

ANÁLISE TÉCNICA E AMBIENTAL DO TINGIMENTO TÊXTIL COM CORANTES VEGETAIS

Technical and environmental analyses of textile dyeing using vegetable dyes

Luana Fraga Delfino Kunz¹, Mauro César Cardoso Cruz², Tiago de Moraes Faria Novais³

1 Universidade do Estado de Minas Gerais – Divinópolis, Minas Gerais, Brasil

2 Universidade do Estado de Minas Gerais – Divinópolis, Minas Gerais, Brasil

3 Universidade do Estado de Minas Gerais – Divinópolis, Minas Gerais, Brasil / Centro Universitário de Formiga – Formiga, Minas Gerais, Brasil

Resumo

Os corantes vegetais foram ao longo do tempo substituídos por corantes sintéticos por serem mais práticos e apresentarem maior estabilidade nas peças. Esses corantes são derivados do petróleo e carvão mineral, extraídos por meio de processos poluentes e tóxicos, além de serem altamente solúveis em água, e liberados junto a grandes quantidades de efluentes gerados. O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade técnica e ambiental do uso de corantes vegetais selecionados no tingimento de tecidos, analisando parâmetros ambientais do efluente gerado, como pH, turbidez, DBO, DQO e a qualidade do tecido em relação ao tingido industrialmente analisando ainda solidez à fricção e à lavagem e parâmetros de espectrofotometria. Para isso, foram feitos tingimentos utilizando beterraba, repolho roxo e casca de cebola em processo artesanal. As análises de qualidade do tecido demonstraram resultados satisfatórios quanto à brancura, hidrofília, solidez à lavagem e fricção. Os efluentes apresentaram grande quantidade de matéria orgânica, com valores muito acima do permitido pela Deliberação Normativa COPAM/CERH n.1 de 2008 – Art 29 de Efluentes industriais.

Palavras-chave: pigmentos vegetais; indústria têxtil; sustentabilidade.

Autor correspondente:

Mauro César Cardoso Cruz

End.: Avenida Paraná, 3001, Divinópolis, Minas Gerais, Brasil,

E-mail:mauro.cruz@uemg.br

Telefone:(37) 3229 3500

Recebido em: 27/03/2018

Revisado em: 26/04/2018

Aceito em: 29/11/2018

Publicado em: 29/03/2019

Abstract

Overtime, vegetable dyes have been replaced with synthetic dyes, because the latter are easier to work with and more stable with textile fibers. However, synthetic dyes are derived from petroleum and coal, and their extraction produces pollutants and toxins. Furthermore, they are highly soluble in water, and are released with large amounts of wastewater. The objective of the present study was to evaluate both the technical and environmental viability of the uses of select vegetable dyes for dyeing textiles by analyzing the environmental parameters of the generated effluent, such as pH, turbidity, biochemical oxygen demand and chemical oxygen demand. The quality of the fabric in relation to industrial dyeing was also analyzed, including fastness to friction and resistance to washing, using spectroscopy. Dyes were handmade using beets, red cabbage and onion skin. The analyses revealed satisfactory results in terms of whiteness, hydrophilicity, and fastness to washing and friction. Effluents possessed high percentages of organic matter, above that allowed by the deliberative standard of COPAM / CERH n.1 2008 - Art 29 for industrial effluents.

Keywords: vegetable dyes; textiles; sustainability.

Introdução

A arte de desenvolver atividades têxteis no Brasil é antiga. Os índios já utilizavam técnicas de entrelaçamento de fibras para a confecção de objetos que lhes serviriam de vestimentas rústicas, cestos e abanos. A técnica local constituiu um conjunto de conhecimentos de extrema importância para as atividades e à economia durante o período colonial, que foram apropriadas desenvolvidas ou conservadas pelo europeu, adaptando-as às suas necessidades, a partir do conhecimento de várias fibras para tecelagem ou entrançado, a exemplo do algodão, o tucum, o caraguatá-bravo e a peipeçaba¹.

O desenvolvimento de uma indústria têxtil de fato, se deu de forma lenta e com restrições que isolavam e limitavam a tecelagem para que não houvesse desvio de mão de obra escrava dos trabalhos agrícolas e extrativistas. Essa definição foi imposta por D. Maria I pelo Alvará de 5 de janeiro de 1785¹⁻². Décadas depois o Alvará foi revogado, permitindo o início do desenvolvimento têxtil no Brasil¹.

Um acentuado desenvolvimento da indústria têxtil pôde ser verificado a partir do início do século XX, encontrando a maturidade na década de 1940, chegando a ser considerada um setor industrial dinâmico de uma economia subdesenvolvida. Sua sólida estrutura lhe conferiu a posição de segundo lugar na produção têxtil mundial, e de exportar para grande parte do mundo, por ocasião da Segunda Guerra Mundial⁴.

Após os corantes sintéticos serem descobertos em 1865 pelo químico inglês William Perkin os corantes vegetais foram, aos poucos, substituídos até serem praticamente abandonados por volta de 1900¹. Segundo Ferreira¹, os corantes sintéticos são substâncias altamente tóxicas, derivados do petróleo e carvão mineral extraídos por meio de processos

poluentes. São sintetizados a partir das mesmas matérias primas utilizadas na produção de explosivos como o TNT (tri-nitro-tolueno) e outros compostos orgânicos ricos em nitroglicerina. Esses compostos são altamente solúveis em água, com taxa de esgotamento (fixação ao tecido) de 70%, liberando os 30% não incorporados à fibra junto à grande quantidade de efluentes gerados que, se não forem devidamente tratados, irão impactar a fauna, flora e a população em contato com esses resíduos, o que caracteriza uma grande preocupação ecológica emergente⁶. A grande maioria dos corantes sintéticos são xenobióticos, ou seja, estranhos ao meio. Acrescenta-se ainda o fato de que microorganismos aquáticos não possuem enzimas específicas para a degradação desses compostos sob condições aeróbias¹. No entanto, ainda segundo os mesmos autores, grupos de pesquisadores admitem que, devido à alta diluição desses compostos, poucos corantes poderiam causar efeitos ecológicos agudos em concentrações que não sejam visíveis a olho nu - o que demonstra a necessidade de análise e pesquisa acerca da transformação desses compostos no meio.

Os corantes naturais, por sua vez, são extraídos de fontes como plantas, minerais e animais, são em sua grande maioria facilmente biodegradáveis. No entanto, são mais instáveis e por isso chamados “não-substantivos,” necessitando do auxílio de fixadores (mordentes) que induzam a fixação da cor ao tecido, podendo para isso serem utilizados sais metálicos que tenham afinidade as duas partes e que, por meio de ionização, formarão ligações que irão facilitar a ligação entre pigmento e fibra¹. Além disso, segundo Rodrigues¹, associar tanino a sais metálicos proporciona melhor resultado na fixação da cor ao tecido.

O tingimento com corantes naturais apresenta cores de tons pastéis e confortáveis, dificilmente conseguidos com corantes sintéticos, além dos pigmentos poderem ser extraídos de matérias primas que estão facilmente ao nosso redor, permitindo-nos uma gama de experiências com as cores. No entanto, existe uma grande dificuldade em se reproduzir as cores uma vez obtidas naturalmente, pois a quantidade de pigmento difere, em uma mesma planta, de uma parte para outra, de uma estação reprodutiva para outra e de um indivíduo para outro⁸. Além disso, ainda segundo Konar e Samanta⁸, as tonalidades de cores são facilmente influenciáveis até mesmo pelo tipo de material utilizado para o processo, como as panelas ou mordentes utilizados.

O presente estudo visou analisar a viabilidade técnica do uso de pigmentos vegetais no tingimento de tecidos como alternativa à utilização de corantes sintéticos por meio do uso de insumos e técnicas com menor potencial poluidor, quando comparados a um método tradicional. Foram analisadas a fixação dos corantes por meio da solidez à fricção e lavagem, bem como a brancura e hidrofiliabilidade do tecido. Em relação ao efluente gerado, foram analisados o pH, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e a demanda química de oxigênio (DQO), comparando com o determinado na Deliberação Normativa COPAM/CERH N.01, de 05/05/2008 – Art. 29 – Efluentes industriais¹.

Metodologia

Como método tradicional de tingimento de tecidos, considerou-se a metodologia utilizada pela Companhia de Fiação e Tecelagem de Divinópolis (FITEDI), indústria têxtil localizada em Divinópolis, interior do estado de Minas Gerais.

O desenvolvimento da técnica experimental baseou-se nos procedimentos utilizados pela Arabesco Confecções, empresa também divinopolitana que tem como ramo de atividades a confecção, tingimento e estamparia de tecidos. Foram coletadas amostras dos efluentes gerados em seu processo de tingimento, bem como amostras dos tecidos após o processo de beneficiamento.

Nesse processo foram utilizadas três amostras de tecido 100 % algodão (tricoline) de 1 m² cada. Os tratamentos selecionados utilizaram como base para extração do corante a beterraba (*Beta vulgaris esculenta*), cascas de cebola (*Allium cepa*) e repolho roxo (*Brassica oleracea*). A escolha desses vegetais baseou-se na facilidade de acesso às sobras desses vegetais em feiras livres, supermercados, centrais de abastecimento e demais estabelecimentos comerciais como restaurantes e lojas de produtos alimentícios *in natura*.

Para extração dos corantes, os vegetais foram triturados obtendo-se uma pasta e embebidos em solução de H₂O, NH₃ e Álcool Etilíco 70 % em vasilhame por 20 minutos. Após separação das

partículas sólidas por filtração, obtiveram-se as tinturas utilizadas no processo.

No tratamento preliminar, a retirada do amido (goma) foi realizada por meio do repouso das amostras por duas horas em solução de sabão neutro com concentração de 3 %. Já para a retirada de óleos, ceras e graxas (purga), as amostras foram colocadas em solução de água, detergente neutro (0,22 %), NaOH (0,16 %) e H₂O₂ (0,66 %) durante 30 minutos a 70° C.

Como forma de aumentar a afinidade elétrica do tecido junto ao corante, foi realizada a pré-mordentagem do tecido que, nesse caso, foi feita utilizando taninos extraídos de folhas de goiabeiras (*Psidium guajava*) levadas à ebulição na proporção de 500 g de folhas para um litro de H₂O por 30 minutos. Após filtragem, a solução foi diluída em 17 L de H₂O, posteriormente adicionado ao tecido e aquecido a 70° C por 30 minutos.

O aumento da eletroafinidade entre os componentes do tingimento foi obtido por meio de NH₄Fe(SO₄)₂ (sulfato de amônio e ferro), extraído em solução de 1 L de H₂O, 500 g de pregos oxidados, amido de milho (15 g), açúcar (15 g) e vinagre (15 ml). Após 48 h em repouso, a solução foi diluída em 17 L de H₂O e aquecida a 70° C por uma hora.

Cada uma das tinturas obtidas foi diluída em 17 L de H₂O, adicionado o tecido e misturados vigorosamente durante 30 minutos a 70° C. Após atingir temperatura ambiente, os tecidos foram imersos em solução de 2 L de H₂O e 15 g de NaCl, levemente agitados durante 10 minutos e secados à sombra.

As análises de qualidade do tecido como hidrofília, brancura, solidez à fricção e à lavagem, realizadas nas dependências laboratoriais da indústria, mediram a capacidade do tecido de absorver água e o seu grau de limpeza. Essas propriedades foram avaliadas após o processo de purga. Para análise da hidrofiliabilidade colocou-se um pedaço circular de aproximadamente 5 cm de diâmetro do tecido em um recipiente transparente com H₂O de aproximadamente 2 L de volume e cronometrou-se o tempo que o tecido leva para atingir o fundo do recipiente. A brancura do tecido foi avaliada por meio de espectrofotometria utilizando o equipamento Spectraflash (Sf450).

A solidez à fricção e a lavagem foram analisadas e comparadas com os dados obtidos no processo de tingimento industrial em tecidos com cores próximas àquelas do método experimental. Para a solidez à fricção utilizou-se o aparelho de determinação de solidez (Crockmeter®), utilizando uma amostra de tecido branco sem tingimento (tecido testemunha) preso sob o calcador do aparelho e efetuando-se 10 movimentos de fricção contra o tecido tingido. O tecido testemunha foi então analisado por espectrofotometria para quantificar a transferência de cor.

O teste de solidez à lavagem foi conduzido utilizando amostras de 10x10 cm dos tecidos tingidos (experimental e industrial) costurados, cada um, em

duas amostras de tecido testemunha e lavados com sabão em pó. Após a lavagem, o tecido branco foi analisado por espectrofotometria para quantificar se houve transferência de cor.

As características do efluente (pH, turbidez, DBO e DQO) foram analisadas nos laboratórios da Universidade do Estado de Minas Gerais, nas dependências da FITED e no laboratório JRW Ambiental. Coletou-se uma amostra composta de 1 L para cada um dos três tingimentos feitos (beterraba, casca de cebola, repolho roxo), considerando a proporção de efluente gerado em cada etapa do processo experimental. O pH foi medido em solução de CaCl conforme descrito em BRASIL¹. A turbidez foi medida por meio do Método Nefolométrico conforme FUNASA¹. Já a DBO e DQO, foram determinadas conforme método descrito em APHA¹.

A **TABELA 1** demonstra as quantidades de efluentes gerados em cada etapa do processo, bem como o volume proporcional coletado em cada uma delas para a composição da amostra composta enviada para análise:

TABELA 1 - Proporção de volume coletado em cada etapa para composição da amostra

Etapa	Volume (L)	%	Amostra (L)
Preparo do tecido	5	6,10	0,06
Purga	18	21,95	0,22
Pré-mordente	18	21,95	0,22
Mordente	18	21,95	0,22
Tingimento	18	21,95	0,22
Fixação	5	6,10	0,06
Total	82	100	1

Fonte: Elaborado pelos autores

Resultados e Discussão

Os tecidos apresentaram tingimento satisfatório ao método utilizado, com leve desbotamento ao secar e heterogeneidade em algumas áreas do tecido. Todavia o tecido tingido com repolho roxo apresentou pequenos pontos isolados de ferrugem, que sugerem alguma falha na etapa de mordentagem utilizando o $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$.

Após a purga do tecido foi possível analisar o grau de limpeza efetuado, quantificando sua brancura e sua hidrofília, conforme pode se observar na **TABELA 2**:

TABELA 2 - Análises de brancura e hidrofília

Tecido/ purga	Brancura	Gramatura (g/m ²)	Hidrofília
Cru	2,38	120	7,5 min.
Purga Industrial	64,4	123	17,5 segundos
Purga Experimental	61,3 6	126	54 segundos

Testes realizados em espectrofotômetro Spectraflash (Sf450) e teste de hidrofília

Fonte: Elaborado pelos autores

O tecido cru obteve brancura quantificada em 2,38 e hidrofília superior a 7,5 minutos, pois o tecido permaneceu na superfície após esse tempo, o que sugere impermeabilidade. Após purgas realizadas segundo a metodologia industrial e do processo experimental e realização dos testes, pôde-se observar um grau de brancura bem próximo entre os dois tecidos. O industrial obteve 64,4 e o experimental 61,36, com gramaturas respectivas de 123 e 126 g/m². A hidrofília, no entanto, apresentou resultados destoantes, levando 17,5 segundos para que o tecido tingido de acordo com a metodologia industrial repousasse no fundo do vasilhame e 54 segundos o processo experimental. O resultado sugere que a purga industrial se mostrou mais eficiente na limpeza e retirada de goma do tecido.

Segundo a norma brasileira NBR ABNT 10187/88¹, a solidez da cor é definida como a resistência da cor dos materiais têxteis aos diferentes agentes, aos quais possam ser expostos durante sua fabricação e uso subsequente. Determina, ainda, que as alterações e transferências de cor devem ser avaliadas visualmente em comparação a uma escala de tons de cinza padronizada e quantificada com números de 1 a 5, em que o valor 5 qualifica a não-transferência de cor e os valores 1 e 2 qualificam alta transferência, não têxteis comerciáveis.

O processo realizado pela indústria, no entanto, realiza a avaliação utilizando dados de espectrofotometria e programações que, por meio de softwares, reproduzem o teste descrito pela norma, tornando o processo mais ágil e padronizado para a análise dos têxteis confeccionados. Os tecidos tingidos pelo método experimental obtiveram resultados de solidez equiparáveis aos tecidos tingidos industrialmente, conforme apresentado pela **TABELA 3**.

Os testes de solidez à fricção apresentaram valores entre 4 e 5 para todos os tecidos. O tecido tingido com repolho roxo obteve o maior resultado entre os

tingidos utilizando a metodologia experimental, enquanto os tingidos com beterraba e casca de cebola apresentaram resultados entre 4 e 5. Todos os tecidos tingidos industrialmente apresentaram o valor 5 para solidez à fricção e valores entre 4 e 5 para solidez à lavagem, o tecido semelhante ao tingimento com casca de cebola apresentou o menor resultado – 4,12, o que sugere que dentre todas as amostras, esta é a que mais transfere cor. Os referidos valores situam-se em intervalos próximos aos encontrados por Ibrahim *et al*², que obtiveram valores, em testes de solidez à fricção, entre 4 e 5 para açafão e hena, e 3 a 4 para casca de cebola. Bechtold *et al*³ encontraram valores, para o teste de solidez à lavagem, de 4 a 5 para framboesas, 5 para cerejas e 5 para uvas, denotando valores próximos aos encontrados.

As análises dos parâmetros ambientais dos efluentes do processo experimental apresentaram resultados elevados, acima do permitido pela Deliberação Normativa COPAM/CERH N.01, de 05/05/2008 – Art. 29 – Efluentes industriais¹⁰, segundo apresentado pela TABELA 4.

Os valores máximos permitidos pela Deliberação Normativa para pH dos efluentes é de 6,0 a 9,0, tendo o efluente dos processos de tingimento com beterraba e casca de cebola apresentado valores superiores, respectivamente 9,12 e 9,33. O efluente do tingimento

utilizando-se repolho roxo apresentou pH dentro do V.M.P., ou seja, 8,46.

Os valores de DBO e DQO apresentados foram muito acima dos valores permitidos pela Deliberação Normativa, foram valores entre 1.796,3 mg/L e 2.032,9 mg/L para DBO e 2.4316,8 mg/L e 2.6778,5 mg/L para DQO. De acordo com o COPAM¹⁰ os valores devem ser, para um efluente já tratado e em vias de ser descartado, inferiores a 250 para DQO e 60 para DBO5.

É necessário, no entanto, salientar que os valores apresentados são de efluentes coletados imediatamente após cada etapa do processo, não tendo passado por nenhum tipo de tratamento, o que se mostra extremamente necessário. Ainda, é necessário considerar a imensa gama de produtos potencialmente perigosos que são utilizados ao longo de toda a cadeia produtiva dos têxteis industriais, não apenas durante o beneficiamento do tecido, e que em processos artesanais não são utilizados e são substituídos por substâncias com propriedades semelhantes e menos tóxicas ao meio ambiente. Além disto, os processos utilizados para a extração dos corantes naturais configuram-se como menos agressivos e podem representar uma redução nos valores de DBO5 e DQO de até metade dos encontrados em processos industriais, como evidenciado por Haddar *et al*³.

TABELA 3 - Análise da qualidade do tecido

Propriedades do tecido	Experimental "beterraba"	Experimental "casca de cebola"	Experimental "repolho roxo"	Industrial "beterraba"	Industrial "casca de cebola"	Industrial "repolho roxo"
Solidez à fricção	4-5	4-5	5	5	5	5
Solidez à lavagem	4,94	4,56	4,88	4,99	4,12	4,7

Fonte: Elaborado pelos autores

TABELA 4 - Análises ambientais dos efluentes

Parâmetros	V.M.P.	R.A. Beterraba	R.A. Casca cebola	R.A. Repolho roxo
pH	6,0 a 9,0	9,12	9,33	8,46
Turbidez (ntu)	não determinado	160	126	236
DQO (mg/L)	< 250	24316,8	26778,5	25135,1
DBO5 (mg/L)	< 60	2032,9	2012,9	1796,3

V.M.P. Valores máximos permitidos; R.A. Resultado analítico.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Conclusão

Por meio do presente estudo pôde-se concluir que a metodologia experimental utilizada é eficiente em processos artesanais de tingimento de tecidos, mas carece de aprimoramento de seus métodos para a fixação e uniformidade das cores. É necessário considerar a imprevisibilidade das cores, a incapacidade de reproduzi-las e seu elevado grau de degradabilidade como características que exigem cuidados especiais com os tecidos tingidos artesanalmente, principalmente durante a lavagem, amaciamento e secagem dos mesmos. Alguns autores, como Ibrahim *et al*¹⁵, Bechtold *et al*¹⁶, Yusuf *et al*³, obtiveram resultados semelhantes, mas ponderando que é possível reduzir a imprevisibilidade das cores ao serem padronizados certos parâmetros, como pH, temperatura e tempo de execução do processo de extração dos corantes naturais. No entanto, ressalta-se que cada corante requer cuidados distintos, dificultando a padronização em grande escala.

Os efluentes gerados nesse processo, apesar de apresentarem grande quantidade de matéria orgânica, são mais facilmente tratados por processos biológicos, uma vez que o processo experimental utilizou consideravelmente menor quantidade de materiais químicos e sintéticos quando comparado à indústria têxtil e não possuem em sua composição substâncias xenobióticas e recalcitrantes, tornando o processo de tratamento desses efluentes viável.

É possível, no entanto, que por meio de pesquisas mais avançadas haja o aprimoramento da técnica, reduzindo assim o teor de matéria orgânica nos efluentes gerados, menor consumo de água e diminuição de utilização de substâncias químicas e mordentes, que também constituem um componente tóxico na cadeia produtiva do tecido quando utilizado em grandes quantidades. Propõem-se, ainda, pesquisas para verificar a possibilidade e eficiência de se utilizar compostos alternativos que substituam algum dos propostos nessa metodologia em busca de tornar o processo menos oneroso e ambientalmente sustentável.

Agradecimentos

À Arabesco Confecções e à Companhia de Fiação e Tecelagem de Divinópolis.

Declaração de conflitos de interesses

Os autores do artigo afirmam que não houve nenhuma situação de conflito de interesse, tais como propostas de financiamento, emissão de pareceres, promoções ou participação em comitês consultivos ou diretivos, entre outras, que pudessem influenciar no desenvolvimento do trabalho.

Referências

- 1 - FREYRE, G. **Casa-grande & Senzala**: formação da família brasileira sob o regime da economia patriarcal. 30ª ed. Rio de Janeiro: Record, 1995.
- 2 - BRASIL. **Alvará Junta da Fazenda da província de São Paulo**, código 439, de 5 de janeiro de 1785. Lisboa, Portugal. Disponível em: <<http://www.historiacolonial.arquivonacional.gov.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=978&sid=107>>. Acesso em maio/2015.
- 3 - BRITTO, Lemos. **Pontos de partida para a história econômica do Brasil**. 2a ed., São Paulo, 1939.
- 4 - KONAR, A.; COAN, D. C. Transformações da indústria têxtil brasileira: a transição para a modernização. **Revista de Economia Mackenzie**, v. 3, n. 3, p. 11–34, 2005. Disponível em: <<http://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/rem/artic/e/viewFile/774/461>>. Acesso em: 27 nov. 2018.
- 5 - SANTOS, S. **Impacto Ambiental causado pela indústria têxtil**. 2010 Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENECEP1997_T6410.PDF> Acesso em maio/2015.
- 6 - FERREIRA, E. L. **Etnobotânica**: o vestir da cor. 2011. Disponível em: <<http://www.etnobotanica.com/2011/11/o-vestir-da-cor-03.html>>. Acesso em junho/2015.
- 7 - GUARATINI, C. C. I. e ZANONI, M. V. B. **Corantes têxteis**. Araraquara, 1998. Revista Química Nova vol.23, n.1, São Paulo Jan./Fev. 2000.
- 8 - KONAR, A. E SAMANTA, A. K. **Dyeing of Textiles with Natural Dyes**. Índia, 2011.
- 9 - RODRIGUES, J. A possibilidade da utilização de taninos como mordentes em corantes naturais amazônicos. In: Colóquio de Moda. 10. Congresso Brasileiro de Iniciação Científica em Design e Moda, 1., 2014. **Anais...** p.1-12.
- 10- MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**.
- 11 - BRASIL – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos**. Brasília: MAPA, 2007. 141 p.
- 12 - FUNASA - FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE. **Manual Prático de Análise de Água**. Brasília, 4º edição, 2013.
- 13 - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19. ed. New York: WWA, WPCR, 1995.
- 14 - ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10187: Regras gerais para efetuar ensaios de solidez de cor em materiais têxteis**. Rio de Janeiro, 1988

15 - IBRAHIM, N. A., EL GAMAL, A. R., GOUDA, M., MAHROUS, F. A new approach for natural dyeing and functional finishing of cotton cellulose. **Carbohydrate Polymers**, 82, 2010, 1205-1211.

16 - BECHTOLD, T., MUSSAK, R., MAHMUD-ALI, A., GANGLBERGER, E., GEISLER, S. Extraction of natural dyes for textile dyeing from coloured plant wastes released from the food and beverage industry. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 86, 2006, 233-242.

17 - HADDAR, W., BAAKA, N., MEKSI, N., ELKSIBI, I., FAROUK MHENNI, M. Optimization of an ecofriendly dyeing process using the wastewater of the olive oil industry as natural dyes for acrylic fibers. **Journal of Cleaner Production**, 66, 2014, 546-554.

18 - YUSUF, M., MOHAMMAD, F., SHABBIR, M. Eco-friendly and effective dyeing of wool with anthraquinone colorants extracted from *Rubia cordifolia* roots: Optimization, colorimetric and fastness assay. **Journal of King Saud University – Science**, 29, 2017, 137-144.