



Acc4ademic

INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

“INTEGRATING CLEANER PRODUCTION INTO SUSTAINABILITY STRATEGIES”

Resíduo do Tratamento por Vapor em Madeira de Eucalipto como Corante Natural para Tingimento de Algodão

ROSSI, T.^{a*}, BRITO, J. O.^a, TRINDADE, N. B.^b, ARAÚJO, M. C.^b

a. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo, Piracicaba

b. Escola de Arte, Ciências e Humanidade/Universidade de São Paulo, São Paulo

*Corresponding author, ticiane@usp.br

Resumo

Corantes naturais vêm ganhando importância devido aos menores danos à saúde e ao ambiente. Foi proposta a avaliação do potencial do resíduo produzido no tratamento da madeira de eucalipto por vapor como corante natural de tecidos. Analisaram-se as características físicas e químicas do resíduo. Tingiram-se tecidos de algodão por processo de esgotamento utilizando o resíduo na concentração de 50% em relação à fibra, sem adição de sais metálicos. Foi avaliada também a adição dos sais metálicos, sulfato de ferro e sulfato de alumínio e potássio (alúmen), denominados mordentes, no banho de tingimento visando aumentar a gama de cores nos tecidos tingidos. Em seguida, avaliou-se a solidez de cor dos tecidos tingidos à lavagem, pela norma da ABNT. Tecidos tingidos tiveram nota 5 de transferência de cor. Isto mostrou que o tecido tingido não transfere sua cor para os tecidos brancos de nenhum tipo de fibra, o que demonstra que o tingimento com o resíduo de eucalipto tem características aceitáveis à indústria têxtil. Alterações de cor dos tecidos após lavagem foram grandes, por isso, este corante pode ser uma alternativa sustentável para produtos que necessitem de lavagem ácida ou neutra.

Palavras-chave: eucalipto, têxtil, resíduo, corante.

1. Introdução

1.1 Corantes naturais na indústria têxtil brasileira

O corante natural faz parte da identidade cultural do Brasil, cujo nome provém da árvore de pau-brasil, explorada massivamente em meados do século XVI.

Atualmente, ao contrário de como ocorreu com a exploração do pau-brasil no passado, o retorno dos corantes naturais está intrinsecamente relacionado a diversos aspectos da sociedade envolvendo a sustentabilidade, produtos verdes e ecológicos, além de nichos específicos de mercado (BECHTOLD et al., 2003; BECHTOLD et al., 2007).

Recentemente organismos internacionais da saúde e consumidores têm questionado o uso indiscriminado dos corantes sintéticos e sua ligação com o desenvolvimento de doenças degenerativas e ao impacto ambiental (GAMARRA, 2009). Em termos de mercado, este tipo de consumidor, por ter características específicas, dada sua consciência ecológica, são mais exigentes quanto ao conceito do

“INTEGRATING CLEANER PRODUCTION INTO SUSTAINABILITY STRATEGIES”

São Paulo - Brazil - May 22nd to 24th - 2013

produto e de sua cadeia produtiva.

O Brasil, na questão ambiental e de sustentabilidade, destaca-se como um país com viés ambientalmente correto, tendo sediado eventos importantes tais como a Eco-92 e a Rio+20, além de desenvolver programas e políticas públicas que valorizam a biodiversidade e sustentabilidade.

O setor têxtil possui importância mundial. A China é o maior exportador de têxteis e vestuários com atuais US\$ 167 bilhões de dólares, enquanto o Brasil exporta apenas US\$ 1,9 bilhões, ocupando a 41ª posição mundial (IEMI, 2011). Com base nisso, observa-se que há espaço para desenvolvimento deste mercado no Brasil.

É importante situar a indústria de transformação têxtil brasileira no âmbito social, já que possui mão-de-obra intensiva. É a segunda indústria que mais emprega pessoas no Brasil e a primeira em número de empregos femininos. Além disso, o mercado têxtil em si é um de necessidade básica do ser humano, o qual sempre estará presente e em crescimento com base na necessidade da sociedade.

Dado o contexto de sua importância, a indústria têxtil tem sido alvo de investimentos ambientais. O setor têxtil brasileiro investe uma média de US\$ 1 bilhão por ano para manter seus parques industriais atualizados em nível tecnológico e ambiental (BASTIAN, 2009).

Como forma de reduzir os problemas ambientais, a indústria têxtil tem adotado estratégias como Produção mais Limpa (P+L) visando a eliminação do uso de matérias-primas tóxicas, aumento da eficiência do uso de água e energia, redução na geração de efluentes etc (BASTIAN, 2009). Como consequência, o aumento do interesse em matérias-primas naturais e renováveis vem se mostrando presente, o que motiva a utilização dos corantes naturais.

Neste cenário, os corantes naturais entram em um contexto de resgate da tecnologia tradicional, inovando-a com base nas necessidades industrial e de mercado atuais nacionais.

Entretanto o uso dos corantes naturais está limitado por fatores exigidos na indústria têxtil atual que são: adaptação dos processos tradicionais de tingimento nos atuais equipamentos, o fornecimento de uma quantidade adequada de corante e propriedades de solidez de cor, isto é, da resistência dos corantes naturais ao tecido tingido, aceitáveis à indústria têxtil (BECHTOLD et al., 2003).

Dentre os procedimentos de tingimentos mais citados na literatura, visando aumentar as propriedades de solidez e variação de cor, encontra-se a aplicação de mordentes, isto é, sais metálicos, nos tingimentos (BECHTOLD et al., 2007).

Em se tratando de solidez à luz, a maioria dos corantes naturais tem solidez entre pobre a moderada (ARAÚJO, 2005; CRISTEA; VILAREM, 2006). A solidez à luz é influenciada por fatores internos das moléculas do corante, tais como: química e estado físico do corante, sua concentração, a natureza das fibras e o tipo do mordente (CRISTEA; VILAREM, 2006). Já a solidez de cor à lavagem, depende muito dos métodos de tingimento aplicados.

Outro requisito importante para a adequação dos corantes naturais na indústria têxtil é a fonte de obtenção do corante. Uma fonte potencial provém de resíduos vegetais das indústrias alimentícia, madeireira, de óleos essenciais entre outras, os quais têm atingido um padrão aceitável de qualidade requerida pela indústria têxtil, em termos de aplicação e fixação nos tecidos. O resíduo líquido proveniente do tratamento da madeira de eucalipto por vapor é uma nova fonte, ainda não estudada, mas com tal potencial corante.

1.2 Uso de resíduo como corante

O eucalipto é um gênero amplamente cultivado no Brasil, cuja área plantada atualmente é de aproximadamente 4,75 milhões de hectares, distribuídos por quase todos os estados brasileiros. Estima-se que existam aproximadamente 600 serrarias destinadas ao desdobro de madeira de plantios florestais, que juntas produziram, em 2010, 9,0 milhões de toneladas de madeira serrada. Considerando o período compreendido entre 2000 e 2010, a produção brasileira de serrados cresceu a

uma taxa média anual de 1,7% (ABRAF, 2011). Isso mostra que há espaço para aumento do uso da madeira de eucalipto e os resíduos dela.

No processo de tratamento da madeira de eucalipto por vapor, a madeira serrada é submetida a uma vaporização a temperatura de até 95°C em câmara fechada. Este processo faz que a madeira tenha sua cor uniformizada em tom de vermelho/rosado, inclusive a parte do albúrnio, que é originalmente cinza/branca. Neste processo, a água dos tanques se torna escura e ocorre também a formação de um resíduo.

O resíduo formado acumula-se na lateral da câmara, onde há a resistência elétrica que aquece a água. Com a permanência prolongada do resíduo, pode haver o surgimento de fungos sobre a água.

Na região do Paraná, há pelo menos 3 empresas localizadas nas cidades de Curiúva e Telemaco Borba que fazem o processo de tratamento da madeira por vapor. A proximidade de menos de 250 quilômetros destas cidades ao pólo têxtil de Cianorte, também no Paraná, pode justificar ainda mais uso de tal resíduo para fins têxteis.

O uso de resíduo aquoso de eucalipto como corante natural para tingimento têxtil em algodão já foi demonstrado viável no estudo de Rossi et al. (2012). Os resultados de solidez à lavagem de tecidos tingidos demonstraram que o concentrado do resíduo possui potencial no tingimento para o algodão, com propriedades de solidez aceitáveis à indústria têxtil, mas que é requerido estudo posterior para aumento de solidez de cor à luz. Nos ensaios de solidez à lavagem, as notas de alteração de cor foram 3-4 para ambas concentrações, de 10 e 50%. O manchamento do tecido multifibras foi maior que 4 para ambas concentrações. Nos ensaios de solidez à lavagem, a alteração de cor foi 2-3 e 3, para concentração de 10% e 50%, respectivamente. O estudo demonstrou o potencial do resíduo de folhas de eucalipto como corante natural têxtil, com características de solidez de cor aceitáveis à indústria.

Uma vez que foi bem sucedida a aplicação do corante do resíduo efluente de folhas de eucalipto em tecidos de algodão, a hipótese do presente trabalho é a aplicação de outro resíduo obtido do tratamento por vapor de madeira de eucalipto, apresente o mesmo potencial em tingimento de tecidos de algodão. Se comprovado o potencial do resíduo como corante natural, o leque de alternativas naturais de corantes para a indústria têxtil amplia-se. Além disso, o resíduo do tratamento da madeira de eucalipto por vapor teria uma possibilidade de reaproveitamento, como corante natural, para a indústria têxtil. É neste contexto que se justifica a presente pesquisa.

O objetivo geral é avaliar o resíduo do processo de tratamento da madeira de eucalipto por vapor como potencial corante natural para tingimento de tecidos de algodão. Como objetivos específicos, é avaliado o efeito do mordente sobre o tingimento dos tecidos, bem como a verificação da solidez da cor dos tecidos tingidos à lavagem.

2. Métodos

2.1 Coleta e avaliações físico-químicas

O resíduo foi fornecido pela empresa Depinus, localizada no município de Curiúva, Paraná. A madeira submetida ao tratamento por vapor é o *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. Uma amostra de 2 litros material foi coletada para as avaliações e enviada ao Laboratório de Química, Celulose e Energia (LQCE), na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ-USP), em Piracicaba, São Paulo.

As análises realizadas no resíduo foram pH, teor de sólidos totais (TST) e teor de taninos condensados (TTC).

A avaliação do pH foi conduzida em pHmetro. 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. Foram realizadas três repetições para cada análise.

2.2 Tingimento de algodão com o corante natural

Os tingimentos têxteis obtidos a partir do resíduo foram realizados na empresa Donacor, em Santana de Parnaíba, São Paulo, utilizando-se equipamento para tingimento por esgotamento. O tecido de malha de algodão, 100%, pronto para tingimento, foi usado.

O banho de tingimento foi realizado conforme Rossi, et al (2012). Foram realizados três tratamentos, sem adição de sais metálicos (mordentes) e dois com adição de mordentes. Um com sulfato de alumínio e potássio (alúmen) e outro com sulfato de ferro. A concentração dos sais metálicos foi de 25 g.L-1. Para todos os tratamentos a concentração do corante de 50% em relação à massa da fibra de algodão. Foi adicionado 20 g.L-1 de cloreto de sódio. O volume de banho foi de 1:20.

Após os tingimentos, a mensuração da cor dos tecidos tingidos foi realizada em espectrofotômetro Konica Minolta 2500 d, por meio do método CIE LAB. 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 ΔE^* .

O espaço de cor CIE LAB representa uma percepção tridimensional do estímulo de cores em se posicionando cada cor num espaço tridimensional e permitindo a sua localização através de coordenadas: L^* , a^* e b^* . O eixo L^* representa a luminosidade de determina cor e varia entre zero (preto) e 100 (branco). As duas outras coordenadas a^* e b^* representam variações entre vermelho/verde e amarelo/azul, respectivamente (Fig.1) (KONICA MINOLTA SENSING, 1998).

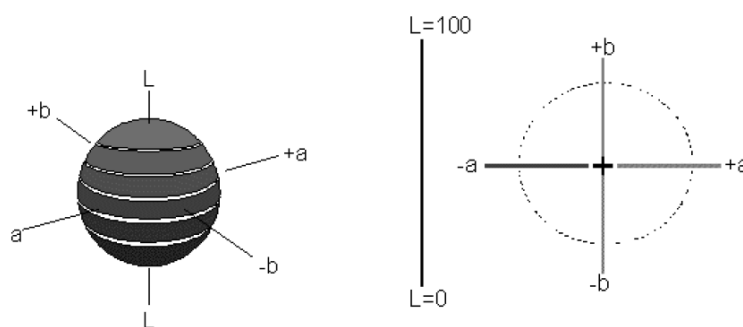


Fig. 1 - O eixo L^* representa a luminosidade e varia de zero a 100. O eixo a^* varia de verde (esquerda, valor negativo) a vermelho (direita, valor positivo) e o eixo b^* varia do azul (abaixo, valor negativo) ao amarelo(acima, valor positivo). (Fonte: KONICA MINOLTA SENSING, 1998)

2.3 Avaliações de solidez de cor a lavagem

A solidez de cor foi avaliada pela norma de lavagem doméstica, NBR ISO 105-C06-2006 (ABNT 2006), na indústria Golden Química, em Guarulhos, SP. As notas de alteração e transferência de cor dos corpos de prova após o tratamento, variam entre 1-5, sendo 5, excelente e 1, pobre. As mensurações foram realizadas pela escala cinza, de alteração e transferência, conforme a norma ABNT (2006).

A solidez de cor pode ser avaliada pela alteração da cor da amostra, ou pela capacidade de transferir a cor a um tecido-testemunha que não possui corante (NEVES; CRESPIM, 2000). A avaliação de solidez de cor de tecidos tingidos qualifica o material tingido, possibilitando direcionar seu uso de acordo com sua característica em relação à padronização amplamente aceita.

A quantificação da alteração da cor e da transferência da cor ao tecido testemunha é avaliada e expressa em números de solidez, mensurados a partir da comparação visual do corpo-de-prova testado e o tecido original, com base nas escalas cinza AATCC que variam entre 5 e 1, havendo também valores numéricos intermediários, como 4-5, 3-4 e assim por diante. Essas classes podem ser descritas nos termos qualitativos.

A alteração de cor que ocorre num ensaio pode ser também qualificada em termos de uma alteração

de luminosidade (mais clara, mais escura), em saturação (mais vermelha, mais amarela) ou qualquer combinação dessas características (NEVES; CRESPIM, 2000).

A avaliação para manchamento ou transferência de cor é tão importante quanto o teste original para alteração de cor. Peças de vestuário estão normalmente em contato com outros itens durante o uso ou lavagem. A migração de cor de um item para o outro (como de forro de casaco para camiseta, de calças para tapeçaria, de roupas de dormir, para roupa de cama etc.) podem resultar em um artigo inutilizável. A escala de manchamento consiste de pares de brancos nominais e fatias de cor cinza representando, cada uma, a diferença na cor ou contraste correspondendo a um índice numérico para manchamento (NEVES; CRESPIM, 2000; ABNT, 2006).

3. Resultados e Discussão

Os resultados das avaliações físico-químicas, apresentadas na Tabela 1 revelam um extrato aquoso com pH ácido, coloração marrom e elevado teor de taninos condensados. Se comparado com o resíduo de folhas de eucalipto citado por Rossi et al (2012), que possuía 0,6% de taninos condensados, a um teor de sólidos totais de 3,4%, o resíduo do presente estudo, apresenta um teor de taninos condensados cerca de 6 vezes maior. Em seguida, os resultados dos tingimentos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 1 - Avaliações físico-químicas do resíduo proveniente de tratamento por vapor de madeira de eucalipto

| Análises | Média |
|---------------------------------|-------|
| pH | 4,5 |
| Teor de sólidos totais (%) | 4,1 |
| Teor de taninos condensados (%) | 4,0 |
| Cor L* | 25,3 |
| a* | 2,1 |
| b* | 1,4 |

Tabela 2 - Cores, mensuradas pelo espectrofotômetro, dos tingimentos com o resíduo sem mordente, com o mordente alúmen e com o mordente sulfato de ferro

| Tingimento (Tratamento) | Cor | | | |
|---------------------------------|------|-----|------|--------------|
| | L* | a* | b* | ΔE^* |
| Sem mordentes | 55,2 | 9,3 | 15,4 | 0,0 |
| Com mordente (alúmen) | 55,0 | 6,9 | 16,3 | 2,6 |
| Com mordente (sulfato de ferro) | 42,3 | 2,0 | 2,0 | 20,4 |

Pode-se notar uma variação de três cores diferentes devido ao uso de mordentes, pelo índice ΔE^* em relação ao tratamento 1. O índice ΔE^* representa a distância Euclidiana das coordenadas L*, a* e b* de duas cores distintas. Se diferente de zero, a distância no espaço de cor CIE L*a*b mostra que as cores são diferentes entre si. O tratamento referência foi o tingimento sem mordentes. Isso mostra que a adição de sais metálicos gera uma variação da cor do corante no tecido tingido, ampliando a gama de aplicações do corante a partir do resíduo.

Em especial, a cor obtida com tingimento utilizando mordente sulfato de ferro, é bastante diferente da cor do tingimento sem mordente, como se pode observar no ΔE^* de 20,4. A cor deste tecido é cinza, enquanto as colorações do tratamento sem mordente e com alúmen são tons diferentes de bege/marrom.

A Tabela 3 apresenta as referências de notas de solidez à lavagem de acordo com a norma ABNT (2006).

Tabela 3 - Referência das notas de solidez de cor mediante da comparação do corpo-de-prova ensaiado com a escala cinza, atribuindo-se nota de 1 a 5, em que 5 é a melhor nota

| Alteração | | Transferência | |
|-----------|-------------|---------------|-------------|
| Nota | Significado | Nota | Significado |

| | | | |
|---|----------------------|---|--------------------------|
| 5 | Cor inalterada | 5 | Não houve transferência |
| 4 | Pequena alteração | 4 | Pequena transferência |
| 3 | Apreciável alteração | 3 | Apreciável transferência |
| 2 | Distinta alteração | 2 | Distinta transferência |
| 1 | Grande alteração | 1 | Grande transferência |

Fonte: Neves, Crespim (2000)

Quanto aos resultados de solidez de cor à lavagem (Tabela 4), a transferência de cor para o tecido testemunha foi nota 5, isto mostrou que o tecido tingido não transferiu sua cor para os tecidos brancos de nenhum tipo de fibra, o que demonstrou que o tingimento com o resíduo de eucalipto tem características aceitáveis à indústria têxtil.

Tabela 4 - Notas de solidez de cor à lavagem doméstica, avaliadas pela norma ABNT (2006)

| Tingimento (Tratamento) | Nota de solidez à lavagem (média) | |
|---------------------------------|-----------------------------------|-----------|
| | Transferência | Alteração |
| Sem mordente | 5 | 2-3 |
| Com mordente (alúmen) | 5 | 2 |
| Com mordente (sulfato de ferro) | 5 | 1-2 |

Os resultados de alteração de cor apresentaram, em geral, grande alteração, isto é, a cor dos tecidos antes do tratamento foi muito diferente após as análises de lavagem.

Segundo Neves e Crespim, 2000, alterações menores que 2 são rejeitadas pelo consumidor na indústria têxtil convencional, quando se trata de corantes sintéticos. Neste contexto, os tratamentos com mordentes, alúmen e sulfato de ferro, com as 2 e 1-2, respectivamente, seriam rejeitados pela indústria têxtil.

Do ponto de vista da indústria têxtil, para atender as leis do consumidor, uma etiqueta pode ser elaborada com instrução de lavagem alertando sobre como deve ser tratada a peça e quais os resultados que ocorrerão caso não sejam seguidas tais instruções. Neste caso, a alteração de cor quando submetida a agentes de lavagem de pH diferente daquele indicado na etiqueta, não deve ser encarada como não conformidade, mas sim como característica intrínseca de uma peça que realmente foi tingida com um corante natural.

É importante notar que os tecidos tingidos ainda apresentaram coloração, apesar de ser diferente das cores originais, antes de serem lavados. Isto é, os tecidos não ficaram desbotados após a lavagem a ponto de ficarem brancos como o tecido antes do tingimento. Apenas tiveram uma grande alteração de nuance em relação ao tecido após o tingimento.

A grande alteração de cor sugere que o tingimento com este resíduo é sensível a variações de pH, já que, segundo mensuração realizada na Golden Química a solução de detergente usada na norma ABNT (2006) tem pH alcalino, de 10,45. Sendo este o caso, sugere-se que, em estudos futuros, algum tipo de tratamento alcalino após o tingimento seja utilizado, reduzindo a alteração de cor no uso posterior do vestuário pelo consumidor. Entretanto podemos indicar o uso destes tingimentos para produtos que necessitem de lavagem neutra ou ácida.

Além disso, em estudos futuros, a solidez de cor à luz deve ser avaliada, permitindo uma qualificação mais completa deste resíduo como corante natural têxtil.

4. Conclusões

Do presente estudo, pode-se concluir o resíduo possui pH ácido, coloração marrom e elevado teor de taninos condensados.

Na avaliação de solidez de cor dos tecidos tingidos a lavagem doméstica a transferência de cor apresentou nota 5, não transferência, o que significa que os tecidos tingidos de corante natural são aceitáveis a indústria têxtil. Os valores de alteração de cor foram, em geral, de grande alteração, o que

indica que, se alguns produtos necessitam de lavagem ácida ou neutra, esse corante pode ser direcionado como alternativa sustentável para o processo.

Portanto, o resíduo do processo de tratamento da madeira de eucalipto por vapor possui potencial como corante natural para tingimento de tecidos de algodão.

Estudos futuros são necessários para aumentar a solidez de cor dos tecidos tingidos pelo resíduo à lavagem, no tocante à alteração de cor dos tecidos. A solidez de cor à luz dos tecidos tingidos também deve ser avaliada.

5. Referências

Araújo, M.E., 2005. Corantes naturais para têxteis: da antiguidade para tempos modernos. *Conservar Patrimônio*, 3-4, 39-51.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2006. NBR ISO 105 C06 – Ensaio de solidez da cor: Parte C-06: Solidez de cor à lavagem doméstica e comercial. Rio de Janeiro.

Anuário Estatístico da Abraf 2011: Ano base 2010, 2011. Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF). Brasília.

Bastian, E.Y.O., 2009. Guia técnico da indústria têxtil. Cetesb. Sinditêxtil, São Paulo.

Bechtold, T., Mahamud-Ali, A., Mussak, R., 2007. Natural dyes for natural textile dyeing: A comparison of methods to assays the quality of Canadian golden rod plant material. *Dyes and Pigments*. 75, 287-293.

Bechtold, T., Turcanua, A., Ganglberger, E., Geissler, S., 2003. 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, Austria, 4, 499-509.

Cristea, D., Vilarem, G., 2006. Improving light fastness of natural dyes on cotton yarn. *Dyes and Pigments*. 3, 239-245.

Gamarra, F.M.C., Leme, G.C., Tambourgii, E.B., Bittencourt, E.B., 2009. Extração de corantes de milho. *Ciência e Tecnologia de alimentos*. 29, 62-69.

Instituto de Estudos e Marketing Industrial LTDA. 2011. Relatório Setorial da Indústria Têxtil Brasileira. 11, 1-160.

Neves, J.D.; Crespim, L., 2000. Análise de solidez de cor em tecidos sujeitos a ensaios de lavagem com sabões em pó de diferentes propriedades. *Geocities* br.geocities.com/lcrespim/trabalhos/lavagem.pdf acessado em Setembro/2009.

Paes, J.B., Diniz, C.E.F., Marinho, I.V., 2006. Avaliação do potencial tanífero de seis espécies florestais de ocorrência no semi-árido brasileiro. 3, 232-238.

Rossi, T., Brito, J.S., Bittencourt, E.B., Almeida, R.S.R., Faria, P.N., Dias, C.T.S., 2012. Resíduo efluente de eucalipto como extrato corante para o tingimento têxtil de algodão. *Redige*. 1, 1-17.