



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN (PPGD)**

**CORANTES NATURAIS NA INDÚSTRIA TÊXTIL  
COMO COMBINAR EXPERIÊNCIAS DO PASSADO COM AS  
DEMANDAS DO FUTURO?**

**Dissertação de Mestrado**

**TERESA CAMPOS VIANA**

**Belo Horizonte**

**TERESA CAMPOS VIANA**

**CORANTES NATURAIS NA INDÚSTRIA TÊXTIL  
COMO COMBINAR EXPERIÊNCIAS DO PASSADO COM AS  
DEMANDAS DO FUTURO?**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG como requisito parcial para a obtenção de grau de Mestre em Design, na linha de pesquisa: Design, Materiais, Tecnologia e Processos.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup> Eliane Ayres  
(UEMG)

Coorientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup> Rosemary Bom Conselho Sales  
(UEMG)

**Belo Horizonte  
2012**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

V614c Viana, Teresa Campos

Corantes naturais na indústria têxtil : como combinar as experiências do passado com as demandas do futuro? [manuscrito]. / Teresa Campos Viana. - 2012.

69 f. il. color. grafs. tabs. ; 31 cm.

Orientadora: Eliane Ayres

Coorientadora: Rosemary Bom Conselho Sales

Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado de Minas Gerais.  
Programa de Pós-Graduação em Design.

Bibliografia: f. 66-69

1. Corantes e Tingimentos – Pigmentos – Teses. 2. Indústria Têxtil - Desenvolvimento Sustentável – Teses. 3. Ecodesign – Indústria Têxtil – Teses. I. Ayres, Eliane. II. Sales, Rosemary Bom Conselho. III. Universidade do Estado de Minas Gerais. Escola de Design. IV. Título.

CDU: 7.05:677

Ficha Catalográfica: Cileia Gomes Faleiro Ferreira CRB 236/6



UNIVERSIDADE  
DO ESTADO DE MINAS GERAIS



ESCOLA DE DESIGN

Programa de Pós-graduação em Design (PPGD)  
MESTRADO EM DESIGN

## CORANTES NATURAIS NA INDÚSTRIA TÊXTIL: COMO COMBINAR EXPERIÊNCIAS DO PASSADO COM AS DEMANDAS DO FUTURO?

Autor: Teresa Campos Viana

Esta dissertação foi julgada e aprovada em sua forma final para a obtenção do título de Mestre em Design no Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade do Estado de Minas Gerais.

Belo Horizonte, 14 de agosto de 2012.

*Sebastiana Lana*  
Coordenação do Mestrado em Design  
MASP: 1034263-2  
Escola de Design / UEMG

Profª Sebastiana Lujza Bragança Lana, PhD.  
Coordenadora do PPGD

BANCA EXAMINADORA

Profª. Eliane Ayres, Drª.  
Orientadora  
Universidade do Estado de Minas Gerais

Profª. Rosemary Bom Conselho Sales, Drª.  
Coorientadora  
Universidade do Estado de Minas Gerais

Profª. Nelcy Della Santina Mohallem, Drª.  
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Carlos Alberto Silva de Miranda, Dr.  
Universidade do Estado de Minas Gerais

## **DEDICATÓRIA**

Dedico essa pesquisa aos meus pais, Francisco e Clara, sem eles nada disso seria possível. E ao Caio, pelo apoio constante.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais pelo apoio constante, incentivo e dedicação durante toda a minha vida. Agradeço também pelo incentivo em seguir a carreira acadêmica, sempre prontos para corrigir um trabalho, escutar os lamentos de resultados muitas vezes frustrantes no laboratório da UFMG, emprestar o colo para um cochilo relaxante e por estarem sempre disponíveis para ouvir.

Agradeço ao meu irmão pela ajuda nos problemas com computador, ao apoio, a presença constante em minha vida, pela disponibilidade em discutir assuntos relacionados a essa pesquisa.

Ao Caio, pelo amor incondicional, por acreditar que todo esforço e estudo valeria a pena, por entender mas nem sempre concordar que nem tudo é exato e finalmente por estar sempre ao meu lado.

A minha avó Lenita pela força nas aulas de francês, pela viagem mais inesquecível da minha vida, por acreditar que tudo que faço daria certo e por ser a senhora mais elegante que eu conheço.

A minha avó Nenzinha, por nos mostrar que nunca é tarde para realizar um sonho, pelo orgulho que sente pelos netos, pelas aulas de bordado e por acreditar que os netos são os mais bonitos do mundo.

A Tia Candide por compartilhar do meu vício pelas séries americanas, a Tia Lulute pelos conselhos e me apresentar o Pilates. A Tia Bebeta pelas palavras incentivadoras, Aos Tios Sérgio, Ricardo, Zé Mauricio, Tia Helena e Tia Mércia pelo amor, força e paciência.

A Tia Lelena e ao Tino pelo incentivo e introdução ao mundo do design e da arte.

A Tia Guguta pelo amor incondicional, pelo carinho, por estar sempre disponível para uma conversa, para corrigir um texto, para encontrar caminhos. Por estar sempre querendo o meu melhor. Pelos milhares de presentes e pela companhia.

Ao Gaio, por todas as férias passadas no apartamento de Ipanema, por não importar com a falação, por me receber, por ter se tornado um tio tão carinhoso, amoroso e orgulhoso da sobrinha.

Ao Tio Pedro, por mesmo estando longe, compartilhar do gosto pela vida acadêmica.

A minha prima Luisa por estar sempre presente e acreditar nas minhas empreitadas. A Isabel por dividir o amor pelo design, pelas conversas e por acreditar que as coisas dariam certo.

A minha prima e amiga Letícia, por dividir comigo as dificuldades do mestrado e da vida profissional, pela companhia, pelo amor eterno e por ser presença constante na minha vida.

A Bruna, Isabela, Julia, Mariana, André, Lucas, Maria, Ana e Marina pela diversão nos encontros da família, pela força e por acreditar.

A Raquel Cannan pela grande amizade construída.

A Laís, Yuri e Ju, por estarem sempre presentes, por participarem da minha vida.

A Márcia e ao Mario pelo carinho e amor dedicados.

A Titina, Mari Coscarelli e Cláudia pela amizade dos tempos do colégio, pelo carinho e amor.

As meninas, Nat, Laís, Dani, Bi, Ana Flávia, Gabi, Roby, Aline e Pri, por fazerem parte da minha vida, por estarem sempre presentes, pela certeza de que seremos amigas para sempre, por acreditarem que isso tudo vai valer a pena um dia.

Aos meninos, Wilson, Ivisson, Daniel, Diego, Philipinho, por estarem presentes, por acreditarem e simplesmente por gostarem de mim.

A Diretoria, pelas risadas diárias, carinho, amizade e incentivos.

A Livia e ao Fabiano, pela amizade e companheirismo. A Livia, por estar sempre presente, por acreditar e por ser minha alma gêmea.

Aos professores e colegas do mestrado, pelos conhecimentos transmitidos, pela paciência e pelo companheirismo.

A Professora Eliane Ayres, minha orientadora, por ter tido a paciência de me orientar, pela ajuda nas pesquisas, pela paciência no laboratório, por introduzir novamente a química na minha vida, pelos dias e noites dedicados a dissertação e pela disponibilidade.

A Professora Rose Bom Conselho, pelas orientações e formatações na dissertação.

Ao Rodrigo, por estar sempre disponível e ser sempre tão atencioso.

Ao Professor Júlio Fernandes, pelas correções no projeto de pesquisa, pelos toques e por acreditar em mim.

Ao Professor Mauro Gifoni, pelas impressões.

Ao Programa de Pós Graduação em Design da UEMG pela oportunidade de realizar essa pesquisa. A FAPEMG por conceder a bolsa para a realização da pesquisa.

E por fim a Deus, pela presença constante na minha vida.

## RESUMO

O objetivo principal deste estudo foi reportar algumas pesquisas importantes realizadas globalmente que apresentam estratégias que possibilitam a utilização de corantes naturais pela indústria têxtil moderna. Além disso, foi também objetivo realizar experimentos com corantes naturais visando ilustrar estas mesmas pesquisas. Através da revisão bibliográfica foi percebido um grande interesse da comunidade acadêmica na utilização dos corantes naturais. Foram estudadas técnicas e condições para extração de corantes naturais a partir de fontes vegetais previamente selecionadas. Tais corantes foram caracterizados quanto ao rendimento da extração, a comparação da eficiência da extração foi feita através das técnicas de agitação magnética e ultrassom. Além disso, foram aplicados em tecido de 100% algodão, que depois de tingidos foram avaliados quanto ao aspecto visual (microscopia óptica) e quanto à solidez do corante (teste de lavagem). Como produto final, foi produzida uma cartela com as cores obtidas para a divulgação dos corantes naturais no tingimento dos produtos do design visando contribuir para a redução do impacto da poluição provocada pelo uso dos corantes sintéticos. Os resultados dos experimentos ilustrativos realizados nesta pesquisa ficaram de acordo com a maioria dos resultados encontrados na literatura. Tais resultados se referem ao baixo rendimento da extração do corante natural, mudança de cor em função do pH do meio de extração, baixo desempenho do corante no teste de lavagem e necessidade de uso de um mordente adequado para melhor fixação do corante nas fibras têxteis.

PALAVRAS-CHAVE: Corantes naturais, design, tecidos, sustentabilidade.

## ABSTRACT

*Through the literature review was perceived a great interest in the academic community in the use of natural dyes. Techniques were studied and conditions for the extraction of natural dyes from plant sources were previously selected. These dyes were characterized for their extraction yield, comparison of the efficiency of extraction was made through the techniques of ultrasound and magnetic stirring. Natural dyes are applied in 100% cotton fabric. The fabrics are dyed well evaluated for visual appearance (light microscopy) and on the strength of the dye test (wash).*

*It was finally produced a color card with the colors obtained for the dissemination of natural dyes in the dyeing of the product design to contribute to reducing the impact of pollution caused by the use of synthetic dyes.*

**KEYWORDS:** *Natural dyes, design, textiles, sustainability.*

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	19
2.1 Objetivo Geral .....	19
2.2 Objetivos Específicos .....	19
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	20
3.1 – O desenvolvimento de produtos sustentáveis .....	20
3.2 - Definições e História .....	26
3.3 – Estratégias para a utilização de corantes sustentáveis (corantes naturais). .....	27
3.4 – O uso da colorimetria no controle do tingimento com corantes naturais .....	38
3.5 – Características incorporadas aos tecidos tingidos com corantes naturais ...	44
3.6 - Tabela Síntese das referências bibliográficas .....	48
<b>4 PARTE EXPERIMENTAL</b> .....	49
4.1 – Parte Experimental .....	50
4. 2 – Materiais .....	50
4.3 – Métodos .....	51
4.4 – Caracterização .....	53
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	55
5.1 - Produção da cartela .....	55
5.2 – Discussão .....	56
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	64
<b>7 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS</b> .....	66
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	67

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. O Conceito de bioprodutos sustentáveis. ....	20
Figura 2. Desfile Osklen SPFW Verão 2007. ....	24
Figura 3. Vestido no tom de verde-água Feito de Ecovogt. ....	24
Figura 4. Diagrama de Gile das curvas de taxa de desvanecimento (% variação da concentração versus tempo) .....	29
Figura 5. Curvas da taxa de desvanecimento para os corantes naturais: pastel, lírio dos tintureiros e ruiva. ....	30
Figura 6. As três categorias de corantes.....	31
Figura 7. Figs da Índia prontos para colheita. ....	34
Figura 8. Espectro de absorção na zona do visível do fruto (Figo da Índia). ....	35
Figura 9. Absorção de comprimentos de onda específicos pelos objetos. ....	39
Figura 10. O Espaço de Cor CIELAB, com as coordenadas $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ . ....	40
Figura 11. O Espaço de Cor CIELCH, com as coordenadas $L^*$ , $C^*$ , $h^*$ . ....	41
Figura 12. Gráfico $a^*_b^*$ de fios de lã tingidos. (1) 12% “gallnut”, (2) 6% “gallnut”, (3) 1% $\text{SnCl}_2$ (mordente) + 12% “gallnut”, (4) 1% $\text{SnCl}_2$ + 6% “gallnut”, (5) 10% alúmen (mordente)+ 12% “gallnut”, (6) 10% alúmen + 6% “gallnut”.....	43
Figura 13. Colchonilha ( <i>Dactylopius coccus</i> L.). ....	44
Figura 14. (a) <i>Morinda citrifolia</i> , normalmente conhecido por noni; (b) amendoeira-da-praia; (c) <i>Tectona grandis</i> (Teca); (d) Jaqueira.....	46
Os corantes retratados apresentaram resultados promissores na obstrução do crescimento de bactérias patogênicas e fungos, mesmo após os tecidos terem sido submetidos a cinco ciclos de lavagem. ....	46

Figura 15. Pêra espinhosa vermelha. ....	46
Figura 16. Fios de algodão tingidos com corante de casca de cebola. ....	47
Figura 17. Esquema da metodologia adotada na parte experimental.....	49
Figura 18. Agitador magnético ressaltando a barra magnética para agitação.....	51
Figura 19. Interior da cabine do sonificador ressaltando a ponteira que fica mergulhada na solução (esquerda) e painel de controle dos parâmetros (direita)...	52
Figura 20. Cartela de cor produzida a partir dos teste com corantes naturais.....	55
Figura 21. Rendimento máximo obtido para os extratos das fontes vegetais usadas. .....	57
Figura 22. Relação US/AM para os extratos das fontes vegetais usadas. ....	58
Figura 23. Fotografias ilustrando o resultado final do tingimento com a variação do meio de extração.....	59
Figura 24. Exemplo ilustrativo da influência do pH do meio de extração do corante do repolho roxo. ....	59
Figura 25. Fotografias ilustrando o resultado final do tingimento com a variação do tipo de agitação para extração realizada em água. ....	60
Figura 26. Imagens de microscopia óptica de tecidos tingidos com corante naturais. .....	60

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Vegetais usados na produção de corantes .....	33
Tabela 2. Interpretação dos resultados no sistema CIELAB.....	40
Tabela 3. Dados colorimétricos obtidos no tingimento de lã com chalcona.....	42
Tabela 4. Detalhes dos corantes naturais usados .....	47
Tabela 5. Efeito dos diferentes corantes naturais na proteção contra os raios UV ..	47
Tabela 6: Explicativa das Referencias Bibliográficas.....	48
Tabela 7. Vegetais que foram usados na produção dos extratos corantes .....	50
Tabela 8. Grau de transferência da cor.....	51
Tabela 9. Grau de alteração da cor.....	54
Tabela 10. Valores* obtidos para o rendimento de corante extraído (%) nos diversos meios de extração com o uso da agitação magnética (AM) .....	56
Tabela 11. Valores* obtidos para o rendimento de corante extraído (%) em água com agitação magnética (AM) e ultrassom (US) .....	57
Tabela 12. Índices obtidos no teste de lavagem dos tecidos de acordo com as Tabelas 8* e 9** .....	63

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

UV- Vis - espectroscopia no ultravioleta visível

pH - potencial hidrogeniônico

RSM – superfície de resposta

ANN – redes neurais artificiais

Nm – nanômetros

CIE – Commission Internationale L'Eclairage

FC – fator de cobertura

AM – Agitador Magnético

US – Ultrassom

# 1 INTRODUÇÃO

No mundo atual em que a sustentabilidade ecológica e o cuidado com os resíduos industriais surgem como conceito, a preocupação passa ser a existência de uma indústria menos poluente, que gaste menos produtos químicos e energia e que os recursos naturais sejam utilizados de forma racional, equilibrada e principalmente preservados. A divulgação de técnicas sobre reciclagem e reutilização de materiais e também do uso correto de matérias-primas derivadas de fontes renováveis, são de suma importância para mostrar como utilizar as vantagens da tecnologia moderna sem agredir a natureza.

De acordo com Manley e colaboradores (2008), a química verde é o projeto, desenvolvimento, implementação de produtos químicos e processos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias perigosas para saúde humana e o meio ambiente.

*Green Chemistry is the design, development, and implementation of chemical products and processes to reduce or eliminate the use and generation of substances hazardous to human health and the environment. Unlike regulatory requirements for pollution prevention, Green Chemistry is an innovative, non-regulatory, economically driven approach toward sustainability. Green Chemistry considers the entire life cycle of chemical processes as an opportunity for design innovation. ... It is the frontiers of Green Chemistry which offer the challenges and, simultaneously, the momentum, to design for sustainability. (Manley, 2008, p. 743)*

O uso de tinturas e cores nos tecidos e utensílios pode ser verificado na história da humanidade desde 2600 A.C. O linho, o algodão, a lã e a seda já eram usadas no Egito antigo. A tonalidade das vestimentas era fator de diferenciação social. Com o passar dos anos os europeus aperfeiçoaram os conhecimentos adquiridos com os povos asiáticos e passaram a oferecer uma maior diversidade de cores e tons para o tingimento das roupas e utensílios (PEZZOLO, 2007).

A descoberta das Américas trouxe diversas inovações à Europa, e uma das mais importantes foi a introdução de novas cores. Os mexicanos já haviam observado que um inseto sem asas quando estava prenhe e alimentava-se dos cactos, assumia uma tonalidade de cor escarlate. Entretanto, eram necessários 70 mil insetos mortos para produzir somente meio quilo do pó de conchonila que era utilizado no tingimento (BLAINEY, 2004).

Os portugueses ao descobrirem a África e durante a rota marítima ao redor desse continente perceberam o uso de uma nova tonalidade da cor azul, extraída de uma planta de nome Índigo cultivada em Bengala. A planta liberava sua cor ao ser fermentada. A planta do índigo chegou a Europa acondicionada em navios holandeses e portugueses. Os europeus ficaram tão fascinados pela vivacidade dessa cor que o exército francês abandonou o uniforme castanho avermelhado e vestiu-se de azul. Homens e Mulheres passaram a desfilarem como pavões com chapéus, capas, túnicas e casacos azuis (BLAINEY, 2004).

As cores foram importantíssimas para o reconhecimento do Brasil como local de especiarias, uma árvore em especial chamou a atenção dos portugueses por seu tronco avermelhado. Eles a levaram para Europa e descobriram que quando descascada e mergulhada em um barril de água produzia uma cor vermelha, essa árvore ficou conhecida como Pau Brasil (BLAINEY, 2004).

Siqueira, (2009) descreve o que os cronistas da época reportavam: “A tinta vermelha era excelente para tingir panos de lã e seda, e se fazer dela outras pinturas e curiosidades”. Ainda segundo a autora, a preocupação com as florestas sempre esteve representada na legislação portuguesa. Explorar conservando foi o objetivo da política desenvolvida pela Coroa nos onze artigos do regimento do Pau-brasil. Uma posição de vanguarda quanto à preocupação com o desmatamento da floresta, se bem que a intenção era resguardar a matéria-prima para a exploração.

O uso de corantes naturais em tecidos declinou rapidamente após a descoberta de corantes sintéticos pelo químico inglês Willian Perkin em 1856 até serem praticamente abandonados por volta de 1900 (MIRJALILI, 2011).

Mesmo que o uso dos corantes sintéticos tenha se intensificado no mundo contemporâneo, ainda assim muitas pessoas continuaram a dedicar seus esforços a trabalhar junto a terra, criando peças tecidas e tingidas à mão com produtos naturais. Algumas, inclusive herdaram o conhecimento técnico do uso dos corantes, dos povos das zonas rurais mais antigas do continente (FERREIRA, 1998).

De acordo com Mirjalili e colaboradores (2011), a fabricação de tecidos é uma das indústrias que mais poluem o meio ambiente. Para se processar uma tonelada de tecido utiliza-se cerca

de 230-270 toneladas de água gerando um efluente proporcional a essa quantidade. Segundo os autores, existem dois caminhos para limitar o impacto ambiental do processamento têxtil. O primeiro é construir grandes estações de tratamento de efluentes altamente efetivas e o outro caminho é fazer uso de produtos, entre eles os corantes, amigos do meio ambiente.

Os corantes naturais derivados da flora e fauna são mais seguros porque são atóxicos, não carcinogênicos e biodegradáveis. Como a tendência em todo mundo está se direcionando no sentido da utilização de “commodities” ecologicamente amigáveis e biodegradáveis, a demanda por corantes naturais está aumentando dia a dia (ALI, 2009).

Segundo Komboonchoo e colaboradores (2009), no setor de corantes usados para cosméticos, por exemplo, no tingimento de cabelos humanos, existe uma tendência muito forte de substituir os corantes sintéticos por corantes naturais. Neste campo de aplicação, a maior motivação é a preocupação com possíveis riscos do contato dos corantes sintéticos com o couro cabeludo humano.

O tingimento de produtos do design têxtil com corantes naturais é uma expressão cultural única e não pode ser comparado somente em termos de eficiência em relação à utilização de corantes sintéticos e industriais. Apesar disso, existe uma demanda crescente para o desenvolvimento de técnicas adequadas para a extração mais eficiente e mais efetiva de substâncias ativas de vegetais e minerais que poderão tornar mais viável e sustentável o retorno do uso em larga escala desses corantes (SIVAKUMAR, 2009).

É preciso assegurar que a substituição dos corantes sintéticos por corantes naturais não vai simplesmente transformar o tecido industrializado em tecido artesanal, e sim dar origem a um tecido mais amigo do meio ambiente com o mesmo padrão anteriormente alcançado com os corantes sintéticos (GUESMI, 2011).

Do ponto de vista de Leitner e colaboradores (2012), ao se pensar na reintrodução dos corantes naturais em escala industrial, vários parâmetros devem ser controlados para assegurar uma padronização que minimize os efeitos da variação do material vegetal. Além disso, o processo de tingimento com corante natural deve ser possível de ser realizado nos equipamentos disponíveis nas indústrias têxteis modernas sem a necessidade de grandes investimentos.

Assim, acredita-se ter sido importante investigarmos mais sobre o tema, pois tal investigação possibilitou estudar formas de extração e utilização sustentável de recursos naturais para a produção de corantes e também questões relevantes que devem ser observadas para viabilizar seu emprego no tingimento de tecidos.

Atualmente estar na moda é ter uma preocupação com o meio ambiente, com o desenvolvimento sustentável e fazer algo que contribua para mudar os rumos atuais do consumo e possibilite a interação entre o homem e a natureza de forma mais harmoniosa. O uso de corantes fez e faz parte da cultura dos homens, sempre utilizado na alimentação, no corpo e também nas roupas. (PEZZOLO 2007)

Portanto, para realizar esta pesquisa indagou-se: Como poderemos utilizar corantes naturais para tingimento de tecidos que eram empregados para essa finalidade há mais de 3000 anos na indústria têxtil moderna?

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O objetivo principal deste trabalho de pesquisa é reportar algumas pesquisas importantes realizadas globalmente que apresentam estratégias que possibilitam a utilização de corantes naturais pela indústria têxtil moderna. Além disso, também é objetivo realizar experimentos com corantes naturais visando ilustrar as pesquisas reportadas.

### **2.2 Objetivos Específicos**

1. Demonstrar através da revisão bibliográfica realizada que existe um interesse muito grande na utilização de corantes naturais;
2. Pesquisar matérias primas naturais originadas de fontes vegetais amplamente disponíveis que possibilitem obter corantes para aplicação têxtil;
3. Estudar a extração de corantes naturais em meios diferentes e avaliar a eficiência de extração em cada meio estudado;
4. Comparar a eficiência de extração realizada através da técnica que utiliza agitação magnética (convencional) com a extração realizada em ultrassom;
5. Aplicar os corantes naturais obtidos em amostras de tecidos de algodão e avaliar a solidez dos mesmos através de teste simples de lavagem;
6. Utilizar as diversas amostras de tecidos tingidos de maneira sustentável para produzir uma cartela de divulgação dos mesmos.

## 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 – O desenvolvimento de produtos sustentáveis

Sustentabilidade, ecologia industrial, eco-eficiência e química verde estão norteando o desenvolvimento da próxima geração de materiais, produtos e processos. Cada vez mais o desenvolvimento sustentável está se tornando uma prioridade das empresas e dos governos (KHALIL, 2012). Ouvimos frequentemente falar sobre os efeitos do aquecimento global e do esgotamento das reservas fósseis.

Parece ser apenas uma questão de tempo que sejamos forçados a olhar para os recursos renováveis para satisfazer nossa necessidade de materiais de uma forma sustentável. O conceito de sustentabilidade foi esquematizado por Khalil e colaboradores (2012) conforme está ilustrado na Figura 1.

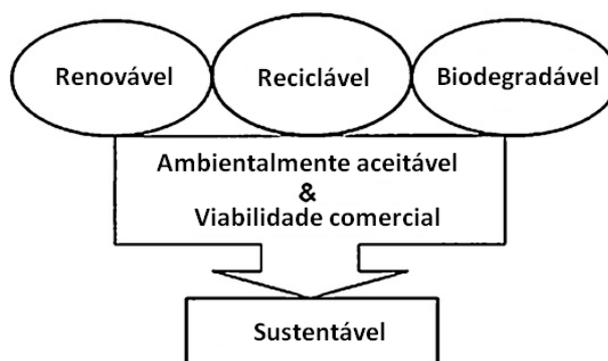


Figura 1. O Conceito de bioprodutos sustentáveis.  
Fonte: Adaptado de Khalil e colaboradores (2012).

Em um mundo com recursos limitados e graves impactos ambientais, é necessário um estilo de vida mais sustentável. De acordo com Ljungberg (2007), a poluição é um grave problema, pois mesmo se todas as empresas conseguissem chegar a zero nas emissões de gases poluentes, a terra ainda seria seriamente afetada pelas emissões ocorridas até agora. A não sustentabilidade é causada principalmente pela atual situação global. No entanto, não há possibilidades de reduzir todos os impactos ambientais para zero.

Ljungberg (2007) aponta ainda, que o excesso de população é outro fator de dificuldade para a sustentabilidade, o mundo poderá ter mais de dez bilhões de habitantes até 2025. O ecossistema em todo o mundo deve ser tratado, a fim de proteger as plantas e animais. O ambiente

deve ser visto como uma parte do processo de desenvolvimento e não pode ser explorado livremente sem consequências. As repercussões do desenvolvimento devem ser vistas numa perspectiva de longo prazo, a fim de minimizar o impacto para gerações futuras.

Ljungberg (2007) também se refere ao desenvolvimento de produtos sustentáveis como um caminho que pode levar a solução de tais questões. Esse autor define produto sustentável como um produto que dará tão pouco impacto ao meio ambiente durante o seu ciclo de vida. Os materiais derivados de fontes renováveis são os materiais que, em um curto período de tempo podem ser formados novamente na natureza e dar nenhum ou muito pouco impacto ao ambiente e vão ao encontro das demandas do desenvolvimento de produtos sustentáveis.

Manzini e Vezzoli (2008) nos informam que o conceito do ciclo de vida refere às trocas entre o ambiente e o conjunto dos processos que acompanham o “nascimento”, “vida” e a “morte” de um produto. Dito de outra forma, “o produto é interpretado em relação aos fluxos – de matéria, energia e emissão – das atividades que acompanham durante toda a sua vida”.

A indústria têxtil e o vestuário são baseados em ciclos rápidos de tendências de moda que visam produzir continuamente novas necessidades para os consumidores. O ciclo de vida dos produtos está encurtando e as empresas querem substituir seus produtos num ritmo crescente. O mundo contemporâneo tem atribuído valor aos produtos conhecidos como “verdes”, ou seja, aqueles que incorporam exigências e preocupações sustentáveis com o meio ambiente. Os produtos deveriam incorporar as exigências do mercado além de buscar traduzir essas preocupações no próprio design dos produtos. Afinal o uso atribuído ao produto pela população em geral leva sempre em consideração aspectos da vida cultural, da estética e razões emocionais (NIINIMÄKI, 2011).

Manzini e Vezzoli (2008), ainda apontam a importância do papel do designer na escolha e aplicação dos materiais no desenvolvimento de produtos, muito embora se saiba que ele não estará diretamente ligado a origem e ao fim destes materiais, quanto terminar o ciclo de vida dos mesmos.

Desde o início do século XXI, vários estilistas têm feito uso do conceito de reutilização e reformulação na concepção de produtos de moda. No entanto, uma mentalidade sustentável ainda precisa emergir como um todo, afinal não basta que tenhamos produtos sustentáveis, é

necessário que toda a sociedade incorpore um novo estilo de vida que reveja conceitos de estilo de vida e consumo, enquanto isso a indústria continuará a projetar e fabricar têxteis e vestuário em meios tradicionais.

Para Manzini e Vezzoli (2008 p. 147), Isto quer dizer:

Que devemos considerar também as várias tecnologias de transformação e de beneficiamento dos materiais (alguns podem determinar emissões tóxicas e nocivas ao ambiente; outros, embora igualmente eficazes, podem não ser nocivos); devemos considerar também a etapa dos serviços de distribuição dos produtos, mesmo sendo ela a que causa dano ao ambiente; é necessário projetar os produtos de maneira a utilizar recursos (energia e materiais de consumo) reconhecidamente de menor impacto ambiental; e, por fim, orientar-nos pela melhor escolha dos materiais e dos aditivos empregados, buscando assim minimizar os perigos das emissões quando o produto se encontrar em sua fase de eliminação ou descarte final.

Manzini (2008) por sua vez, tem nos apontado que as inovações sociais em geral referem-se a novas estratégias, conceitos e métodos para atender necessidades sociais dos mais diversos tipos (seus campos de atuação são os mais variados, condição de trabalho, lazer, educação, saúde, etc.).

Neste livro, o autor foca na contribuição que a inovação social poderá dar ao tema do design para a sustentabilidade, em termos de design estratégico e, sobretudo, de design de serviços.

“Hoje em dia, a sustentabilidade deveria ser o meta objetivo de todas as possíveis pesquisas em design... O Design para sustentabilidade é o design estratégico capaz de colocar em ato descontinuidades locais promissoras, contribuindo para efetivas mudanças sistêmicas.” (MANZINI, 2008)

O autor cita algumas formas de conduzir a sustentabilidade tais como: mudar a perspectiva, focando as soluções alternativas no processo ao invés de focar nos produtos.

Uma solução sustentável é o processo por meio do qual, produtos, serviços e conhecimentos são estimulados em um sistema que objetiva facilitar ao usuário a obtenção de um resultado coerente com os critérios de sustentabilidade.

A indústria têxtil afeta diretamente grande parte da população mundial, pois o algodão dá sustento a cerca de um bilhão de pessoas em 80 países segundo a Organização de alimentos e agricultura das Nações Unidas (FAO). O que vestimos nos afeta muito mais do que imaginamos. (LEE, 2009).

Ainda segundo Lee (2009), na segunda metade do século XX, dois tecidos dominaram o mundo: o algodão e o poliéster. Esses tecidos tiveram grandes impactos nos armários da sociedade como também tiveram uma relevância social, econômica e política. Os tecidos sintéticos levaram a alta costura para as ruas. Com o surgimento desses tecidos, as redes de lojas regularmente compravam vestidos dos desfiles de Paris para copiá-los para o mercado de massa. Esses tecidos fizeram com que os consumidores começassem a esperar mais variedade em padrão, textura e estampas.

Entretanto esses dois produtos que tanto contribuíram para a popularização da moda, também estão intimamente ligados à degradação ambiental, o “Poliéster não é biodegradável – portanto tudo que jogamos nos lixões ao redor do globo vai permanecer conosco por mais 200 anos.” O cultivo do algodão no mundo depende de pesticidas altamente tóxicos e estão matando milhões de agricultores, sendo um dos plantios mais poluentes.

A produção de novos artigos para o vestuário, de acordo com os princípios da sustentabilidade é um grande desafio para o mundo da moda.

Sabemos da gravidade dos problemas ambientais, os cientistas e ambientalistas alertam a sociedade diariamente para esse problema. Precisamos incorporar atitudes como reciclar o lixo, evitar o desperdício de água e energia, escolher com mais critério os produtos consumidos, usar combustíveis alternativos e reduzir o consumo, assim poderemos minimizar parte dos problemas ambientais causados pelo homem.

Com as exigências da ISO 14000, a questão ambiental tem sido incorporada por, algumas empresas têxteis brasileiras desde a década de 90. O tratamento de efluentes, e importantes alterações no processo produtivo foram estratégias encontradas para reduzir os prejuízos ambientais. Além disso, a implantação de projetos de educação ambiental e intervenção social têm sido utilizadas para minimizar e ampliar as repercussões das ações. (SCHULTE e colaboradora, 2008).

A preocupação com a preservação do meio ambiente já faz parte do mundo do design e da moda. É possível encontrar no mercado brasileiro marcas que já trabalham com este valor agregado, como a Osklen (figura 2) que desenvolve tecidos ecologicamente sustentáveis através de seu projeto E-fabrics ([www.osklen.com.br](http://www.osklen.com.br)) e também o tecido *ecovogt*, 100% ecológico, (figura 3) que foi criado pelo estilista brasileiro Caio Von Vogt.



Figura 2. Desfile Osklen SPFW Verão 2007.

Fonte: <http://blogs.estadao.com.br/revista/osklen-mostra-seu-verao-avatar-com-tingimento-artesanal/>



Figura 3. Vestido no tom de verde-água Feito de Ecovogt.

Fonte: <http://xillique.blogspot.com.br/2009/06/ecovogt.html>

É uma inovação na indústria mundial da moda, que pode ser utilizado em qualquer tipo de roupa ou acessório (na confecção de camisetas, vestidos, calças, bolsas, cintos ou calçados). Ao contrário de outros produtos do mercado, o *ecovogt*, que é uma fibra de origem vegetal, se decompõe em dois anos, enquanto o algodão, que também é uma fibra de origem vegetal, demora 10 anos, e o poliéster leva um século. Entretanto uma marca inglesa já fazia uso do poliéster mais popular que é o polietileno tereftalato (PET), matéria prima das garrafas plásticas de bebidas. A Patagônia, primeira marca de roupas a utilizar as PETs recicladas para fazer uma lã de poliéster chamada Fleece foi responsável pela reciclagem de mais de 86 milhões de garrafas. (SCHULTE e colaboradora, 2008; LEE, 2009).

O respeito pelo meio ambiente, a utilização de fibras e tintas naturais e a reciclagem de roupas e objetos usados, são a base da moda ecológica, que pouco a pouco tem conquistado os consumidores e estilistas na Itália e em outros países. Na chamada “eco-moda”, também se confecciona roupa orgânica. Essas roupas são elaboradas com tecidos em cuja produção não são usados produtos químicos, nem fertilizantes, nem pesticidas. E, embora a moda de baixo impacto ambiental esteja mais desenvolvida em mercados como o inglês e o alemão, até gigantes do ramo, como Giorgio Armani, estão dispostos a aderir à tendência. (SCHULTE e colaboradora, 2008)

Outra experiência inovadora tem sido desenvolvida pelos associados da Coopa-Roca - Cooperativa de Trabalho Artesanal e de Costura da Rocinha (RJ). O grupo cria produtos de vestuário de moda a partir de materiais reciclados e sobras de tecidos, doadas por empresas de confecção, utilizando técnicas artesanais como fuxico, patchwork, bordado, crochê, tricô e outros. Estes trabalhos têm recebido apoio de importantes estilistas brasileiros que os utilizam em desfiles de moda. Além da geração de renda e inclusão social contribui-se para a construção de uma consciência ecológica tanto de quem produz quanto de quem consome.

Hoje em dia a idéia de bem-estar das pessoas está relacionada a uma disponibilidade sempre maior de produtos e serviços. Considerando os limites do planeta, isso precisará mudar nos próximos anos e o problema comum dos profissionais do design é facilitar uma mudança que aconteça de forma menos drástica, criando condições para que isso possa acontecer não como uma necessidade, mas como uma escolha.

A inovação social é outro ponto que o autor discorre no texto. Mudanças no modo como os indivíduos ou comunidades agem para resolver seus problemas devem criar novas

oportunidades, onde a busca por soluções concretas, acabam por reforçar o tecido social, gerando e colocando em prática idéias novas e mais sustentáveis de bem-estar.

Neste contexto, o qual tornou o caráter sustentável como algo não mais diferenciador e sim como algo essencial, a utilização de materiais não nocivos ao meio ambiente, como materiais renováveis, e mais especificamente a utilização de corantes naturais, como matéria prima para o design de produtos têxteis, constitui parte importante no desenvolvimento sustentável.

Segundo Thomas Lovejoy, em recente artigo publicado na revista *Veja* (20 de junho, 2012 p.134):

...Evidentemente, o tempo está se esgotando para que consigamos evitar deixar como herança para as próximas gerações um planeta degradado. Não se trata apenas de olhar para o futuro longínquo. Muitas pessoas nascidas nesta década estarão vivas até o fim do século para vivenciar as conseqüências do sucesso ou do fracasso dos nossos esforços. Quanto mais esperarmos, mais duras e menos numerosas serão as escolhas...

...Quatro bilhões de anos de evolução produziram uma diversidade impressionante de plantas, animais e organismos lindos, intrincados e fundamentais para o desenvolvimento sustentável. Não devemos virar nossas costas para ele, mas sim celebrá-lo e protegê-lo com toda a inventividade que possuímos..

### **3.2 - Definições e História**

Pigmentos são substâncias sólidas, finamente dispersas e geralmente insolúveis nos mais diferentes meios, que são utilizadas para conferir aos materiais e objetos propriedades como cor, brilho, obscuridade, condutividade elétrica, propriedades magnéticas, resistência química, resistência à luz e efeitos luminosos. Por outro lado, corantes são substâncias fortemente coloridas que, ao contrário dos pigmentos, geralmente se solubilizam na maioria dos solventes (BESSLER, 2004). Os corantes podem ser utilizados para conferir cor a uma infinita variedade de materiais descritos tecnicamente como substratos, porém sua aplicação mais importante sempre foi o tingimento de fibras e tecidos têxteis.

Há milhares de anos o homem utiliza corantes de origem mineral, animal e vegetal para decorar objetos e utensílios, fazer pinturas, tingir fios e tecidos. O primeiro registro escrito conhecido que faz referência aos corantes naturais e a sua utilização data de 2600 A.C. (PEZZOLO, 2007). Nessa época, a cor das roupas indicava a posição social: Amarelo para os imperadores, violeta para as esposas. Já o azul, vermelho e negro eram cores destinadas aos cavaleiros.

Ainda de acordo com a autora, o uso de corantes e das substâncias que garantiam sua fixação era conhecido dos egípcios; A Garança ou Ruiva (vermelho) e o Pastel (diversos tons de azul) foram os dois principais corantes utilizados na Idade Média (476 a 1453). Nessa época, os tintureiros utilizavam o alúmem para fixar as tintas.

Quando Vasco da Gama encontrou o caminho marítimo para as Índias teve início uma nova era das tinturas naturais. Após aprender com os povos da Ásia, sobre o uso dos corantes, os Europeus se aperfeiçoaram na tecnologia da tintura, utilizando corantes vegetais e animais quase na totalidade de seu trabalho, fato que se estendeu até meados do século XIX.

Em 1856, o químico inglês Willian Perkin preparou pela primeira vez num laboratório, um corante a partir de anilina, dando início a era dos corantes sintéticos. Em resposta à crescente demanda da indústria têxtil, em 1868 foi desenvolvido um processo para síntese de alizarina (corante vermelho de origem vegetal), em 1880, para o índigo (corante azul de origem vegetal) e, até a virada daquele século, já estava estabelecida uma potente indústria de corantes sintéticos (BESSLER, 2004).

### **3.3 – Estratégias para a utilização de corantes sustentáveis (corantes naturais)**

A predominância dos corantes sintéticos impediu um contínuo desenvolvimento e adaptação do tingimento natural às necessidades das tecelagens modernas. Em decorrência disso, atualmente existe uma lacuna considerável separando o conhecimento que se tem de processos eficientes para extração de corantes naturais das demandas dos processos de tingimento comerciais. Na última década, investigações sobre a possibilidade do uso de corantes naturais em processos de tingimento têxtil foram realizadas por diversos grupos de pesquisa.

Geralmente o corante é aplicado na forma de solução aquosa e pode precisar de um mordente para melhorar a fixação do corante na fibra (solidez) (BECHTOLD, 2007). O uso de mordentes prepara as fibras e as ajudam a absorver melhor o corante. É possível tingir sem usar mordentes, mas o uso de mordentes geralmente produzirá cores melhores, mais vívidas e

mais permanentes. Os mordentes mais comuns são o alúmen, sulfato de cobre, dicromato de potássio, sulfato ferroso e tanino.

Para Bechtold e colaboradores (2003), a introdução de corantes naturais nos processos modernos de tingimento, pode ser visto como uma etapa de um desenvolvimento contínuo dos processos de tingimento e acabamento têxtil na direção do aumento da sustentabilidade relacionado com, por exemplo, consumo de água, produtos químicos e energia.

No trabalho desses autores foram apresentados resultados de um estudo realizado para avaliar fontes de corantes naturais na Áustria. Este estudo partiu de cerca de 50 diferentes tipos de plantas que poderiam ser usadas como matérias-primas para extração de corantes. De acordo com os autores, foi feita uma seleção que obedeceu aos seguintes critérios:

Produção do material vegetal em quantidades suficientes utilizando métodos modernos de agricultura e métodos de extração ambientalmente corretos para obtenção dos corantes;  
Formação de uma classe adequada de corantes com aplicabilidade comparável aos corantes sintéticos em uso.

Os resultados da pesquisa indicaram que, em geral, pode-se conseguir o tingimento com solidez aceitável para vários corantes naturais através do processo tingimento que utiliza um só banho, usando lã ou linho como substratos. Os autores ressaltaram que apesar dos bons resultados obtidos, existe a demanda por uma investigação mais aprofundada das propriedades toxicológicas dos corantes naturais em relação aos efeitos indesejáveis que eles porventura possam causar ao organismo humano.

Cristea e colaborador (2006) reportaram que a maioria dos corantes naturais possui propriedades de solidez a luz pobre ou moderada, ao passo que os corantes sintéticos abrangem uma ampla faixa de propriedades de solidez à luz que vão desde pobre a excelente. Segundo esses autores, para a análise da solidez à luz de corantes, o estado físico do corante no substrato tem maior influência do que a própria estrutura química da molécula do corante. Neste caso, quanto mais finamente disperso estiver o corante no interior da fibra, mais rapidamente ele se desvanecerá. Fibras com agregados maiores de corante possuem maior solidez à luz porque a área superficial do corante exposta à luz e ao ar é menor.

Uma maneira de investigar a relação entre o estado físico de um corante no interior da fibra e sua solidez à luz é através da análise das curvas de desvanecimento do corante. De acordo com os autores, foram descritas cinco tipos de curvas para a taxa de desvanecimento para corantes sintéticos (Figura 4):

Tipo I: A taxa de desvanecimento diminui constantemente com o tempo. Neste caso, o corante está disperso molecularmente por toda fibra.

Tipo II: A taxa de desvanecimento é alta no início e depois decai de maneira constante. Este tipo está relacionado com a presença de agregados no interior da fibra.

Tipo III: A taxa de desvanecimento é constante e caracterizada por uma reta.

Tipo IV: A taxa de desvanecimento é alta inicialmente e depois vai ficando mais lenta.

Tipo V: A taxa de desvanecimento aumenta constantemente com o tempo.

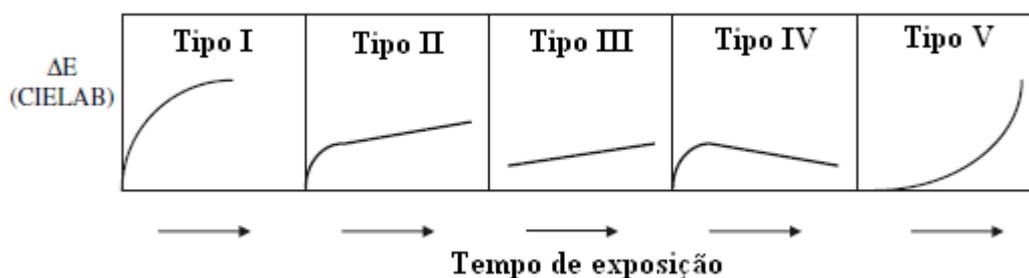


Figura 4. Diagrama de Gile das curvas de taxa de desvanecimento (% variação da concentração versus tempo)  
Fonte: Adaptado de CRISTEA, 2006.

Na referência supracitada, os autores se propuseram a determinar as curvas de taxa de desvanecimento para três corantes naturais fixados em fios de algodão (Figura 5). Os corantes selecionados foram: Pastel dos Tintureiros (azul), Lírio dos Tintureiros (amarelo) e Ruiva (vermelho).

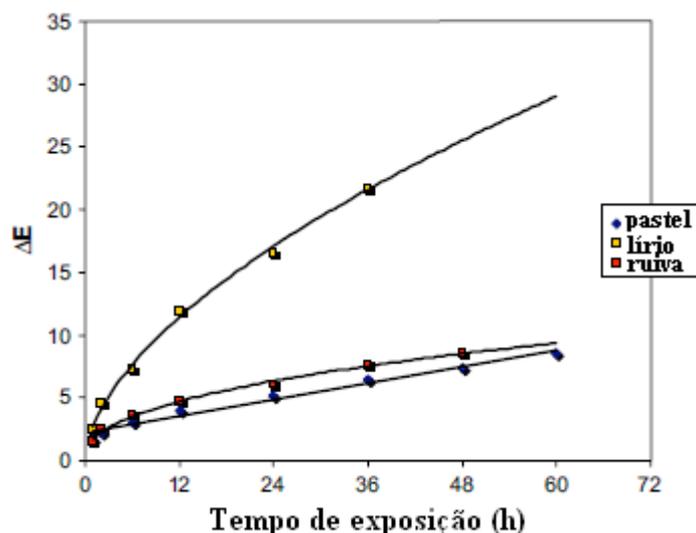


Figura 5. Curvas da taxa de desvanecimento para os corantes naturais: pastel, lírio dos tintureiros e ruiva.  
Fonte: Adaptado de CRISTEA, 2006.

De acordo com as curvas da Figura 5, o corante Ruiva e o corante Lírio dos Tintureiros se comportaram de acordo com a curva tipo II (Figura 4). Já o corante Pastel exibiu comportamento do tipo III (Figura 4) sugerindo que o corante formou agregados grandes dentro da fibra, os quais reduziram a área superficial do corante acessível ao oxigênio, à luz e umidade.

Vale a pena ressaltar que os autores destacaram a necessidade de estudos mais aprofundados para que seja possível tirar o máximo proveito dos corantes naturais. O uso de aditivos para aumentar a solidez dos corantes naturais foi mencionado como uma estratégia fundamental para aumentar viabilidade de utilização de tais corantes.

Segundo Ali e colaboradores (2009), geralmente a eficiência do processo de extração com água dos corantes das plantas não é alta o que acaba afetando o custo de produção e restringindo a utilização de corantes naturais em comparação com corantes sintéticos.

O trabalho dos autores envolveu um estudo das condições de extração alcalina de corante a partir de folhas de hena com o objetivo de alcançar um bom tingimento de tecido algodão.

O meio alcalino realmente otimizou a extração do corante das folhas de hena. As propriedades de resistência à lavagem, resistência à fricção e solidez à luz das amostras de tecido de algodão ficaram entre moderadas e boas sem a utilização de mordente.

Seguindo a tendência atual da chamada “química verde”, Komboonchoo e colaboradores (2009) basearam seus estudos no conceito de corantes híbridos. Para isso modificaram quimicamente o corante índigo natural para obterem o índigo sulfonado e aplicá-lo em lã como corante ácido.

De acordo com os autores, para se obter um corante híbrido pode-se seguir duas estratégias. Na primeira delas, os corantes naturais são modificados através de reações químicas e aplicados em combinação com outros corantes naturais. Na segunda estratégia, corantes naturais são combinados com corantes sintéticos derivados de recursos não sustentáveis.

Neste trabalho foi mostrado como o processo de tingimento híbrido é capaz de reduzir o número de etapas dos processos de tingimento e os custos dos processos de tingimento e de outros processos de engenharia envolvidos, incluindo os custos de tratamento de água. Além disso, os autores enfatizaram que os consumidores são receptivos ao conceito de corantes híbridos porque sua relação com recursos sustentáveis fica bastante clara.

A Figura 6 ilustra as características dos corantes híbridos comparativamente aos corantes naturais e sintéticos.

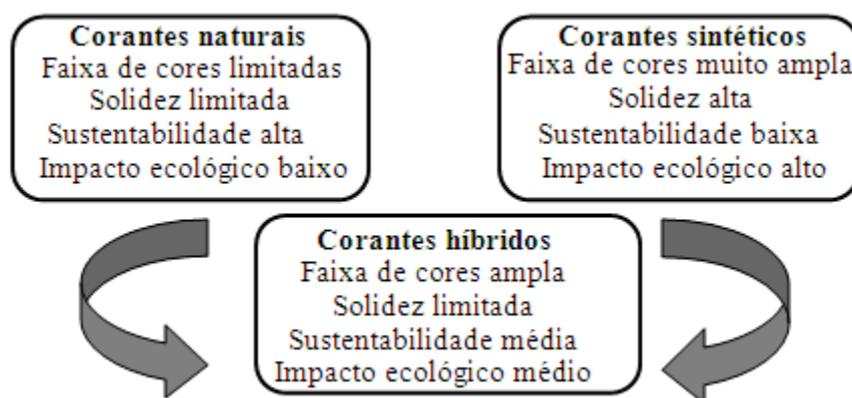


Figura 6. As três categorias de corantes.  
Fonte: Adaptado de KOMBOONCHOO, 2009

Durante o processamento de têxteis / couro, a ineficiência do tingimento resulta em uma grande quantidade de corante sendo diretamente perdida na água de lavagem e que acaba por encontrar o caminho para o meio ambiente (SIVAKUMAR, 2009).

Com objetivo de desenvolver uma técnica de extração eficiente para corantes naturais Sivakumar e colaboradores (2009), fizeram um estudo comparativo da extração de corante natural utilizando ultrassom com o processo convencional que utiliza agitação magnética. Nesse estudo específico, foi utilizada a beterraba como recurso natural para extração do corante.

A extração da matéria corante da beterraba é um processo de lixiviação sólido-líquido que envolve transferência de massa. A matéria corante está fortemente ligada às membranas da célula vegetal e neste caso o ultrassom foi utilizado como uma ferramenta para melhorar a transferência de massa do corante e o transporte para o meio solvente.

De acordo com a explanação dos autores, quando um líquido é irradiado por ultrassom aparecem microbolhas que crescem e oscilam extremamente rápido e até colapsam violentamente se a pressão acústica for alta o suficiente. A ocorrência desses colapsos perto de uma superfície sólida irá gerar micro-jatos e ondas de choque. Além disso, a alta micro-agitação presente na fase líquida em torno das partículas aumenta a transferência de massa e calor e até mesmo a difusão de espécies no interior dos poros do sólido.

Os resultados mostraram que uma melhoria significativa de 8% no rendimento de corante extraído foi alcançada com o uso do ultrassom comparado com a extração convencional na qual foi usado um agitador magnético.

Dando continuidade aos estudos de extração de corantes naturais com o uso do ultrassom, Sivakumar e colaboradores (2011) exploraram outras fontes naturais de matéria-prima (Tabela 1). Justificaram esse investimento pela expectativa de rápido crescimento dos corantes naturais em um futuro próximo. Segundo os autores, a demanda global dos corantes naturais ao redor do mundo é de cerca de 10.000 toneladas, o que equivale a 1 % do consumo mundial de corantes sintéticos.

Foram encontrados aumentos de 12 – 100 % no rendimento do extrato obtido devido ao uso do ultrassom quando comparado ao uso do agitador magnético. Os autores também ressaltaram que tais corantes muito provavelmente seriam extraídos com mais alta eficiência se fossem utilizados solventes orgânicos tais como hexano. No entanto, o objetivo da pesquisa

foi o desenvolvimento de um processo em sistema aquoso que fosse ao mesmo tempo efetivo e sustentável sem a presença de solventes orgânicos.

				
Acácia negra	Cravo amarelo	Romã	Maravilha	Crista de galo
Casca	Flores	Casca	Flores	Flores
Marrom	Amarelo	Amarelo	Rosa	Vermelho

Tabela 1. Vegetais usados na produção de corantes

Para realização de seu trabalho, Leitner e colaboradores (2012), observaram que era preciso uma estratégia de tingimento com corantes naturais que pudesse superar os seguintes aspectos:

- Devido ao baixo teor de corante no material vegetal a extração deve ser feita somente em água. Caso contrário, enormes quantidades de extratos quimicamente contaminados serão liberadas durante a etapa de extração, o que é inaceitável no que diz respeito tanto aos custos como ao perfil ecológico do processo.
- Enormes quantidades de material vegetal precisam ser manuseadas durante a colheita, armazenagem e extração.
- É necessária uma padronização para minimizar os efeitos da variação do material vegetal.

O processo de tingimento com corante natural deve ser possível de ser realizado nos equipamentos disponíveis nas indústrias têxteis modernas sem a necessidade de grandes investimentos.

De acordo com os autores, uma estratégia para superar tais barreiras técnicas, seria produzir corantes naturais sólidos através da precipitação dos corantes a partir dos extratos vegetais. Neste contexto, os autores reportaram a obtenção e caracterização de um corante natural

sólido produzido a partir de extrato da vara dourada (*Solidago canadensis*), um vegetal com alto teor de tanino na casca.

A produção do corante sólido foi alcançada através de operações básicas tais como extração, precipitação, sedimentação, filtração e secagem. Além disso, o corante sólido que é solúvel em ácidos diluídos, resultou em tingimento comparável ao tingimento com o uso direto dos extratos vegetais.

O trabalho de Guesmi e colaboradores (2011) enfocou vários parâmetros que devem ser controlados para que a reprodutibilidade com corantes naturais seja alcançada.

Esta pesquisa envolveu o tingimento de lã com o corante natural indicaxantina extraído de frutos da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*), uma espécie de cactus, vulgarmente chamados de figos da Índia (Figura 7).



Figura 7. Figos da Índia prontos para colheita.

A partir desta matéria prima são obtidos dois corantes principais: indicaxantina e betanina conforme foi demonstrado através do aparecimento dos picos característicos obtidos por espectrofotometria visível e ultravioleta (UV-Vis) de tais corantes (Figura 8).

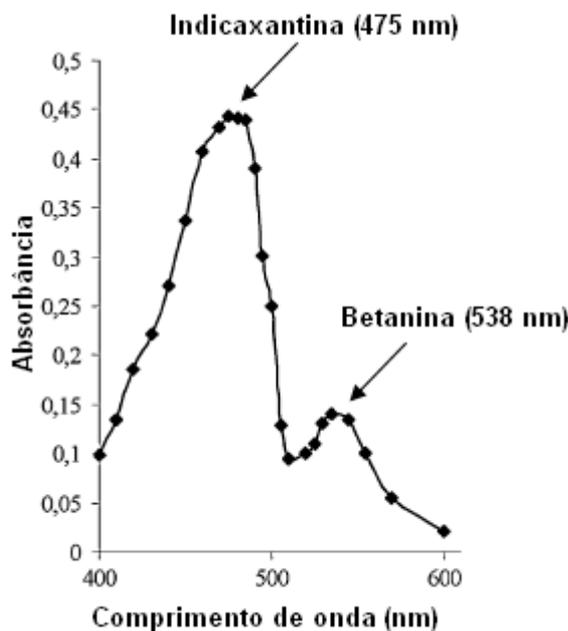


Figura 8. Espectro de absorção na zona do visível do fruto (Figo da Índia).  
Fonte: Adaptada de GUESMI, 2011.

Segundo os autores, a instabilidade térmica devido à presença da betanina leva à degradação da cor do extrato que se opõe a reprodutibilidade do tingimento. Neste caso o procedimento adequado seria realizar uma etapa prévia de separação da betanina antes de utilizar o corante. Outros parâmetros abordados foram o efeito da concentração de corante na solidez da cor, a influência do pH do banho no processo de tingimento, o controle do tempo e da temperatura de tingimento, além do tipo e concentração de mordente.

Ali e colaboradores (2012), realizaram o estudo da formação de lagos de corantes baseados em alumínio com três fontes diferentes de vegetais. Foram elas: cebola canadense (*Allium Cepa*), vara dourada (*Solidago Canadensis*) e romã (*Punica Granatum*).

Lago de corante se refere a uma técnica na qual é obtido um pigmento (sólido) através da precipitação do corante em solução com um sal metálico. O sal metálico deve ser inerte e insolúvel no corante além de ter baixa capacidade de tingimento. Desta forma o corante é que vai determinar quais os comprimentos de onda que são absorvidos e refletidos pelo precipitado resultante.

Conforme os autores, a escolha de tal estratégia para estudar os corantes naturais se baseou em duas premissas:

A qualidade dos produtos tingidos com corantes naturais precisa alcançar um padrão mínimo em termos de solidez, nivelamento e reprodutibilidade. Somente para produtos de nicho e os chamados eco produtos, é possível haver alguma flexibilidade.

Em qualquer caso, os argumentos em favor de uma maior sustentabilidade dos corantes naturais nas operações de tingimento têxtil, baseiam-se em critérios bem definidos de economia de recursos entre eles: energia, água, produtos químicos, emissão de gases de efeito estufa, efluentes e uso da terra.

Uma desvantagem dos corantes naturais, independente de qual seja a fonte vegetal, é a baixa concentração de corante presente nos extratos obtidos. Concentrar o extrato através de evaporação consome uma grande quantidade de energia. As técnicas de concentração que utilizam membranas demandam um investimento de capital considerável. Por isso, para o tingimento com corantes naturais é recomendado o uso direto do extrato. Para isso é necessário o preparo do extrato no próprio local onde é realizado o tingimento acarretando alguns problemas de manuseio.

Neste caso, grandes quantidades do material vegetal terão que ser processadas no próprio local e o descarte dos resíduos extraídos precisará ser gerenciado. Além disso, será necessário possuir equipamento adequado para extração.

Segundo Ali e colaboradores (2012), a formação de lagos de corante sólido pode ser uma estratégia promissora para superar esses inconvenientes. Sais de alumínio podem ser usados para precipitar lagos de corante que poderiam ser usados como corantes concentrados.

Em um trabalho recente, no qual Guesmi e colaboradores (2013) investigaram as condições de estabilidade da indicaxantina durante o tingimento de fibras acrílicas aminadas, a técnica de tingimento convencional foi comparada com o uso do ultrassom. Para eles ficou óbvio que fazer o tingimento sob condições ultrassônicas é bastante efetivo. De acordo com os autores, a energia ultrassônica pode limpar ou homogeneizar materiais e acelerar tanto fenômenos físicos quanto reações químicas. A energia do ultrassom dá origem a cavitações acústicas no banho de corante. As cavitações ocorrem junto à superfície sólida gerando micro jatos que facilitam o movimento do líquido em alta velocidade aumentando a difusão das moléculas de

corante no interior dos poros do tecido proporcionando, portanto, o aumento da absorção do corante em condições menos energéticas.

A conclusão dos autores é que a técnica ultrassônica de tingimento é altamente efetiva em termos de economia de tempo de processamento e energia. No entanto, as condições de estabilidade da molécula de corante não devem ser ignoradas durante o uso da técnica.

Segundo Sinha e colaboradores (2013), no caso de corantes naturais o componente de coloração está firmemente ligado a parede da célula, por isso há a necessidade de novas técnicas para otimizar os principais mecanismos de extração desses corantes. Tais mecanismos envolvem o rompimento das paredes das células, liberação do corante natural e transporte do mesmo para o meio externo.

Os autores sugeriram o uso da extração da matéria prima vegetal em micro-ondas para aumentar a transferência de massa da matéria corante e transportá-la para o meio solvente. Segundo eles, a metodologia de superfície de resposta (RSM) em conjunto com redes neurais artificiais (ANN) já foi utilizada tanto para modelamento como para otimização de método de extração de corantes assistido com micro-ondas.

A metodologia de superfície de resposta pode ser entendida como uma combinação de técnicas de planejamento de experimentos, análise de regressão e métodos de otimização. Tem larga aplicação nas pesquisas industriais, particularmente em situações onde um grande número de variáveis de um sistema influencia alguma característica fundamental deste sistema (BARBETTA, 2001).

Redes neurais artificiais são técnicas computacionais que apresentam um modelo matemático inspirado na estrutura neural de organismos inteligentes e que adquirem conhecimento através da experiência. As redes neurais possuem nós ou unidades de processamento. Cada unidade possui ligações para outras unidades, nas quais recebem e enviam sinais. Cada unidade pode possuir uma memória local. Essas unidades são a simulação dos neurônios, recebendo e retransmitindo informações.

Uma rede neural pode possuir uma ou múltiplas camadas. Exemplificando com três camadas, poderíamos ter a *camada de entrada*, em que as unidades recebem os padrões; a *camada*

*intermediária*, onde é feito processamento e a extração de características; e a *camada de saída*, que conclui e apresenta o resultado final. Quanto maior o número de camadas, melhor a capacidade de aprendizado.

Neste trabalho, os autores utilizaram tais simulações para prever a relação entre as variáveis experimentais (pH, tempo de extração e quantidade de sementes de urucum usada para extração) e a quantidade de corante extraído (variável de resposta).

De acordo com Sinha e colaboradores (2013), o trabalho deles é pioneiro na aplicação de RSM e ANN à tecnologia de extração de corantes naturais. Segundo esses autores, este estudo pode ser usado como um guia para extração de corante natural a partir de sementes de urucum em diferentes condições experimentais.

### **3.4 – O uso da colorimetria no controle do tingimento com corantes naturais**

A radiação com comprimento de onda entre 400 nm e 700 nm que é visível para o olho humano é chamada de luz. A luz correspondente ao comprimento de onda em 400 nm é vista como azul, em cerca de 500 nm muda para verde, em torno de 550 nm passa para amarela, perto de 600 nm ela se transforma em laranja e acima de 650 nm fica vermelha. A luz branca é uma mistura de todas essas cores. Dependendo da quantidade de energia que será emitida em cada comprimento de onda, a fonte de luz aparece mais fria (mais radiação azul, por exemplo, a luz do dia) ou mais quente (mais radiação vermelha, por exemplo, lâmpada elétrica) (SOARES, 1991).

Quando um objeto é iluminado pela luz branca, alguns dos diferentes comprimentos de onda serão absorvidos e outros serão refletidos. Um objeto azul absorve comprimentos de onda amarelo e vermelho, somente a radiação azul será refletida. A luz azul será vista pelos nossos olhos e o objeto será percebido como azul. O mesmo princípio pode ser aplicado para as cores verde, amarela e vermelha conforme está mostrado na Figura 9 (SOARES, 1991).

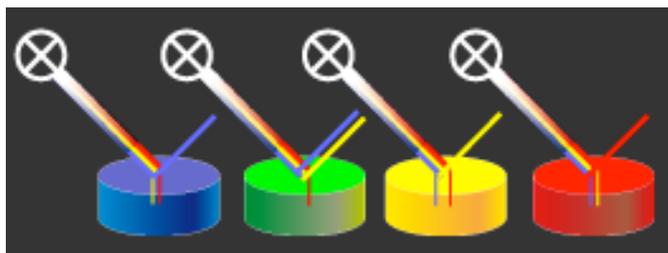


Figura 9. Absorção de comprimentos de onda específicos pelos objetos.

Fonte: [http://www.binder muc.de/index.php?option=com\\_content&task=view&id=38&Itemid=80](http://www.binder muc.de/index.php?option=com_content&task=view&id=38&Itemid=80) (acessado em 17/09/2011).

A luz refletida pode ser medida com um espectrofotômetro. No entanto, Bechtold e colaboradores (2007), em trabalho no qual uma planta denominada vara dourada foi usada para extrair um corante natural amarelo, ressaltaram um aspecto muito importante que deve ser considerado.

Segundo os autores, ao se propor a substituição de corantes sintéticos por corantes naturais, deve-se ter em mente que os corantes naturais precisam ter o mesmo nível de padronização que os corantes sintéticos já alcançaram. É preciso assegurar que a substituição dos corantes sintéticos por corantes naturais não vai simplesmente transformar o tecido em um tecido artesanal e sim dar origem a um tecido mais amigo do meio ambiente com o mesmo padrão anteriormente alcançado com os corantes sintéticos.

Para isso os autores propõem em combinação com métodos analíticos de laboratório, a utilização de um sistema de medição de cor denominado espaço de cor CIELAB.

O LAB e o LCH são sistemas subtrativos de cor propostos pela Comissão Internationale L'Eclairage – CIE e são os mais utilizados pela indústria têxtil. Tais sistemas se baseiam na diferença (D) entre os valores obtidos para a amostra padrão em relação à(s) amostra(s). Estas diferenças são importantes para que sejam criados valores limites aceitáveis para o controle de qualidade. O espaço LAB utiliza três eixos (Figura 10):

L\*: luminosidade:

0 indica preto perfeito, 100 indica branco perfeito. Se seguirmos os eixos L\*, vamos ver todos os tons de cinza.

a\*: eixos vermelho-verde:

Valores de a\* positivos caracterizam cores vermelhas, valores negativos de a\* designam cores verdes.

b\*: eixos amarelo-azul:

Valores positivos de b\* são para cores amarelas, valores negativos de b\* assinalam cores azuis.

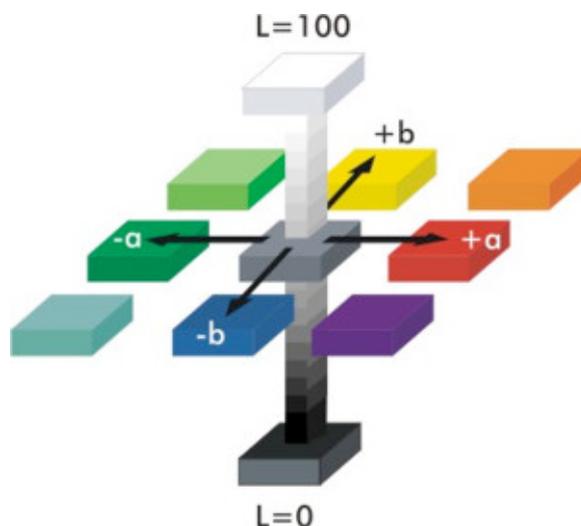


Figura 10. O Espaço de Cor CIELAB, com as coordenadas L\*, a\*, b\*.

Fonte: [http://www.quimanil.com.br/empresa/informacoes\\_detalle.php?id=7](http://www.quimanil.com.br/empresa/informacoes_detalle.php?id=7). (acessado em 17/09/2011).

É através destas três coordenadas, que podemos localizar a cor no espaço LAB. Ao realizarmos a medição da(s) amostra(s) contra o padrão desejado. O espectrofotômetro nos retorna os valores destas coordenadas que podem ser positivas ou negativas.

Desta maneira é feito o cálculo das diferenças entre os dois valores:

$$L^* \text{ amostra} - L^* \text{ padrão} = \text{Delta } L^* (\text{DL}^*)$$

$$a^* \text{ amostra} - a^* \text{ padrão} = \text{Delta } a^* (\text{Da}^*)$$

$$b^* \text{ amostra} - b^* \text{ padrão} = \text{Delta } b^* (\text{Db}^*)$$

Estes valores podem ser interpretados de acordo com a Tabela 4.

Resultados	> 0	< 0
DL*	Amostra é mais clara que o padrão.	Amostra é mais escura que o padrão.
Da*	Amostra é mais avermelhada que o padrão.	Amostra é mais esverdeada que o padrão.
Db*	Amostra é mais avermelhada que o padrão.	Amostra é mais azulada que o padrão.

Tabela 2. Interpretação dos resultados no sistema CIELAB

Fonte: [http://www.quimanil.com.br/empresa/informacoes\\_detalle.php?id=7](http://www.quimanil.com.br/empresa/informacoes_detalle.php?id=7)

O DE é o valor que define a diferença total da cor da amostra em relação ao padrão. Este é um dos métodos existentes para aprovação/reprovação da(s) cor(es). O DE pode ser calculado pela equação abaixo.

$$DE = \sqrt{(Da^{*2} + Db^{*2} + DL^{*2})}$$

O espaço LCH utiliza três coordenadas (Figura 11):

L\*: Luminosidade: é a mesma coordenada do espaço LAB.

C\*: Saturação (croma): é a distância radial entre a localização da cor e o centro do espaço, e está diretamente ligada com a concentração do corante ou pigmento.

H\*: Matiz: é a tonalidade, o ângulo define a cor em si.

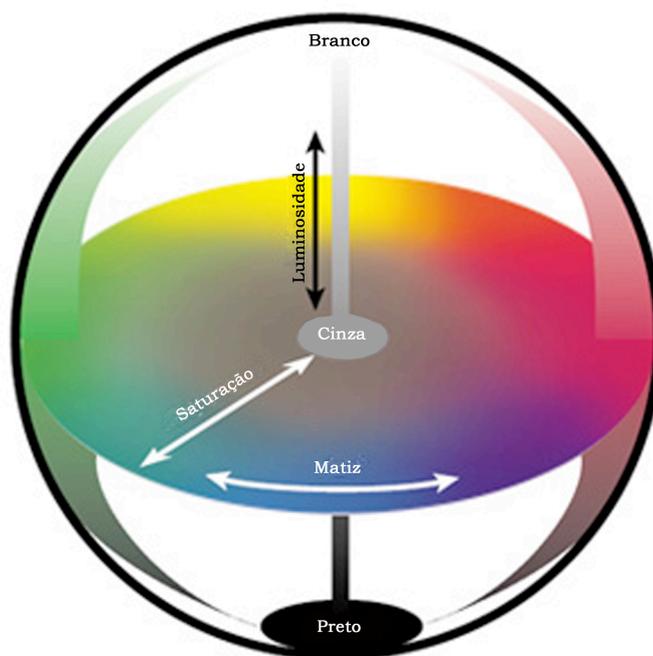


Figura 11. O Espaço de Cor CIELCH, com as coordenadas L\*, C\*, h\*.  
Fonte: [http://www.quimanil.com.br/empresa/informacoes\\_detalhe.php?id=7](http://www.quimanil.com.br/empresa/informacoes_detalhe.php?id=7)

O trabalho de Ghouila e colaboradores (2012) é um exemplo da utilização do sistema LCH no controle de qualidade de corantes naturais. Para esta pesquisa os autores utilizaram as flores amarelas da acácia como fonte do corante natural chalcona. A chalcona é uma cetona aromática que forma o núcleo central de uma variedade de compostos biológicos importantes que são conhecidos coletivamente como chalconas ou chalconóides.

Aplicando o sistema LCH para avaliar a qualidade do tingimento de lã com a chalcona usando diversos mordentes, os autores chegaram aos resultados apresentados na Tabela 3.

<b>Mordente</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>C*</b>	<b>h*</b>
Controle (sem mordente)	86,58	-6,99	45,95	46,48	98,65
Alúmen	88,24	-9,29	45,82	46,75	101,45
Sulfato de cobre	89,02	-8,91	45,14	46,02	101,17
Sulfato ferroso	87,23	-8,23	44,16	44,92	100,56
Sulfato de zinco	88,95	-8,88	46,28	47,12	100,87
<b>Cloreto estanoso</b>	<b>84,92</b>	<b>2,88</b>	<b>82,65</b>	<b>82,7</b>	<b>88,01</b>

Tabela 3. Dados colorimétricos obtidos no tingimento de lã com chalcona  
Fonte: Adaptada de GHOUILA, 2012.

De acordo com a Tabela 3 o uso do cloreto estanoso como mordente para tingimento da lã provocou as seguintes alterações em relação ao controle (sem mordente: O tom se tornou mais escuro (L\* diminuiu), mais vermelho (a\* aumentou), mais amarelo (b\* aumentou) e especialmente mais saturado e brilhante (C\* aumentou). Esta importante variação com o uso do cloreto estanoso foi atribuída pelos autores a uma possível complexação entre a chalcona e o estanho que não ocorreu com os outros mordentes.

Mordentes diferentes produzirão cores diferentes do mesmo corante além de incorporar propriedades diferentes aos tecidos. No trabalho de Manhita e colaboradores (2011) os autores reportaram que o uso de mordentes de fato altera o tom de determinados corantes. Usado com diferentes mordentes o mesmo corante pode escurecer, clarear ou alterar drasticamente a cor final da fibra tingida.

Nesta pesquisa os autores realizaram um estudo sistemático com o tingimento de lã no qual a concentração do banho de corante (garança) foi mantida constante ao passo que a natureza química do mordente (sais de alumínio, cobre e ferro) e também a concentração do banho de mordente foram variadas.

Os estudos colorimétricos revelaram, por exemplo, que para banhos em soluções de mordente com quantidades similares de massa de íon metálico (alumínio, cobre ou ferro), as fibras tingidas com mordente a base de alumínio apresentaram valores mais altos do parâmetro de luminosidade (L\*). Segundo os autores, provavelmente as diferenças de cor são devido às

diferenças entre os complexos formados nas várias condições de tingimento usadas e envolve também o pH da solução do banho de tingimento.

A pesquisa de Shahid e colaboradores (2012) demonstrou, através das análises colorimétricas, como a presença de mordente altera o tom do tingimento com corante natural. O trabalho desses autores envolveu o tingimento de fios de lã com extrato de “nutgalls”. Tal extrato é derivado de uma castanha que é um crescimento anormal que ocorre nos galhos do carvalho quando uma determinada espécie de vespa pica os galhos da árvore liberando uma substância irritante. Como forma de defesa, a planta secreta um fel líquido que é composto principalmente de taninos e que ao endurecer se torna a castanha.

Valores obtidos através dos sistemas CIELab and CIELch para amostras de fios de lã tingidos com tal extrato, foram apresentados conforme ilustrado na Figura 12.

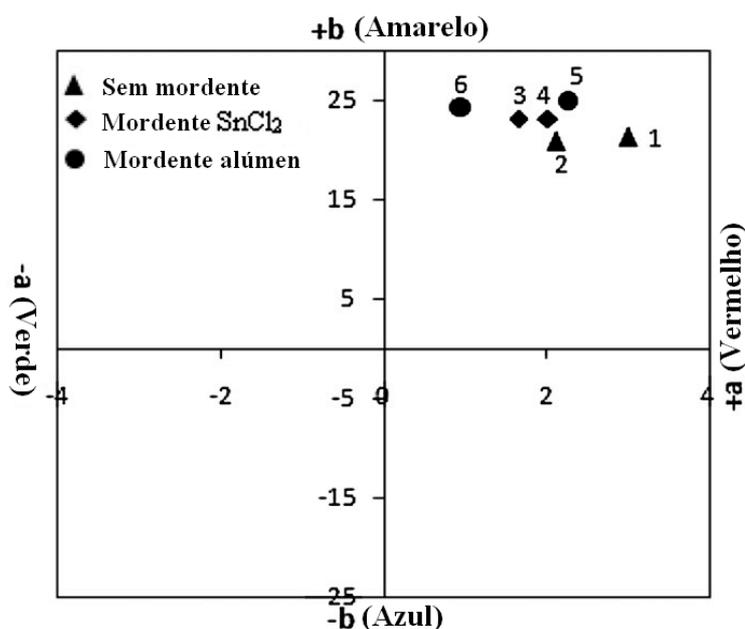


Figura 12. Gráfico  $a^*_b^*$  de fios de lã tingidos. (1) 12% “gallnut”, (2) 6% “gallnut”, (3) 1% SnCl<sub>2</sub> (mordente) + 12% “gallnut”, (4) 1% SnCl<sub>2</sub> + 6% “gallnut”, (5) 10% alúmen (mordente)+ 12% “gallnut”, (6) 10% alúmen + 6% “gallnut”.

Fonte: Adaptada de SHAHIDE, 2012.

Em relação ao gráfico da Figura 12, os autores reportaram que as amostras com mordente se deslocaram um pouco para a coordenada amarela na zona amarelo-vermelho dentro do espaço de cor CIELab. Tal deslocamento foi maior para as amostras nas quais o alúmen foi usado como mordente.

### 3.5 – Características incorporadas aos tecidos tingidos com corantes naturais

A cor do tecido, assim como suas características (porosidade, peso e espessura) além da composição química, tem um papel fundamental na atenuação da radiação solar ultravioleta e conseqüentemente na proteção dos tecidos humanos. Tecidos tingidos protegem mais do que os não tingidos e o nível de proteção aumenta com o aumento da concentração de corante (GRIFONI, 2011). Segundo os autores, em geral, cores claras refletem a radiação solar de maneira mais eficiente do que as cores escuras, porém parte da radiação penetra mais facilmente através do tecido graças ao espalhamento múltiplo. Os autores ressaltaram ainda que a maioria das pesquisas que envolvem a proteção contra raios ultravioleta está relacionada com corantes sintéticos.

Em decorrência deste fato, um dos objetivos da pesquisa de Grifoni e colaboradores (2011), foi investigar as propriedades de proteção contra os raios ultravioleta de tecidos naturais produzidos com diferentes fibras vegetais (algodão, linho, cânhamo e rami), tingidos com alguns dos corantes naturais mais comuns (Rúbia, Lírio dos Tintureiros, Colchonilha). Este último é um corante carmim extraído de um pequeno inseto (Figura 13).



Figura 13. Colchonilha (*Dactylopius coccus* L.).

Segundo os autores, são poucos os corantes naturais que tingem tecidos naturais com eficiência sem auxílio de mordentes. Um tingimento mais ecológico pode ser alcançado com a substituição de mordentes metálicos por mordentes naturais, tais como taninos vegetais ou ácido tânico, embora a toxicidade ambiental do alúmen de potássio ou do sulfato de alumínio seja quase nula.

Dentre os resultados encontrados, foi mostrado que em tecidos drapeados, fabricados com fibras vegetais, espessos e densos com fator de cobertura ( $FC > 94\%$ ), a proteção contra raios ultravioleta geralmente é boa, mesmo quando os tecidos não estão tingidos. Além disso, o uso de mordentes a base de taninos elevava o nível de proteção para muito bom ou mesmo excelente e o tingimento não acrescenta proteção extra. Os tecidos mais leves, geralmente usados em vestuário, exibiram alta proteção aos raios ultravioleta quando estavam apenas tingidos (sem mordente), desde que tivessem FC acima de 94%.

Materiais têxteis são conhecidos por serem suscetíveis ao ataque microbiano. Os tecidos oferecem grande área superficial e absorvem umidade, gerando assim as condições adequadas para o crescimento e multiplicação microbiana. Nos últimos anos tem havido uma tendência crescente para o desenvolvimento de tecidos que sejam imunes ao ataque microbiano (DASTJERDI, 2010).

Um aspecto interessante dos corantes naturais que vem sendo abordado na literatura é a atividade antimicrobiana da matéria prima para extração de corantes naturais.

Prusty e colaboradores (2010), por exemplo, realizaram investigações para determinar a atividade antibacteriana de quatro corantes naturais usando cinco diferentes concentrações da solução de cada corante. No estudo foi utilizado tecido de seda tingido naturalmente para o desenvolvimento de vestuário de proteção contra infecções comuns.

Os recursos naturais dos quais foram extraídos os corantes em estudo são partes de plantas facilmente encontradas em regiões tropicais e subtropicais (Figura 14).

Os tecidos de seda tingidos com corantes naturais derivados de tais matérias primas apresentaram solidez razoavelmente boa.



Figura 14. (a) *Morinda citrifolia*, normalmente conhecido por noni; (b) amendoieira-da-praia; (c) *Tectona grandis* (Teca); (d) Jaqueira.

Os corantes retratados apresentaram resultados promissores na obstrução do crescimento de bactérias patogênicas e fungos, mesmo após os tecidos terem sido submetidos a cinco ciclos de lavagem.

De acordo com o relato dos autores, os testes antimicrobianos, demonstraram que os tecidos tingidos possuem um alto potencial para aplicação em roupas de proteção contra infecções comuns com a perspectiva de utilização em clínicas e hotéis.

O trabalho de Ali e colaborador (2011) também abordou a atividade antimicrobiana da matéria prima para extração de corantes naturais. Neste trabalho foi usada a pêra espinhosa vermelha (*Opuntia Lasiantha* Pfeiffer), uma planta da família das cactáceas, típica de regiões áridas e semi-áridas (Figura 15). A Pêra espinhosa vermelha é fonte de betalaína, o mesmo pigmento que dá cor vermelha à beterraba.



Figura 15. Pêra espinhosa vermelha.

Nos experimentos comparativos realizados com a lã tingida e não tingida, foi observado que à medida que a concentração de corante era aumentada a zona de inibição de micro-organismos também aumentava. Tal comportamento foi evidente para todos os micro-organismos testados.

Ibrahim e colaboradores (2010) investigaram tingimentos naturais com multifuncionalidade, isto é, proteção contra os raios UV e atividade antibacteriana. Para isso pesquisaram as condições ideais para o tingimento variando parâmetros tais como: utilização de mordentes, características do substrato (tecidos), tipo e concentração do extrato corante entre outros. A Tabela 4 mostra a origem dos corantes naturais utilizados e a Tabela 5 apresenta os resultados da atuação dos corantes na proteção contra os raios UV, ressaltando o papel do uso do mordente não na fixação do corante, mas na proteção contra os raios UV.

Vegetal	Parte usada	Cor
Ruiva	Raízes	Vermelho
Açafrão da Terra	Rizomas	Amarelo
Cebola	Cascas	Marrom
Hena	Folhas	Laranja

Tabela 4. Detalhes dos corantes naturais usados

Vegetal	Sem mordente	Com mordente
Ruiva	Ruim	Excelente
Açafrão da Terra	Ruim	Excelente
Cebola	Muito boa	Excelente
Hena	Muito boa	Excelente

Tabela 5. Efeito dos diferentes corantes naturais na proteção contra os raios UV

Apenas para ilustrar o extenso trabalho dos autores, a Figura 16 mostra o resultado da cor dos fios de algodão tingidos com corante de casca de cebola.



Figura 16. Fios de algodão tingidos com corante de casca de cebola.

Fonte: <http://tingimentonatural.blogspot.com/search/label/cebola`123456879`> (acessado em 01/09/2011).

Prabhu e colaborador (2011) usaram o extrato do revestimento da semente de tamarindo como mordente natural no tingimento de tecidos de algodão, lã e seda com corantes naturais derivados de açafão da terra e casca de romã. O revestimento da semente deste vegetal contém 40% de matéria solúvel em água que é constituída de uma mistura de taninos.

Tanino é um produto vegetal adstringente encontrado em várias partes das plantas tais como casca, madeira, fruto, vagens, folhas, raízes e galhos. Os taninos são definidos como compostos polifenólicos solúveis em água de ocorrência natural. Possuem alta massa molar ( $500-3000 \text{ g mol}^{-1}$ ) e grupos hidroxila fenólicos que possibilita a eles formar ligações cruzadas entre proteínas e outras macromoléculas.

Segundo os autores, por conter compostos fenólicos, é possível produzir tecidos com boa atividade antibacteriana usando somente o extrato do revestimento da semente de tamarindo como mordente. A única limitação, é que os tecidos assim tratados não mantêm as propriedades incorporadas por mais de cinco lavagens. Com o auxílio do mordente sulfato de cobre, a permanência da atividade antibacteriana do algodão, lã e seda, foi aumentada pra até vinte lavagens.

Para os autores, a durabilidade à lavagem é uma questão importante a ser considerada em qualquer tratamento funcional. Para materiais descartáveis, a propriedade funcional pode ser temporária. Para todas as outras aplicações, a propriedade funcional deve ser razoavelmente resistente à lavagem.

### 3.6 - Tabela Síntese das referências bibliográficas

Extração com ultrassom	Propriedades Anti-bacteriana	Resistencia absorção de UV	Colorimetria	Solidez a lavagem
Sivakumar e col. (2009)	Grifoni e col. (2011)	Bechtold e col. (2003)	Bechtold e col. (2007)	Schmitt e col. (2005)
Sivakumar e col. (2011)	Dastjerdi (2010)	Cristea e col. (2006)	Ghouila e col. (2012)	
Guesmi e col. (2013)	Prusty e col. (2010)	Guesmi e col. (2011)	Manhita e col. (2011)	
	Ali e col. (2011)		Shahid e col. (2012)	
	Prabhu e col. (2011)			

Tabela 6: Explicativa das Referencias Bibliográficas.

## 4 PARTE EXPERIMENTAL

A metodologia adotada para os experimentos referentes a esta pesquisa está mostrada no esquema apresentado na Figura 17.

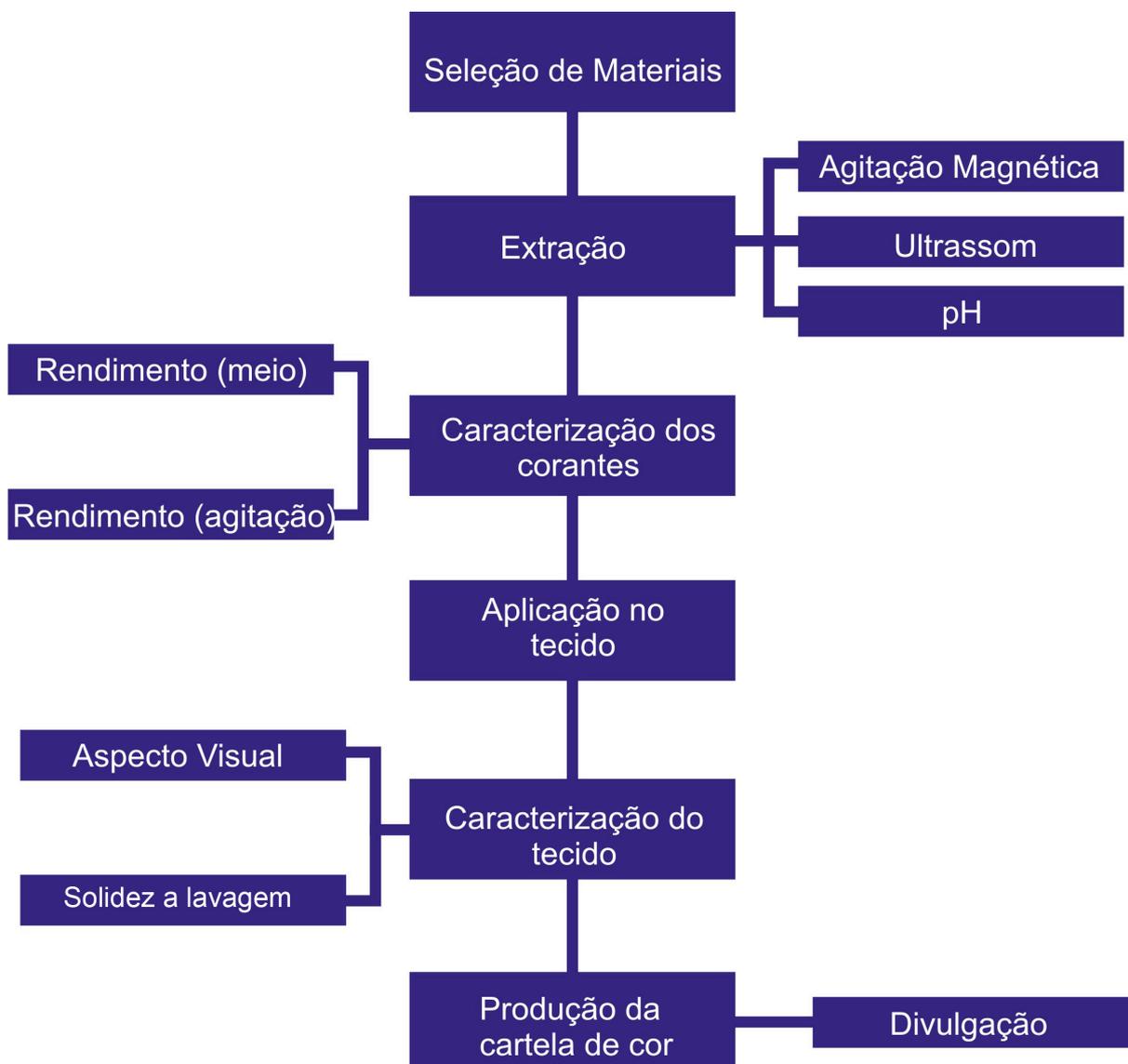


Figura 17. Esquema da metodologia adotada na parte experimental.

## 4.1 – Parte Experimental

Na etapa de seleção de materiais foram selecionadas matérias primas vegetais da flora brasileira fáceis de serem encontradas. Em seguida foi realizada a extração dos corantes derivados das matérias primas selecionadas. Nesta etapa utilizou-se dois tipos de agitação a saber, agitação magnética e ultrassom. Além disso, a extração com agitador magnético foi realizada em diferentes meios, ou seja, com diferentes valores de pH. Para a caracterização dos corantes foi observado o rendimento variando-se o meio de extração e a agitação através da massa de resíduo vegetal da extração.

Os corantes extraídos foram aplicados ao substrato produzindo diversas amostras de tecidos. As amostras de tecidos foram caracterizadas quanto ao aspecto visual e a solidez a lavagem e utilizadas para produção de uma cartela de cores que será divulgada em congressos e universidades.

## 4.2 – Materiais

Os extratos de corantes naturais foram produzidos utilizando partes de alguns vegetais facilmente encontrados na flora brasileira. Tais vegetais estão apresentados na Tabela 7.

VEGETAL	NOME CIENTÍFICO	PARTE
<b>Hibisco</b>	<i>Hibiscus</i>	Flores
<b>Cebola</b>	<i>Allium cepa</i>	Casca
<b>Urucum</b>	<i>Bixa orellana</i>	Sementes
<b>Café</b>	<i>Coffea arabica</i>	Pó de semente seca
<b>Açafrão da Terra</b>	Curcuma longa	Raiz
<b>Açaí</b>	<i>Euterpe oleracea</i>	Polpa e/ou epicarpo

Tabela 7. Vegetais que foram usados na produção dos extratos corantes

Outros materiais que foram utilizados: etanol (Synth), hidróxido de sódio (Synth), bicarbonato de sódio (Synth), uréia (Synth), ácido tânico (Sigma-Aldrich). Esses reagentes

foram usados conforme recebidos, isto é, sem nenhum procedimento para aumentar a pureza ou retirar umidade.

### 4.3 – Métodos

#### Extração do corante

Para se extrair o corante natural a partir da matéria prima vegetal, 1g da parte utilizada do vegetal foi pesada em balança analítica de laboratório e colocada em becker com 40 ml do meio de extração.

Meio de extração: Foram realizadas extrações de corantes naturais em água, solução aquosa de hidróxido de sódio (1,0 M), solução aquosa de bicarbonato de sódio (1,0 M) e solução aquosa de ureia (1,0 M).

Processo de extração: Foram realizadas extrações de corantes naturais em agitador magnético (AM) e ultrassom (US). A extração em agitador magnético foi realizada com um agitador magnético Tecnal TE 0851 (Figura 18) com tempo de 1 hora e temperatura de 40 °C. A extração ultrassônica foi realizada com um equipamento Branson Sonifier W 450 Digital (Figura 19). O becker, imerso em banho de gelo, contendo o meio de extração e a matéria prima vegetal foi submetido à sonificação com 50 % de amplitude em modo pulsado. O modo pulsado ocorreu com o ultrassom ligado por 5 min e desligado por outros 5 min até completar o tempo total de sonificação de 15 min. Tal procedimento é necessário a fim de evitar tanto a sobrecarga do equipamento quanto o superaquecimento da amostra.

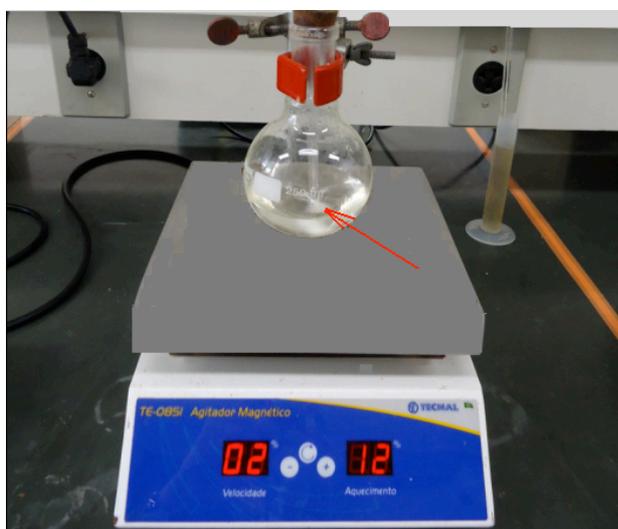


Figura 18. Agitador magnético ressaltando a barra magnética para agitação.

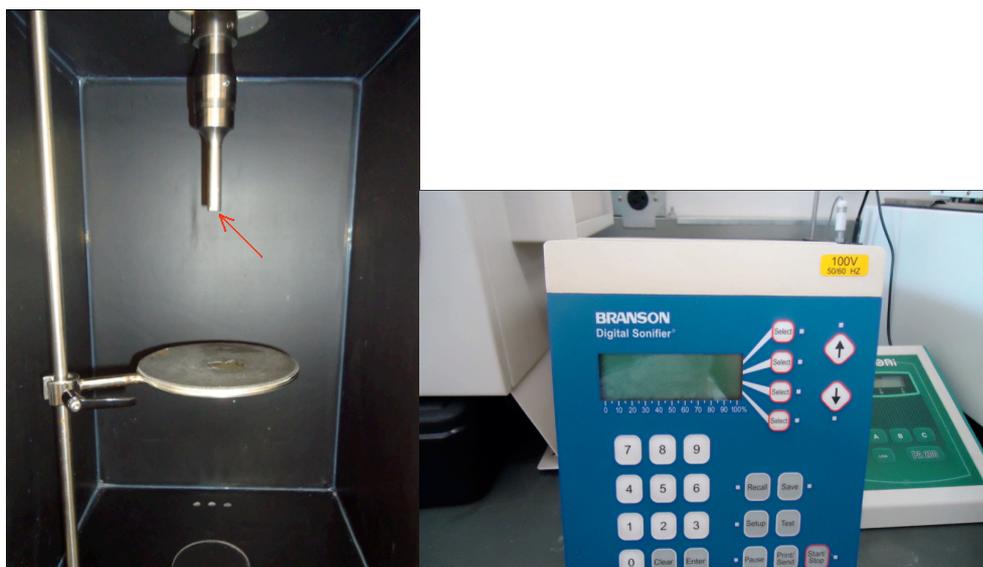


Figura 19. Interior da cabine do sonificador ressaltando a ponteira que fica mergulhada na solução (esquerda) e painel de controle dos parâmetros (direita).

Em ambos os processos, a solução com o extrato corante extraído foi separado do resíduo de vegetal através de filtração simples utilizando uma tela de nylon.

#### Aplicação no tecido

O extrato corante foi aplicado à amostra de tecido de algodão pela técnica de imersão durante um tempo de 20 min à temperatura ambiente. Após esse tempo as amostras ficavam em estufa de laboratório em temperatura de 60 °C por 24 h para secagem.

Presença de mordente: Todos os tingimentos com corantes naturais foram realizados sem a presença de mordentes exceto nos casos da extração do corante de urucum realizada em água com agitador magnético. Neste caso o tingimento do tecido de algodão foi feito nas mesmas condições anteriores, porém na presença de dois tipos de mordentes e pela técnica pré-mordente. Na técnica pré-mordente, primeiramente o mordente é aplicado ao tecido também por imersão da amostra do tecido na solução aquosa do mordente.

Como mordentes foram utilizados o ácido tânico e uma resina sintetizada em laboratório a base de poli(ácido itacônico), doravante denominada ITA.

## 4.4 – Caracterização

### Caracterização do corante extraído

Análise gravimétrica: Foi executada para encontrar a massa total extraída do vegetal.

A tela utilizada para filtração foi previamente pesada em balança analítica ( $m_i$ ). Após a filtração, a mesma tela com o resíduo vegetal foi colocado em estufa de secagem por 24 h a 60 °C, resfriado em dessecador e novamente pesado ( $m_f$ ). A massa de resíduo foi calculada pela diferença entre  $m_i$  e  $m_f$ . A massa de corante extraída foi calculada pela diferença entre a massa inicial usada para extração e a massa de resíduo que ficou na tela.

O rendimento total de corante foi calculado da seguinte forma:

$$\% \text{ Rendimento de corante} = \frac{\text{Massa de corante extraído (g)} \times 100}{\text{Massa de vegetal usada (g)}}$$

A comparação entre a extração feita com sonificador (US) e agitador magnético (AM) foi estimada da seguinte forma:

$$\text{Razão} = \frac{\% \text{ Rendimento de corante (US)}}{\% \text{ Rendimento de corante (AM)}}$$

### Caracterização dos tecidos

Microscopia óptica: Amostras de tecido foram avaliadas quanto ao aspecto visual utilizando um microscópio Leica DM 2500 M (modo transmissão) que produz aumento resultante do aumento da objetiva e do aumento ocular.

Teste de solidez à lavagem: Foi realizado de acordo com o procedimento relatado por Schmitt e colaboradores (2005). Neste teste as amostras de tecido tingido foram colocadas entre duas

amostras de tecidos não tingidos (tecidos testemunhos) que foram costurados formando um “sanduíche”. Esses “sanduíches” foram imersos em um banho contendo 5 g/L de detergente padrão (lauril sulfato de sódio) e 2 g/L de carbonato de sódio comercial, com uma relação de banho de 1 g de material para 50 ml de banho previamente preparado a 60 °C por 45 min. Em seguida retirou-se a amostra e secou-se em estufa de laboratório também a 60 °C por 2 h.

Com os resultados dos testes de solidez à lavagem permitiu verificar visualmente o desbotamento das amostras tingidas, bem como a migração do corante para os tecidos testemunhos. A Tabela 8 e a Tabela 9 mostram escalas padronizadas que foram usadas para transferência da cor (solidez) e grau de alteração da cor (degradação) respectivamente.

Índice	Significado
5	Negligenciável ou não se transfere
4	Transfere levemente
3	Transfere um pouco
2	Transfere consideravelmente
1	Transfere muito

Índice	Significado
5	Negligenciável ou não se altera
4	Altera-se levemente
3	Altera-se um pouco
2	Altera-se consideravelmente
1	Altera-se muito

Tabela 8. Grau de transferência da cor

Tabela 9. Grau de alteração da cor

*Fonte. Adaptado de Schmitt e colaboradores (2005)*

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 - Produção da cartela

A cartela de cor foi confeccionada a partir das amostras de tecido tingidas durante os experimentos. A proposta foi produzir um material de divulgação dos corantes naturais utilizados, indicando no verso de cada amostra os parâmetros que foram mais controlados tais como tipo de meio, agitação e fonte vegetal da qual o corante foi extraído para produzir a cor. Acredita-se dessa forma contribuir para que outras pessoas ligadas aos diversos segmentos que utilizam corantes se interessem em investir no aperfeiçoamento dos corantes obtidos e também na obtenção de corantes vegetais derivados de outras fontes vegetais, tendo como perspectiva o desenvolvimento econômico, social viável e ambientalmente sustentável.

Para a produção da cartela foi utilizada fotos das amostras. Cada palheta da cartela será representada por um dos corantes estudados e os parâmetros que foram controlados durante os testes de laboratório. Abaixo, uma foto da cartela já impressa. (Figura 20)



Figura 20. Cartela de cor produzida a partir dos teste com corantes naturais.

## 5.2 – Discussão

Foram realizados experimentos que ilustram a revisão bibliográfica apresentada. Tais experimentos visaram demonstrar a possibilidade da utilização dos corantes naturais. Porém uma investigação mais profunda, realizada por profissionais da química e da área têxtil, certamente será necessária.

A Tabela 10 mostra os valores do cálculo rendimento para todas as extrações de corantes realizadas com a utilização do agitador magnético. Este tipo de agitação reproduz em laboratório uma extração convencional.

	Hibisco	Cebola	Urucum	Café	Açafrão	Açaí
<b>Água</b> (pH=6)	61	34	35	51	0**	38
<b>Ureia</b> (pH=7)	52	72	47	57	34	28
<b>Bicarbonato de sódio</b> (pH=8)	46	8	35	53	20	41
<b>Hidróxido de sódio</b> (pH=11)	53	23	58	69	30	55

\*Valores inteiros sem casa decimais. \*\* O valor zero foi atribuído a erro experimental visto que foi obtido o extrato.

Tabela 10. Valores\* obtidos para o rendimento de corante extraído (%) nos diversos meios de extração com o uso da agitação magnética (AM)

A partir dos dados apresentados na Tabela 9, não é possível fazer uma correlação entre o valor do pH do meio de extração com o rendimento da extração do corante. Provavelmente isso ocorre devido à diferença de solubilidade das diversas substâncias corantes nos diferentes meios de extração. Porém pode-se observar que, de modo geral, valores de pH mais altos muitas vezes favorecem a extração. O hidróxido de sódio, por não ser uma substância ambientalmente amigável foi usado somente para fins investigativos. A solução aquosa de ureia é uma opção ecologicamente correta e apresentou bons resultados para a maioria dos extratos obtidos. Diante disso, a ureia estaria apta a ser alvo de futuros estudos relacionados aos meios de extração ecologicamente corretos de corantes naturais.

Se forem considerados os rendimentos de extração mais altos obtidos com os meios de extração de baixo impacto ambiental, a comparação entre os rendimentos dos diversos corantes pode ser representada conforme o gráfico apresentado na Figura 21.

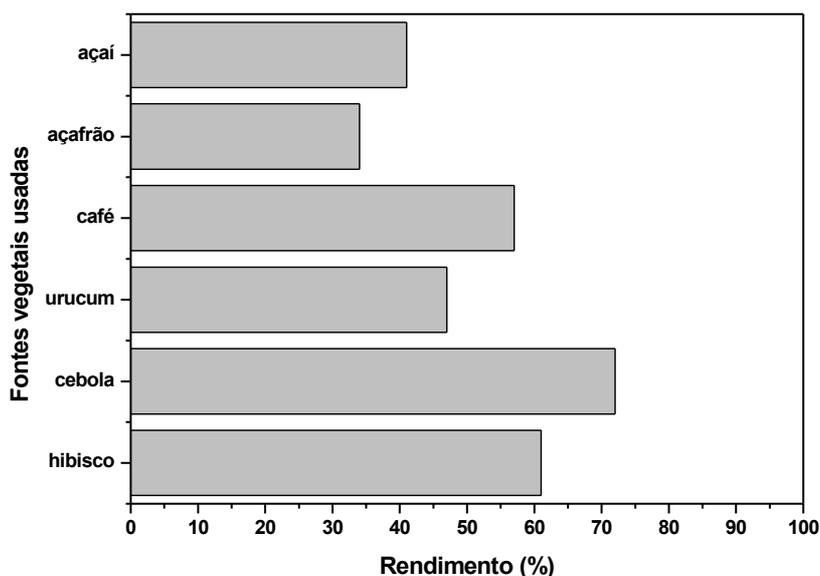


Figura 21. Rendimento máximo obtido para os extratos das fontes vegetais usadas.

A Tabela 11 apresenta os resultados comparativos entre a extração em água realizada com agitador magnético (AM) e ultrassom (US).

	Hibisco	Cebola	Urucum	Café	Açafrão	Açaí
<b>US</b>	52	31	24	51	54	26
<b>AM</b>	61	34	35	51	0	38
<b>Relação US/AM</b>	0,85	0,91	0,68	1,0	**Erro	0,68

\*Valores inteiros sem casa decimais. \*\* O valor zero foi atribuído a erro experimental visto que foi obtido o extrato.

Tabela 11. Valores\* obtidos para o rendimento de corante extraído (%) em água com agitação magnética (AM) e ultrassom (US)

Conforme pode ser percebido pela Tabela 11, a relação US/AM é no máximo 1 o que significa que o tipo de agitação não foi determinante no rendimento de extrato obtido. Lembrando que a extração com AM foi realizada a quente, pode-se inferir que a temperatura é um parâmetro que tem mais influência no rendimento a extração do que o tipo de extração. Este resultado ficou em desacordo com aqueles obtidos por Sivakumar e colaboradores (2009 e 2011) reportados no item 3.3. Entretanto, Guesmi e colaboradores (2013) já haviam reportado que as condições de estabilidade da molécula de corante não devem ser ignoradas durante o uso da técnica de ultrassom, conforme mencionado também no item 3.3.

A observação destes autores também poderia explicar os baixos rendimentos obtidos com o uso de ultrassom. A relação US/AM dos rendimentos obtidos para os diversos corantes pode ser representada conforme o gráfico apresentado na Figura 22.

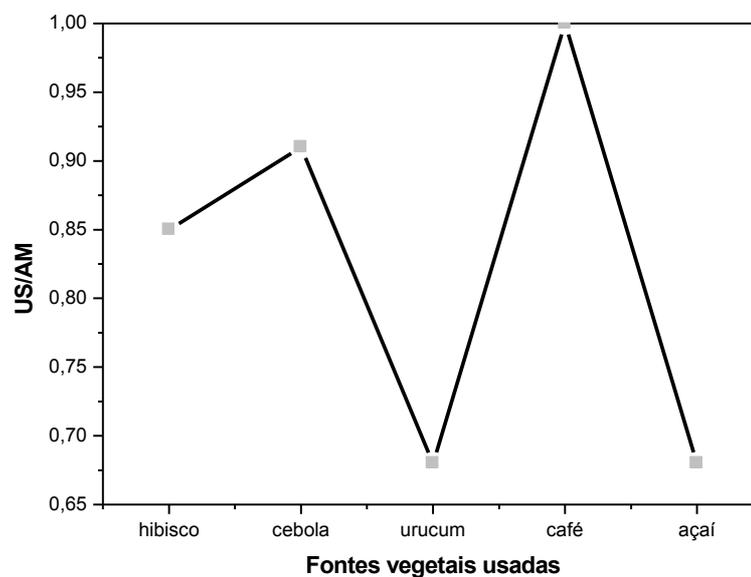


Figura 22. Relação US/AM para os extratos das fontes vegetais usadas.

A influência do meio de extração no resultado final do tingimento pode ser observada através das fotografias ilustradas na Figura 23.



Figura 23. Fotografias ilustrando o resultado final do tingimento com a variação do meio de extração.

Conforme pode ser observado na Figura 23, os diversos meios de extração produzem resultados finais de tingimento diferentes. Tal resultado pode ser explicado pelas modificações ocorridas na estrutura do(s) pigmento(s) presente(s) no vegetal quando o mesmo é submetido a diferentes valores de pH. Este é o princípio que fundamenta que certos corantes naturais podem ser utilizados como indicadores. O extrato do repolho roxo, por exemplo, varia de tons esverdeados e azuis em pH básico (maior do que 7) para tons roxos e avermelhados em pH ácido (menor do que 7), conforme ilustra a Figura 24.



Figura 24. Exemplo ilustrativo da influência do pH do meio de extração do corante do repolho roxo.

O resultado final do tingimento com agitação magnética e ultrassom pode ser observado através das fotografias apresentadas na Figura 25.

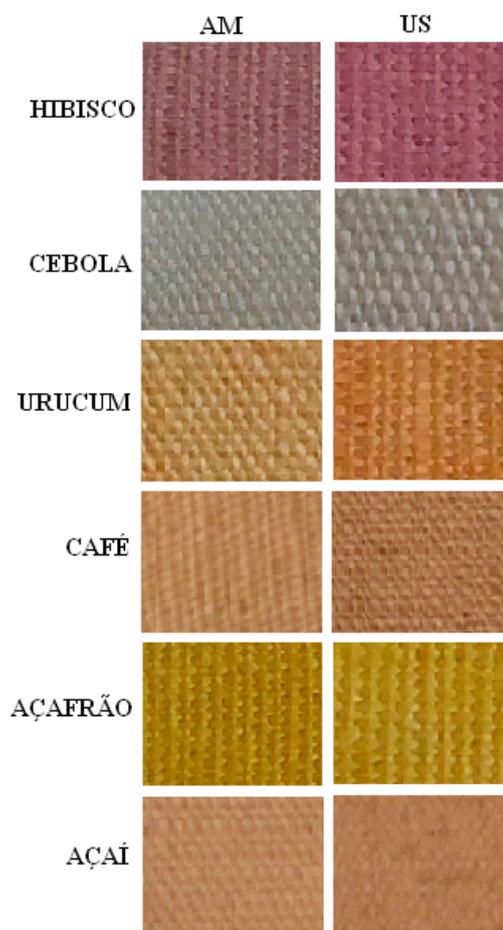


Figura 25. Fotografias ilustrando o resultado final do tingimento com a variação do tipo de agitação para extração realizada em água.

A Figura 25 demonstra claramente que o tipo de agitação teve pouca ou nenhuma influência no resultado final do tingimento. Ao contrário do que ocorreu quando se variou o pH do meio, é possível observar que as cores obtidas foram as mesmas, independente do tipo de agitação. Tal resultado corrobora que ocorrem modificações na estrutura dos pigmentos dos vegetais com a mudança de pH do meio e que o tipo de agitação usada para a extração de tais pigmentos poderá influenciar apenas no rendimento do extrato obtido.

A Figura 26 mostra algumas imagens de microscopia óptica de tecidos tingidos com corantes naturais com detalhes do tingimento final, ressaltados.

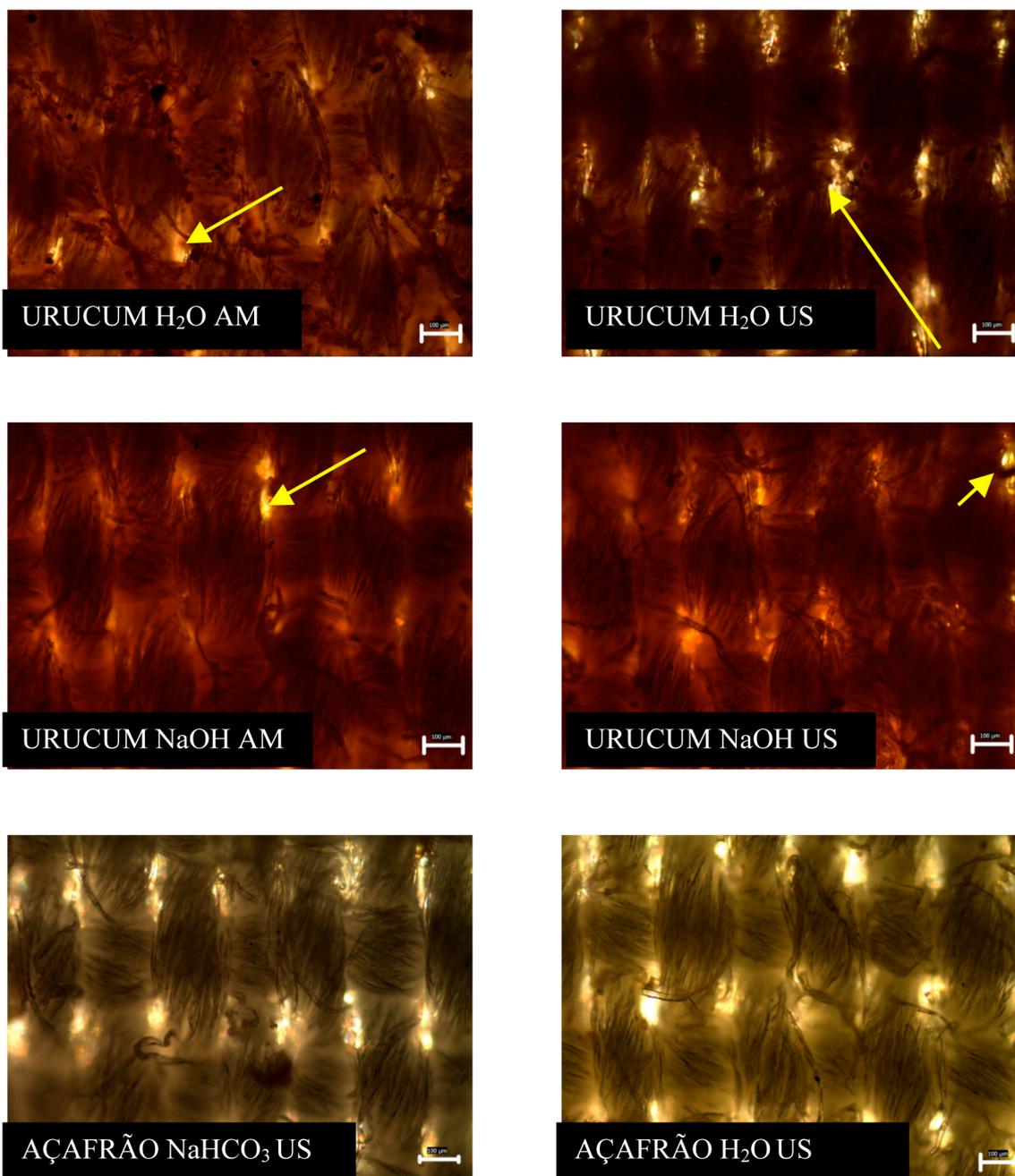


Figura 26. Imagens de microscopia óptica de tecidos tingidos com corante naturais.

Das micrografias exibidas na Figura 26 podem-se inferir os seguintes resultados:

O tingimento com urucum extraído em água e ultrassom apresentou maior número de vazios, isto é, menor poder de cobertura. Este resultado veio ao encontro do resultado obtido para o rendimento do extrato, que foi maior com a agitação convencional.

O mesmo resultado descrito acima se repetiu com os extratos de urucum obtidos em hidróxido de sódio. O uso do ultrassom foi menos efetivo, mesmo com a extração realizada em meio

altamente alcalino. Tal resultado sugere que o uso da temperatura pode ser mais efetivo que o uso do ultrassom ou mesmo que a mudança do pH do meio de extração para aumentar o rendimento da extração.

Na extração do corante do açafrão em bicarbonato de sódio com o uso do ultrassom observa-se um grande número e vazios repetindo o mau desempenho verificado com o uso da agitação magnética. Mais uma vez o uso do ultrassom não foi efetivo para aumentar o rendimento da extração. Por outro a micrografia da extração do açafrão em água com ultrassom não reproduziu o resultado obtido para o rendimento que foi de 54%. Tal rendimento pode ser considerado alto haja vista que obter rendimentos altíssimos para extração de corantes naturais ainda constitui um desafio (LEITNER, 2012).

Diante deste último resultado, é razoável pensar que outros fatores além do rendimento da extração têm influência no resultado final do tingimento. Por exemplo, não seria possível fazer uma relação tão direta entre a cobertura do corante e o rendimento da extração. Um dos fatores que poderia ter influência seria o grau de interação entre as moléculas do pigmento vegetal com as fibras dos tecidos.

Diferentes corantes certamente vão demandar tempos e temperaturas de tingimento diferentes para impregnação no tecido. Os experimentos realizados na presente pesquisa não levaram em conta essas especificidades uma vez que todos os tingimentos foram realizados durante o mesmo tempo e na mesma temperatura.

Futuras investigações precisam ser realizadas para o controle de parâmetros tais como tempo de extração e tingimento, temperatura de extração e tingimento além de um estudo das condições de tingimento para diversos tipos de fibras. Tais investigações fogem do escopo de uma pesquisa em design sustentável cabendo aos profissionais de química um estudo mais detalhado.

A Tabela 12 exibe os índices para avaliação do desempenho no teste de lavagem. Tais índices encontram-se descritos na Tabela 8 e Tabela 9. De acordo com a Tabela 12 verifica-se que os corantes não apresentaram bom desempenho no teste de lavagem. Conforme já relatado em literatura (GRIFONI, 2011), tal desempenho melhora bastante com a presença de mordente. O poli(ácido itacônico) presente no mordente polimérico ITA, é conhecido por promover a

fixação de pigmentos nos substratos têxteis e é também derivado de fonte renovável assim como o ácido tânico (tanino).

Amostra	Transferência de Cor	Alteração de cor
Cebola I (AM água)	5	1
Cebola II (AM bicarb.)	5	3
Cebola III (AM uréia)	5	1
Cebola IV (AM h. sódio)	5	1
Cebola V (US água)	5	2
Urucum I	2	2
Urucum II	2	2
Urucum III	1	2
Urucum IV	1	3
Urucum V	1	2
Açaí I	5	2
Açaí II	5	1
Açaí III	5	1
Açaí IV	4	1
Açaí V	5	1
Café I	5	1
Café II	5	1
Café III	5	1
Café IV	5	2
Café V	5	1
Hibisco I	5	1
Hibisco II	5	2
Hibisco III	5	1
Hibisco IV	5	1
Hibisco V	5	1
Açafrão I	5	1
Açafrão II	5	1
Açafrão III	5	1
Açafrão IV	5	2
Açafrão V	5	1
Urucum I pré-mordente ácido tânico	1	4
Urucum I pré-mordente resina ITA	2	4

\*Grau de transferência da cor

\*\*Alteração da cor

Índice	Significado	Índice	Significado
5	Negligenciável ou não se transfere	5	Negligenciável ou não se altera
4	Transfere levemente	4	Altera-se levemente
3	Transfere um pouco	3	Altera-se um pouco
2	Transfere consideravelmente	2	Altera-se consideravelmente
1	Transfere muito	1	Altera-se muito

Tabela 12. Índices obtidos no teste de lavagem dos tecidos de acordo com as Tabelas 8\* e 9\*\*

## 6 CONCLUSÕES

“Materiais verdes”, no caso os corantes naturais, são a promessa do futuro. Embora tenha havido muitas realizações promissoras em laboratório, existem vários desafios a serem vencidos antes que os corantes naturais possam ser produzidos na mesma escala em que são produzidos os corantes sintéticos.

Um dos principais obstáculos que precisa ser superado é o baixo rendimento da extração dos corantes naturais. No entanto, através da utilização de estratégias adequadas de extração do corante é possível superar este inconveniente.

A manutenção do padrão de qualidade já alcançado pelos corantes sintéticos é outro desafio a ser superado para utilização dos corantes naturais em escala industrial. A utilização de um sistema de medição de cor denominado espaço de cor CIELAB já adotado para os corantes sintéticos, é a proposta mais frequentemente apresentada para fazer o controle da qualidade dos corantes.

Os resultados dos experimentos ilustrativos realizados nesta pesquisa ficaram de acordo com a maioria dos resultados encontrados na literatura. Tais resultados se referem ao baixo rendimento da extração do corante natural, mudança de cor em função do pH do meio de extração, baixo desempenho do corante no teste de lavagem e necessidade de uso de um mordente adequado para melhor fixação do corante nas fibras têxteis.

O interesse crescente de pesquisadores dos mais diversos países em investigar os corantes naturais, percebido nos trabalhos apresentados na revisão bibliográfica, demonstra que a utilização de tecnologias e produtos sustentáveis é uma tendência mundial e que vale a pena pesquisar este tema fascinante.

Com a crescente preocupação ambiental sobre a utilização de corantes sintéticos, corantes naturais parecem ser o substituto mais adequado para os corantes relativamente tóxicos sintéticos. Os corantes naturais não são uma inovação, mas um renascimento de uma tradição rica e prudente.

Hoje, a demanda mundial de corantes naturais está em cerca de 10.000 toneladas, o que é de aproximadamente 1% dos corantes sintéticos consumidos em todo o mundo. Acredita-se que a demanda deve crescer rapidamente em futuro próximo.

Mais pesquisas visando a substituição dos corantes sintéticos por corantes naturais são necessárias. Espera-se com este trabalho contribuir para que mais pesquisadores se interessem em estudar o assunto.

## **7 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS**

Para trabalhos futuros sugere-se fazer associação com indústrias têxteis para um estudo mais aprofundado sobre a viabilização do uso dos corantes naturais na indústria e também na possível substituição dos corantes sintéticos.

Sugere-se que sejam feitos testes dos corantes naturais em outros tipos de tecido tais como poliéster, seda e linho. Acredita-se que o teste na seda seja bastante eficaz devido a trama do tecido ser mais aberta que o algodão. Além de testes com outras fontes vegetais, diferente das testadas nesse estudo.

Sugere-se ainda fazer pesquisas com outros tipos de corantes e fontes vegetais de outros países como a Espanha que também é rica em corantes naturais. Enfim acreditamos ser necessário realizar estudos de campo, em comunidades indígenas com objetivo de conhecer as técnicas, o uso dos corantes e as formas de utilização.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, N.F. EL - MOHAMEDY, R.S.RN.F, Eco-friendly and protective natural dye from red prickly pear (*Opuntia Lasiacantha* Pfeiffer) plant, **Journal of Saudi Chemical Society** Arábia Saudita E doi:10.1016/j.jscs.2010.10.001, 2010.

ALI, Shaukat. HUSSAIN, Tanveer. NAWAZ, Rakhshanda. Optimization of alkaline extraction of natural dye from Henna leaves and its dyeing on cotton by exhaust method **Journal of Cleaner Production** pp. 61–66, 17, 2009.

ALI, Amalid Mahmud, BINDER, Christa Fitz, BECHTOLD, Thomas. Aluminium based dye lakes from plant extracts for textile coloration, **Dyes and Pigments** pp. 533-540, 94, 2012

BARBETTA, Pedro Alberto, LEHRER, Cristiano. O uso da metodologia de superfície de resposta para adequar os parâmetros de entrada de um algoritmo genético. Florianópolis – SC, 2011.

BECHTOLD, T. TURCANU, A. GANGLBERGER, B. GEISSLER, B. Natural dyes in modern textile dyehouses — how to combine experiences of two centuries to meet the demands of the future? **Jornal of Cleaner Production**, Austria pp.499-599, 11, 2003.

BECHTOLD, Thomas, MAHMUD-ALI, Amalid. MUSSAK, Rita. Natural dyes for textile dyeing: A comparison of methods to assess the quality of Canadian golden rod plant material **Dyes and Pigments** pp.287-293, 75, 2007.

BESSLER, Karl E. NEDER, Amarilis de V. Finageiv. **Química em Tubos de Ensaio: Uma Abordagem para Principiantes** São Paulo: Edgard Blücher, p. 175, 2004.

BLAINEY, Geoffrey. **Uma Breve História do Mundo**. Ed. Fundamento São Paulo, 270 p., 2004.

CRISTEA, Daniela. VILAREM, Gerard. Improving light fastness of natural dyes on cotton yarn, **Dyes and Pigments** pp. 238 – 245, 70, 2006.

DASTJERDI, Roya. MONTAZER, Majid A review on the application of inorganic nano-structured materials in the modification of textiles: Focus on anti-microbial properties, **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces** pp 5–18,79, 2010.

FERREIRA, Eber Lopes. **Corantes Naturais da Flora Brasileira: Guia Prático de Tingimento com Plantas**. Curitiba: Optagraf Editora e Gráfica LTDA, 1998.

GHOUILA, H. MEKSI, N. HADDAR, W. MHENNI, M.F. JANNET, H.B. Extraction, identification and dyeing studies of Isosalipurposide, a natural chalcone dye from *Acacia cyanophylla* flowers on wool, **Industrial Crops and Products** pp.31– 36, 35, 2012.

GRIFONI, Daniele. BACCI, Laura. ZIPOLI, Gaetano. ALBANESE, Lorenzo. SABATINI, Francesco. The role of natural dyes in the UV protection of fabrics made of vegetable fibres, **Dyes and Pigments** pp.279-285, 91, 2011.

GUESMI, A. BEN HAMADI, N. LADHARI, N. SAKLI, F. Dyeing properties and colour fastness of wool dyed with indicaxanthin natural dye. **Industrial Crops and Products**, pp. xxx-xxx, 2011. doi:10.1016/j.indcrop.2011.07.026, 2011

GUESMI, A. BEN HAMADI, N. LADHARI, N. SAKLI, F. Sonicator dyeing of modified acrylic fabrics with indicaxanthin natural dye. **Industrial Crops and Products**, pp. 63-69, 42, 2013

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** pp. 1205–1211, 82, 2010.

KHALIL, H.P.S.A. BHAT, A.H. YUSRA. A.F.I Green composites from sustainable cellulose nanofibrils: A review, **Carbohydrate Polymers** pp. 963-979, 87, 2012

KOMBOONCHOO, Sunsanee. BECHTOLD, Thomas. Natural dyeing of wool and hair with indigo carmine (C.I. Natural Blue 2), a renewable resource based blue dye, **Journal of Cleaner Production** pp. 1487–1493, 17, 2009.

LEE, Matilda. **Eco Chic: o guia de moda ética para a consumidora consciente**. Ed. Larousse do Brasil São Paulo, 2009.

LEITNER, P. FITZ-BINDER, C. MAHMUD-ALI, A. BECHTOLD, T. Production of a concentrated natural dye from Canadian Goldenrod (*Solidago canadensis*) extracts, **Dyes and Pigments** pp.1416-1421, 93, 2012.

LOVEJOY, T. O Imperador Visionário, **Revista Veja**, pp. 134, 20/06/2012

LJUNGBERG, Lennart Y. Materials selection and design for development of sustainable products, **Materials and Design** Sweden pp. 466–479, 28, 2007.

MANHITA, A, FERREIRA, V. VARGAS, H. RIBEIRO, I. CANDEIAS, A. TEIXEIRA, D. FERREIRA, T. DIAS, C. B. Enlightening the influence of mordant, dyeing technique and photodegradation on the colour hue of textiles dyed with madder – A chromatographic and spectrometric approach, **Microchemical Journal** pp. 82–90, 98, 2011.

MANLEY, J. B. ANASTAS, P. T. CUE, B.W. Frontiers in Green Chemistry: meeting the grand challenges for sustainability in R&D and manufacturing, **Journal of Cleaner Production** pp, 743-750, 16, 2008

PRABHU, K.H. TELI, M.D. Eco-dyeing using *Tamarindus indica* L. seed coat tannin as a natural mordant for textiles with antibacterial activity, **Journal of Saudi Chemical Society** pp. xxx–xxx, xxx, 2011

MANZINI, Ézio. **Design para inovação social e sustentabilidade**: Comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais. Ed. E-papers Rio de Janeiro, 2008.

MANZINI, Ézio. VEZZOLI, Carlo. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis**: Os requisitos ambientais dos produtos industriais. Ed. Universidade de São Paulo São Paulo, 2008

MIRJALILI, Mohammad. NAZARPOOR, Khosro. KARIMI, Loghman. Eco-friendly dyeing of wool using natural dye from weld as co-partner with synthetic dye, **Journal of Cleaner Production** pp. 1045-1051, 19, 2011.

NIINIMÄKI, Kirsi. HASSI, Lotta. Emerging design strategies in sustainable production and consumption of textiles and clothing, **Journal of Cleaner Production** pp 1876-1883, 19, 2011.

PEZZOLO, Dinah Bueno. **Tecidos: história, tramas, tipos e usos**. Ed. Senac São Paulo, 2007.

PRUSTY, A.K. TRUPTI DAS, A. NAYAK, N.B. Das. Colourimetric analysis and antimicrobial study of natural dyes and dyed silk, **Journal of Cleaner Production** pp. 1750-1756, 18, 2010.

SHAHID, M. AHMAD, A. YUSUF, M. KHAN, M. I. KHAN, S. A. MANZOOR, N. MOHAMMAD, F. yeing, fastness and antimicrobial properties of woolen yarns dyed with gallnut (*Quercus infectoria* Oliv.) extract, **Dyes and Pigments** pp.53-61, 95, 2012

SIQUEIRA, Maria Isabel de. Conservação ou Preservação das Riquezas Naturais na América Portuguesa: O Regimento do Pau-Brasil, **Rev. IHGB**, Rio de Janeiro, a. 170 (442) pp. 125-140 jan/mar. 2009.

SINHAA, K. CHOWDHURYA, S. SAHAA, P. DATTA, S. Modeling of microwave-assisted extraction of natural dye from seeds of *Bixa orellana* (Annatto) using response surface methodology (RSM) and artificial neural network (ANN) **Industrial Crops and Products** pp.165-171, 41, 2013.

SIVAKUMAR, Venkatasubramanian. LAKSHMI ANNA. J. VIJAYEESWARRI, J. SWAMINATHAN, G. Ultrasound assisted enhancement in natural dye extraction from beetroot for industrial applications and natural dyeing of leather, **Ultrasonics Sonochemistry** pp.782-789, 16, 2009.

SIVAKUMAR, Venkatasubramanian. LAKSHMI ANNA. J. VIJAYEESWARRI, J. Effective natural dye extraction from different plant materials using ultrasound, **Industrial Crops and Products** pp.116-122, 33, 2011.

SOARES, Paulo Toledo. **O mundo das Cores**. São Paulo, Ed. Moderna, 1991.

SCHULTE, Neide Kolher. LOPES, Luciana. Sustentabilidade ambiental: um desafio para a moda, **ModaPalavra e-periodico**, Florianópolis, n.2, Ano 1, pp. 30 - 42, ago-dez 2008.

Sites Pesquisados:

<http://www.sitecurupira.com.br> Acessado em 19/11/2007

<http://tingimentonatural.blogspot.com/search/label/cebola`123456879> (acessado em 17/09/2011)

[http://www.bindermuc.de/index.php?option=com\\_content&task=view&id=38&Itemid=80](http://www.bindermuc.de/index.php?option=com_content&task=view&id=38&Itemid=80) (acessado em 17/09/2011)

<http://www.ic.uff.br/~aconci/labrorgb.html> (acessado em 17/09/2011)

[http://www.quimanil.com.br/empresa/informacoes\\_detalhe.php?id=7](http://www.quimanil.com.br/empresa/informacoes_detalhe.php?id=7) (acessado em 17/09/2011)

[www.osklen.com.br](http://www.osklen.com.br) (acessado em 17/09/2011)

<http://www.ybadoo.com.br/equipe/cristiano/articles/enegep2001/enegep2001.pdf> (acessado em 17/12/2012)

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Rede\\_neural](http://pt.wikipedia.org/wiki/Rede_neural) (acessado em 17/06/2012)

<http://blogs.estadao.com.br/revista/osklen-mostra-seu-verao-avatar-com-tingimento-artesanal/>  
(acessado em 22/08/2012)

<http://xillique.blogspot.com.br/2009/06/ecovogt.html> (acessado em 22/08/12)