

Tingimento natural em algodão com anadenanthera macrocarpa (benth)

Optimization of a natural dyeing of cotton with anadenanthera macrocarpa (benth)

DOI:10.34117/bjdv7n12-326

Recebimento dos originais: 12/11/2021

Aceitação para publicação: 09/12/2021

Thais Ribeiro Falcão

Graduada em Engenharia Têxtil

Instituição: Universidade Estadual de Maringá

Endereço: Av. Reitor Zeferino Vaz, S/N°. Jardim Universitário, 87360-000 – Goioerê,
PR

E-mail: ra88022@uem.br

Márcia Gomes da Silva

Doutora em Engenharia Têxtil

Instituição: Universidade Estadual de Maringá

Endereço: Av. Reitor Zeferino Vaz, S/N°. Jardim Universitário, 87360-000 – Goioerê,
PR

E-mail: marcia_gds@yahoo.com.br

Simone Fiori

Doutora em Química

Instituição: Universidade Estadual de Maringá

Endereço: Av. Reitor Zeferino Vaz, S/N°. Jardim Universitário, 87360-000 – Goioerê,
PR

E-mail: sfiori@uem.br

Alexandre José Sousa Ferreira

Doutor em Engenharia Têxtil

Instituição: Universidade Federal de Santa Catarina

Endereço: R. João Pessoa, 2750 - Velha, 89036-002 – Blumenau, SC

E-mail: alexandre.ferreira@ufsc.br

António Pedro Garcia de Valadares Souto

Doutor em Química Têxtil

Instituição: Universidade do Minho

Endereço: Campus de Azurém, Av. da Universidade, 4800-058 Guimarães, Portugal

E-mail: souto@det.uminho.pt

Nívea Taís Vila

Doutora em Engenharia Têxtil

Instituição: Universidade Estadual de Maringá

Endereço: Av. Reitor Zeferino Vaz, S/N°. Jardim Universitário, 87360-000 – Goioerê,
PR

E-mail: ntvila@uem.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi investigar o uso do corante natural proveniente das cascas da árvore angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth)) no tingimento da fibra de algodão sem a presença de mordentes, determinando as condições ótimas de temperatura, concentração e pH no banho, avaliando então as propriedades de lavagem e solidez à fricção nas condições otimizadas. As condições foram encontradas utilizando o planejamento fatorial 2^3 e a variável resposta foi a intensidade de cor nos tecidos. Os parâmetros de cor foram analisados pelo espectrofotômetro na região visível através do K/S (força colorística). Os testes de lavagem foram realizados de acordo com a norma ISO 105-C06:2010. Os testes de fricção foram executados de acordo com a ISO 105-X12:2016.

Palavras-chave: Tingimento, corante natural, angico vermelho

ABSTRACT

This research aimed to study the dyeing process of cotton with natural dye from tree bark *Anadenanthera macrocarpa* (Benth) without mordant, determining the optimum conditions of temperature, concentration and pH in the dyeing and to evaluate the properties of washing and rubbing fastness under optimized conditions. The dyeing conditions were optimized through 23 full factorial design and the response variable was the color intensity of fabrics. The color parameters were analyzed by spectroscopy in the visible region, by analyzing the color strength (K/S). The washing fastness was performed according to the standard procedure ISO 105-C06: 2010. The rubbing fastness was carried out according to ISO 105-X12: 2016.

Keywords: Dyeing, natural dye, red angico

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a falta de recursos como água e energia obrigou a indústria têxtil a repensar e tentar otimizar os processos produtivos. Por esses motivos as empresas estão cada vez mais envolvidas no desenvolvimento de pesquisa e em novas tecnologias (SAMANTA et al., 2019).

A indústria têxtil é considerada uma das maiores consumidoras de água e poluidora do meio ambiente. O principal impacto da indústria têxtil é a poluição devido ao alto volume de efluentes produzidos e conseqüentemente descartados no meio ambiente (KHOUNI et al., 2011).

Os efluentes têxteis são caracterizados pela presença de corantes sintéticos que foram utilizados para o processo de tingimento têxtil, esses corantes acabam produzindo efluentes tóxicos e resíduos que não podem ser caracterizados como biodegradáveis. Infelizmente alguns corantes sintéticos além da contaminação ao meio ambiente apresentam potencial toxicológico, carcinogênico, mutagênico e com chances de

provocarem dermatites quando colocados em contato com a pele. Por esse motivo a utilização de corantes naturais vem sendo cada vez mais procurada. Estudos já comprovam que corantes naturais possibilitam um amplo espectro de cores, abrindo novas possibilidades para os designers têxteis, além de necessitar de um menor volume de água no processo de tingimento e evitar a poluição, preservando a vida do meio onde será descartado (GIACOMINI et al., 2016).

Apesar das vantagens relacionadas à utilização de produtos naturais para o tingimento, existem algumas desvantagens como cores menos intensas, ausência de tonalidades brilhantes, além de baixa solidez à lavagem, fricção e à luz. Outro grande problema da utilização de corantes naturais é a falta de reprodutibilidade das cores e a baixa produção dos mesmos (KANT, 2012).

A fibra de algodão assim como todas as outras fibras celulósicas tem baixa afinidade com corantes naturais, logo, para que ocorra a melhor aderência do corante no material pode-se utilizar eletrólitos, que usados nas proporções adequadas garantem uma maior adsorção fibra-corante e conseqüentemente um resultado melhor nos testes de solidez. (MONTAZER, 2007; KHATRI, 2011; ACHARYA et al., 2014).

A maioria dos corantes naturais não possui propriedades de solidez satisfatórias e deve ser aplicada com a ajuda de mordentes. Geralmente um sal metálico com afinidade com o corante e com a fibra é utilizado. Os íons de metais de transição são capazes de produzir forças de atração e interação fraca a média e, conseqüentemente, agem como um ligante para fornecer substantividade aos corantes naturais quando um material têxtil é impregnado com esses sais (SAMANTA, 2011). Os mordentes têm a função de fixar a cor no material têxtil, possibilitando a variação das nuances se assim for desejado. Esse tratamento pode ser realizado no tecido antes de ser tinto, para que no momento do tingimento a fibra esteja preparada de forma adequada para receber e fixar o corante (ZARKOGIANNI et al., 2011).

Uma solução viável para o tingimento natural sem o uso de eletrólitos e/ou mordentes metálicos é o uso de mordentes naturais que apresentam propriedades fixadoras nas fibras celulósicas (ZARKOGIANNI et al., 2011). O tanino presente em folhas, cascas, madeira, botões florais, sementes e raízes é uma saída para a realização de um tingimento com maiores resultados de solidez (SINGH, 2018).

O Angico vermelho é um exemplo de corante que apresenta em sua composição química grande quantidade de taninos (TRUGILLHO et al., 1997), que permitem uma maior facilidade em fixar a cor nas fibras têxteis sem a utilização de eletrólitos ou

mordentes Suas árvores estão espalhadas pela maioria dos estados brasileiros. A casca já é utilizada como corante natural para tingimento de couro, além da utilização da madeira para a fabricação de móveis (PAULA et al., 1997). Desta forma, o presente trabalho investiga as melhores condições de tingimento como o pH, temperatura e a concentração inicial de corante em tecidos de algodão utilizando o angico vermelho como corante e avaliando a solidez à lavagem e fricção dos tecidos tingidos.

2 METODOLOGIA

2.1 MATERIAIS

Tecido de algodão 100%, alvejado e apresentando uma gramatura de 198,6 g/m² (56 fios de urdume/cm e 22 tramas/cm). As cascas do angico vermelho foram secas por um período de 24 horas para remover toda a umidade e posteriormente foram trituradas e armazenadas para serem utilizadas na preparação do extrato para o tingimento.

2.2 PREPARAÇÃO DO EXTRATO AQUOSO DE ANGICO VERMELHO

O extrato corante da casca do angico vermelho foi preparado adicionando 10, 15 ou 20 gramas da casca triturada em 1L de água destilada. O extrato foi obtido em uma temperatura de 90 °C por 60 min e então filtrado. A solução filtrada foi utilizada no processo de tingimento.

2.3 PROCESSO DE TINGIMENTO

As variáveis temperatura, pH e concentração inicial do extrato foram consideradas no planejamento fatorial 2³, composto por 11 de ensaios, sendo 3 ensaios no ponto central.

O tingimento de cada amostra durou 60 min utilizando o equipamento AT1-SW Kimak, com relação de banho 1:100. A variável resposta foi a intensidade de cor dos tecidos de algodão. A Tabela 1 apresenta as variáveis e os níveis de tingimento. Esta análise foi avaliada pelo software *Design Expert 7*.

Tabela 1 - Planejamento Fatorial para o tingimento dos tecidos de algodão

Variáveis numéricas	Níveis		Ponto central
	-1	1	0
Temperatura (°C)	80	100	90
pH	4	6	5
Concentração inicial do extrato (g L ⁻¹)	10	20	15

Após o tingimento, as amostras foram lavadas com uma solução de detergente não iônico, durante 10 min na temperatura de 60 °C, lavado em água fria e seco em temperatura ambiente.

A força colorística dos tecidos tintos (K/S) foi calculada utilizando a equação de Kubelka–Munk equação (1) como mostrado abaixo (Štěpánková, Wiener and Rusinová, 2011):

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

Onde K é o coeficiente de absorção, S é o coeficiente de dispersão, e R é a taxa de refletância de luz que incide sob uma determinada amostra na faixa de 400 a 700 nm, que foi medido usando o espectrofotômetro Datacolor 550. As medidas foram feitas em 5 diferentes posições na superfície do tecido e calculou-se a média dos resultados.

A intensidade da cor (I) das amostras foram também determinadas, usando a equação (2), como descrita abaixo (Štěpánková, Wiener and Rusinová, 2011).

$$I = \sum_{\lambda=400 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} \frac{K}{S}(\lambda) * \Delta\lambda \quad \Delta\lambda = 10 \quad (2)$$

2.4 SOLIDEZ À LAVAGEM

As amostras tingidas nas condições experimentais otimizadas segundo os resultados obtidos a partir da Tabela 1, foram submetidas ao teste de solidez à lavagem, de acordo com os procedimentos da norma ISO 105-C06: 2010, ciclo A1S, substituindo o detergente padrão pelo detergente não iônico, conforme recomendado nos trabalhos de Jothi (Jothi, 2008). A alteração de cor e o manchamento nas amostras foram avaliadas no espectrofotômetro Datacolor 550.

2.5 SOLIDEZ À FRICÇÃO












Os testes de solidez à fricção foram realizados para analisar a resistência do corante natural no tecido sob ação física de acordo com a norma ISO 105-X12:2016. Cada amostra foi friccionada contra o tecido testemunha de algodão por 10 vezes no estado seco e úmido. Os resultados foram avaliados com a utilização da escala cinza.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE TINGIMENTO

A Tabela 2 demonstra o planejamento fatorial utilizado nas amostras de algodão tingidas com o extrato das cascas do angico vermelho:

Tabela 2 - Resultados do planejamento fatorial 2³ utilizado na avaliação da influência das variáveis na intensidade da cor para o tingimento de algodão com extrato de cascas de angico vermelho.

Teste	Concentração (gL ⁻¹)	pH	Temperatura (°C)	Intensidade de cor (I)	Cor
1	-	-	-	158,5	
2	+	-	-	213,47	
3	0	+	-	134,09	
4	+	+	-	212,87	
5	-	-	+	157,72	
6	+	-	+	216,37	
7	-	+	+	141,14	
8	+	+	+	198,51	
9	0	0	0	173,31	
10	0	0	0	168,67	
11	0	0	0	172,34	

Todas as amostras tintas em temperaturas, pH e concentração diferentes apresentaram uma coloração marrom. Esta coloração foi mais intensa no ensaio 6 (concentração de 20 g L⁻¹, pH 4 e temperatura de 100 °C) o que sugere que nessas condições de tingimento ocorreu maior quantidade de corante sorvida pelos tecidos. De

fato, o valor máximo da intensidade de cor (I) foi 216.37 e foi observado em níveis menores de pH e níveis mais altos de concentração e temperatura.

O efeito das variáveis em relação a resposta (I), bem como a porcentagem de contribuição de cada variável são apresentados na Tabela 3. Foi constatado que a concentração apresentou a maior contribuição (90,93%) no aumento da variável resposta, seguido pelo pH (5,15%).

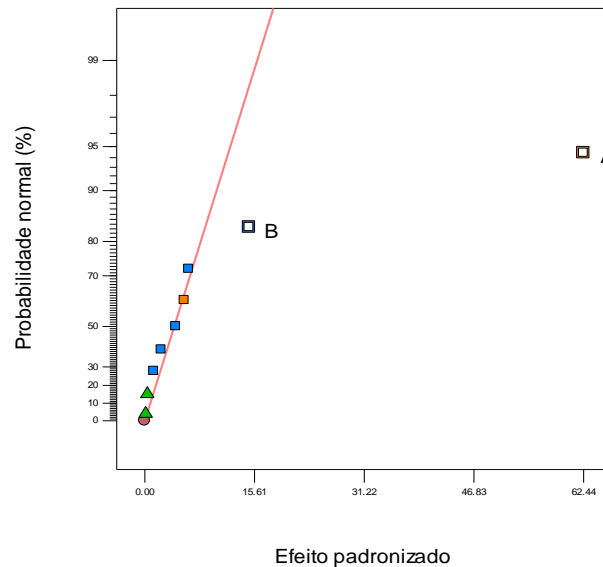
Ademais também se nota que o efeito do pH na variável resposta é negativo no tingimento, isso significa que o aumento deste fator diminui o valor da variável resposta (I), de acordo com os dados experimentais, constantes na Tabela 3.

Tabela 3 - Efeitos do planejamento fatorial para o tingimento com extrato de angico vermelho.

Parâmetro	Efeito do parâmetro	Contribuição (%)
A-Concentração	62,44	90,93
B-pH	-14,86	5,15
C-Temperatura	-1,30	0,04
AB	5,63	0,74
AC	-4,43	0,46
BC	-2,36	0,13
ABC	-6,27	0,92
Curvatura	-43,66	1,50
Erro puro		0,14

A Figura 1 mostra o gráfico onde os efeitos de concentração e pH foram selecionados para as análises de variância (ANOVA). A reta representa o erro associado, valores que se distanciam da reta que representa o erro têm efeitos mais significativos. Assim esta análise evidenciou que os efeitos principais de concentração (A) e pH (B) foram significativos, ou seja, existe uma diferença entre escolher o nível mais alto ou o mais baixo para essas variáveis. Os efeitos de temperatura (C), bem como os efeitos de interação foram descartados.

Figura 1 - Gráfico de probabilidade normal dos efeitos do planejamento fatorial.



Os resultados da ANOVA para o tingimento são apresentados na Tabela 4. Considerando um nível de significância de 0,05, ou seja, 95% de confiabilidade, os resultados indicaram que o modelo proposto é significativo. O valor $<0,05$ apresentado pelo tamanho do modelo permite a rejeição da hipótese nula (h_0), que afirma que os termos do modelo são parte do erro da população. Os resultados também indicaram que os fatores A (concentração) e B (pH) produzem efeitos significativos, uma vez que ambos os fatores apresentaram um nível de significância menor que 0,05.

Desta forma, o modelo matemático que inclui as variáveis (A e B) é útil para explicar os resultados observados na variável resposta (I).

Tabela 4 - ANOVA para os resultados do planejamento fatorial.

	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Valor F	Valor-p Nível de significância
Modelo	8239,92	2	4119,96	138,97	$< 0,0001$
A- Concentração	7798,13	1	7798,13	263,03	$< 0,0001$
B-pH	441,79	1	441,79	14,90	0,0062
Curvatura	128,59	1	128,59	4,34	0,0758
Falta de ajuste	195,92	5	39,18	6,75	0,1341
Erro puro	11,61	2	5,81		
Total	8576,04	10			

Os resultados do teste F para a curvatura indicam que é possível rejeitar a hipótese de existência de curvatura, ou seja, a curvatura apresentada pelos modelos não é

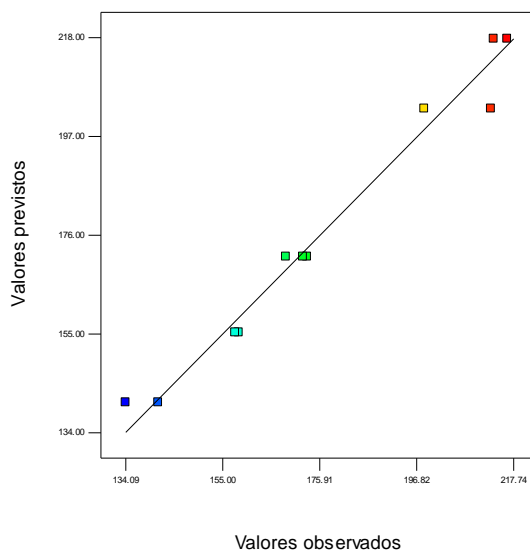
significativa e o modelo de 1º grau é adequado. O mesmo ocorreu para os resultados de falta de ajuste, que não foi significativo, indicando que houve um ajuste adequado do modelo estatístico. Por meio de análises de variável foi verificado que o modelo matemático que inclui fatores específicos (concentração e pH) é útil para explicar os resultados observados da variável resposta (I) para o tingimento. A Tabela 5 apresenta a equação obtida no modelo estatístico em termos dos fatores codificados e o coeficiente de correlação R².

Tabela 5 - Equação do modelo estatístico obtido pelo planejamento fatorial

Equação do modelo	R ² Previsto	R ² Ajustado
Intensidade de cor = 179,0837 + 31,2212A - 7,4312B	0,93847143	0,96841395

Para validar a qualidade do modelo estatístico, a Figura 2 apresenta o resultado dos valores previstos pelo modelo versus os valores experimentais. É possível verificar que o modelo foi adequado, pois os valores são próximos da linha e os desvios entre eles são distribuídos de maneira homogênea, ou seja, variações negativas e positivas estão na mesma proporção.

Figura 2 - Valores esperados versus valores observados para intensidade de cor.



Como já foi observado na Tabela 3, a concentração inicial do corante foi o fator que mais influenciou a variável resposta (I). Sendo assim, constatou-se que a capacidade de absorção foi dependente da concentração, uma vez que para 20 g.L⁻¹ houve maior quantidade de corante absorvido na fibra de algodão. Portanto, isto pode ser resultado de

um aumento na força motriz do gradiente de concentração com o aumento da concentração inicial de corante, indicando que esta desempenha um papel importante na capacidade de absorção do corante angico vermelho nas fibras de algodão (SEPTHUM et al., 2009).

A influência do pH mostra que a intensidade da cor diminui com o aumento do pH do banho. Este comportamento está relacionado com as interações iônicas entre os íons na solução e os grupos químicos presentes na superfície da fibra. (ALI, 2013; SILVA et al., 2018; FIORI et. al., 2021). Parte dos grupos hidroximetil ($-CH_2OH$) presentes na fibra de algodão são naturalmente oxidados, formando grupos carboxílicos ($-COOH$), razão pela qual as fibras celulósicas adquirem geralmente uma carga ligeiramente negativa quando imersas em soluções aquosas. Se o pH da solução é maior que 8 alguns dos grupos hidroxila ($-OH$) presentes nas cadeias laterais dos grupos hidroximetil também podem ionizar-se, aumentando a carga negativa da fibra. Considerando que o angico vermelho contém grupos fenólicos, estes também adquirem carga negativa em soluções aquosas (NEEDLES,1986). A existência de potencial eletrônico negativo na superfície das fibras celulósicas contribui para a repelência dos ânions do corante dificultando sua absorção.

Contudo, a valores de pH inferiores a 4, os grupos carboxílicos e hidroxílicos presentes ao longo das cadeias poliméricas das fibras são pouco ionizados, o que reduz consideravelmente o potencial elétrico negativo na superfície da fibra. Nessas circunstâncias, as moléculas de corante podem alcançar a superfície das fibras do algodão com mais facilidade e interagir com elas através da formação de ligações de hidrogênio, junto com algumas interações íon-dipolo. Assim, é possível concluir que a formação de carga negativa na superfície celulósica através do pH alcalino dificulta a absorção do extrato de angico vermelho, o que justifica os melhores resultados obtidos em condições ácidas (RATTANAPHANI et al., 2007).

3.2 SOLIDEZ À LAVAGEM E À FRICÇÃO

Os resultados obtidos para os testes de solidez à lavagem e à fricção das amostras de tecido de algodão tingidas com o extrato de cascas do angico vermelho são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultados dos testes de solidez à lavagem e à fricção

Alteração	Solidez à lavagem						Solidez à fricção	
	Manchamento do testemunho						Seco	Úmido
	WO	PAC	PES	PA	CO	CA		
4-5	5	5	5	4-5	5	4-5	5	4

Os índices em geral podem ser considerados de bons a muito bons. Estes resultados podem ser explicados pela presença de grande quantidade de taninos no extrato do angico (TRUGILLHO et al., 1997), uma vez que esses componentes agem como mordentes, fixando os corantes dentro das fibras, produzindo bons resultados de solidez (MONGKHOLRATTANASIT et al., 2011).

4 CONCLUSÕES

A partir dos ensaios realizados constatou-se que foi possível tingir os tecidos de algodão com as cascas do angico vermelho sem a utilização de mordentes ou eletrólitos, obtendo-se bons resultados de intensidade de cor e solidez. Dentre os parâmetros estudados, a concentração do corante foi a variável que mais contribuiu para a fixação do extrato no algodão, seguido pelo pH. A amostra de tecido tingido em condições otimizadas apresentou bons resultados nos testes de solidez à lavagem e à fricção. Os requisitos da legislação e regulamentação de poluição ambiental mudaram significativamente nos últimos anos, exigindo uma mudança de postura das indústrias têxteis em seu processo fabril, visando a minimização de poluentes, preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável. Devido a essas crescentes demandas ambientais, bem como demandas por maior desempenho técnico, muitos esforços estão sendo despendidos para aprimorar os processos têxteis existentes, visando eximir processos e possíveis contaminações com metais pesados em efluentes que ecologicamente são extremamente prejudiciais ao ambiente.

REFERÊNCIAS

- Acharya, s. *Et al.* Chemical cationization of cotton fabric for improved dye uptake, cellulose, v.21, n.6, p. 4693–4706, 2014.
- Ali, n. F.; el-mohamedy, r. S. R.; rajput, s. Improvement of antimicrobial activity for onion natural dyed fabrics through chitosan pretreatment, journal of applied sciences research, v.9, n.8, p. 4993–5002, 2013.
- Fiori, b. A. *Et al.* Proteção uv de tecidos de poliamida e de lã tingidos com folhas de teca, brazilian journal of development, v.7, n.6, p.58416-58429, 2021.
- Giacomini, f. *Et al.* Ecofriendly dyeing of silk with extract of yerba mate (*ilex paraguariensis*), textile research journal, p. 1-9, 2016.
- Jothi, d. Extraction of natural dyes from african marigold flower (*tagetes erectal*) for textile coloration, autex research journal, v.8, n.2, p. 49–53, 2008.
- Kant, r. Textile dyeing industry an environmental hazard, natural science, v.04, n.01, p. 22–26, 2012.
- Khatri, a. Use of biodegradable organic salts for pad-steam dyeing of cotton textiles with reactive dyes to improve process sustainability, international conference on education, research and innovation, 18, p. 84–89, 2011.
- Khouni, i. *Et al.* Decolourization of the reconstituted textile effluent by different process treatments: enzymatic catalysis, coagulation/flocculation and nanofiltration processes, desalination, 268(1–3), p. 27–37, 2011.
- Mongkholrattanasit, r. *Et al.* Properties of wool and cotton fabrics dyed with eucalyptus , tannin and flavonoids, fibres & textiles in eastern europe, v.19, n.2, p. 90–95, 2011.
- Montazer, m., malek, r. M. A.; rahimi, a. Salt free reactive dyeing of cationized cotton, fibers and polymers, v.8, n.6, p. 608–612, 2007.
- Needles, h. L. Textile fibers, dyes, finishes, and processes: a concise guide. Noyes publications (pollution technology review), 1986.
- Paula, r. C. M.; budd, p. M.; rodrigues, j. F. Characterization of anadenanthera macrocarpa exudate polysaccharide, polymer international, v. 44, n.1, p. 55–60, 1997.
- Rattanaphani, s. *Et al.* An adsorption and thermodynamic study of lac dyeing on cotton pretreated with chitosan, dyes and pigments, v.72, n.1, p. 88–96, 2007.
- Samanta, a. K.; konar, a. Dyeing of textiles with natural dyes, natural dyes. Edited by e. P. A. Kumbasar. Croácia: intech, p. 29–56, 2011.
- Samanta, k. K. *Et al.* Water consumption in textile processing and sustainable approaches for its conservation, water in textiles and fashion. Woodhead publishing, p. 41–59, 2019.

Septum, c. *Et al.* An adsorption study of alum-morin dyeing onto silk yarn, fibers and polymers, v.10, n.4, pp. 481–487, 2009.

Silva, m. G. *Et al.* Cleaner production of antimicrobial and anti-uv cotton materials through dyeing with eucalyptus leaves extract, journal of cleaner production, 199, p. 807–816, 2018.

Singh, s., singh, d. R. Application of natural mordants on textile, j. Appl. Home sci, v.5, n.1, p. 252–260, 2018.

Štepankova, m., wiener, j.; rusinová, k. Decolourization of vat dyes on cotton fabric with infrared laser light, cellulose, v.18, n.2, p. 469–478, 2011.

Trugillho, p. F. *Et al.* Avaliação do conteúdo em taninos condensados de algumas espécies típicas do cerrado mineiro, cerne, lavras, v.3, n.1, p. 1–13, 1997.

Zarkogianni, m. *Et al.* Colour and fastness of natural dyes: revival of traditional dyeing techniques, coloration technology, v.127, n.1, p. 18–27, 2011.