

ESTUDO DA VIABILIDADE DO TINGIMENTO DA POLIAMIDA COM CORANTE NATURAL DE URUCUM

DOI: 10.19177/rgsa.v9e0l2020571-585



Marcel Jefferson Gonçalves¹

Ivonete Oliveira Barcellos²

Rita de Cássia S. Curto Valle³

Lorena Benathar Ballod Tavares⁴

RESUMO

O setor têxtil brasileiro se destaca mundialmente e tem grande representação no PIB nacional. No entanto, é um grande gerador de efluentes contendo elevada coloração, devido aos corantes sintéticos que possuem carcinogenicidade e recalcitrância na remoção. A utilização de corantes naturais reduziria a carga poluente, evitando ainda extração de produtos derivados do petróleo, utilizados na fabricação de corantes sintéticos. Estudos têm sido realizados com corantes naturais, porém poucos abordam a aplicação em fibras sintéticas. O diferencial deste trabalho está no estudo da viabilidade de aplicação do corante natural de urucum em fibra sintética de poliamida. Utilizou-se urucum com duas distintas origens: “comercial” (obtido da empresa Duas Rodas) e “in natura” (extraído diretamente da planta *Bixa orellana*). Realizou-se uma caracterização em espectrofotometria UV/VIS, apontando similaridade entre ambos. Foram tingidas amostras de tecidos em condições convencionais de processo (100°C, pH 4,0), alcançando 99,6% e 99,8% de esgotamento, respectivamente, indicando alta adsorção do corante ao tecido em ambos casos. Os testes da qualidade realizados nas amostras tingidas apontaram fixação da cor, com boa solidez à lavagem e à

¹ Departamento de Engenharia Química. Universidade Regional de Blumenau (FURB). marcelg@furb.br

² Departamento de Química. Universidade Regional de Blumenau (FURB). iob@furb.br

³ Departamento de Engenharias. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). rita.valle@ufsc.br

⁴ Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Regional de Blumenau (FURB). lorena@furb.br

fricção, atingindo valores de até 4/5 nas notas de transferência da cor, nos dois casos. Os resultados sinalizam potencial uso do corante de urucum no setor têxtil para tingimento da poliamida.

Palavras-chave: Poliamida. Urucum. *Bixa orellana*. Desenvolvimento sustentável. Tingimento.

FEASIBILITY STUDY OF THE POLYAMIDE DYEING WITH ANNATTO NATURAL DYE

The Brazilian textile sector stands out worldwide and has a large representation in the national GDP. However, it is a great generator of colored wastewater and it is due synthetic dyes that indicate carcinogenicity and recalcitrance in removal.

The use of natural dyes can reduce the pollutant load, besides avoiding the extraction of petroleum products used in the manufacture of synthetic dyes. There are studies carried out with natural dyes, but few address the application in synthetic fibers. The value of work done is in the study of the feasibility of applying the natural annatto dye in synthetic polyamide fiber. Annatto from two different sources was used: “commercial” (obtained from the company Duas Rodas) and “in natura” (extracted directly from the *Bixa orellana* plant). The characterization in UV / VIS spectrophotometry was performed indicating similarity between both.

Tissue samples were dyed under conventional process conditions (100 ° C, pH 4.0), obtaining depletion rates of 99.6% and 99.8%, respectively. This is indicative of high adsorption of the dye to the fabric, in both cases. The quality tests carried out on the fabrics that were dyed indicated color fixation, with good solidity to washing and friction and obtaining values of up to 4/5 in the notes of the color transfer parameter, for both cases. The results indicated that there is potential for use in textile sector of the annatto dye for dyeing polyamide.

Key words: Polyamide. Annatto. *Bixa orellana*. Sustainable development. Dyeing.

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT), a indústria têxtil brasileira ocupa a quinta posição mundial em produção. No Brasil, é o segundo setor maior empregador da indústria de transformação, perdendo apenas para alimentos e bebidas juntos (ABIT, 2019). A indústria têxtil possui várias etapas em sua cadeia produtiva, desde a produção da fibra até a confecção das peças. Um fator relevante é a quantidade de impactos ambientais que gera por meio de seus processos produtivos, principalmente na etapa de beneficiamento, na qual produtos químicos nocivos são utilizados nos processos de tingimento, gerando efluentes

altamente coloridos e contaminados quimicamente (CRIADO et al., 2017; UL-ISLAM et al, 2018).

O uso da técnica de tingir é milenar, sendo empregado, originalmente, corantes obtidos da própria natureza para tal fim. Com o crescimento da população e, conseqüentemente, do consumo, e mais tarde, com os avanços tecnológicos, foi necessário sintetizar os corantes a partir de matérias primas sintéticas, possibilitando assim aumentar em grande escala sua produção. Isto ocasionou a substituição dos corantes naturais pelos sintéticos, principais responsáveis pela poluição gerada nas indústrias têxteis atualmente e que apresentam extrema dificuldade de remoção no tratamento dos efluentes. Tais efluentes podem causar, se não forem tomados os cuidados necessários, impactos ambientais negativos e sérios fatores de risco à saúde humana (RAINERT et al., 2017; TRINDADE et al., 2014).

Uma das maiores preocupações existentes na atualidade está relacionada a preservação dos recursos naturais e aos resíduos tóxicos produzidos pelas indústrias. O mercado da moda está valorizando as coleções que são lançadas com apelo de “ecologicamente mais correto” (Eco marcas), pois os consumidores estão despertando para a ocorrência da degradação do planeta, tomando como exemplo, dentre muitas notícias publicadas em vários sites, a matéria divulgada no site da Associação Brasileira do Varejo Têxtil (ABVETEX) com o título: “Marcas ampliam opções de produtos ‘verdes’”. Corroborando esta tendência global, nos últimos eventos técnicos sobre moda realizados no Brasil, vários autores têm apresentado seus estudos nesta área, conforme as últimas edições do Congresso Científico Têxtil e de Moda (CARUZI et al., 2014; RODRIGUES; ARAUJO, 2014; SILVA et al., 2016; SILVA et al., 2017).

O uso dos corantes naturais como substituto dos corantes sintéticos é algo que vem sendo estudado e investigado, pois é cada vez mais necessário pensar em sustentabilidade e estudar as estratégias para alcançá-la (SHAHID; ISLAM; MOHAMMAD, 2013). O interesse pelo uso de corantes naturais tem crescido nos últimos anos, uma vez que apresentam melhor biodegradabilidade e são produzidos por processos menos agressivos (KAMEL et al., 2009).

A utilização de corantes naturais é, portanto, uma ótima alternativa para redução dos impactos ambientais negativos ocasionados pela indústria têxtil. Apesar disso a instabilidade e a falta de conhecimento desses corantes faz com que seu uso seja mais restrito. Desse modo, são crescentes os estudos nesta área, a fim de mitigar

os impactos mediante alternativas que sejam, além de benéficas à natureza, também técnica e comercialmente viáveis (LUCARINI et al., 2017; DIAS, 2010; BUENO et al., 2020).

Diante deste cenário, torna-se importante o estudo e a busca por técnicas que possibilitem obter, utilizando matérias-primas naturais, um tingimento uniforme, sólido e estável, que possa ser empregado a nível industrial. Para alavancar esta prática é necessário e essencial a realização de estudos para descobrir potenciais corantes naturais e, posteriormente, viabilizar sua aplicabilidade industrial. O objetivo deste trabalho está voltado a esta necessidade, mediante um estudo inicial da viabilidade de aplicação do corante natural de urucum em fibra sintética de poliamida.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Materiais

O corante natural de urucum “comercial” foi obtido da empresa Duas Rodas (Jaraguá do Sul, S.C.), sob a forma líquida e pH na faixa de 12,0 e 13,7. O corante de urucum “in natura” foi extraído e secado diretamente da planta *Bixa orellana* localizada no município de Blumenau, S.C., nas coordenadas 26°53'27.7"S 49°05'05.2"W. Doravante serão denominados apenas de “corante líquido” e corante pó “in natura”, respectivamente.

Utilizou-se o tecido de poliamida com gramatura de 200 g/m² obtido de uma empresa têxtil da região de Blumenau, sem nenhum beneficiamento (cru).

O detergente utilizado na purga foi obtido da empresa Dystar e os demais reagentes (hidróxido de sódio, carbonato de sódio e ácido acético) adquiridos no comércio local, foram utilizados em grau de pureza analítica (P.A.).

2.2 Métodos

2.2.1 Extração, purificação e caracterização do urucum

O corante “in natura” foi extraído diretamente das sementes da planta *Bixa orellana* por extração em meio alcalino, seguido de purificação em meio ácido e secagem em estufa a 70 °C (COSTA; CHAVES, 2005). O corante líquido e o corante

em pó “in natura” foram caracterizados por varredura em espectrofotômetro UV-VIS (UV-1650pc SHIMADZU) entre 300 e 700 nm obtendo-se uma banda máxima de absorção em 454 nm em ambos casos (BECHTOLD; MUSSAK, 2009).

2.2.2 Preparação do tecido

Inicialmente amostras de 10 gramas do tecido foram purgadas com relação de banho 1:10 (massa de tecido por volume de banho = $g_{\text{tecido}}/ml_{\text{banho}}$) para remoção de óleos e impurezas. Os procedimentos realizados consistiram em uma purga a 80 °C por 30 minutos, seguidos de neutralização com ácido acético e mais duas lavagens a temperatura ambiente. Na purga foram adicionados 1,5 g/L de detergente não iônico e 2 g/L de carbonato de sódio, conforme proposto por Araújo e Castro (1986).

2.2.3 Tingimentos

Os tingimentos dos tecidos foram realizados em triplicatas de 10 gramas cada e a quantidade de banho obedeceu a uma relação de banho 1:10 ($g_{\text{tecido}}/mL_{\text{banho}}$). O pH foi ajustado para 4,0 e a temperatura de processo foi mantida em 100 °C pelo tempo de 60 minutos e nenhum tipo de fixador ou mordente foi utilizado nos tingimentos (SALEM, 2010). Na tentativa de aproximar as concentrações finais aplicadas aos tecidos para os dois corantes (líquido comercial e pó “in natura”), várias soluções foram preparadas e as absorbâncias mensuradas, com todas as soluções ajustadas em pH 4,0. Para o corante líquido utilizou-se 1,25 ml para 100 ml de banho (volume final acertado com água destilada), alcançando absorbância de 0,424 (diluído 1:10). Com isto a concentração de corante líquido no tecido foi de 12,5%. Para o corante em pó “in natura” foi utilizada a massa de 0,025 g para 100 ml de banho, alcançando absorbância de 0,516 (diluído 1:10) e concentração de corante no tecido de 0,25%. Todas as medições de absorbância foram realizadas no comprimento de onda de máxima absorção das soluções (454 nm), ajustadas em pH 4,0.

2.2.4 Determinação do percentual de esgotamento

A determinação da quantidade de corante que foi adsorvido no tecido (percentual de esgotamento) foi determinada mediante medições da absorbância das

amostras líquidas, em espectrofotômetro UV-VIS (UV-1650pc SHIMADZU) no comprimento de onda de máxima absorção dos corantes. Para o cálculo do percentual de esgotamento utilizaram-se as leituras das absorbâncias de amostras “em branco”, ou seja, amostra do banho sem tecido, mas que foram submetidas a temperatura e tempo de tingimento (designada de amostra “inicial”) e amostras dos banhos residuais após o tingimento dos tecidos (amostra final), conforme Equação 01 (MITTERSTEINER et al., 2017). As leituras das amostras em branco são necessárias devido à instabilidade do corante de urucum em condições de temperatura elevada e pH reduzido (BUENO et al., 2018).

$$\% \text{ Esgotamento} = \frac{(Inicial_{ABS} - Final_{ABS})}{Inicial_{ABS}} \times 100 \quad \text{Eq. 01}$$

2.2.5 Testes de solidez da cor

Realizaram-se nas amostras tingidas os ensaios de solidez à lavagem em equipamento Kimak AT1-SW à 40 °C, com adição de detergente padrão e medidos de acordo com a norma ABNT NBR ISO 105-C06 (ABNT, 2010). Para a composição dos tecidos testemunha, conforme indicado pela norma, foram utilizados dois tecidos: um deles com a mesma composição de fibras que o tecido tingido (poliamida) e outro de fibra celulósica (algodão). Os testes de solidez à fricção seco e úmido foram conduzidos em aparelho Crockmeter conforme proposto pela norma ABNT NBR ISO 105-X12 (ABNT, 2016).

Todos os resultados dos testes de solidez foram avaliados visualmente por comparação à escala cinza (método padrão da ABNT NBR ISO 105, partes A02 e A03) (NBR, 2006).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização dos corantes

A varredura em espectrometria UV/Vis entre 300 e 700 nm apontou dois picos máximos de absorção: $\lambda = 454\text{nm}$ e $\lambda = 482\text{nm}$ para ambos corantes, comportamento similar aos apontados por Costa e Chaves (2005). O maior pico de absorção

encontrado e considerado para as leituras de cor dos banhos foi de 454 nm, que segundo Bechtold e Mussak (2009) é um valor típico para corantes de urucum.

3.2 Tingimentos

Na Tabela 1 são apresentados os resultados das avaliações colorimétricas dos tecidos tingidos com os corantes e também o desvio padrão ($\pm$) relacionado a cada valor.

Tabela 1. Parâmetros cromáticos dos tecidos tingidos

	Corante líquido	Corante pó "in natura"
L*	65,75 $\pm$ 0,26	66,28 $\pm$ 0,06
C*	60,17 $\pm$ 1,80	58,63 $\pm$ 0,75
h*	57,12 $\pm$ 0,04	55,98 $\pm$ 0,01

L* = luminosidade (grau de brilho de tecido); C* = saturação (vivacidade da cor);

h* = ângulo de matiz métrico.

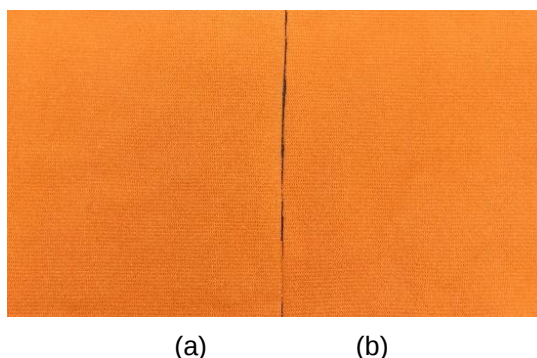
Fonte: Autor (2019)

As cores dos tecidos tingidos por ambos corantes apresentaram comportamento colorístico muito similar, conforme observado nos valores das coordenadas colorísticas L, C e h. Segundo Salem (2010) o significado de L está relacionado a luminosidade presente na amostra e, portanto, quanto maior este valor mais claro será a cor percebida no tecido. Com uma diferença de 0,53 o corante pó "in natura" apresentou maior luminosidade. A coordenada C relaciona-se com a diferença de croma (saturação) e a coordenada h relaciona-se com a tonalidade. As pequenas diferenças de 1,54 e 1,14 para C e h respectivamente indicam uma ligeira, mas presente diferença na tonalidade das amostras. Ul-Islam et al (2018) realizaram tingimentos de sementes de urucum utilizando sais metálicos como mordentes em tecidos de lã, e os valores das coordenadas colorísticas encontradas foram L = 68,15, C = 33,05 e h = 62,5, para uma concentração de 20% do corante sob a forma líquida. Neste trabalho, para o corante líquido, utilizou-se 12,5%, e o valor da coordenada colorística C obtido apresentou valor superior, indicando maior saturação, ressaltando ainda que a fibra utilizada nesse trabalho é similar a fibra proteica, porém é sintética, no caso poliamida. De uma maneira geral percebe-se similaridade nos valores entre os trabalhos, que utilizaram urucum como corante. Relativo a observação visual da

cor obtida com o tingimento (Figura 1), tanto o corante líquido comercial, como o pó “in natura” apresentaram coloração semelhante.

Figura 1: Amostras dos tecidos tingidos

(a: corante líquido comercial, b: corante pó “in natura”).



Fonte: Autor (2019)

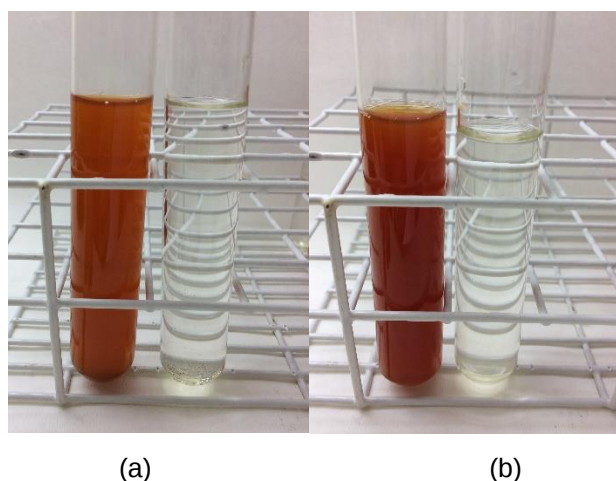
3.3 Percentual de esgotamento

Os valores do percentual de esgotamento dos banhos de corante foram similares para ambos os corantes e apresentaram valores elevados. Tanto para o corante líquido ($99,6\% \pm 0,08$), como para o “in natura” ($99,8\% \pm 0,05$), os tingimentos promoveram esgotamento quase integral nas amostras líquidas. Em um tingimento utilizando corantes sintéticos ácidos, Koh et al (2018) alcançaram valores próximos de 95% de esgotamento. Os corantes sintéticos que tingem a poliamida são corantes ácidos (que também tingem a lã) e geralmente alcançam valores de esgotamento próximos de 97% (SADEGHI-KIAKHANI et al, 2011). Os autores Das, Maulik, Bhattacharya (2007) encontraram esgotamento próximo de 60% ao tingir fibras de seda e lã com o corante de urucum. Ao realizar tingimentos em tecidos de algodão com o corante de urucum, Piccoli (2009) apontou valores próximos de 80% de esgotamento. Em um estudo do corante natural de hena em fibras de lã, Alam, Rahman, Haque (2007) encontraram 97,1% de esgotamento ao utilizar 0,2% do corante e constataram ainda que, conforme a concentração do corante aumentava, reduzia o percentual de esgotamento, chegando a 1,5% do corante com 81,02% de esgotamento.

Objetivando destacar o impacto visual na geração de efluentes menos coloridos com a aplicação destes corantes, na Figura 2 estão apresentadas as amostras líquidas dos banhos, antes (inicial) e depois do tingimento.

Figura 2: Amostras dos banhos antes e após os tingimentos

(a: corante líquido comercial, b: corante pó “in natura”)



Fonte: Autor (2019)

Observa-se, visualmente, que após o processo de tingimento, os banhos estão praticamente incolores corroborando com os altos valores de esgotamento e apontando que, praticamente todo corante que havia no banho foi adsorvido pelo tecido.

3.4 Testes da qualidade

Os resultados dos testes de solidez a lavagem e a fricção, realizados nas amostras tingidas estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados dos testes de solidez dos tecidos tingidos com os dois corantes.

Solidez	Corante líquido			Corante pó “in natura”		
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Lav. CO Tran ¹	3	3	3	3	3	3
Lav. PA Tran ²	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
Lav. Degr ³	4	4	4	4	4	4
Fricção S Tran ⁴	5	5	5	5	5	5
Fricção U Tran ⁵	5	5	5	5	5	5

¹Avaliação (nota) da transferência da cor ao tecido testemunha de algodão após o teste de solidez.

²Avaliação (nota) da transferência da cor ao tecido testemunha de poliamida após o teste de solidez.

³Avaliação (nota) da degradação da cor das amostras tingidas após o teste de solidez. ⁴Avaliação (nota) da transferência da cor ao tecido testemunha seco após o teste de fricção. ⁵Avaliação (nota) da transferência da cor ao tecido testemunha úmido após o teste de fricção.

Fonte: Autor (2019)

Relativo aos dados da tabela 2, cabe ressaltar que as notas dos testes de solidez, segundo a escala cinza de medição, variam de 1 a 5 tanto para determinação da “transferência” quanto para quantificação da “degradação” da cor. Na transferência é avaliado o grau de manchamento ocasionado no tecido testemunha devido ao corante que desprende-se do tecido tingido durante o teste de solidez e migrou para o tecido testemunha. Quanto maior a nota, menor é o manchamento do tecido testemunha e, conseqüentemente, mais fixado o corante está no tecido tingido. A nota da “degradação” avalia a diferença da cor do tecido antes e depois de submetido ao teste de solidez. Quanto maior o valor da nota menor será a degradação da cor no teste de solidez. Assim, a nota 5 de transferência indica que o tecido testemunha não apresentou nenhum manchamento após o teste e a nota 5 de degradação atesta que não houve desgaste da cor no teste de solidez. O resultado de menor desempenho foi da transferência da cor no tecido testemunha de algodão, com nota 3. Segundo informações das indústrias da região de Blumenau (SC/Brasil), o padrão para liberação do lote de tingimento com relação as notas de transferência seriam no mínimo valor de 3/4 e para degradação nota 4. Portanto, a nota do grau de manchamento ficou apenas 0,5 pontos (1/2) abaixo do permitido pelo padrão industrial. Este resultado poderia ser melhorado adicionando mais uma lavagem após o processo de tingimento, ou ainda, acrescentando um produto fixador. Realizando tingimentos de poliamida com cúrcuma, Elnagar, Elmaaty e Raouf (2014) alcançaram valores de 3/4 e 4/5 para transferência e degradação, respectivamente, utilizando pré-tratamentos com ozônio no tecido. Realizando tingimento de urucum em fibras de seda e lã os autores Das, Maulik, Bhattacharya (2007) encontraram notas de 2/3 para degradação da cor e 4 e 2/3 para transferência em testemunhas de algodão e lã, respectivamente.

As notas do grau de transferência da cor ao tecido testemunha de poliamida ficaram em 4/5 e da degradação da cor atingiram 4. Esses resultados são considerados satisfatórios para as indústrias da região. Nos testes de solidez a fricção

os resultados com notas máximas apontaram que não houve transferência da cor do tecido ao tecido testemunha.

4 CONCLUSÃO

Do ponto de vista ambiental, os valores dos percentuais de esgotamento obtidos neste estudo indicam que a utilização do corante natural deve ser recomendada, pois trata-se de um agente que não impacta negativamente o meio. Além disso, pelas coordenadas colorísticas obtidas, o corante natural, possui competitividade, e com o diferencial de ser um produto sustentável. Do ponto de vista técnico, os resultados dos testes da qualidade comprovaram a fixação da cor obtida em todos os tingimentos, alcançando índices máximos na solidez a fricção e valores de até 4/5 na solidez a lavagem. A nota 3 obtida na solidez a lavagem (transferência ao tecido testemunha de algodão) poderia ser melhorada adicionando uma simples lavagem adicional ao processo de tingimento ou ainda com aplicação de algum agente fixador da cor.

Diante dos resultados promissores, o corante natural de urucum obtido em solução líquida comercial ou obtido diretamente da planta *Bixa orellana* por extração em meio alcalino, possui viabilidade de tingimento para tecidos de poliamida e é, portanto, um corante natural com grande potencial para aplicação na indústria têxtil de fibras sintéticas.

REFERÊNCIAS

ABIT. Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. Disponível em: www.abit.org.br. Acesso em: 23 julho 2019.

ABVETEX. Associação Brasileira do Varejo Têxtil. Disponível em: <http://www.abvtex.org.br/noticias/marcas-ampliam-opcoes-de-produtos-verdes>. Acesso em: 19 julho 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 105-C06:2010**: Têxteis - Ensaio de solidez da cor. Parte C06: Solidez da cor à lavagem doméstica e comercial. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 105-X12**: Têxteis - Ensaio de solidez da cor. Parte X12: Solidez da cor à fricção. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 105-A02:2006**: Têxteis - Ensaio de solidez da cor. Parte A02: Escala cinza para avaliação da alteração da cor. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 105-A03:2006**: Têxteis - Ensaio de solidez da cor. Parte A03: Escala cinza para avaliação da transferência da cor. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ALAM, M.; RAHMAN, M.; HAQUE, M. Extraction of Henna Leaf Dye and its Dyeing Effects on Textile Fibre. **Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research**, v. 42, n.2, 217-222. 2007. doi: 10.3329/bjsir.v42i2.475.

ARAÚJO, M.; CASTRO, E. M. Manual de Engenharia Têxtil. ed. Lisboa: Calouste Gulbenkian. 1986

BECHTOLD, T.; MUSSAK, R. **Handbook of Natural Colorants**. Leopold-Franzens University, Austria. John Wiley & Sons Ltd. 2009. ISBN: 978-0-470-51199-2.

BUENO, A. M.; KRAUTLER, M. I. L.; BARCELLOS, I. O.; DE SOUZA, C. K.; CARVALHO, L. F.; GONÇALVES, M. J.; BERTOLI, S. L. Avaliação da estabilidade térmica e química do corante natural de urucum para aplicação têxtil. São Paulo: Blucher. p. 1719-1722. 2018. doi: 10.5151/cobeq2018-PT.0459.

BUENO, A. M.; KRAUTLER, M. I. L.; BARCELLOS, I. O.; DE SOUZA, C. K.; CARVALHO, L. F.; GONÇALVES, M. J.; BERTOLI, S. Colorimetric Analysis of the Stability of Annatto Dye in Solution and its Use in the Dyeing of Polyester Fibers.

Fibers and Polymers. 2020. doi: 10.1007/s12221-020-8681-x.

CARUZI, B. B.; DUTRA, F. V.; KAWASAKI, I.; BEZERRA, F. M. Avaliação do extrato de romã (*Punica Granatum*) como corante natural. *Contexmod*. 2014. Disponível em: <http://contexmod.net.br/index.php/segundo/article/view/110>. Acesso em: 27 julho 2019.

CRIADO, S. P.; GONCALVES, M. J.; TAVARES, L. B. B.; BERTOLI, S. L. Estudo de remoção de cor por processo de eletrocoagulação mediante metodologia de superfície de resposta. **Química têxtil** v.126, p.33-66. 2017. Disponível em: <https://www.abqct.com.br/2019/06/08/edicao-126>.

COSTA, C. L. S.; CHAVES, M. H. Extração de pigmentos das sementes de bixa orellana L.: uma alternativa para disciplinas experimentais de química orgânica. **Química Nova**, v.28, n.1, p.49-152. 2005. doi: 10.1590/S0100-40422005000100026. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000100026. Acesso em: 09 julho 2019.

DAS, D.; MAULIK, R.M.; BHATTACHARYA, S.C. Dyeing of wool and silk with Bixa Orellana. **Indian Journal of Fibre and Textile Research**. v. 32. p.366-372. 2007. Disponível em: <http://nopr.niscair.res.in/handle/123456789/346>.

DIAS, M. **Estabilidade à radiação uv em estamparia do corante natural de urucum adsorvido em argila caulim**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC. 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/93707>.

ELNAGAR, K.; ELMAATY, T. A.; RAOUF, S. Dyeing of Polyester and Polyamide Synthetic Fabrics with Natural Dyes Using Ecofriendly Technique. **Journal of Textiles**. V. 2014. p.8. 2014 <http://dx.doi.org/10.1155/2014/363079>.

KAMEL, M. M.; ZAWAHRY, M. M.; AHMED, N. S.; ABDELGHAFAR, F. Ultrasonic dyeing of cationized cotton fabric with natural dye. Part 1: Cationization of cotton using Solfix. **Ultrasonics Sonochemistry**. v.16 p.243–249. 2009. doi: 10.1016/j.ultsonch.2008.08.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350417708001284>. Acesso em: 06 julho 2019.

KOH, J., KIM, H.J., LEE, B.S., KIM, S.D. Effect of Acid Donors on the Dyeing of Nylon Fiber with Acid Milling Dyes. **Fibers and Polymers**. v. 19, n. 12, p.2533–2540. 2018. <https://doi.org/10.1007/s12221-018-8350-5>.

LUCARINI, A. C.; TABU, A. S. F.Z.; SILVA, F. F. R.; MORAES, G. A.; PIAZON, G. I.; ZURAWSKI, M. P. Estudo da extração de corante natural que confere proteção

ultravioleta em fibras naturais. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 03, p.082-094. 2017. doi: 10.18540/jcecvl3iss2pp082-094. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/ojs/jcec/article/view/2305>. Acesso em: 06 julho 2019.

MITTERSTEINER, M.; SCHMITZ, F.; BARCELLOS, I. O. Reuse of dye-colored water post-treated with industrial waste: Its adsorption kinetics and evaluation of method efficiency in cotton fabric dyeing. **Journal of Water Process Engineering**, v.17, p.181-187. 2017. doi: 10.1016/j.jwpe.2017.04.004.

RAINERT, K. T.; Nunes, H.C.A.; GONÇALVES, M. J.; TAVARES, L. B. B. Equilibrium, kinetic and thermodynamic studies on the removal of reactive dye RBBR using discarded SBS paperboard coated with pet as an adsorbent. **Desalination and Water Treatment**, v. 86, p. 203-212. 2017. doi: 10.5004/dwt.2017.21299.

RODRIGUES, J. A. R.; ARAÚJO, M. C. Os corantes naturais e seu uso em produtos de moda de origem têxtil. II Congresso Têxtil e Científico de Moda - Contexmod. São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.contexmod.net.br/index.php/segundo/article/view/9>.

SADEGHI-KIAKHANI, M., GHARANJIG, K.; ARAMI, M., KHOSRAVI, A. Dyeing and fastness properties of polyamide fabrics using some acid-based monoazo disperse dyes. **Journal of Applied Polymer Science**. p. 3390-3395. 2011. doi.org/10.1002/app.34418.

SALEM, V. Tingimento Têxtil: fibras, conceitos e tecnologia. São Paulo: Blucher: Golden Tecnologia. 2010.

SHAHID, M.; ISLAM, U. S.; MOHAMMAD, F. Recent advancements in natural dye applications: a review. **Journal of Cleaner Production**. v.53, p.310-331. 2013. doi: 10.1016/j.jclepro.2013.03.031. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652613001698>. Acesso em: 06 julho 2019.

UL-ISLAM, S.; RATHER, L. J.; SHABBIR, M.; BUKHARI, M. N.; KHAN, M. A.; MOHAMMAD, F. First Application of Mix Metallic Salt Mordant Combinations to Develop Newer Shades on Wool with Bixa orellana Natural Dye Using Reflectance Spectroscopy, **Journal of Natural Fibers**, v.15, n.3, 363-372. 2018. doi: 10.1080/15440478.2017.1330717.

SILVA, M. G.; SILVA, A. B.; GIACOMINI, F.; ARZANI, V. C.; FERREIRA, F. L.; RUGGERI, T. Tingimento de têxteis com o corante natural extraído dos excrementos do bicho-da-seda. IV Congresso Têxtil e Científico de Moda – Contexmod. 2016. Disponível em: <http://www.contexmod.net.br/index.php/quarto/article/view/359>.

SILVA, P. M. S.; QUEIROZ, R. S. Q.; ROSSI, T.; ARAUJO, M. C. Corante natural e produção local. V Congresso Têxtil e Científico de Moda – Contexmod. 2017. Disponível em: <http://contexmod.net.br/index.php/quinto/article/view/620>.

TRINDADE, N. B.; ROSSI, T.; ARAÚJO, M. C.; LEITE, A. S.; ROSA, J. M. Otimização de processo: estudo para a redução de água em tingimentos de algodão com pigmento urucum. II Congresso Têxtil e Científico de Moda - **Contexmod**. São Paulo. 2014. Disponível em: <http://www.contexmod.net.br/index.php/segundo/article/view/195/0>.

