


**EXPLORANDO O POTENCIAL DO CRAJIRU PARA UM TINGIMENTO SUSTENTÁVEL DE TECIDOS DE ALGODÃO COM PROTEÇÃO UV**

**Gabriela Rodrigues da Silva<sup>A</sup>, Marcia Gomes da Silva<sup>B</sup>, Alexandre Jose Sousa Ferreira<sup>C</sup>, Nívea Tais Vila<sup>D</sup>**



ARTICLE INFO	<u>RESUMO</u>
<p><b>Article history:</b>  <b>Received:</b> May, 15<sup>th</sup> 2024  <b>Accepted:</b> July, 15<sup>th</sup> 2024</p>	<p><b>Objetivo:</b> O objetivo deste estudo é investigar o potencial do uso de folhas de cajuru como corante natural em tecidos de algodão.</p>
<p><b>Palavras-chave:</b>            Corante Natural;            Cajuru;            Tingimento de Algodão;            Quitosana;            Proteção UV;            Solidez à Lavagem.</p> 	<p><b>Referencial Teórico:</b> São apresentados conceitos sobre tingimento natural, química dos corantes, métodos de extração e teoria de adsorção em substratos têxteis, fornecendo base para a investigação.</p> <p><b>Método:</b> O estudo experimental inclui a extração do corante, tingimento dos tecidos e avaliação de solidez e proteção UV. Foram utilizadas folhas secas de cajuru, quitosana, ácido acético, detergente não-iônico, equipamentos de controle de temperatura e máquinas de tingimento. A coleta de dados ocorreu por observações diretas e testes laboratoriais, medindo eficiência de extração, rendimento tintorial, solidez à lavagem e proteção UV.</p> <p><b>Resultados e Discussão:</b> Temperaturas mais altas aumentaram a eficiência de extração do corante. O tingimento a temperaturas elevadas resultou em melhor rendimento tintorial. O pré-tratamento com quitosana aumentou significativamente a absorção do corante pelas fibras de algodão. Testes de solidez à lavagem mostraram boas propriedades de solidez. A proteção UV foi alta, especialmente em amostras pré-tratadas com quitosana. Esses resultados são discutidos à luz do referencial teórico, considerando implicações e limitações do estudo.</p> <p><b>Implicações da Pesquisa:</b> São discutidas implicações práticas e teóricas, como a aplicação dos resultados na moda sustentável, desenvolvimento de novos produtos têxteis e melhoria de processos de tingimento natural.</p> <p><b>Originalidade/Valor:</b> O estudo investiga o uso inovador de folhas de cajuru como corante, destacando a influência da temperatura e do pré-tratamento com quitosana. A originalidade está na combinação de quitosana com tingimento natural e novas descobertas sobre eficiência de extração e proteção UV, com potencial impacto na indústria têxtil sustentável.</p> <p>Doi: <a href="https://doi.org/10.26668/businessreview/2024.v9i8.4857">https://doi.org/10.26668/businessreview/2024.v9i8.4857</a></p>

<sup>A</sup> Graduada em Engenharia Textil. Universidade Estadual de Maringá. Goioerê, Paraná, Brasil.

E-mail: [ra115785@uem.br](mailto:ra115785@uem.br) Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-4924-5890>

<sup>B</sup> Doutora em Engenharia Textil. Universidade Estadual de Maringá. Goioerê, Paraná, Brasil.

E-mail: [mgsilva4@uem.br](mailto:mgsilva4@uem.br) Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-0823-8295>

<sup>C</sup> Doutor em Engenharia Textil. Universidade Federal do Paraná. Jandaia do Sul, Paraná, Brasil.

E-mail: [alexandrejose@ufpr.br](mailto:alexandrejose@ufpr.br) Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3320-0522>

<sup>D</sup> Doutora em Engenharia Textil. Universidade Estadual de Maringá. Goioerê, Paraná, Brasil.

E-mail: [ntvila@uem.br](mailto:ntvila@uem.br) Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2078-9566>

## EXPLORING THE POTENTIAL OF CRAJIRU FOR SUSTAINABLE DYEING OF COTTON FABRICS WITH UV PROTECTION

### ABSTRACT

**Objective:** The objective of this study is to investigate the potential of using cajiru leaves as a natural dye for cotton fabrics.

**Theoretical Framework:** This section presents the main concepts and theories underpinning the research. Key theories include natural dyeing, the chemistry of natural dyes, dye extraction methods, and the theory of adsorption on textile substrates, providing a solid foundation for understanding the research context.

**Method:** The methodology adopted for this research comprises an experimental study, including dye extraction, fabric dyeing, and the evaluation of fastness and UV protection. The materials used include dried cajiru leaves, chitosan, acetic acid, non-ionic detergent, temperature control equipment, and dyeing machines. Data collection was carried out through direct observations of the extraction and dyeing processes, as well as laboratory tests to measure extraction efficiency, dye yield, wash fastness, and UV protection.

**Results and Discussion:** The results revealed that higher temperatures led to greater efficiency in extracting the dye from cajiru leaves. The fabric dyeing process showed that higher temperatures resulted in better dye yield. Pre-treatment of the fabrics with chitosan significantly increased the absorption of the dye by cotton fibers, improving dye yield. Wash fastness tests indicated that the dyed fabrics maintained good fastness properties. The UV protection assessment showed that the cajiru extract promoted high UV protection, especially in samples pre-treated with chitosan. In the discussion section, these results are contextualized in light of the theoretical framework, highlighting the implications and identified relationships. Possible discrepancies and limitations of the study are also considered in this section.

**Research Implications:** The practical and theoretical implications of this research are discussed, providing insights into how the results can be applied or influence practices in the field of sustainable textile technology. These implications may cover the sustainable fashion industry, the development of new textile products, and the improvement of natural dyeing processes.

**Originality/Value:** This study contributes to the literature by investigating the use of cajiru leaves as a natural dye for cotton fabrics, highlighting the influence of temperature and chitosan pre-treatment. The originality of the research lies in the innovative approach of combining chitosan with the natural dyeing process and new findings related to extraction efficiency and UV protection. The relevance and value of this research are evidenced by its potential impact on the textile industry, promoting more sustainable and environmentally responsible processes.

**Keywords:** Natural Dye, Cajiru, Cotton Dyeing, Chitosan, UV Protection, Wash Fastness.

## EXPLORACIÓN DEL POTENCIAL DEL CRAJIRU PARA LA TINTURA SOSTENIBLE DE TEJIDOS DE ALGODÓN CON PROTECCIÓN UV

### RESUMEN

**Objetivo:** El objetivo de este estudio es investigar el potencial del uso de hojas de cajiru como tinte natural para tejidos de algodón.

**Marco Teórico:** Esta sección presenta los principales conceptos y teorías que sustentan la investigación. Las teorías clave incluyen el teñido natural, la química de los tintes naturales, los métodos de extracción del tinte y la teoría de la adsorción en sustratos textiles, proporcionando una base sólida para comprender el contexto de la investigación.

**Método:** La metodología adoptada para esta investigación comprende un estudio experimental, que incluye la extracción del tinte, el teñido del tejido y la evaluación de la solidez y la protección UV. Los materiales utilizados incluyen hojas secas de cajiru, quitosano, ácido acético, detergente no iónico, equipo de control de temperatura y máquinas de teñido. La recogida de datos se llevó a cabo mediante observaciones directas de los procesos de extracción y tintura, así como mediante pruebas de laboratorio para medir la eficacia de la extracción, el rendimiento del tinte, la solidez al lavado y la protección UV.

**Resultados y Discusión:** Los resultados revelaron que a mayor temperatura mayor eficacia en la extracción del tinte de las hojas de cajiru. El proceso de teñido de los tejidos mostró que a temperaturas más altas se obtenía un mayor rendimiento del tinte. El pretratamiento de los tejidos con quitosano aumentó significativamente la absorción del tinte por las fibras de algodón, mejorando el rendimiento del tinte. Las pruebas de solidez al lavado indicaron que los tejidos teñidos mantenían buenas propiedades de solidez. La evaluación de la protección UV mostró que el extracto de cajiru promovía una alta protección UV, especialmente en las muestras pretratadas con quitosano. En la sección de discusión, estos resultados se contextualizan a la luz del marco teórico, destacando las implicaciones y las relaciones identificadas. También se consideran en esta sección las posibles discrepancias y limitaciones del estudio.

**Implicaciones de la Investigación:** Se discuten las implicaciones prácticas y teóricas de esta investigación, proporcionando una visión de cómo los resultados pueden aplicarse o influir en las prácticas en el campo de la tecnología textil sostenible. Estas implicaciones pueden abarcar la industria de la moda sostenible, el desarrollo de nuevos productos textiles y la mejora de los procesos de tinte natural.

**Originalidad/Valor:** Este estudio contribuye a la literatura investigando el uso de hojas de cajiru como tinte natural para tejidos de algodón, destacando la influencia de la temperatura y el pretratamiento con quitosano. La originalidad de la investigación radica en el enfoque innovador de combinar el quitosano con el proceso de tinte natural y los nuevos hallazgos relacionados con la eficacia de la extracción y la protección UV. La relevancia y el valor de esta investigación se evidencian por su impacto potencial en la industria textil, promoviendo procesos más sostenibles y responsables con el medio ambiente.

**Palabras clave:** Tintura Natural, Cajiru, Tintura de Algodón, Quitosano, Protección UV, Solidez al Lavado.

## 1 INTRODUÇÃO

A relação entre as cores e a moda remonta à antiguidade, e foi na Ásia que as técnicas de tingimento floresceram e as civilizações começaram a explorar a variedade de cores obtidas através de diferentes métodos de tingimento e fontes de corantes de naturais.

Conforme documentado por Ballard (2007), técnicas de tingimento com corantes naturais têm uma longa tradição e são baseadas em uma variedade de fontes naturais. Os primeiros registros de tingimento de tecidos datam de mais de cinco mil anos, com os povos do Vale do Indo, na região geográfica correspondente atualmente ao Paquistão, usando corantes naturais extraídos de plantas e minerais para criar uma diversa paleta de cores. A civilização chinesa também desenvolveu técnicas sofisticadas de tingimento, incluindo a produção de corantes à base de plantas como o índigo e o carmim. A Índia igualmente teve um papel fundamental na história dos corantes, especialmente com o renomado tingimento com açafrão e a introdução do corante índigo.

A utilização de cores era mais do que apenas uma questão estética nas sociedades antigas da Ásia. Elas podiam conter significados culturais, religiosos e até sociais. Na Índia, os tecidos tingidos de vermelho eram frequentemente associados a rituais religiosos e celebrações, enquanto o azul índigo era usado como uma cor simbólica da realeza.

Além disso, muitas das técnicas de tingimento também desempenhavam um papel prático, na medida em que foram desenvolvidas em resposta a algumas necessidades específicas, como a proteção contra insetos e/ou outros elementos naturais. O índigo por exemplo, um entre muitos corantes naturais, era conhecido por suas propriedades repelentes de insetos e era usado em regiões tropicais do continente asiático (Salem, 2010).

Todavia, nos séculos XVIII e XIX, a Revolução Industrial trouxe uma mudança significativa na indústria têxtil com, entre outras inovações, o desenvolvimento de corantes

sintéticos que ofereciam uma imensa variedade de cores em comparação com os corantes naturais entre outras vantagens. A descoberta do alcatrão de hulha como fonte de compostos orgânicos permitiu o início da síntese de corantes artificiais. O corante malveína (anilina púrpura e malva), produzido por William Perkin em 1856, foi um marco nesse processo, inaugurando a era dos corantes sintéticos (Salem, 2010).

A inovação na produção de corantes sintéticos também tornou as cores mais acessíveis ao público em geral. É indiscutível que a disponibilidade de uma ampla gama de cores estimulou a criatividade na moda e permitiu que designers explorassem novas combinações de cores e padrões.

Embora os corantes sintéticos tenham revolucionado a indústria têxtil, também surgiram problemas significativos relacionados ao seu uso. A maioria dos corantes sintéticos é produzida a partir de um derivado de petróleo, o que levanta preocupações ambientais devido à geração de poluentes e resíduos tóxicos. A liberação de efluentes de tingimento contendo produtos químicos tóxicos tem causado poluição em cursos d'água em muitas partes do mundo (Drumond Chequer et al., 2013).

Além disso, muitos corantes sintéticos contêm compostos químicos que podem causar alergias e irritações na pele. Estudos também sugerem que alguns corantes sintéticos podem ser cancerígenos ou causar até distúrbios hormonais. Os resíduos de corantes nos produtos têxteis também podem entrar em contato com a pele e ser absorvidos pelo corpo humano, levantando preocupações sobre a segurança do consumidor (Srivastava & Sofi, 2020).

A crescente conscientização sobre os problemas relacionados as questões ambientais e de saúde associadas aos corantes sintéticos, levou a uma busca por parte de designers e consumidores por uma abordagem mais sustentável e segura. Isso abriu caminho para um ressurgimento do interesse pelos corantes naturais, que se apresentam como uma alternativa mais saudável e ecologicamente consciente (Pizzicato et al., 2023).

Os corantes naturais, extraídos de plantas, insetos e minerais, oferecem uma paleta de cores variadas. O uso de corantes naturais não apenas reduz o impacto ambiental, mas também contribui para a preservação de técnicas tradicionais de tingimento e o apoio a comunidades locais produtoras desses corantes. Além disso, a volta aos corantes naturais também resgata a conexão entre a moda e a cultura, uma vez que muitas dessas técnicas de tingimento estão enraizadas em tradições ancestrais e conhecimentos tradicionais (Pizzicato et al., 2023).

Essa mudança de paradigma também influenciou os consumidores, que estão cada vez mais conscientes das suas escolhas. A demanda por produtos de moda sustentáveis e éticos tem incentivado os designers a explorar as possibilidades criativas oferecidas pelos corantes naturais.

Ao escolher corantes naturais, os designers não estão apenas selecionando uma alternativa mais amigável ao meio ambiente, mas também estão abraçando a individualidade das cores. Isto é, corantes naturais muitas vezes resultam em variações sutis de tonalidade, o que confere às roupas uma autenticidade única. Essa autenticidade pode apresentar-se como uma mais valia em uma era em que a produção em massa e a uniformidade estão amplamente presentes na indústria da moda.

Diante disso, este trabalho teve como objetivo modificar a superfície do tecido de algodão com um pré-tratamento utilizando a quitosana como biopolímero catiônico e avaliar a influência do processo de cationização no tingimento natural com extrato aquoso de folhas de cajuru (*Arrabidaea chica*), bem como a proteção anti-UV proporcionada aos tecidos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A *Arrabidaea chica*, ou cajuru, como é popularmente conhecida é uma planta amazônica que possui diversas aplicabilidades. É habitualmente utilizada pelos indígenas em suas pinturas corporais e tatuagens, para tingir seus enfeites e vestuário, bem como é ainda empregada com fins medicinais por ter propriedade anti-inflamatória. Seu extrato corante pode ser obtido através do método de fervura, onde se obtém uma coloração vermelha, que se dá pela presença de antocianinas que fazem parte de uma classe de substâncias altamente conjugadas, possuindo cores características como azul, vermelho e roxo (Yurkanis Bruice, 2015).

Dado que o maior campo de aplicação dos corantes naturais se dá juntamente do apelo das fibras naturais e ainda que a fibra de algodão é a fibra natural mais utilizada em todo o mundo, é mais comum que os estudos abordem a utilização de tecidos desta fibra nos tingimentos com extratos de corantes naturais.

No entanto, o processo de tingimento de fibras de algodão apresenta desafios, pois a celulose presente nas fibras de algodão gera uma carga levemente negativa quando entra em contato com a água, devido à ionização dos grupos hidroxila em sua estrutura molecular. Essa carga negativa tende a repelir os diversos tipos de corantes usados no tingimento do algodão, incluindo corantes diretos, reativos e a maioria dos corantes naturais. Essa repulsão entre as fibras e os corantes resulta em uma lenta absorção dos corantes durante o processo de



tingimento. Para enfrentar esse desafio relacionado à absorção insuficiente de corantes, são frequentemente utilizadas concentrações elevadas de eletrólitos no banho de tingimento, como o cloreto de sódio. No entanto, esses eletrólitos permanecem no efluente após o tingimento, não sendo destruídos nem absorvidos durante o processo, sendo considerado prejudicial ao meio ambiente. Mesmo após o tratamento de efluentes, apenas uma pequena quantidade desses eletrólitos é removida, alterando a salinidade nos corpos d'água, com imenso potencial para afetar a vida marinha, causar escassez de água doce e degradação do solo. Esses problemas têm motivado inúmeros estudos que buscam eliminar ou reduzir a presença desses eletrólitos no tingimento, visando um processo mais ambientalmente amigável (Chattopadhyay, 2001; Roy Choudhury, 2014; Zhou et al., 2012).

Ainda assim, mesmo com a alta concentração de eletrólitos adicionada para minimizar a repulsão entre as cargas negativas entre corantes e fibras, a taxa de absorção dos corantes continua sendo relativamente baixa. Devido à fraca absorção e à hidrólise que ocorre nas moléculas dos corantes, aproximadamente 50% dos corantes são liberados no efluente sem terem sido absorvidos pelas fibras (Arivithamani et al., 2014; Fu et al., 2016).

Com o crescente interesse global na proteção ambiental e na mitigação dos impactos ambientais associados ao tingimento tradicional do algodão, vários estudos estão sendo conduzidos com o objetivo de eliminar ou reduzir a necessidade de sal no processo de tingimento e, ao mesmo tempo, aumentar a eficiência de absorção de corantes, além de considerar a substituição dos corantes sintéticos por alternativas naturais.

Uma técnica que tem despertado interesse nos últimos anos como alternativa ao uso do sal é a cationização do algodão antes do tingimento, devido à sua simplicidade tecnológica e aos resultados promissores que proporciona. De acordo com Roy Choudhury (2014), essa técnica oferece uma alternativa eficaz ao uso de eletrólitos no tingimento. Essa técnica envolve a modificação química das fibras de algodão, introduzindo grupos catiônicos na sua estrutura. Esse pré-tratamento aumenta a capacidade do algodão de absorver corantes aniônicos, graças à formação de forças iônicas de interação entre os grupos aniônicos dos corantes e os grupos catiônicos nas fibras modificadas. Dessa forma, o algodão cationizado pode ser tingido com corantes aniônicos sob condições neutras ou levemente ácidas, dispensando a presença de eletrólitos na solução de tingimento. Além disso, a cationização melhora a afinidade dos corantes, requerendo uma menor quantidade para atingir a mesma intensidade de cor (Roy Choudhury, 2014; Samanta et al., 2015; Wangatia & Tseghai, 2016; Zhou et al., 2012). Essa abordagem possui um grande potencial para reduzir o impacto ambiental dos processos

tradicionais de tingimento, uma vez que elimina a necessidade de adicionar sal ao efluente e pode potencialmente reduzir em até 50% a quantidade de produtos químicos necessários para tingir têxteis de algodão.

No entanto, é importante observar que a maioria dos agentes cationizantes disponíveis no mercado é baseada em polímeros sintéticos, o que pode acarretar problemas de segurança na aplicação e contribuir para a poluição ambiental através do descarte das soluções de cationização em efluentes (Chattopadhyay, 2001; Ma et al., 2016; Marie et al., 2016). Portanto, o uso de agentes cationizantes sintéticos entra em conflito com o objetivo inicial de adotar corantes naturais para promover um processo mais ambientalmente responsável. Nesse sentido, é justificável buscar soluções que possam reduzir ou eliminar o potencial impacto ambiental desses processos de tingimento.

Shirvan et al. (2019) destacam como a quitosana é uma opção sustentável para melhorar o processo de tingimento têxtil. A quitosana é um polímero catiônico e natural que pode ser utilizado para cationizar o algodão e contornar as limitações associadas aos agentes cationizantes sintéticos. Brizido (2018) em estudos realizados com corantes de chá verde, tendo a quitosana como um cationizante, as capacidades tintoriais e de proteção UV foram analisadas, chegando à conclusão de que a quitosana possui propriedades capazes de aumentar a proteção ultravioleta. Verma et al. (2021) descobriram melhorias significativas na solidez das cores e atividade antibacteriana no tingimento de fibra de algodão com corante extraído das cascas de cebola, utilizando a quitosana como agente cationizante.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 MATERIAIS E REAGENTES**

Utilizou-se tecido plano 100% algodão e alvejado. Folhas secas de cajuru foram empregadas como corante natural. A quitosana (Chitoclear® 42030, peso molecular médio e viscosidade 800 cps) foi adquirida da Primex Ingredients ASA, Avaldsnes (Noruega) e utilizada no pré-tratamento dos tecidos. Ácido acético foi utilizado no preparo da solução de quitosana. O detergente não-iônico Nionlab Celm foi aplicado na lavagem dos tecidos após o tingimento.

### 3.2 AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO RENDIMENTO DE EXTRAÇÃO DO CORANTE

As folhas do cajuru foram recolhidas, submetidas a uma secagem em estufa a 40°C para remover toda a umidade e posteriormente foram trituradas em um liquidificador. Os extratos foram preparados em temperaturas de 40, 60, 80 e 90°C. Independente da temperatura utilizada, o extrato de cajuru foi preparado adicionando-se 10 g de folhas secas trituradas a 1 litro de água destilada. As soluções foram aquecidas em banho termostatizado até à temperatura de tratamento, mantendo-se nestas condições durante 60 minutos. Por fim, os extratos foram filtrados, diluídos e analisados em um espectrofotômetro Shimadzu 1601 DC.

### 3.3 PRÉ-TRATAMENTO COM QUITOSANA

Preparou-se uma solução composta por 1,5% (p/v) de quitosana e 2% (v/v) de ácido acético, a qual foi mantida sob agitação em temperatura ambiente até a completa dissolução da quitosana. Após, realizou-se o pré-tratamento no tecido de algodão, o qual foi impregnado com a solução de quitosana, durante 10 minutos, e posteriormente, este foi espremido na máquina Foulard, onde se aplicou um *pick-up* de 80%. Ao término desta etapa, foi realizado uma pré-secagem do tecido na temperatura de 100°C por 3 minutos, e prosseguiu-se com a termofixação a 160°C durante 3 minutos, na máquina rama. Por fim, o tecido foi enxaguado com água em temperatura de 50°C e seco à temperatura ambiente.

### 3.4 PROCESSO DE TINGIMENTO

Amostras de tecido pré-tratadas com quitosana e sem tratamento foram tingidas com o extrato das folhas de cajuru na concentração de 10 gL<sup>-1</sup>, utilizando uma relação de banho de 1:100, nas temperaturas de 50, 60, 70, 80 e 90 °C, durante 60 minutos no equipamento Kimak AT1-SW, com o objetivo de avaliar o rendimento tintorial nas diferentes temperaturas. Após o tingimento as amostras foram lavadas com 2 gL<sup>-1</sup> de detergente não iônico a 60°C por 10 min, lavadas com água fria e secas à temperatura ambiente. As amostras tintas foram avaliadas de acordo com a intensidade de cor (K/S), obtida a partir dos dados de refletância espectral, adquiridos em um espectrofotômetro Datacolor 550, usando a equação de Kubelka-Munk (Eq. 1).



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

Onde:

R = reflectância difusa,

K = coeficiente de absorção,

S = coeficiente de dispersão.

A intensidade da cor (I) também foi calculada, de acordo com a Eq. (2), conforme descrito por Štěpánková et al. (2011).

$$I = \sum_{\lambda=400 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} \frac{K}{S}(\lambda) * \Delta\lambda$$

Onde:

I = intensidade da cor,

K = coeficiente de absorção,

S = coeficiente de dispersão.

$\lambda$  = comprimento de onda

### 3.5 SOLIDEZ À LAVAGEM

Os ensaios destinados à avaliação da solidez à lavagem doméstica foram realizados nos tecidos tingidos na temperatura de 90 °C, com e sem o pré-tratamento com quitosana. Os ensaios foram realizados no equipamento Kimak AT1-SW, durante 30 minutos, à temperatura de 60 °C, de acordo com os procedimentos descritos na norma ISO 105-C06:2010 - Ciclo A1S.

### 3.6 ÍNDICE UPF

Amostras de tecidos com e sem pré-tratamento com quitosana foram tingidas em diferentes concentrações de extrato (10 gL<sup>-1</sup>, 20 gL<sup>-1</sup> e 40 gL<sup>-1</sup>) na temperatura de 90°C e tiveram o UPF determinado de acordo com o procedimento descrito na norma AS/NZS 4399:2017 utilizando espectrofotômetro Perkin Elmer UV/VIS/NIR Lambda 1050+.

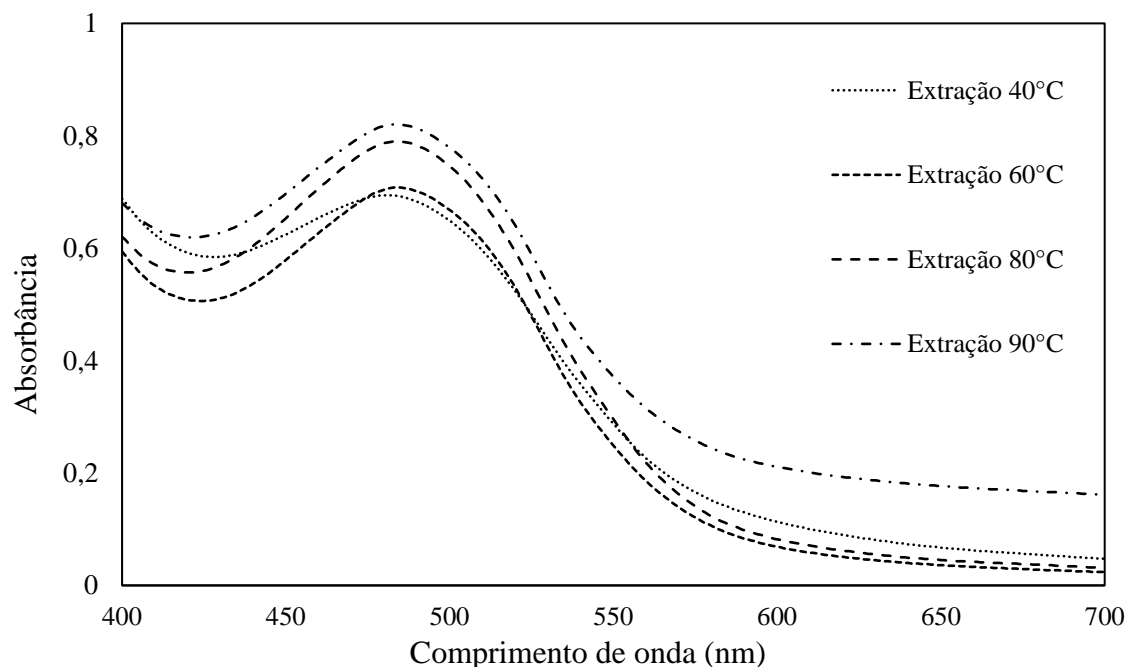
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA EXTRAÇÃO DO CORANTE

O ensaio de varredura mostrou que o comprimento máximo de absorção do extrato de folhas de cajuru foi de 484 nm. Analisando os espectros UV-Vis (Figura 1) observa-se que o incremento da temperatura de extração conduziu a um aumento da absorbância do extrato, indicando uma maior concentração de compostos em solução e, conseqüentemente, uma maior eficiência do processo na temperatura de 90 °C, razão pela qual todos os extratos de folhas de cajuru utilizados no âmbito deste trabalho foram obtidos nestas condições. Estes resultados estão em consonância com os descritos por Uddin (2015) e Farooq et al. (2013) que estudaram a otimização das condições de extração de diferentes corantes naturais e verificaram que temperaturas de extração mais elevadas favorecem o rendimento do processo, uma vez que aumentam a concentração de compostos presentes no extrato.

#### Figura 1

*Espectros de absorção UV-Vis dos extratos em diferentes temperaturas de extração*

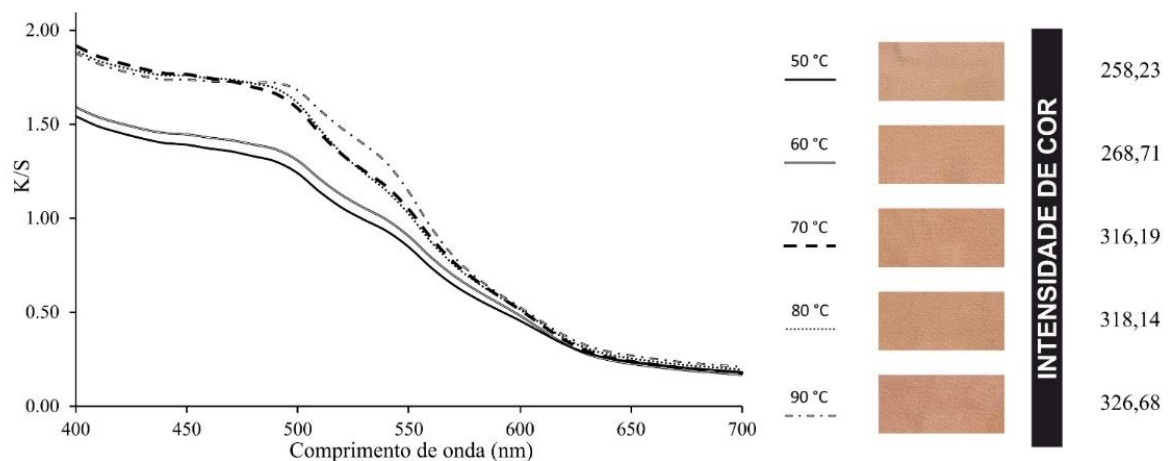


#### 4.2 INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO RENDIMENTO TINTORIAL DO PROCESSO DE TINGIMENTO

Os resultados do tingimento dos tecidos de algodão com o extrato de folhas de cajuru em diferentes temperaturas estão apresentados na Figura 2. É possível constatar através dos valores de intensidade de cor, que o aumento da temperatura favoreceu o rendimento tintorial, sendo o maior rendimento obtido na temperatura de 90 °C. Este comportamento pode ser atribuído à maior energia cinética das moléculas de corante a temperaturas mais elevadas e à maior capacidade de migração das mesmas nestas condições (Ali et al., 2009).

##### Figura 2

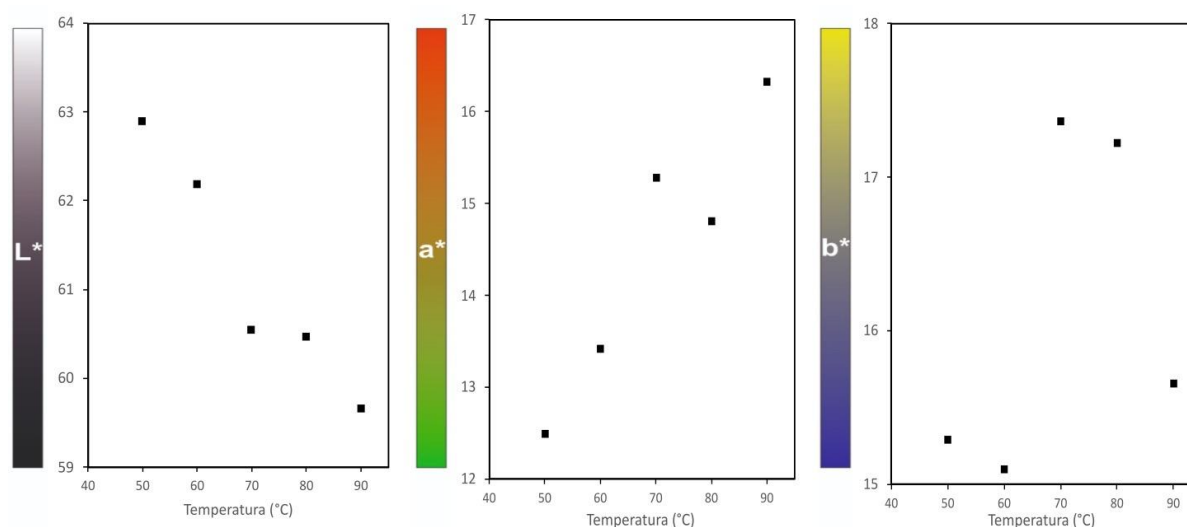
*Tingimento de algodão com extrato de folhas de cajuru - curvas K/S, intensidade de cor e amostras tingidas a diferentes temperaturas testadas.*



A análise das amostras tingidas nas diferentes condições testadas permite também constatar que as tonalidades obtidas se alteram significativamente em função da temperatura de tingimento, situação que se confirma pela existência de cruzamentos nas curvas de K/S das amostras tingidas e que se traduz em variações nas respectivas coordenadas cromáticas, apresentadas na Figura 3.

**Figura 3**

*Coordenadas de cor CIELab de tecidos de algodão tingidos com extrato de folhas de cajuru a diferentes temperaturas*



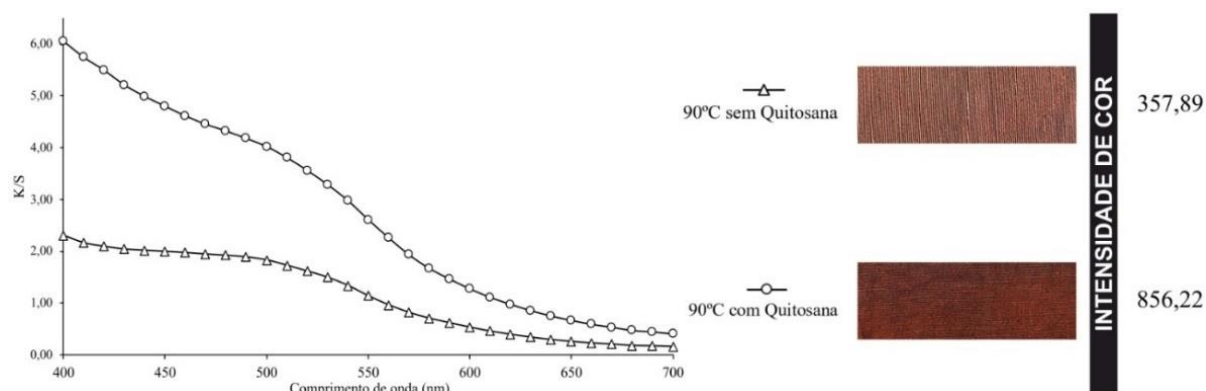
Pela análise das coordenadas cromáticas das amostras tingidas é possível constatar que o tingimento em temperaturas mais elevadas produziu tonalidades mais escuras, traduzidas na redução do valor da coordenada L\* (luminosidade), consequência de uma maior absorção de corante por parte das fibras. Por outro lado, as amostras tingidas em temperaturas superiores apresentaram-se mais avermelhadas (aumento da coordenada a\*), quando comparadas com as amostras tingidas em temperaturas inferiores. A tonalidade mais avermelhada foi obtida na temperatura de 90 °C e a mais amarelada na temperatura de 70 °C.

#### 4.3 INFLUÊNCIA DO PRÉ-TRATAMENTO NO RENDIMENTO TINTORIAL

O pré-tratamento do algodão com uma solução de quitosana conduziu a um aumento significativo do rendimento tintorial obtido no posterior tingimento com extratos de folhas de cajuru, conforme se pode confirmar através dos resultados apresentados na Figura 4.

**Figura 4**

*Gráfico da intensidade de cor dos tecidos com e sem o pré-tratamento com quitosana.*



Como se pode constatar pelos resultados obtidos, o valor de K/S e da intensidade de cor da amostra pré-tratada com quitosana, são consideravelmente superiores ao da amostra branqueada e tingida com a mesma concentração de extrato, indicando que a quitosana promoveu um aumento de absorção do corante pela fibra.

Estes resultados podem ser explicados pela reticulação ocorrida entre o polímero e a fibra, da qual resultou a formação de grupos catiônicos na superfície do algodão (Bhuiyan et al., 2014). A quitosana contém grupos amina ( $-NH_2$ ), que se encontram protonados ( $-NH_3^+$ ) em meio ácido. Em um pH inferior a 4, os grupos carboxílicos e os grupos hidroxilo na celulose não se encontram ionizados. Assim, após o pré-tratamento do algodão com quitosana sob condições ácidas, desenvolve-se um potencial elétrico positivo na superfície do material que aumenta a atração eletrostática entre a fibra e os compostos fenólicos dos extratos de corante, com caráter aniônico, favorecendo dessa forma o estabelecimento de ligações de hidrogênio e de interações iônicas entre eles. Desta forma, aumenta o número de moléculas de corante que interagem e formam ligações com as fibras melhorando o rendimento tintorial do processo (Silva et al., 2018). Resultados semelhantes foram descritos na literatura por Verma (2021) no tingimento de algodão com extrato obtido a partir de cascas de cebola após pré-tratamento com quitosana.

#### 4.4 SOLIDEZ À LAVAGEM

Os resultados dos ensaios de solidez à lavagem doméstica e industrial das amostras de algodão com e sem pré-tratamento com quitosana tingidas com extratos de folhas de cajuru encontram-se representados na Tabela 1.

**Tabela 1**

*Solidez à lavagem dos tecidos de algodão tingidos com extrato das folhas de cajuru com e sem o pré-tratamento com quitosana.*

Amostra	Alteração	Solidez à lavagem					
		WO	Manchamento do tecido testemunho				
			PAC	PES	PA	CO	CA
Sem quitosana	4	4	4-5	3-4	4-5	4	4
Com quitosana	4	4	4-5	3-4	4-5	4	4

A análise dos índices de solidez mostrou que os tecidos tintos com e sem o pré-tratamento com quitosana apresentaram boas propriedades de solidez, tendo-se obtido nota 4 para alteração de cor e notas variando de 3-4 a 4-5 para o manchamento dos tecidos-testemunha. Verificou-se ainda que o pré-tratamento com quitosana não interferiu nos resultados de solidez das amostras. Este resultado tem correlação com o trabalho de Shin e Yoo (2016), que utilizaram o corante da casca de romã para o tingimento de tecido misto de algodão/bambu pré-tratado com quitosana e verificaram que a solidez da cor à lavagem não foi afetada pelo pré-tratamento.

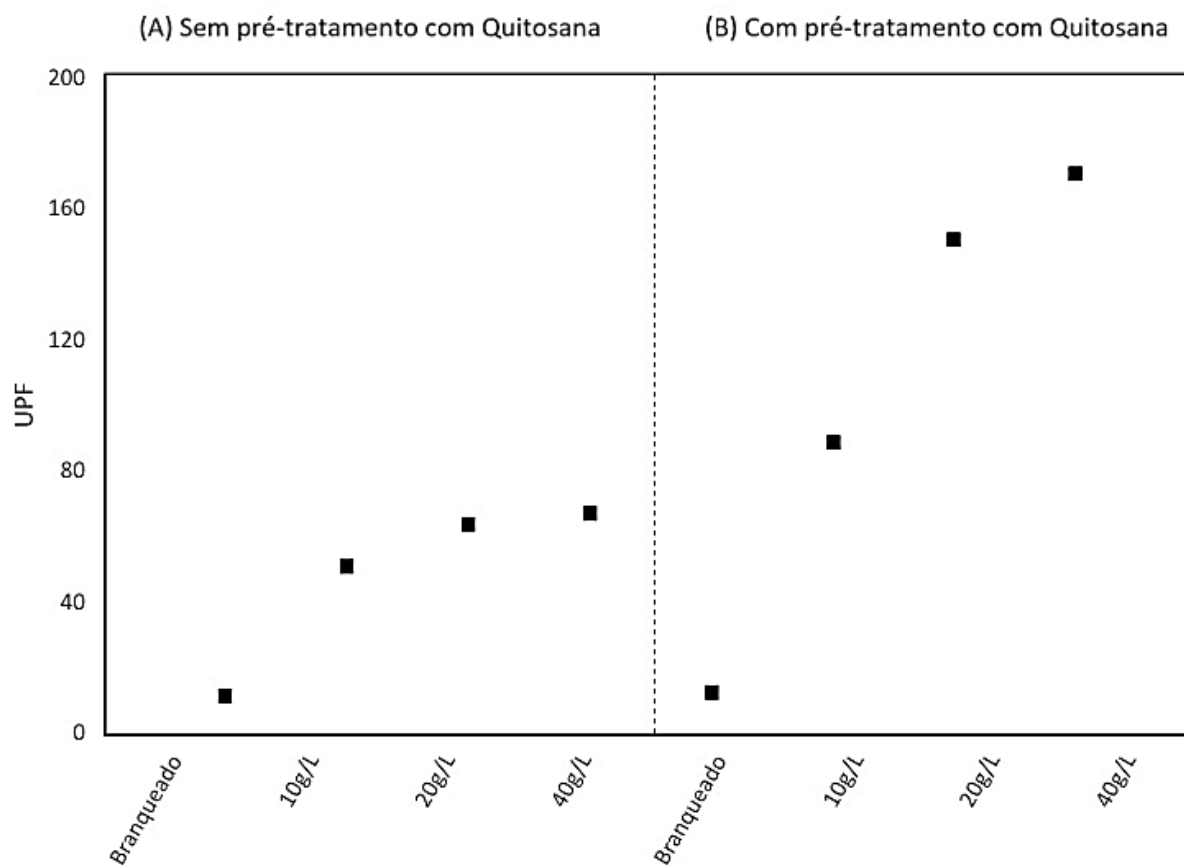
#### 4.5 PROTEÇÃO UV

Na Figura 5 apresentam-se os valores de UPF obtidos nas amostras de algodão com e sem pré-tratamento com quitosana tingidas em diferentes concentrações de extrato de cajuru. As amostras antes do tingimento com e sem quitosana apresentaram respectivamente índices UPF de 13 e 12, o que é classificado como muito baixo de acordo com a norma AS/NZS 4399:2017. Por outro lado, após o tingimento, todas as amostras atingiram valores de UPF superiores a 50, que é considerado excelente, o que sugere que o extrato de cajuru promove proteção UV.



**Figura 5**

Valores de UPF em amostras de algodão com e sem pré-tratamento com quitosana tingidas com diferentes concentrações de extrato de folhas de craijiru



Observou-se ainda que os índices UPF aumentaram com o aumento da concentração do extrato utilizado no tingimento, sendo o melhor resultado obtido na concentração de 40 g/L. Além disso, as amostras com quitosana foram as que proporcionaram maiores índices, possivelmente porque os tecidos pré-tratados absorveram mais corante pela fibra. Até aos limites desta pesquisa, não foi encontrada nenhuma descrição de estudo relatando a avaliação de proteção UV em tecidos tingidos com extrato das folhas de craijiru. No entanto, Srivastava & Sofi (2020) na descrição do seu trabalho sugerem que a formulação de extratos obtida a partir das folhas de *Arrabidaea chica* é um promissor composto natural e livre de inorgânicos para proteção contra a radiação UVA e UVB.

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados mostram que é possível tingir tecidos de algodão com o extrato natural de folhas de crajiru, obtendo-se bons níveis solidez à lavagem e excelentes propriedades anti-UV. A maior intensidade de cor foi obtida no processo de tingimento à temperatura de 90 °C.

O pré-tratamento no tecido de algodão com quitosana mostrou-se eficiente, pois o mesmo aumentou o rendimento tintorial das amostras. Além disso, os valores de UPF do algodão tingido foram proporcionais à concentração do extrato utilizado no tingimento. O pré-tratamento com quitosana aumentou os valores de UPF em todos os casos, devido ao aumento da exaustão do corante, porém não apresentou influência nas propriedades de solidez à lavagem.

Para concluir, o processo de tingimento desenvolvido permite a obtenção de materiais de algodão tingidos, com propriedades anti UV e sustentáveis, por serem produzidos com baixo impacto ambiental e utilizando apenas produtos de origem natural.

## REFERÊNCIAS

- Ali, S., Hussain, T., & Nawaz, R. (2009). Optimization of alkaline extraction of natural dye from Henna leaves and its dyeing on cotton by exhaust method. *Journal of Cleaner Production*, 17(1), 61–66. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.03.002>
- Arivithamani, N., Agnes Mary, S., Senthil Kumar, M., & Giri Dev, V. R. (2014). Keratin hydrolysate as an exhausting agent in textile reactive dyeing process. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 16(6), 1207–1215. <https://doi.org/10.1007/s10098-014-0718-7>
- Ballard, M. W. (2007). Natural Dyes: Sources, Tradition, Technology and Science. *Studies in Conservation*, 52(4), 318–319. <https://doi.org/10.1179/sic.2007.52.4.318>
- Bhuiyan, M. R., Shaid, A., & Khan, M. (2014). Cationization of cotton fiber by chitosan and its dyeing with reactive dye without salt. *Chemical and materials engineering*, 2(4), 96–100.
- Brizido, V. Z. (2018). *Tingimentos de malhas de algodão cationizadas com 3-cloro-2-hidroxi-propiltrimetilamônio (CHTAC)*.
- Chattopadhyay, D. (2001). *Cationization of cotton for low-salt or salt-free dyeing*.
- Drumond Chequer, F. M., De Oliveira, G. A. R., Anastacio Ferraz, E. R., Carvalho, J., Boldrin Zanoni, M. V., & De Oliveir, D. P. (2013). Textile Dyes: Dyeing Process and Environmental Impact. Em M. Gunay (Org.), *Eco-Friendly Textile Dyeing and Finishing*. InTech. <https://doi.org/10.5772/53659>
- Farooq, A., Ali, S., Abbas, N., Zahoor, N., & Ashraf, M. A. (2013). Optimization of Extraction and Dyeing Parameters for Natural Dyeing of Cotton Fabric Using Marigold (*Tagetes erecta*). *Asian Journal of Chemistry*, 25(11), 5955–5959. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2013.14202>

- Fu, S., Farrell, M. J., Hauser, P. J., Hinks, D., Jasper, W. J., & Ankeny, M. A. (2016). Real-time dyebath monitoring of reactive dyeing on cationized cotton for levelness control: Part 1—influence of dye structure, temperature, and addition of soda ash. *Cellulose*, 23(5), 3319–3330. <https://doi.org/10.1007/s10570-016-1008-9>
- Ma, W., Meng, M., Yan, S., & Zhang, S. (2016). Salt-free reactive dyeing of betaine-modified cationic cotton fabrics with enhanced dye fixation. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 24(1), 175–179. <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2015.07.008>
- Marie, M., El-Hamaky, Y., Ahmed, R., & Shahin, M. (2016). Optimization of dyeing of cationized cotton fibers with safflower extracts. *Int. J. Sci. Res*, 5, 1184–1192.
- Pizzicato, B., Pacifico, S., Cayuela, D., Mijas, G., & Riba-Moliner, M. (2023). Advancements in Sustainable Natural Dyes for Textile Applications: A Review. *Molecules*, 28(16), 5954. <https://doi.org/10.3390/molecules28165954>
- Roy Choudhury, A. K. (2014). Coloration of Cationized Cellulosic Fibers—A Review. *AATCC Journal of Research*, 1(3), 11–19. <https://doi.org/10.14504/ajr.1.3.2>
- Salem, V. (2010). *Tingimento Têxtil: Fibras, conceitos e tecnologias*. Editora Edgard Blucher.
- Samanta, A. K., Kar, T. R., Mukhopadhyay, A., Shome, D., & Konar, A. (2015). Cationization of periodate oxidized cotton cellulose of muslin fabric using natural amino acid extract from soya bean seed waste and its eco-friendly dyeing. *Journal of Materials Sciences and Applications*, 1(4), 142–154.
- Shin, Y., & Yoo, D. I. (2016). Dyeing and Antimicrobial Properties of Chitosan-Treated Bamboo/Cotton Blended Fabric with Dye from Pomegranate Rind. *Textile Science and Engineering*, 53(2), 63–67.
- Shirvan, A. R., Shakeri, M., & Bashari, A. (2019). Recent advances in application of chitosan and its derivatives in functional finishing of textiles. *The impact and prospects of green chemistry for textile technology*, 107–133.
- Silva, M. G. D., Barros, M. A. S. D. D., Almeida, R. T. R. D., Pilau, E. J., Pinto, E., Soares, G., & Santos, J. G. (2018). Cleaner production of antimicrobial and anti-UV cotton materials through dyeing with eucalyptus leaves extract. *Journal of Cleaner Production*, 199, 807–816. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.221>
- Srivastava, R., & Sofi, I. R. (2020). Impact of Synthetic Dyes on Human Health and Environment: Em K. A. Wani, N. K. Jangid, & A. R. Bhat (Orgs.), *Advances in Human Services and Public Health* (p. 146–161). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-0311-9.ch007>
- Štěpánková, M., Wiener, J., & Rusinová, K. (2011). Decolourization of vat dyes on cotton fabric with infrared laser light. *Cellulose*, 18(2), 469–478. <https://doi.org/10.1007/s10570-011-9494-2>
- Uddin, M. G. (2015). Extraction of eco-friendly natural dyes from mango leaves and their application on silk fabric. *Textiles and Clothing Sustainability*, 1(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s40689-015-0007-9>

- Verma, M., Gahlot, N., Singh, S. S. J., & Rose, N. M. (2021). UV protection and antibacterial treatment of cellulosic fibre (cotton) using chitosan and onion skin dye. *Carbohydrate Polymers*, 257, 117612. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117612>
- Wangatia, L. M., & Tseghai, G. B. (2016). Cationization of cotton using cattle hoof and horn for salt-free reactive dyeing. *The Journal of The Textile Institute*, 107(11), 1375–1380. <https://doi.org/10.1080/00405000.2015.1114350>
- Yurkanis Bruice, P. (2015). *Fundamentos de química orgánica*.
- Zhou, L., Shao, J. Z., Chai, L. Q., & Fu, G. D. (2012). Adsorption Behavior of Annatto Dye on Cotton Fabrics Modified by Sericin. *Advanced Materials Research*, 441, 111–115. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.441.111>