

Resíduo efluente de eucalipto como extrato corante para o tingimento têxtil de algodão

Eucalyptus waste effluent as a natural dyestuff for dyeing cotton fabrics

Ticiane Rossi

Pós Graduada em Recursos Florestais, doutoranda, Departamento de Ciências Florestais, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

José Otávio Brito

Professor Titular e Livre docente, docente, Departamento de Ciências Florestais, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

Edison Bittencourt

Docente, Professor convidado da Faculdade de Engenharia Química da Universidade Federal do Amazonas e professor colaborador no Departamento de Tecnologia de Polímeros da Faculdade de Engenharia Química da Universidade Estadual de Campinas.

Raquel Silveira Ramos Almeida

Pós Graduada em Recursos Florestais, doutoranda, Departamento de Ciências Florestais, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

Priscila Neves Faria

Professora Assistente Nível I, docente, Faculdade de Matemática, Universidade Federal de Uberlândia.

Carlos Tadeu dos Santos Dias

Professor Titular, docente, Departamento de Ciências Exatas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

Resumo

Avaliou-se o potencial do resíduo efluente produzido na destilação de folhas de eucalipto como corante natural no tingimento de algodão. Realizaram-se análises físico-químicas no resíduo efluente e em seu concentrado. Ambos apresentaram pH ácido, teor de sólidos totais, 3,4 e 48,1 %, e teor de taninos condensados, 0,6 e 10,9 %, respectivamente. Os tecidos tingidos nas concentrações do concentrado de 10 e 50 % tiveram a solidez de cor à lavagem e à luz medidas segundo normas da CB-17, ABNT. Nos ensaios de lavagem, as notas de alteração de cor foram 3-4 para ambas as concentrações. O manchamento do tecido multifibras foi maior que 4 para ambas as concentrações. Nos ensaios de solidez à lavagem, a alteração de cor foi 2-3 e 3, para concentração

de 10% e 50 %, respectivamente. Os resultados de solidez à lavagem demonstraram que o concentrado do resíduo possui potencial no tingimento para o algodão, com propriedades de solidez aceitáveis à indústria têxtil. É requerido estudo posterior para aumento de solidez de cor à luz.

Palavras-chave: Eucalipto. Resíduo. Tingimento têxtil. Corante natural.

Abstract

The potential of the effluent waste produced in the distillation of eucalyptus leaves was evaluated as a natural material for the cotton dyeing. Selected physical-chemical parameters of the effluent and the concentrated were determined. The effluent and its concentrate showed acidic pH, and total solid content of, 3.4% and 48.1 % the content of condensed tannins, were 0.6% and 10.9%, respectively. The dyed fabric dye concentrations of 10 and 50%, based on the mass of the fabrics, had acceptable washing and light fastness according to test method CB-17, ABNT. After washing, the color change was evaluated as 3-4 for both concentrations. The multi-fiber fabric staining was greater than 4 for both concentrations. In the light fastness test, the color change was 2-3 and 3, at concentrations 10% and 50% respectively. The results showed that this solid waste has potential for cotton dyeing, with washing fastness properties acceptable by the textile industry. Further study is required to increase color fastness to light.

Keywords: *Eucalyptus. Waste. Textile dyeing. Natural dyestuff.*

1 Introdução

O processo de destilação para obtenção do óleo essencial de eucalipto é realizado por arraste a vapor, em dornas de aço inoxidável, onde são dispostas as folhas e galhos da copa do eucalipto. A geração do resíduo efluente tem origem nas dornas da destilaria, após o arraste do óleo pelo vapor, durante 1 hora, em que a pressão chega a atingir entre 3,5 a 4,5 kg.cm⁻². Ao final do processo, a dorna é resfriada, o que ocasiona a condensação de parte do vapor d'água, que é então retirado pela tubulação, obtendo-se o resíduo efluente.

Ao se propor a utilização do resíduo efluente gerado como subproduto do processo de destilação de folhas de eucalipto, estaria sendo oferecida a oportunidade para agregar valor à matéria-prima da qual é produzido. Como consequência, a floresta estaria sendo valorizada, não apenas para obtenção de óleos essenciais e produção madeireira, mas também como geradora de extratos corantes provenientes de matéria-prima renovável para a indústria têxtil. Não obstante, a mudança de destinação do resíduo efluente, da irrigação de florestas adjacentes à destilaria para um produto destinado ao uso na indústria têxtil, estaria evitando, em longo prazo, um indesejável impacto ambiental.

Da perspectiva da indústria têxtil, caso este resíduo demonstre potencial de uso como extrato corante para tingimento de algodão, isto implicaria uma alternativa natural e sustentável de corantes para diversas finalidades. O uso de um corante natural seria um fator de diferenciação dos produtos para nichos de mercados, que valorizem o ambiente, a reutilização e reciclagem de materiais, a redução do uso de água, menores riscos de poluição etc.

O contexto mostra, portanto, que um estudo que vise à avaliação do potencial tintorial do extrato concentrado de folhas de eucalipto, a partir do resíduo gerado na produção de óleo essencial, é bastante justificável, sendo esse o principal objetivo do presente trabalho. Para atingir tal fim, foi realizada a caracterização do resíduo efluente e do extrato corante, mediante análises físicas e químicas e a avaliação da solidez de cor à luz e à lavagem dos tecidos tingidos.

2 Revisão de literatura

A tintura de tecidos com corantes naturais é uma prática que começou há milhares de anos. Há evidências de que os antigos egípcios utilizavam hena, carmim e outros corantes na pele há cerca de 5.000 a.C. Em alimentos, os corantes começaram a ser usados na China, Índia e Egito cerca de 1.500 a.C (GUARATINI; ZANONI, 2000). Apesar de amostras muito antigas de tecidos tingidos serem raras, materiais têxteis do Egito são datados de 3.200 a.C, e na Índia, de 2.000 a.C, mostrando evidências do uso de corantes naturais em tecidos desde épocas remotas (BECHTOLD et al., 2003).

Ao final do século XVIII, iniciou-se a descoberta de corantes sintéticos em 1771, por Woulfe, e em 1856, por Perkin, que marcou o início da primeira escala industrial desses produtos. Assim, os corantes naturais foram rapidamente substituídos devido a diversos fatores, destacando-se: baixo custo decorrente das economias de escala na produção, flexibilidade de localização perto dos centros consumidores, a homogeneidade da composição, garantia da qualidade, ampla gama de cores com boas propriedades de solidez e a padronização de técnicas de aplicação (BECHTOLD et al, 2007; GREEN, 1995; PUNTENER; SCHLESINGER, 2000). Hoje, a maioria dos corantes sintéticos são basicamente os corantes azóicos, compostos que raramente ocorrem na natureza.

Nos dias de hoje, devido aos questionamentos dos organismos internacionais da saúde e dos consumidores, pelo uso indiscriminado dos corantes sintéticos, ligados ao desenvolvimento de doenças degenerativas e ao impacto ambiental, o uso e estudo de corantes naturais voltaram a receber atenção (LOKHANDE; DORUGADE, 1999; GUARANTINI; ZANONI 1999; GAMARRA, 2009).

É cada vez mais clara a tendência mundial de preservação dos recursos ambientais e da qualidade de vida. Este processo reflete-se na indústria têxtil como um todo, considerando-se o impacto ambiental desde a origem das matérias-primas, processo, até o destino final do produto, após uso. A diferenciação dos produtos em termos de impacto ambiental vem sendo vista como um caminho para a satisfação dos consumidores. Para tanto, um grande desafio das empresas têxteis está em viabilizar matérias-primas e processos ecoamigáveis, que minimizem o impacto ambiental, utilizando fontes naturais renováveis, e que possam ter como vantagem competitiva a melhora na qualidade de vida do ser humano (PICCOLI, 2008). Sendo assim, o retorno dos corantes naturais está intrinsecamente relacionado a diversos aspectos da sociedade, envolvendo a sustentabilidade, produtos verdes e ecológicos, além incluir nichos específicos de mercado, tais como o tingimento de algodão orgânico.

Visando obter formas de fornecimento de corantes naturais a partir de matérias-primas renováveis, Cardon (2007) cita o uso de resíduos e, com base em estimativas de produção mundial, afirma que seria viável a utilização de corantes naturais para indústria alimentícia e têxtil. Os autores Bechtold et al. (2003) avaliaram o potencial de diversos corantes obtidos de plantas originais de clima temperado, visando ao tingimento de tecidos de linho e lã. Foram determinadas as propriedades de solidez de cor à luz, lavagem e fricção, demonstrando ser possível, em geral, a obtenção de solidez de cor aceitável para a indústria têxtil utilizando-se corantes naturais.

Em se tratando de matérias corantes naturais obtidas de folhas de eucalipto, Flint (2007) também realizou tingimento de fibras têxteis com extratos a partir de diversas espécies de eucalipto, obtendo uma variada gama de cores. No entanto, esta autora comenta que a aplicação da matéria corante obtida de eucalipto em fibras celulósicas é mais difícil, pois são geralmente inertes para esta aplicação, necessitando do uso de um mordente; enquanto fibras protéicas são levemente alcalinas e possuem afinidade aos extratos geralmente ácidos de folhas da espécie.

O eucalipto é um gênero amplamente cultivado no Brasil. Sua área plantada atualmente é de aproximadamente 3,7 milhões de hectares, sendo esse país o maior produtor mundial de óleo essencial de *Corymbia citriodora*. Essa espécie é cultivada por médios e pequenos produtores para usos múltiplos. A maior parte das plantações de eucalipto no Brasil tem por finalidade a produção de papel e carvão. Contudo, tem aumentado o uso da madeira para construção civil, e das folhas para extração de essências (SILVA et al., 2006).

Corymbia citriodora é uma espécie que se destaca no segmento de plantas aromáticas. Além de ser plantada principalmente por médios e pequenos produtores rurais, utilizada em múltiplas finalidades, a espécie se destaca por colocar o Brasil como maior produtor mundial de óleo essencial obtido a partir de suas folhas (VIEIRA, 2004).

Em relação à composição química do resíduo, pesquisas realizadas sobre o extrato de folhas de *Eucalyptus* spp indicam a presença de substâncias polifenólicas, tais como taninos condensados e taninos hidrolisáveis. Segundo Cadahía et al (1997), que avaliaram extratos de folhas de espécies de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. globulus* e *E. rudis*, foram encontrados, entre outras substâncias, polifenóis, proantocianidinas, elagitaninos e flavonóis glicosídeos (quercetrina-3-arabinoside, quercetrina e kaempferol-3-arabinoside). Os taninos são compostos muito reativos quimicamente, formando pontes de hidrogênio, intra e intermoleculares. Um mol de tanino pode-se ligar a 12 mols de proteínas. Estes compostos são facilmente oxidáveis, tanto por enzimas vegetais específicas, como por influência de sais metálicos, como cloreto férrico, o que ocasiona o escurecimento de suas soluções (MONTEIRO et al., 2005). Devido a tal propriedade de oxidação, há estudos voltados para avaliar o potencial antioxidante destes compostos (AMAKURA et al., 2002; 2009).

O alto potencial de produção desta matéria corante está de acordo com os requisitos e exigências para a introdução de corantes naturais nas indústrias têxteis modernas que, segundo Bechtold et al. (2007), são: adaptação dos processos tradicionais de tingimento

nos atuais equipamentos; o fornecimento de uma quantidade adequada de corantes naturais, bem como seleção de corantes que originem produtos finais com propriedades de solidez de cor aceitáveis. A grande maioria das pesquisas com corantes naturais para aplicação têxtil enfatiza a seleção de matérias-primas vegetais, procedimentos de tingimento, cores obtidas, e propriedades de solidez. Dentre os procedimentos de tingimentos mais citados na literatura, encontra-se a aplicação de mordentes antes ou após os tingimentos, visando aumentar as propriedades de solidez e cor.

No entanto, pouca informação é encontrada na literatura referente à variação entre corantes obtidos de uma mesma espécie e de plantas diferentes, bem como sobre a reprodutibilidade dos tingimentos, e sobre as técnicas simples para padronizar e analisar os corantes, levando-se em consideração cor e poder tintorial dos corantes naturais em tecidos (BECHTOLD *et al.*, 2007).

Em se tratando de solidez à luz, a maioria dos corantes naturais tem solidez entre pobre a moderada, enquanto os corantes sintéticos apresentam uma larga gama de solidez à luz, variando entre muito pobre (fugitivo) à excelente (estável) (CREWS, 1982; ARAÚJO, 2005; CRISTEA; VILAREM, 2006). A solidez à luz é influenciada por fatores internos, tais como: a química e do estado físico do corante, a sua concentração, a natureza das fibras e o tipo do mordente (CRISTEA; VILAREM, 2006). Em relação à solidez de cor à lavagem, depende muito dos métodos de tingimento, que podem ser complexos e demorados (PUNTENER; SCHLESINGER, 2000).

3 Metodologia da pesquisa

3.1 Coleta do resíduo efluente

O resíduo efluente para este estudo foi obtido como parte do processo de produção do óleo essencial de *Corymbia citriodora* (ex *Eucalyptus citriodora*), no período de 30 de setembro a 03 de outubro de 2008, junto à Destilaria Meneghetti, localizada no município de São João do Paraíso, MG.

Esta empresa possui 12.000 hectares de eucalipto em área própria, e uma produção anual de aproximadamente 720 t de óleo essencial. Das espécies utilizadas na obtenção do óleo: *Corymbia citriodora*, *E. globulus* e *E. staigeriana*, destaca-se o *C. citriodora*, por representar, aproximadamente, 90 % de toda produção.

Com base nas informações disponibilizadas pela Destilaria Meneghetti de que 1 t de resíduo é gerado a partir de 25 t de óleo essencial (informação verbal), pode-se prever uma produção anual de 30 t deste resíduo. Tendo como base a produção de óleo essencial de eucalipto, pode-se estimar um potencial de geração de 440 t de resíduo efluente por ano em nosso país.

O processo de produção de óleo essencial compreende a passagem de vapor d' água durante 50 minutos, com a pressão mantida entre 3,5 a 4,5 kg.cm⁻². Ao final desse tempo o processo foi interrompido, e, naturalmente, a dorna esfriava. Assim, o líquido condensado consistia no resíduo efluente aquoso de coloração escura, que era retirado

de forma intermitente em 3 dornas, a cada destilação, na proporção amostral de 1 L a cada destilação, até se obter o volume de 40 L do material.

3.2 Preparo do concentrado a partir do resíduo efluente

O material coletado foi encaminhado ao Laboratório de Química Celulose e Energia, LQCE/ESALQ/USP, onde foram caracterizados e submetidos à concentração visando à redução do seu teor de água, em recipientes esmaltados, aquecidos (Figura 1).



Figura 1 - Concentração do resíduo efluente mediante aquecimento para evaporação d'água.

A redução do teor de água permitiu a obtenção do que se passou a denominar de concentrado, que serviu para os estudos sobre tingimento têxtil. Tal redução foi realizada para concentrar os componentes corantes do resíduo efluente, de forma a tornar mais fácil o manuseio do produto, mais econômico o seu transporte e armazenamento, na visão de sua futura utilização pela indústria têxtil.

Para a definição da concentração apropriada do resíduo efluente, de forma a transformá-lo em concentrado, foram realizados testes preliminares, que indicaram como condição ideal de remoção de água até um ponto em que se chegasse a um teor de sólidos totais (TST) próximos de 50 %. Concentrações superiores a essa implicaram o início da degradação térmica ("queima") do material, além de torná-lo muito viscoso, dificultando, assim, seu manuseio. Sendo assim, decidiu-se uma redução no volume de resíduo efluente de aproximadamente 14 vezes, permitindo atingir a concentração pretendida.

3.3 Avaliações do resíduo efluente e de seu concentrado

O resíduo efluente original e seu concentrado foram analisados em relação aos seguintes parâmetros: pH, densidade, teor de sólidos totais (TST) e teor de taninos condensados (TTC). Todos os ensaios foram realizados nos LQCE/ESALQ/USP.

A avaliação do pH foi conduzida em pHmetro, a densidade por meio de picnômetro de 10 mL, tendo sido realizadas 3 repetições de ensaio para cada amostra avaliada.

O teor de sólidos totais (TST) foi determinado por secagem dos materiais em estufa a 103 +/- 2°C, para eliminação de água e avaliação quantitativa dos sólidos obtidos segundo Paes et al (2006).

A determinação do teor de taninos condensados (TTC) foi realizada empregando-se o método Stiasny (PAES et al., 2006). Tanto para as análises de TST e quanto para as de TTC, foram realizadas oito repetições para cada amostra.

3.4 Tingimentos têxteis

Os tingimentos têxteis com o concentrado obtido a partir do resíduo efluente foram realizados na empresa Stenville Têxtil Ltda., localizada na cidade de Jundiaí, SP, utilizando-se equipamento HT para tingimento por esgotamento.

Para aplicação do concentrado nos tecidos, foi utilizado como substrato têxtil o algodão referenciado como meia malha 100% algodão, título 30/1, e gramatura (150 g.m⁻²) já alvejado e purgado mediante métodos usuais da indústria têxtil.

3.5 Composição do banho de tingimento

O banho de tingimento foi composto pela matéria corante concentrada e água, sem nenhum aditivo (tensoativos, sais ou mordentes) visando a um tingimento natural sustentável. A relação de banho usada foi de 1:20, isto é, 1 g de tecido para 20 mL de solução de tingimento com base no método utilizado por Bechtold et al. (2003).

Segundo Bechtold et al (2007), métodos simples são necessários para a padronização dos corantes naturais, sobretudo para que a indústria têxtil possa ter assegurada a adequada quantificação do produto, quando proveniente de diferentes lotes, os quais podem ter diferentes teores de sólidos.

Nesse sentido, visando à quantificação do concentrado, foi desenvolvida na presente pesquisa a equação 1. A quantidade de concentrado a ser utilizada no tingimento foi definida a partir da massa de tecido e dos sólidos totais (TST) do concentrado.

$$Mc = (cc \times mt) / 100 \times (100 / TST) \quad (1)$$

em que:

Mc = Massa de concentrado a ser aplicada no tecido (g);
cc = concentração de concentrado (%);
mt = massa do tecido (g);
TST = teor de sólidos totais do concentrado (%).

3.6 Processo de tingimento e avaliações de solidez de cor

Com a finalidade de determinar uma curva de tingimento do concentrado no presente trabalho, foram tomados como base os parâmetros definidos por Bechtold et al. (2003), conforme mostrado na Figura 2. Os autores justificam a aplicação de tais parâmetros como base de requisitos para o retorno da aplicação de corantes naturais na indústria têxtil. Em seus trabalhos, os autores avaliaram corantes com alto teor de taninos e optaram pelo tingimento por esgotamento ou exaustão, no qual o corante é dissolvido no banho ou solução de tingimento e absorvido pelas fibras, fixando-se nestas. Após o tingimento, os tecidos foram lavados em água corrente durante 1 minuto, e secos à temperatura ambiente.

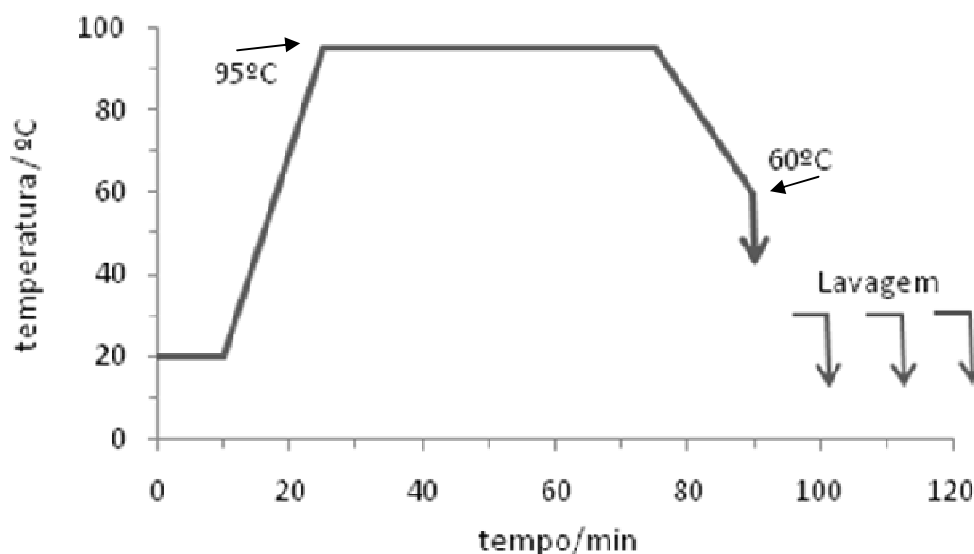


Figura 2 - Curva de tingimento para corantes naturais baseada em Bechtold et al. (2003)

Para verificar a solidez de cor os tecidos foram tingidos, mediante a curva proposta por Bechtold et al (2003) conforme a Figura 2, nas concentrações de 10 e 50 % (do concentrado em relação à massa de tecido), respectivamente. Para cada ensaio de solidez de cor à luz e à lavagem foram usadas duas amostras de tecidos tingidos.

A solidez à lavagem foi avaliada a 40°C, segundo a norma da NBR ISO 105-C06-2006 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006c). As amostras nas dimensões de 10 cm por 4 cm foram costuradas em uma das extremidades, no sentido do comprimento menor, com um tecido testemunha (multifibras DW), de acordo com a norma ISO (105-F10) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006a).

Antes de serem submetidos às avaliações de solidez, os tecidos foram submetidos às leituras de cor por colorimetria, por meio do método CIE LAB, utilizando-se espectrofotômetro Konica Minolta 2500 d. As condições de operação do equipamento foram: varredura de 400 a 700 nm, iluminante CIE D65 e ângulo do observador de 10°. O software "Oncolor for Windows" versão 5.4.1.4 da "Cyberchrome" foi utilizada para compilação das propriedades de cor L^* , a^* , b^* e curva espectrofotométrica.

A solidez de cor à lavagem foi determinada a 40°C, durante 30 minutos, em solução de 150 mL de detergente AATCC –WOB com 4 g de detergente em 1L de água, seguida de lavagem em água destilada em duas porções separadas durante um minuto cada porção.

Após lavagem e secagem, a avaliação foi realizada mediante: i) alteração de cor da amostra tingida e ii) manchamento da amostra testemunha. A diferença de cor mensurada no espectrofotômetro, representada pelo ΔE^* (Tabelas 1 e 2), entre o tecido tingido original e o tecido que sofreu o tratamento de lavagem foi comparada com as diferenças representadas pela escala cinza (marcas 1-5; 5=excelente e 1=pobre).

Tabela 1: Índice de solidez de cor da escala cinza de alteração de cor, com base na comparação do ΔE^* do tecido original e o tecido após a análise de solidez de cor à lavagem

Índice de solidez	Diferença de cor (CIE LAB): ΔE^*	Tolerância
5	0	0,2
4/5	0,8	$\pm 0,2$
4	1,7	$\pm 0,3$
3/4	2,5	$\pm 0,35$
3	3,4	$\pm 0,4$
2/3	4,8	$\pm 0,5$
2	6,8	$\pm 0,6$
1/2	9,6	$\pm 0,7$
1	13,6	$\pm 1,0$

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006a

Tabela 2: Índice de solidez de cor da escala cinza de manchamento, com base na comparação do ΔE^* do tecido original e o tecido após a análise de solidez de cor à lavagem

Índice de solidez	Diferença de cor (CIE LAB): ΔE^*	Tolerância
5	0	0,2
4/5	2,3	$\pm 0,3$
4	4,5	$\pm 0,3$
3/4	6,9	$\pm 0,4$
3	9,0	$\pm 0,5$
2/3	12,8	$\pm 0,7$
2	18,1	$\pm 1,0$
1/2	25,6	$\pm 1,5$
1	36,2	$\pm 2,0$

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006b

As avaliações de solidez de cor à luz foram realizadas tendo como base a norma NBR ISO 105-B02-2007 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) no aparelho de lâmpada de xenônio Xenotest Beta+, nas condições: irradiação de 42 w.m-2, umidade relativa de 50 % +/- 5, temperatura do corpo negro de 48°C +/- 2, temperatura da câmara de 30°C +/- 2. Os tecidos de lã azuis de referência também foram colocados nas mesmas condições que os corpos-de-prova.

Os corpos-de-prova foram então submetidos a 40 h de exposição, e a verificação da alteração de cor foi comparada aos tecidos de lã azuis de referência designados 1 a 8 (marcas 1-8; 8=excelente e 1=pobre).

4 Análises de dados e resultados

4.1 Avaliações do resíduo efluente e de seu concentrado

Na Tabela 3 e na Figura 3 são apresentados os resultados das avaliações físicas e químicas realizadas no resíduo efluente e no concentrado dele obtido.

Tabela 3: Resultados de análises físicas e químicas do resíduo efluente e do concentrado

Análises	Resíduo Efluente	Concentrado
pH	4,0	3,3
Densidade (g.L ⁻¹)*	1,00	1,65
Teor de sólidos totais - TST (%) ⁽ⁱ⁾	3,4	48,1
Teor de taninos condensados - TTC (%) ⁽ⁱⁱ⁾	0,6	10,9

Nota: (i) Média de 3 repetições (ii) Média de 6 repetições

É possível observar na Tabela 3 que tanto o resíduo efluente como o concentrado dele obtido possuem pH ácido. Esse aspecto é importante, pois estaria intrinsecamente relacionado com eventuais necessidades de cuidados especiais em relação, por exemplo, ao armazenamento.

Os valores de teor de sólidos totais (TST) foram de 3,4 para o resíduo efluente e 48,1 para o concentrado. O teor de taninos condensados (TTC) do resíduo efluente foi de 0,6 % e do concentrado de 10,9 %

4.2 Solidez de cor

Na Tabela 4 são apresentadas as propriedades de cor dos tecidos tingidos que foram destinados às análises de solidez de cor.

Tabela 4: Cor dos tecidos tingidos com o concentrado obtido do resíduo efluente nas concentrações de 10 e 50 %

Cor dos tecidos tingidos	Concentrado do resíduo efluente	
	Conc. 10%	Conc. 50%
L*	67,1	58,2
a*	3,1	3,8
b*	10,1	12,6

O eixo L* representa a luminosidade e varia entre zero (preto) e 100 (branco). A coordenada a* representa variação entre vermelho/verde (sinal positivo=vermelho e

sinal negativo=verde), e a coordenada b^* corresponde a amarelo/azul (sinal positivo=amarelo e sinal negativo=azul) (KONICA MINOLTA SENSING, 1998; BECHTOLD et al., 2003; CARVALHO, 2007; HARDER et al., 2007).

A cor dos tecidos tingidos com o concentrado mostrou-se bege na concentração de 10 % e marrom a 50 %. Em relação à propriedade de cor L^* (luminosidade), o tecido com concentração de 10 % é mais clara em relação à concentração de 50 %. Porém, em relação às coordenadas a^* e b^* , o tecido com concentração de 50 % apresenta maiores valores na direção a^* (vermelho) e b^* (amarelo) que na concentração de 10 %.

A Tabela 5 apresenta os resultados da avaliação dos tecidos tingidos na concentração de 10 e 50 % em relação à solidez de cor à lavagem doméstica.

Tabela 5: Valores médios obtidos para solidez de cor dos tecidos tingidos submetidos à ação de lavagem doméstica A1S

Concentração corante	ΔE^*	Alteração escala cinza ⁽ⁱ⁾	Obs.	Manchamento ⁽ⁱⁱⁱ⁾					
				WO	PAC	PES	PA	CO	CA
10 %	2,19	3-4	Vm ⁽ⁱⁱ⁾	4	4	4-5	4	4	4-5
50 %	2,75	3-4	Vm ⁽ⁱⁱ⁾	3-4	4	4-5	4	4-5	4-5

Nota: (i) Escala cinza: 1 = pobre solidez e 5 = excelente solidez. (ii) Observações: alterações de cor Vm = mais vermelho. (iii) Manchamento = tecido multifibra acompanhado nas análises de solidez à lavagem: 1 = pobre solidez e 5 = excelente solidez. WO=lã; PAC=acrílico; PES=poliéster; PA=poliamida; CO=algodão; CA=diacetato.

Em relação aos resultados de solidez de cor (Tabela 5), conforme já anteriormente citado, geralmente alterações de cor de notas 1 e 2 não são consideradas aceitáveis pelo ponto de vista do consumidor (NEVES; CRESPIM, 2000). Os tecidos tingidos com o concentrado se encontram dentro do padrão de aceitabilidade, já que os valores obtidos das análises de solidez foram maiores que 2.

As notas de alteração de cor alcançadas para as análises de solidez à lavagem foram de 3-4 para ambas as concentrações do concentrado, na escala cinza, cuja melhor nota é 5.

Em se tratando do manchamento das análises de solidez de cor à lavagem, os tecidos que apresentaram manchamento com nota 4 para concentração de 10 % foram lã, acrílico, poliamida e algodão. Para os tecidos tingidos à concentração de 50 %, as notas de 4 foram dadas para acrílico e poliamida, e a nota de 3-4 para lã. Os outros tecidos apresentaram manchamento entre 5 e 4-5, isto é, uma variação quase imperceptível.

As notas de manchamento obtidas podem ser consideradas aceitáveis à indústria têxtil. Por conta dos resultados obtidos, eventuais produtos que possuam uma composição de fibras de poliamida, acrílico, lã ou algodão poderão apresentar um manchamento na ordem das notas de 3-4 a 4.

Tabela 6: Valores médios obtidos para solidez de cor dos tecidos tingidos submetidos à ação da luz de arco de xenônio

Concentrado	Solidez de cor à luz ⁽ⁱ⁾	
	Alteração -referência azul	Alteração - escala cinza
10 %	2-3	2-3
50 %	3	3

Nota : (i) Referência azul: 1 = pobre solidez e 8 = excelente solidez; Escala cinza: 1 = pobre solidez e 5 = excelente solidez

Quanto à solidez de cor à luz dos tecidos tingidos com o concentrado, como apresentado na Tabela 6, exibiu as notas de 2-3 e 3, respectivamente para as concentrações de 10 % e 50 %.

Cristea e Vilarem (2006) afirmam que, em relação à concentração de corante, a solidez da cor à luz em uma fibra tingida geralmente aumenta quando a concentração é maior, devido principalmente a um aumento no tamanho médio das partículas de corante na fibra – no caso moléculas de corantes que formam cristais. As notas obtidas de solidez de cor à luz apresentam de fato essa tendência, visto que a nota obtida pela concentração de 50% foi ligeiramente maior que para os tecidos tingidos com concentração de 10%. Entretanto, é recomendado avaliar em próximos estudos formas de aumentar a solidez de cor à luz nos tecidos tingidos com este concentrado.

5 Conclusões

Do presente estudo pode-se concluir que:

- O resíduo efluente e o concentrado dele obtido exibiram ambos pH ácido, teor de sólidos totais (TST) de 3,4 e 48,1 e teor de taninos condensados de (TTC) 0,6 e 10,9 %, respectivamente;
- Os resultados de solidez de cor à lavagem doméstica apresentaram notas de alteração de cor de 3-4 para ambas as concentrações de concentrado nos tecidos tingidos;
- O manchamento do tecido na análise de solidez à lavagem foi da ordem de 4 para os tecidos de lã, acrílico, poliamida e algodão para concentração de 10 %, sendo que o restante dos tecidos apresentou manchamento de 4-5 a 5; na concentração de 50%, os tecidos com maior manchamento foram lã com nota de 3-4 e nota 4 para acrílico e poliamida, sendo que o restante dos tecidos apresentou nota de manchamento entre 4-5 e 5;
- Para a solidez de cor à luz, os tecidos tingidos apresentaram alteração de 2-3 e de 3 para as concentrações de 10 % e 50 %, respectivamente;
- Os resultados atingidos de tingimento e de solidez de cor à lavagem doméstica mostraram que o concentrado obtido a partir de resíduo efluente de folhas de *C. citriodora* possui potencial de uso como extrato corante no tingimento de algodão;

- É requerido estudo científico para aumentar a solidez de cor à luz dos tecidos tingidos com este concentrado.

A concentração de corante é representada pela massa de corante em porcentagem ao tecido que é tingido. No caso deste corante natural, a massa não é necessariamente representada por 100 % de corante natural. Esta matéria corante tingiu de acordo com seu teor de taninos condensados. Essa é uma hipótese no presente trabalho, por isso a mensuração do teor de taninos no resíduo e corante, ou de acordo com seu teor de sólidos. Assim, se o teor de taninos condensados, por exemplo, for o responsável pelo tingimento, temos que: de 10 % do corante no tecido, apenas 1 % estaria sendo responsável pelo tingimento, dado que o teor de taninos condensados é 10,9 %. Há oportunidades de obter mais duas tonalidades com o mesmo corante, utilizando-se mordentes, sulfato de alumínio e potássio e sulfato de ferro. Entretanto, o escopo do trabalho e conceito a que visava atingir não era este. Era um tingimento mais sustentável. Quanto menor o uso de auxiliares têxteis no processo de tingimento, melhor para o meio ambiente, e o efluente para a indústria têxtil será mais facilmente tratado, preferencialmente pelo método de biodegradação (mais barato e simples). A tricromia, ou mistura de corantes naturais ou sintéticos a este corante, não foi avaliada, mas poderia ser adicionada como futuras avaliações e próximos estudos. O tempo de pesquisa não foi hábil para tais experimentos.

Referências

AMAKURA, Y. et al. Constituents and their antioxidative effects in eucalyptus leaf extract used as a natural food additive. **Food Chemistry**, Osaka, v. 77, p. 47-56, 2002.

_____. Maker constituents of the natural antioxidant Eucalyptus leaf extract for the evaluation of food additives. **Bioscience, Biotechnology, Biochemistry**, Osaka, v. 5, n. 73, p. 1060-1065, 2009.

ARAÚJO, M.E. **Corantes naturais para têxteis: da antiguidade aos tempos modernos**. Conservar Patrimônio, 3-4, 39-51, 2005. Disponível em: <<http://tramasdocafecomleite.files.wordpress.com/2009/06/corantes-naturais-e-texteis2.pdf>>. Acesso em: 3 jun. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 105-A02 – Ensaio de solidez da cor: Parte A-02: Escala cinza para avaliação de alteração de cor. Rio de Janeiro. 2006a. 3 p.

_____. NBR ISO 105-A03 – Ensaio de solidez da cor: Parte A-03: Escala cinza para avaliação de transferência de cor. Rio de Janeiro. 2006b. 2 p.

_____. NBR ISO 105 C06 – Ensaio de solidez da cor: Parte C-06: Solidez de cor à lavagem doméstica e comercial. Rio de Janeiro. 2006c. 6 p.

_____. NBR ISO 105-B02 – Ensaio de solidez da cor: parte B-02: solidez de cor à luz artificial: Ensaio da lâmpada de desbotamento de arco de xenônio, do Comitê Brasileiro de Têxteis e do Vestuário. Rio de Janeiro, 2007. 19 p.

BECHTOLD, T. et al. Natural dyes for natural textile dyeing: a comparison of methods to assess the quality of Canadian golden rod plant material. **Dyes and Pigments**, Vienna, n. 75, p. 287-293, 2007.

BECHTOLD, T. et al. Natural dyes in modern textile dyehouses: how to combine experiences of two centuries to meet the demands of the future? **Journal of Cleaner Production**, Vienna, v. 15, n. 4, p. 499-509, Aug. 2003.

CADAHÍA, E. et al. High pressure liquid chromatographic analysis of polyphenols in leaves of eucalyptus camaldulensis, E. globulus and E. rudis: proanthocyanidins, ellagitannins and flavonol glycosides. **Phytochemical Analysis**, Madrid, v. 8, p. 78-83, 1997.

CARDON, D. Natural dyes today: why? In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM /WORKSHOP ON NATURAL DYES, 2007, Hyderabad. **Anais...** Hyderabad: UNESCO, 2007. Disponível em: <http://portal.unesco.org/culture/en/files/35781/11962634693Final_report.pdf/Final%2Breport.pdf>. Acesso em: 12 set. 2009.

CARVALHO, S. F. X. F. **Impregnação de cor em madeira**. Portugal: Escola de Engenharia e Construção, Universidade do Minho, 2007. 104 p. Dissertação, Mestrado em Engenharia Civil, Portugal, 2007.

CREWS, P. C. The influence of mordant on the lightfastness of yellow natural dyes. **Journal of the American Institute for Conservation**, Washington, v. 21, n. 2, p. 43-58, 1982.

_____. The fading rates of some natural dyes. **Studies in Conservation**, London, v. 32, n. 2, p. 65-72, May 1987.

CRISTEA, D.; VILAREM, G. Improving light fastness of natural dyes on cotton yarn. **Dyes and Pigments**, Toulouse, v. 70, n. 3, p. 239-245, 2006.

FLINT, I. Alternative (and safer) mordants for plant-based dyes. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM / WORKSHOP ON NATURAL DYES, 2007, Hyderabad. **Anais...** 2007. Hyderabad: UNESCO, 2007. Disponível em: <http://portal.unesco.org/culture/en/files/35781/11962634693Final_report.pdf/Final%2Breport.pdf>. Acesso em: 12 set. 2009.

GAMARRA, F. M. C. et al. Extração de corantes de milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 1, n. 29, p. 62-69, jan./mar. 2009.

GREEN, C. L. **Natural colourants and dyestuffs: non-wood forest products**. Rome: FAO, 1995. 116 p.

GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, E. M. V. B. Corantes têxteis. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 71-78, 2000.

HARDER, M. N. C. et al. Avaliação quantitativa por colorímetro digital da cor do ovo de galinhas poedeiras alimentadas com urucum (Bixa orellana). **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, Lisboa, n. 102, p. 339-342, 2007.

KONICA MINOLTA SENSING. **Comunicação precisa da cor**: controle de qualidade da percepção à instrumentação. Japão, 1998.

LOKHANDE, H. T.; DORUGADE V. A. Dyeing nylon with natural dyes. **American Dyestuff Reporter**, Research Triangle Park, N.C., v. 11, n. 5, p. 29-34, Feb. 1999.

MONTEIRO, J. M et al. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 5, p. 892-896, 2005.

NEVES, J.D; CRESPIM, L. **Análise de solidez de cor em tecidos sujeitos a ensaios de lavagem com sabões em pó de diferentes propriedades**, dez. 2000. Disponível em: <<http://geocities.com/lcrespim/trabalhos/lavagem.PDF>>. Acesso em: 12 set. 2009.

PAES, J. B. et al. Avaliação do potencial tanífero de seis espécies florestais de ocorrência no semi-árido brasileiro. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 232-238, jul./set. 2006. Disponível em: <http://www.dcf.ufla.br/cerne/artigos/10-02-20094298v12_n3_artigo%2004.pdf>. Acesso em: 12 set. 2009.

PICCOLI, H. H. **Determinação do comportamento tintorial de corantes naturais em substrato de algodão.** Florianópolis, 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico.

PUNTENER, A. G.; SCHLESINGER, U. Natural dyes. In: FREEMAN, H. S.; PETERS, A. T. **Colorants for non-textiles applications.** Amsterdam: Elsevier Science B.V, 2000. p. 382-455.

SILVA, P. H. M. et al. Potential of eleven eucalyptus species for the production of essential oils. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 1, p. 85-89, jan./fev. 2006.

VIEIRA, I. G. **Estudo de caracteres silviculturais e de produção de óleo essencial de progênies de *Corymbia citriodora* (Hook) K. D. Hill & L. A. S. Johnson procedente de Anhembi SP – Brasil Ex. Atherton QLD – Austrália.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo, 2004. 80 p. Dissertação, Mestrado em Tecnologia de Recursos Florestais, Piracicaba, 2004.

Currículo Resumido do(s) Autor(es)

Ticiane Rossi

Possui Mestrado em Recursos Florestais pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) na Universidade de São Paulo (USP). Possui graduação em Engenharia Florestal pela ESALQ/USP. Foi pesquisadora da empresa Centroflora - Anidro do Brasil Extrações Ltda no Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento, atuando tanto no desenvolvimento e pesquisa na produção de corantes naturais, durante um ano. Tem experiência na área de Tecnologia Florestal, com ênfase em Química da Madeira, atuando principalmente nos seguintes temas: resíduos, extrativos da madeira, tingimento têxtil, corantes naturais e colorimetria. Atualmente esta cursando o Doutorado em Recursos Florestais pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) na Universidade de São Paulo (USP) como bolsista CAPES.

José Otávio Brito

Engenheiro Florestal, Mestre, Doutor, Livre-Docente e Professor Titular, com títulos obtidos junto à ESALQ/USP, onde, desde 1977, atua como docente. Realizou Pós-Doutorado junto à Université Henry Poincaré, Nancy, França, onde também atuou como Professor Associado Visitante. Vincula-se a área de Bioenergia e Bioprodutos de Base Florestal, com ênfase em pirólise, termorreificação, torrefação, carvão vegetal, química da madeira, produtos florestais não-madeireiros, corantes, pigmentos e essências aromáticas naturais. Foi Diretor Executivo do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - IPEF e Prefeito do Campus “Luiz de Queiroz” da USP, em Piracicaba, SP. Tem oferecido diversas contribuições e orientações para órgãos e entidades públicas e privadas, no Brasil e no Exterior. Aponta 185 contribuições de produção bibliográfica registrada no CNPq/Lattes.

Edison Bittencourt

Possui graduação em Textile Chemistry - North Carolina State University (1971) e PhD em Engenharia Química - North Carolina State University (1975). Atualmente é Professor convidado da Faculdade de Engenharia Química da Universidade Federal do Amazonas e professor colaborador no Departamento de Tecnologia de Polímeros da Faculdade de Engenharia Química da Universidade Estadual de Campinas. Tem experiência na área de Engenharia de Materiais e Metalúrgica, com ênfase em Polímeros, Aplicações, atuando principalmente nos seguintes temas: aplicacoes de polimeros, nanofibras, cura com uv, sintese, compositos e fotopolimerizacao, química têxtil, modificação de propriedades de superfície, aplicações de tecnologia de alto vácuo em materiais , e materiais compósitos.

Raquel Silveira Ramos Almeida

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas (1989). Atualmente é doutoranda na Universidade de São Paulo e diretora da henraq Consultoria e Treinamento Ltda. Tem experiência na área de Engenharia Química, com ênfase em Cosmetologia.

Priscila Neves Faria

Possui graduação em Licenciatura Plena em Matemática pela Universidade Federal de Viçosa (2007), mestrado em Estatística Aplicada e Biometria pela Universidade Federal de Viçosa (2009). Atualmente, é Professora Assistente Nível I da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) na área de Estatística. Desde 2009 é aluna do Programa de Pós-graduação em Estatística e Experimentação Agronômica, a nível de doutorado, pela ESALQ/USP. Tem experiência na área de Matemática e Estatística, com ênfase em Análise Multivariada, atuando principalmente nos seguintes temas: Modelos AMMI, Componentes Principais e Análise de agrupamentos.

Carlos Tadeu dos Santos Dias

Engenheiro Agrônomo graduado pela Universidade Federal do Ceará (1983), mestrado em Agronomia (Estatística e Experimentação Agronômica) pela Universidade de São Paulo (1988) e doutorado em Agronomia (Estatística e Experimentação Agronômica) pela Universidade de São Paulo (1996) com pós-doutorado pela Exeter University-Inglaterra (2001). Fez livre-docência na Universidade de São Paulo (2005), recebendo o título de Professor Associado. Atualmente é professor Titular da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"; Departamento de Ciências Exatas (2009). Tem experiência na área de Estatística Experimental, com ênfase em Análise Multivariada, atuando principalmente nos seguintes temas: Modelos AMMI, Correção dos Autovalores, Simulação Multivariada, Imputação Múltipla e Biplot. É líder do grupo de pesquisas "Modelos de efeitos principais aditivos e interação multiplicativa - AMMI"; junto ao CNPq. É membro do corpo editorial e revisor de estatística da Revista Ciência Agronômica da UFC

desde 2009. Endereços eletrônicos: ctsdias@usp.br ou
ctsdias@pq.cnpq.br ou ctsdias@pesquisador.cnpq.br ou
ctsdias@gmail.com