alveamento de materiais têxteis com ozônio e avaliação de suas propriedades de superfície, físicas e tintoriais**. *Matéria (Rio de Janeiro)*, v. 22, n. 1, 2017.

SAXENA, S; RAJA, A. S. M. **Natural Dyes: Sources Chemistry, Application and Sustainability Issues**. In: MUTHU, S.S. *Roadmap to Sustainable Textiles and Clothing; eco-friendly raw materials, technologies and processing methods*. Singapore: Springer, 2014, 350p.

SHAHID, Mohammad; SHAHID-UL-ISLAM; MOHAMMAD, Faqeer. Recent advancements in natural dye applications: a review. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 53, p. 310- 331, ago. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.03.031>.

SHI, Lujian; FANG, Kuanjun; SONG, Yawei; XIE, Ruyi; XUE, Zhen; LI, Xue; FENG, Baohua; XIAO, Zhangcao. **Interaction enhancement of Lyocell cellulose chains for controlled fibrillation behavior with greener application in eco-textiles**. *Industrial Crops and Products*, [s. l.], v. 198, agosto 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116652>.

TEXTÍLIA. **O tingimento das fibras liocel.** Universidade de Terrasa, Espanha, p. 48-53, 2000.

TONIOLLO, M.; ZANCAN<sup>2</sup>, N.; WÜST<sup>3</sup>, C. **Indústria têxtil: sustentabilidade, impactos e minimização**, 2015.

Disponível em: <<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/V-029.pdf>>.

VERMA, Mona; GAHLOT, Neha; SINGH, Saroj S. Jeet; ROSE, Neelam M. **UV protection and antibacterial treatment of cellulosic fibre (cotton) using chitosan and onion skin dye.** Carbohydrate Polymers, [s. l.], v. 257, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117612>.

VILAR, Daniela de Araújo et al. Traditional Uses, Chemical Constituents, and Biological Activities of *Bixa orellana* L.: A Review. **The Scientific World Journal**, [S.L.], v. 2014, p. 1-11, 2014. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/857292>.

ZHU, Bo et al. **Butyryl chitosan: synthesis, characterization and evaluation of the sustained release performance as tacrolimus carrier.** Chemical Engineering Journal, [S.L.], v. 446, p. 136743, out. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2022.136743>.