

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DE PORTO ALEGRE

CURSO DE QUÍMICA MEDICINAL

LETÍCIA MARINHO DORNELES

**TRANSFORMANDO RESÍDUOS DE ALIMENTOS EM MODA SUSTENTÁVEL:
TINGIMENTO NATURAL EM TECIDOS COM BAIXO IMPACTO AO MEIO
AMBIENTE E À SAÚDE, INSPIRANDO O CONSUMO CONSCIENTE
ATRAVÉS DO *SLOW FASHION***

PORTO ALEGRE

2024

LETÍCIA MARINHO DORNELES

**TRANSFORMANDO RESÍDUOS DE ALIMENTOS EM MODA SUSTENTÁVEL:
TINGIMENTO NATURAL EM TECIDOS COM BAIXO IMPACTO AO MEIO
AMBIENTE E À SAÚDE, INSPIRANDO O CONSUMO CONSCIENTE
ATRAVÉS DO *SLOW FASHION***

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado ao curso de Química Medicinal da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Química Medicinal.

Orientadora: Profa. Ana Cristina Borba da Cunha

Coorientadora: Profa. Simone Schneider Amaral

PORTO ALEGRE

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DE PORTO ALEGRE

CURSO DE QUÍMICA MEDICINAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

LETÍCIA MARINHO DORNELES

**TRANSFORMANDO RESÍDUOS DE ALIMENTOS EM MODA SUSTENTÁVEL:
TINGIMENTO NATURAL EM TECIDOS COM BAIXO IMPACTO AO MEIO
AMBIENTE E À SAÚDE, INSPIRANDO O CONSUMO CONSCIENTE
ATRAVÉS DO *SLOW FASHION***

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado ao curso de Química Medicinal da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Química Medicinal.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Ana Cristina Borba da Cunha

Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre

Prof. Igor Luiz Gonçalves Pereira

Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre

Profa. Paula Cristina Visoná

Universidade do Vale dos Sinos de Porto Alegre

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à Deus pelo dom da vida e por ter me concedido sabedoria e forças para trilhar este caminho, durante toda a graduação.

À minha família, que são o meu porto seguro e que sem eles nada disso seria possível. Agradeço aos meus pais, Adriana e Moacir, cujo amor incondicional e apoio inabaláveis me proporcionaram a base necessária para que eu pudesse alcançar os meus sonhos.

À minha amada irmã, Laura, que foi (e ainda é) o meu maior exemplo em relação aos estudos e como pessoa. A sua determinação incansável para alcançar os teus objetivos, serviu como um modelo de determinação e superação desde pequena. Busquei sempre ser o melhor de mim graças à tua influência inspiradora. Agradeço pelo apoio, incentivo, parceria, amor e por todos os nossos momentos juntos.

Às minhas afilhadas Valentinna e Luiza por toda a alegria e amor que vocês me proporcionam.

Ao meu namorado, Rafael, por ser o meu companheiro de vida, te agradeço pela dedicação, amor e apoio incansável diariamente. O teu companheirismo é o que torna os meus dias mais leves, e me dá forças nos dias mais difíceis. A tua motivação e incentivo é o que me mantém inspirada para conquistar tudo que desejo. Não existem palavras para agradecer tudo o que você fez e faz por mim.

A minha sogra, Luciana, por ter me acolhido como filha, e por todo o apoio, ajuda e torcida pelas minhas conquistas.

À minha orientadora, Ana Cunha, por todo o empenho e pela competência com que tem me guiado na minha trajetória na graduação e no projeto de iniciação científica. Participar do seu grupo de pesquisa abriu inúmeras oportunidades para expandir meu conhecimento e, o mais importante, compartilhá-lo com mais pessoas.

À minha coorientadora, Simone Schneider, pelo seu comprometimento e empenho no ensino da química orgânica, e pelo auxílio neste trabalho, as suas contribuições e sugestões ajudaram a enriquecer este trabalho.

Por fim, agradeço aos demais professores, e amigos que fizeram parte da minha trajetória durante a graduação, saibam que o incentivo e o apoio foram essenciais e tornaram esta jornada mais leve.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Adriana e Moacir, que batalharam para que eu pudesse realizar os meus sonhos, e a minha irmã, Laura, que é a minha maior fonte de inspiração e incentivo desde pequena. Todo o esforço é por vocês!

RESUMO

Os corantes naturais são utilizados há muito tempo para modificar a coloração de diferentes tipos de fibras têxteis, sendo bastante aplicado no século XIX. Entretanto, a utilização de corantes sintéticos destacou-se na indústria têxtil devido às suas boas propriedades de solidez da coloração em comparação aos corantes naturais, que por sua vez caíram em desuso. No cenário atual, tem surgido uma preocupação ambiental por parte dos consumidores em relação à sustentabilidade dos produtos utilizados, pois sabe-se que os corantes sintéticos são fonte poluidora ao meio ambiente. Desta forma, os corantes naturais têm se destacado por serem uma alternativa mais sustentável. Os resíduos orgânicos, como as cascas de cebola e grãos de feijão preto possuem em sua composição química, compostos fenólicos, como os flavonoides, que são responsáveis por conceder-lhes o seu pigmento característico. No presente trabalho, os resíduos de cebola amarela e roxa, feijão preto e açafrão foram utilizados como corantes naturais para a elaboração de tecnologias sustentáveis de tingimento natural de tecidos de algodão, utilizando como mordentes três tipos principais: cloreto de sódio, acetato de ferro e acetato de cobre, o pH do meio reacional é alterado conforme a metodologia utilizada, podendo ser modificado para ácido, neutro ou básico. Com a combinação distinta desses diferentes tipos de corantes, mordentes e alterando o pH do meio reacional, foi possível obter diferentes resultados com uma gama de colorações e tonalidades. A partir destes resultados, foram realizados dois testes de solidez de cor, o primeiro teste com a escala cinza e o outro teste realizado com a exposição solar. Também foram realizados testes para avaliar a influência da temperatura no processo de tingimento natural, a fim de otimizar as variáveis do processo de tingimento. Acredita-se que os resultados obtidos são novas estratégias de inovação e padronização de metodologias sustentáveis de tingimentos naturais, reduzindo os impactos ambientais por serem menos nocivos ao meio ambiente em comparação com os corantes sintéticos, além de promover a economia circular.

Palavras-chave: Tingimento natural; redução de resíduos; sustentabilidade.

ABSTRACT

Natural dyes have long been used to modify the coloration of various types of textile fibers, with significant application in the 19th century. However, the use of synthetic dyes gained prominence in the textile industry due to their superior colorfastness properties compared to natural dyes, which consequently fell into disuse. In the current context, growing environmental awareness among consumers has raised concerns regarding the sustainability of the products used, as synthetic dyes are known pollutants. As a result, natural dyes have re-emerged as a more sustainable alternative. Organic waste materials, such as onion peels and black beans, contain phenolic compounds in their chemical composition — such as flavonoids — which are responsible for their characteristic pigmentation. In this study, yellow and red onion peels, black beans, and turmeric were used as natural dyes for the development of sustainable dyeing technologies applied to cotton fabrics. Three main mordants were tested: sodium chloride, iron acetate, and copper acetate. The pH of the dyeing bath was adjusted to acidic, neutral, or basic conditions according to the methodology employed. By varying the combinations of dyes, mordants, and pH levels, a range of colors and shades was obtained. Two colorfastness tests were conducted: one using the gray scale and another through sunlight exposure. Additionally, tests were performed to evaluate the influence of temperature on the natural dyeing process in order to optimize process variables. The results suggest innovative strategies and standardization methods for sustainable natural dyeing, aiming to reduce environmental impact by being less harmful than synthetic dyes, while also promoting circular economy practices.

Keywords: Natural dyeing; waste reduction; sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA

Figura 1 - Estrutura química da quercetina	18
Figura 2 - Estrutura química da cianidina	18
Figura 3 - Estrutura básica das antocianinas	19
Figura 4 - Estrutura química da curcumina.....	20
Figura 5 - Estrutura química da glicose, unidade básica do polímero celulose	21
Figura 6 - Avaliação da influência da temperatura no processo de tingimento.....	34
Figura 7 - Comparativo dos tecidos “prova” e “testemunha” dos tecidos tingidos com a casca de cebola amarela	36
Figura 8 - Comparativo dos tecidos “prova” e “testemunha” dos tecidos tingidos com a casca de cebola roxa	36
Figura 9 - Comparativo dos tecidos “prova” e “testemunha” dos tecidos tingidos com o feijão preto com a validade expirada	37
Figura 10 - Comparativo dos tecidos “prova” e “testemunha” dos tecidos tingidos com o açafraão-da-terra	37

TABELA

Tabela 1 - Curva de calibração para as análises de acetato de cobre e ferro nas lavagens dos tingimentos	27
Tabela 2 - Cores obtidas em tecidos de algodão cru empregando cascas de cebola amarela como corante natural	29
Tabela 3 - Cores obtidas em tecidos de algodão cru empregando cascas de cebola roxa como corante natural	31
Tabela 4 - Cores obtidas em tecidos de algodão cru empregando feijão preto com a	

validade expirada como corante natural	32
Tabela 5 - Cores obtidas em tecidos de algodão cru empregando açafrão-da-terra como corante natural.....	33
Tabela 6 - Notas de solidez da cor à lavagem e a exposição solar dos tecidos tingidos com a casca da cebola amarela.....	38
Tabela 7 - Notas de solidez da cor à lavagem e a exposição solar dos tecidos tingidos com a casca da cebola roxa	39
Tabela 8 - Notas de solidez da cor à lavagem e a exposição solar dos tecidos tingidos com o feijão preto com a validade expirada	39
Tabela 9 - Notas de solidez da cor à lavagem e a exposição solar dos tecidos tingidos com o açafrão-da-terra.....	40
Tabela 10 - Concentrações obtidas da análise dos resíduos e concentração máxima permitida (CONAMA, 430, 2011).....	40

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1. <i>INDÚSTRIA TÊXTIL E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS</i>	13
2.2. <i>SLOW FASHION</i>	14
2.3. <i>PROCESSO DE TINGIMENTO NATURAL</i>	15
2.4. <i>CORANTES NATURAIS E SINTÉTICOS</i>	16
2.5. <i>PROPRIEDADES DA CEBOLA AMARELA E CEBOLA ROXA</i>	17
2.6. <i>PROPRIEDADES DO FEIJÃO PRETO</i>	19
2.7. <i>PROPRIEDADES DO AÇAFRÃO-DA-TERRA</i>	20
2.8. <i>FIBRAS TÊXTEIS</i>	21
2.9. <i>ALGODÃO</i>	21
2.10. <i>MORDENTES</i>	22
3. OBJETIVOS	22
3.1. <i>OBJETIVO GERAL</i>	22
3.2. <i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	22
4. METODOLOGIA	23
4.1. <i>MATERIAIS E REAGENTES</i>	23
4.2. <i>COLETA E SELEÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS</i>	23
4.3. <i>PREPARAÇÃO DOS TECIDOS</i>	24
4.4. <i>PROCESSO DE TINGIMENTO NATURAL DE TECIDOS</i>	24
4.5. <i>AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO PROCESSO</i>	25
4.6. <i>TESTES DE SOLIDEZ DA COR</i>	26
4.7. <i>ANÁLISE DOS RESÍDUOS</i>	27
4.8. <i>PADRONIZAÇÃO DA METODOLOGIA</i>	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1. <i>PROCESSO DE TINGIMENTO NATURAL DE TECIDOS</i>	29
5.2. <i>AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO PROCESSO</i>	34

5.3. TESTES DE SOLIDEZ DA COR	35
5.4. ANÁLISE DOS RESÍDUOS	40
5.5. PADRONIZAÇÃO DA METODOLOGIA.....	41
6. CONCLUSÕES.....	42
7. PERSPECTIVAS	44
REFERÊNCIAS	45
APÊNDICE A: TABELAS COM AS QUANTIDADES UTILIZADAS NOS EXPERIMENTOS	49

1. INTRODUÇÃO

A aplicação de corantes naturais no processo de tingimento de tecidos, para alterar a cor de fibras têxteis como algodão, lã e seda tem sido aplicada há milhares de anos. Ao longo dos anos, esse processo foi sendo aperfeiçoado de acordo com cada tipo de fibra têxtil, com a diversidade de corantes naturais que possam ser utilizados e com o desafio de garantir a resistência de cor. De modo geral, esse processo de tingimento dos tecidos deve atender determinadas características essenciais, tais como: a afinidade do corante com a fibra têxtil escolhida, a uniformidade da cor em toda a fibra têxtil, a resistência da cor diante dos processos de lavagem e do uso prolongado. E esse processo deve ser viável economicamente (ALCANTARA; DALTIM, 1996).

Entretanto, diante dos avanços das técnicas de tingimento, os corantes sintéticos tiveram destaque por suas propriedades de resistência da cor em comparação com os corantes naturais, que por sua vez caíram em desuso. Além do seu uso na indústria têxtil, os corantes sintéticos são utilizados em gráficas e fotografias, e estima-se que são consumidos industrialmente cerca de 26.500 toneladas por ano no Brasil (KUNZ et al., 2002). No entanto, sabe-se que grande parte dos corantes sintéticos utilizados na indústria têxtil acabam sendo fonte de contaminação ambiental, e traz preocupações devido às suas propriedades mutagênicas, por exemplo (MACEDO, 2019).

O processo de tingimento é fundamental para as indústrias têxteis devido a sua capacidade de transformação de aparência das fibras, e esse processo está atrelado ao sucesso comercial dos produtos têxteis. As indústrias têxteis contribuem significativamente na economia de diversos países, incluindo o Brasil, que segundo dados divulgados pela Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT) (2022) teve como resultados um faturamento de R\$193,2 bilhões, o que representa 6,6% do valor total da produção da indústria brasileira de transformação (IEMI 2023).

Diante da preocupação da contaminação de corpos hídricos resultante do descarte indevido de resíduos domésticos e industriais, como os efluentes têxteis derivados dos corantes sintéticos que contém diversos metais tóxicos, os corantes

naturais demonstram ser promissores no processo de tingimento e tem como vantagem no tratamento de efluentes, por serem facilmente tratados por métodos de biodegradação (ROSSI, 2008).

Os corantes naturais são obtidos através de matrizes naturais, como plantas e vegetais, que possuem propriedades químicas que são extraídas por processos físico-químicos ou bioquímicos e são utilizados para transformar a cor de fibras têxteis, ou até mesmo substratos alimentares (SAMANTA, 2020).

Dentre os diversos tipos de corantes naturais, podemos destacar os resíduos orgânicos como cascas de cebola roxa e amarela, os vegetais vencidos como feijão preto com a data de validade expirada e a raiz do açafrão. Grande parte desses resíduos é descartado em aterros sanitários ou disposta em locais inadequados, provocando impactos ambientais. A utilização desses resíduos como fonte de corantes naturais é fundamental, uma vez que são mais sustentáveis em comparação aos corantes sintéticos em sua aplicação na indústria têxtil.

O processo de tingimento natural possui três fases principais: a montagem, a fixação e o tratamento final. A primeira etapa deste processo é baseada no processo de transferência do corante para a superfície da fibra têxtil. Durante o processo, é necessário utilizar juntamente com o corante algum tipo de mordente para garantir além da fixação, cores mais intensas e com menos chance de desbotamento durante o tratamento final. A maioria dos mordentes são compostos de sais metálicos, como sulfatos, acetatos e cloretos que tem como objetivo aumentar a afinidade do corante à fibra têxtil, desta forma auxiliando na fixação (GUARATINI; ZANONI, 2000). No tratamento final é realizada a lavagem da fibra com a finalidade de remover todo o corante que não foi absorvido durante o processo, e avaliar a solidez da cor.

Tendo em vista essa situação referente ao uso de corantes sintéticos e suas consequências nos efluentes têxteis que impactam diretamente o meio ambiente, este trabalho tem como objetivo destacar a importância da adoção de tecnologias sustentáveis, com a aplicação de corantes naturais no processo de tingimento de tecidos, selecionando os resíduos de casca de cebola amarela e roxa, feijão preto com a validade expirada e a raiz do açafrão no desenvolvimento

de metodologias inovadoras, na padronização e avaliação econômica. Esse projeto está vinculado a três Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODSs) principais, sendo eles: ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis, pois incentiva o consumo consciente através do movimento de *slow fashion*; ODS 13 – Ação Contra a Mudança Global do Clima, com a redução do impacto ambiental gerado pela indústria têxtil na produção de tecidos, e a substituição de corantes sintéticos por corantes naturais, e está associado a ODS 15 – Vida Terrestre, com a transformação de resíduos em corantes naturais, com baixo impacto ambiental.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. INDÚSTRIA TÊXTIL E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS

As indústrias têxteis contribuem significativamente na economia de diversos países, incluindo o Brasil, que segundo dados da ABIT (2022) teve como resultados um faturamento de R\$193,2 bilhões, o que representa 6,6% do valor total da produção da indústria brasileira de transformação (IEMI 2023). Apesar dos benefícios econômicos e lucrativos deste segmento, as indústrias da moda estão entre uma das mais poluidoras do mundo, devido aos seus processos de estamparia e acabamento final, onde gera em torno de 50 a 100 L de efluente por quilo de tecido produzido (ARSLAN-ALATON; GURSOY; SCHMIDT, 2008). Outro fator preocupante, é o processo de tingimento têxtil em que são utilizados corantes sintéticos que são compostos complexos e que apresentam alto potencial de poluição (ARSLAN-ALATON; GURSOY; SCHMIDT, 2008).

A poluição ambiental desse segmento, também está atrelada ao descarte indevido destes resíduos sólidos e produtos têxteis, e pode ter parte de seu alto impacto associado ao movimento *fast fashion* que estimula o consumo excessivo, de compra, utilização e descarte de forma rápida. Esses resíduos sólidos, quando descartados em grande quantidade e sem nenhum tipo de tratamento, podem gerar impactos ao meio ambiente, afetando solos, água e o ar. Além de provocar uma grande ameaça à saúde pública (MOTA et al., 2009). Desta forma, o setor industrial precisa buscar alternativas sustentáveis para os seus processos. Atualmente, o reaproveitamento destes resíduos têxteis para a fabricação de novos produtos tem sido a melhor alternativa, visto que reduz a quantidade de resíduos sólidos dispostos em locais inadequados. Além de que os resíduos orgânicos domésticos

ou industriais, como alimentos com a validade expirada podem ser utilizados como corantes naturais no processo de tingimento, e desta forma transformam um resíduo têxtil já existente em um produto com novas características. Sabe-se que processo de tingimento é fundamental para as indústrias têxteis devido a sua capacidade de transformação de aparência das fibras, e esse processo está atrelado ao sucesso comercial dos produtos têxteis.

2.2. SLOW FASHION

Diante da ascensão do movimento *fast fashion* pelas indústrias da moda, o consumo excessivo diante do aumento da frequência com que as tendências da moda e coleções são lançadas, faz com que haja uma maior procura por produtos com menor prazo de entrega e preços baixos, e conseqüentemente popularizou-se a cultura de moda descartável. Essa cultura estimula o hábito de consumo acelerado, em que os produtos são fabricados em uma grande escala, com menor qualidade das peças e das condições de trabalho (ANICET *et al.*, 2013).

No entanto, grande parte destes produtos têxteis são descartados rapidamente e acabam em aterros sanitários, e por consequência da utilização de materiais não biodegradáveis na produção destes artigos. A exposição indevida destes materiais ocasiona danos ambientais, que contribuem para que a indústria da moda esteja entre as mais poluidoras do mundo (LEGERE; KANG, 2020).

Assim, com a preocupação das indústrias e consumidores em relação à sustentabilidade no mundo da moda, o movimento *slow fashion* surge como uma alternativa sustentável ao movimento *fast fashion*, que defende o consumo consciente, visando a desaceleração dos processos de produção e incentivando princípios sustentáveis como a qualidade, preservação e durabilidade dos produtos têxteis (LEGERE; KANG, 2020). Um dos principais desafios deste movimento é a resistência dos consumidores pelo consumo de produtos atrelados ao movimento *fast fashion*, devido aos seus baixos custos e facilidade de acesso a produtos que seguem as tendências mais atuais. Apesar disso, a demanda de produtos feitos através de processos sustentáveis, como o movimento *slow fashion*, está crescendo, à medida que os consumidores se tornam mais conscientes em relação aos produtos ecologicamente amigáveis (CHEKIMA *et al.*, 2015).

2.3. PROCESSO DE TINGIMENTO NATURAL

O processo de tingimento têxtil teve o seu início a milhares de anos, e esse processo é definido como a mudança, física ou química de um substrato, de maneira com que a luz refletida cause uma percepção de cor (MOURA *et al.*, 2011). No tingimento natural, são utilizados corantes naturais oriundos de matérias-primas vegetais, animais ou minerais, e são considerados sustentáveis e biodegradáveis, desta forma causam menos danos ao meio ambiente em relação aos corantes sintéticos. Segundo Alcântara e Daltin (1996), o processo de tingimento deve atingir quatro características principais: afinidade, igualização, resistência e economia. Essas características servem para garantir que após o tingimento o corante seja parte integrante da fibra de maneira uniforme em toda a extensão, e que deve resistir a processos, como exemplo, a lavagem da fibra têxtil. Além de ser economicamente viável, sem ultrapassar as quantidades permitidas de corante e mordente.

Esse processo possui três fases principais: a montagem, a fixação e o tratamento final. A primeira etapa é baseada no processo de transferência do corante para a superfície da fibra têxtil. Durante o processo, é necessário utilizar juntamente com o corante algum tipo de mordente para garantir além da fixação, cores mais intensas e com menos chance de desbotamento durante o tratamento final. A maioria dos mordentes são compostos de sais metálicos, como sulfatos, acetatos e cloretos que tem como objetivo aumentar a afinidade do corante com a fibra têxtil, desta forma auxiliando na fixação (GUARATINI; ZANONI, 2000). No tratamento final é realizada a lavagem da fibra com a finalidade de remover todo o corante que não foi absorvido durante o processo, e avaliar a solidez da cor.

No estudo realizado por Narimatsu *et al.* (2020), foram analisados corantes naturais (açafreão barbatimão, hibisco, jatobá, erva-mate e urucum), em processos de tingimento de tecidos com origem natural, que deram origem a diferentes tons, sendo eles: tons de marrom, amarelo e ocre, tons de rosa-escuro ao claro, e tons de laranja a marrom. Com os resultados obtidos, verificou-se a possibilidade de utilização de corantes naturais em escala industrial.

Através do planejamento fatorial, podemos otimizar os parâmetros do processo de tingimento natural por meio da análise da interação de influências,

como temperatura, quantidade de corante, e meio reacional e desta forma garantir que esse processo seja ambientalmente adequado.

2.4. CORANTES NATURAIS E SINTÉTICOS

Os corantes são substâncias que, por meio de processos, alteram a cor de diferentes tipos de materiais e são utilizados em segmentos de indústria, destacando a indústria têxtil. Podem ser classificados de acordo com a sua estrutura química ou pelo método no qual é fixado à fibra têxtil (GUARATINI; ZANONI, 2000).

Os corantes sintéticos foram descobertos em 1856 pelo químico inglês Willian Perkin, e essa descoberta supriu a necessidade de técnicas de produção de corantes de forma mais rápida e com um preço econômico conforme a demanda da indústria têxtil (ABRAHART; STOTHERS, 2019). Com isso, a dependência da importação de matérias-primas caras e diante da simplificação dos processos de tingimento, a utilização de corantes naturais deixou de ser tão atrativa para os produtores, visto que com a utilização de corantes sintéticos a qualidade do produto não estava mais atrelada a parâmetros como a natureza, e esse processo poderia ser feito em larga escala com uma alta reprodutibilidade de cor (ABRAHART; STOTHERS, 2019).

Entretanto, os corantes sintéticos geram impactos negativos no meio ambiente, pois possuem na sua composição química componentes orgânicos que contribuem para a formação de subprodutos nocivos, que influenciam diretamente o solo e ecossistemas aquáticos (MANZOR; SHARMA, 2020). Desta forma, são corantes altamente poluentes, e estima-se que cerca de 280.000 toneladas desses corantes sintéticos são descartados anualmente pela indústria têxtil, como efluentes ao meio ambiente, contendo diferentes compostos, como ácidos, bases, sais, oxidantes etc. (KALYANI *et al.*, 2009). O descarte desses efluentes advindos dos corantes sintéticos sem o devido tratamento, em corpos d'água, podem causar vários riscos no meio ambiente e poluição ambiental (FORGACS; CSERHÁTI; OROS, 2004; SHEDBALKAR; DHANVE; JADHAV, 2008).

Deste modo, a utilização dos corantes naturais nos processos de tingimento nas indústrias têxteis, apresentam uma grande vantagem em relação ao tratamento de seus efluentes, pois são facilmente tratados por métodos de biodegradação

(ROSSI, 2008). Além de que, atualmente há uma preocupação dos consumidores em relação a questões ambientais, como sustentabilidade e redução de impactos ambientais.

Os corantes naturais são substâncias extraídas por processos físico-químicos ou bioquímicos de matérias primas animal ou vegetal, e são considerados sustentáveis, renováveis e biodegradáveis (ARAÚJO, 2006). Por serem extraídos de fontes naturais, necessitam do auxílio de fixadores (mordentes) para aumentar a afinidade entre o corante natural e a fibra têxtil, e manter a fixação da cor no tecido, sendo assim são considerados corantes “não-substantivos”. Um dos desafios associados aos corantes naturais é a resistência da cor diante da lavagem ou exposição à luz.

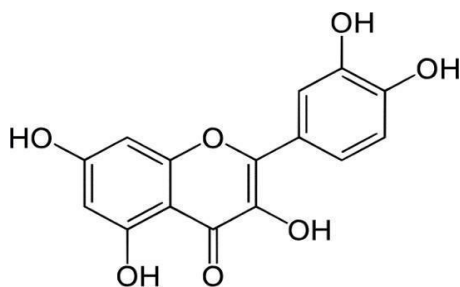
A utilização de corantes naturais na indústria têxtil surge como uma alternativa sustentável, a fim de reduzir os impactos ambientais e à saúde humana.

2.5. PROPRIEDADES DA CEBOLA AMARELA E CEBOLA ROXA

As cebolas amarela e roxa são pertencentes ao gênero *Allium* e à família *Alliaceae*. É considerada um dos vegetais mais consumidos no mundo, e atualmente o seu cultivo se dá em diversos países, sendo os principais produtores: China, Estados Unidos e Índia (BYSTRICKÁ *et al.*, 2013). Devido às suas propriedades medicinais, como coadjuvante na redução de doenças crônicas, a indústria alimentícia tem favorecido a sua produção (BYSTRICKÁ *et al.*, 2013).

Por ser um dos vegetais mais consumidos, boa parte do seu resíduo é proveniente do preparo das refeições diariamente, em que as cascas de cebola e partes secas da cebola são descartadas e vão parar os resíduos sólidos. Estima-se que cerca de 450.000 toneladas de resíduos sólidos de cebola são produzidas anualmente na Europa. Entretanto, devido componentes químicos presentes nas cascas da cebola, como a presença de um corante natural fenólico, chamado quercetina ($C_{15}H_{10}O_7$), boa parte deste resíduo poderia ser utilizado no processo de tingimento de tecidos naturais como algodão, seda e lã (VANKAR; SHANKER; WIJAYAPALA, 2009). Na figura 1 observa-se a estrutura química do composto quercetina.

Figura 1 - Estrutura química da quercetina



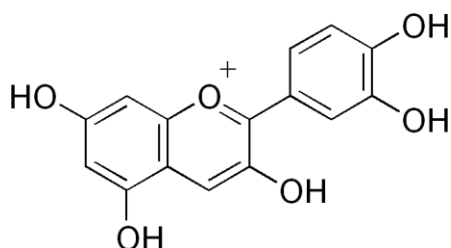
Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Quercetin.svg>

A cebola amarela é rica em compostos flavonoides, sendo três, os principais encontrados, que são a quercetina, miricetina e kaempferol (SANTAS; ALMAJANO; CARBÓ, 2010). Foi comprovado por estudos que a parte externa (cascas) possui maior quantidade de flavonoides quando comparadas com a parte interna (polpa), desta forma a maior concentração de compostos flavonoides está presente nas cascas que normalmente são descartadas (KIM *et al.*, 2011).

Os compostos flavonóides são responsáveis pelo pigmento de diversos vegetais, frutas e plantas, fornecendo tonalidades amarelas e verdes, no caso dos flavonóis é púrpura, a azul para as antocianinas, tais como cebola roxa, açaí, ameixa. Esses pigmentos são extraídos durante o processo de tingimento de tecidos (MIRANDA; MAIER; STEVENS, 2012).

As cascas da cebola roxa são ricas em cianidina, que é uma subclasse da antocianina, que é um composto flavonoide, e sua estrutura química esta demonstrada na figura 2. Desta forma, quando extraídas no processo de tingimento natural, serão liberados pigmentos na faixa da cor púrpura a azul, dependendo do processo de extração e do meio reacional envolvido.

Figura 2 - Estrutura química da cianidina



Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cyanidin_structure.png

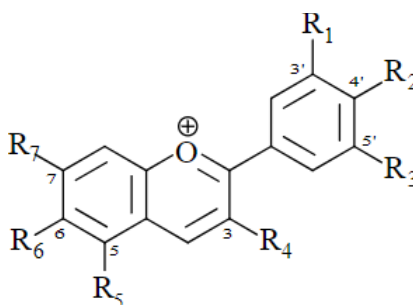
O mecanismo de reação que está relacionado com a afinidade do corante advindo de antocianinas e a fibra têxtil ainda está sendo estudado, entretanto estima-se que quatro mecanismos podem estar sendo associados, sendo eles: (a) sais metálicos, as interações pigmento-mordente-fibra; (b) interações de hidrogênio, ligações entre os átomos de hidrogênio dos corantes e dos pares de elétrons livres da fibra; (c) interações iônicas, interações mútuas entre cargas positivas de grupos amino e carboxilato da fibra e a carga iônica do pigmento, e vice-versa; e (d) interações de Van der Waals, interação proveniente da sobreposição total dos orbitais π do pigmento e da fibra (GUARATINI; ZANONI, 2000; PHAN *et al.*, 2020).

2.6. PROPRIEDADES DO FEIJÃO PRETO

O feijão preto (*Phaseolus vulgaris*) é uma fonte rica em proteínas e outros nutrientes, e tornou-se essencial na alimentação de milhares de pessoas, incluindo os brasileiros. O Brasil é considerado o terceiro maior produtor de feijão do mundo, e produz anualmente cerca de 3,5 milhões de toneladas do feijão em grão (LUCIANO *et al.*, 2010).

Além de ser um alimento com alto teor nutritivo, possui na sua composição química compostos flavonoides, antocianidinas, proantocianidinas, isoflavonas, e ácidos fenólicos. A sua coloração característica é determinada pelo composto antocianina que são um grupo de pigmentos naturais, e esse composto é encontrado em alta concentração na casca dos grãos de feijão, conforme estudos anteriores foram encontrados cerca de até 44,5 mg/100 g (WU *et al.*, 2006). Na figura 3 está demonstrado a estrutura básica das antocianinas, sendo considerado R os grupamentos químicos que podem ser variados conforme a molécula.

Figura 3 - Estrutura básica das antocianinas



Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anthocyanidins.svg>

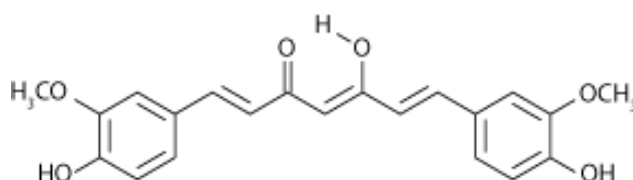
As antocianinas são um grupo de pigmentos solúveis em água e são instáveis em certas temperaturas e sensíveis às alterações de pH do meio reacional, segundo estudos de ANDERSEN et al. (1998). A principal vantagem na utilização do feijão preto nos processos de tingimento têxtil, é que por ter um alto teor de antocianinas, no meio aquoso serão diluídas e liberaram a cor. Por serem sensíveis ao pH, a cor do tecido tingido poderá ser alterada de azul-escuro para azul-arroxeadado.

2.7. PROPRIEDADES DO AÇAFRÃO-DA-TERRA

O açafrão-da-terra, também conhecido como cúrcuma (*Curcuma longa L.*) é uma planta que tem sido utilizada em diversos países, sendo aplicada principalmente na culinária, como tempero para colorir alimentos, devido a sua cor amarela característica, mas também tem sido bastante utilizada na medicina popular. É investigada para aplicações medicinais, associadas a seus possíveis efeitos terapêuticos e dietéticos (MARCHI *et al.*, 2016).

A *Curcuma longa L.* possui na sua composição sais de potássio, carbinol, amido, resina, polissacarídeos e compostos de curcuminoides (curcumina, desmetoxicurcumina e bisdesmetoxicurcumina) que são responsáveis pelo seu pigmento fenólico característico de cor amarela avermelhada (GRANDI, 2014; BASTOS; ROGERO; ARÊAS, 2009; ALMEIDA, 2006; ALONSO, 1998). O principal composto ativo é a curcumina, que constitui cerca de 60 a 76%, e é responsável pela cor amarelo característica do açafrão, a sua estrutura química é fornecida abaixo na figura 4:

Figura 4 - Estrutura química da curcumina



Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Curcumin-enol.png>

A utilização da raiz do açafrão-da-terra mostrou-se promissora para a sua aplicação como corante natural no processo de tingimento de tecidos, devido a sua disponibilidade, facilidade de extração e por ser de baixo custo (KARABULUT; ATAV, 2020).

2.8. FIBRAS TÊXTEIS

As fibras têxteis podem ser originadas de diversas fontes, e são classificadas como naturais ou químicas. As fibras naturais são provenientes de vegetais, animais ou minerais, enquanto as fibras químicas são obtidas industrialmente através da produção de polímeros ou utilização de polímeros naturais modificados quimicamente (HAJI; BRANCH, 2013; BOTREL; OLIVEIRA, 2012).

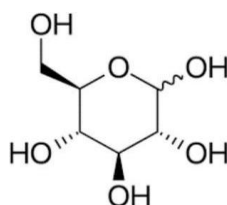
No processo de tingimento de tecidos com a utilização de corantes naturais, as fibras naturais, são as mais indicadas, pela afinidade entre as moléculas de corante e a fibra têxtil. Além de que esse processo ocorre de maneira mais simples e passível de serem realizadas, de forma artesanal, comparado com o processo utilizando fibras sintéticas, na qual demanda de mais etapas para ocorrer (SANTOS *et al.*, 2023).

2.9. ALGODÃO

A fibra do algodão é pertencente à classe de fibras naturais de origem vegetal, e compreende diversas espécies do gênero *Gossypium*, da família da *Malvacea*. Sendo considerado uma das principais fibras naturais celulósicas, constituído principalmente por celulose, proteínas e ceras naturais. Desta forma, possui maior capacidade de absorver água, devido ao grande número de grupos hidroxilas provenientes da celulose (ALCÂNTARA; DALTIM, 1996).

Os tecidos provenientes das fibras vegetais, como no caso dos tecidos de algodão cru, necessitam de um preparo prévio para que o corante natural interaja com a fibra do tecido. Como descrito por Ferreira (1998), as fibras de origem vegetal por serem constituídas de celulose, apresentam pouca afinidade com os corantes vegetais, porque a celulose não reage facilmente com esses corantes, sendo necessário criar uma condição na superfície das fibras.

Figura 5 - Estrutura química da glicose, unidade básica do polímero celulose



Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Glicose_structure.svg

De modo que é necessário realizar a preparação do tecido para a aplicação de um processo químico, como o processo de tingimento. Após a preparação do tecido, durante o processo de tingimento para que ocorra a interação do corante natural com a fibra têxtil, deve-se utilizar mordentes específicos para aumentar a afinidade do corante natural de origem vegetal com a fibra, e garantir a fixação.

2.10. MORDENTES

É necessária a sua utilização durante o processo de tingimento de tecidos empregando corantes naturais não substantivos, os mordentes são substâncias químicas que preparam a fibra têxtil com a finalidade de aumentar a afinidade e aderência do corante à fibra (MARQUET, 2022). Há diferentes tipos de mordentes que podem ser utilizados, dependendo do tipo de corante e qual cor se deseja alcançar. Normalmente são sais inorgânicos, como cloreto de sódio, ferro ou cobre, mas também podem ser de origem vegetal ou mineral. Os sais inorgânicos que são utilizados como mordentes no processo, quando adicionados, superam as cargas negativas presentes na superfície das fibras do algodão e desta forma neutralizam a carga que iria repelir a aproximação do corante natural direto, deste modo permitindo que os ânions do corante sejam absorvidos pela fibra têxtil, garantindo a fixação do corante na fibra (HOLME, 2016).

Além de aumentar a afinidade entre o corante e a fibra têxtil, os mordentes também podem ser utilizados como modificadores da cor, tornando a cor mais intensa ou opaca, dependendo do corante utilizado e das condições do meio reacional (MARQUET, 2022).

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Desenvolver e padronizar tecnologias sustentáveis para o tingimento de tecidos de algodão, visando o controle de processos e a uniformização das metodologias.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver e padronizar metodologias de tingimento natural em

tecidos utilizando resíduos orgânicos (cascas de cebola, feijão preto e açafrão) em diferentes meios reacionais;

- Aplicar os testes de solidez da cor para medir o grau de fixação dos tingimentos, utilizando a escala cinza e o teste do sol;
- Padronizar as metodologias desenvolvidas para o controle de qualidade dos tecidos tingidos garantindo uniformidade e durabilidade da cor;

4. METODOLOGIA

4.1. MATERIAIS E REAGENTES

Para realização do trabalho foram utilizados os seguintes materiais e reagentes: resíduos orgânicos como cascas de cebola roxa e amarela, feijão preto, e açafrão, fixadores (acetato de ferro, acetato de cobre ou cloreto de sódio). Para alterar o pH do meio reacional foi utilizado vinagre de álcool e borato de sódio (bórax). Foram utilizadas vidrarias padrão (copos de béquer, bastão de vidro, provetas graduadas), além de equipamentos do laboratório como: balança analítica, chapa de aquecimento, escala cinza e espectrofotômetro.

Os fixadores utilizados foram: acetato de cobre e acetato de ferro foram preparados artesanalmente, conforme o protocolo de preparo destas soluções estabelecido anteriormente pelo grupo do projeto.

Preparo dos fixadores – Acetato de cobre e Acetato de ferro

Para a preparação de 100 mL de cada uma das soluções, foram colocados, em um frasco, 5 g de fios de cobre ou 6,5 g de pregos de ferro, e então adicionados 1,5 g de amido de milho, 64,5 mL de vinagre de álcool e 37,5 mL de água. Essa mistura foi deixada em repouso por uma semana, onde foi evidenciado a formação do sal de acetato, sendo possível observar o aparecimento de cor azul para o acetato de cobre e a cor marrom para o acetato de ferro.

4.2. COLETA E SELEÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS

A coleta dos resíduos orgânicos: cascas de cebola roxa e amarela, feijão preto e açafrão foram realizadas em mercados locais previamente combinados com fornecedores no momento do desenvolvimento experimental do projeto.

Após a coleta dos resíduos, foi realizada a separação e limpeza das amostras selecionando os possíveis resíduos para a infusão a quente, conforme o processo de tingimento que será descrito posteriormente.

4.3. PREPARAÇÃO DOS TECIDOS

É necessário realizar a preparação do tecido para a aplicação de um processo químico, como o processo de tingimento. A maioria dos tecidos têxteis passam pelo processo de engomagem, que consiste no revestimento dos fios com substâncias formadoras de filme sobre suas superfícies, para aumentar a “resistência mecânica dos fios pela melhor adesão entre as fibras” (ALCANTARA; DALTIM, 1996).

A primeira etapa de preparação do tecido é a desengomagem, que consiste na remoção da goma presente no tecido de algodão, com a finalidade de tornar o tecido têxtil mais absorvente, desta forma permitindo que o corante penetre uniformemente nas fibras de algodão. Neste processo, foi realizada a lavagem do tecido de algodão utilizando água e sabão líquido de glicerina, que é considerado um sabão neutro com pH entre 5 e 7, e que possui tensoativos na sua composição e auxilia na diminuição da tensão superficial entre as fibras. Na sequência os tecidos de algodão foram recortados em pequenos quadrados de dimensões 11x11cm e pesados, sendo estabelecido como padrão neste estudo.

4.4. PROCESSO DE TINGIMENTO NATURAL DE TECIDOS

O processo de tingimento natural de tecidos têxteis, é um processo químico em que são selecionados corantes a serem utilizados para a modificação da cor original do tecido. O processo de penetração do corante da solução para a superfície da fibra têxtil, foi realizado por esgotamento. Neste processo, o tecido fica em contato com o banho de tingimento por um tempo definido. A solução contendo o corante entra em contato com a fibra e dependendo da afinidade, se liga à fibra têxtil, ocasionando a modificação da cor (ALCANTARA; DALTIM, 1996).

Foi estabelecida uma metodologia para o processo de tingimento de tecidos em meio neutro, para os diferentes tipos de resíduo que são utilizados como corantes, que foi adaptada para os meios reacionais: básico e ácido.

Processo de tingimento natural de tecidos - Meio neutro

Inicialmente, foi pesado em uma balança analítica aproximadamente 6,0 gramas do corante utilizado (casca de cebola, grão de feijão e açafrão.), na sequência foi adicionado 300 mL de água da torneira, e aproximadamente 8 gramas ou 8 mL do fixador (cloreto de sódio, acetato de ferro ou acetato de cobre) e transferidos para um béquer de 2 litros juntamente com o tecido de algodão. O béquer foi colocado em uma chapa previamente aquecida com controle de temperatura, e levada ao aquecimento em torno de 20-25 minutos até a solução atingir 80°C. Após atingir a temperatura, a solução foi mantida na temperatura de 80°C por 5 minutos cronometrados, o béquer foi retirado da chapa de aquecimento e o tecido ficou em repouso durante 1 hora. Finalizado o tempo de repouso, o tecido foi retirado e lavado com água corrente e sabão neutro de glicerina, durante 1 minuto, enxaguado e estendido à sombra.

Processo de tingimento natural de tecidos - Meio básico

Para a modificação do pH do meio reacional foi utilizada a mesma metodologia, entretanto para torná-lo mais básico foi utilizado 15 gramas de borato de sódio (bórax), após a etapa de adicionar o fixador.

Processo de tingimento natural de tecidos - Meio ácido

Para a modificação do pH do meio reacional foi utilizada a mesma metodologia, entretanto para torná-lo mais ácido foi adicionado 18 mililitros de vinagre de álcool, após a etapa de adicionar o fixador.

4.5. AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO PROCESSO

Para avaliar a influência do parâmetro da temperatura no processo de tingimento, foram desenvolvidas três metodologias com objetivo de correlacionar os parâmetros: intensidade da cor e tempo de contato da fibra têxtil com a temperatura da solução. As três metodologias desenvolvidas para realizar a avaliação da influência destes parâmetros estão descritas abaixo:

Metodologia 1 - Maior tempo de contato com a temperatura

A primeira metodologia que foi descrita conforme a metodologia descrita para o processo de tingimentos de tecidos - meio neutro, em que inicialmente o

resíduo utilizado, o mordente, o modificador de pH (se houver), a água e o tecido foram fervidos juntos e assim que foi atingida a temperatura de 80°C, foi cronometrado 5 minutos a partir deste momento e após o resíduo foi retirado. O tecido ficou submerso na solução em repouso durante uma hora.

Metodologia 2 - Pouco tempo de contato com a temperatura

A segunda metodologia foi desenvolvida para que inicialmente somente o resíduo a ser utilizado, o mordente, o modificador de pH (se houver) e a água fossem fervidos juntos. Quando a temperatura de 80°C foi atingida o tecido foi adicionado à solução contendo: cascas da cebola, água, mordente, e o modificador de pH (se houver), logo após foi cronometrado 5 minutos a partir deste momento e após o resíduo foi retirado. O tecido ficou submerso na solução em repouso durante uma hora. Nesta metodologia o tecido ficou somente 5 minutos em contato com a solução no momento do aquecimento.

Metodologia 3 - Nenhum tempo de contato com a temperatura

A última metodologia descrita foi adaptada conforme a metodologia 2 - pouco tempo de contato com a temperatura, em que todos os materiais utilizados foram fervidos juntos, com exceção do tecido têxtil. Nesta metodologia o tecido não entra em contato com a solução no momento do aquecimento, sendo inserido somente durante o tempo de repouso.

4.6. TESTES DE SOLIDEZ DA COR

Na última etapa do processo de tingimento de tecidos, ocorreu a lavagem do tecido tingido que serve para retirar o excesso do corante que não se ligou na fibra têxtil e impedir que esse corante solte quando fique umedecido novamente (ALCANTARA; DALTIM, 1996).

Desta forma, para avaliar a solidez da coloração, foram realizados dois tipos de testes: o primeiro teste foi denominado como “teste do sol” e o segundo teste foi utilizado a escala cinza.

O primeiro teste de solidez da cor, que foi denominado o “teste do sol”, foi realizado durante quatro dias, cada um com 1h de exposição ao sol estabelecido das 10h às 11h da manhã, para avaliar a resistência e solidez da coloração quando

exposto à luz solar. Este teste foi elaborado tendo em vista que o processo de tingimento natural poderá ser utilizado juntamente na elaboração de roupas, e que devemos avaliar o possível desbotamento devido a utilização ao decorrer do tempo e a exposição solar, considerando que o corante do processo de tingimento é oriundo de resíduos orgânicos, sendo classificado como corante natural.

No teste de solidez da cor utilizando a escala cinza como equipamento principal, foi baseado na norma ABNT NBR ISO 105-C06:2010 (Têxteis – Ensaio de solidez da cor – Solidez da cor à lavagem doméstica e comercial). Essa alteração na coloração foi avaliada de 1 a 5, sendo 1 a nota mais baixa quando há alteração máxima de cor, e respectivamente 5 sendo a nota máxima quando não há nenhuma alteração na cor, ou pouca alteração. Para a realização deste teste, foi avaliado o tecido inicialmente sem a utilização de nenhum produto químico (o controle), mas também foi avaliado como corpo de prova dois tipos de produtos de limpeza comumente utilizados na lavagem de roupas, sendo o sabão em pó e o sabão líquido neutro de glicerina.

4.7. ANÁLISE DOS RESÍDUOS

Para analisar os resíduos de tingimento nos quais foram utilizados os mordentes de acetato de ferro ou acetato de cobre, que são considerados metais pesados, foram coletados aproximadamente 5 mL de amostras das soluções de lavagem para quantificação. O resíduo foi analisado na Central analítica da UFCSPA, utilizando o método de curva padrão.

As análises foram conduzidas através da técnica de Espectrofotometria de Absorção Atômica, e o espectrofotômetro que foi utilizado disponibilizado pela UFCSPA foi o da marca SHIMADZU, modelo AA-7000F versão chama. A chama utilizada foi a de Ar-C₂H₂, e as leituras foram realizadas em comprimentos de onda específicos: 324,8 nm para o cobre e 248,8 nm para o ferro. Para a construção da curva padrão, foram consideradas as concentrações de padrões apresentados na tabela 1:

Tabela 1 - Curva de calibração para as análises de acetato de cobre e ferro nas lavagens dos tingimentos

	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
Acetato de cobre	0,0 mg/L	0,2 mg/L	0,4 mg/L	0,6 mg/L	0,8 mg/L	1,0 mg/L
Acetato de Ferro	0,000 mg/L	0,250 mg/L	0,500 mg/L	1,000 mg/L	2,000 mg/L	-

4.8. PADRONIZAÇÃO DA METODOLOGIA

A padronização da metodologia foi realizada assim que todos os parâmetros foram analisados: a coleta dos resíduos orgânicos, a análise dos resultados obtidos com cada metodologia proposta para o processo de tingimento, além da avaliação da influência do tempo de contato com a temperatura nesses processos e, por fim, os testes de solidez da cor e análise dos resíduos da lavagem dos tecidos. Após a análise, foram selecionados os melhores resultados obtidos e foi determinado um procedimento sendo definido como procedimento “padrão”, considerando que não existem normas de padronização de tingimento na literatura.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante do processo de tingimento, definido como parte do processo de beneficiamento de tecidos têxteis com a aplicação de corantes naturais oriundos de resíduos orgânicos, como cascas de cebolas amarelas e roxas, feijão preto com a validade expirada e a raiz do açafrão-da-terra como fonte de matéria-prima, foi possível obter uma cartela composta por 48 cores naturais variadas.

Para a obtenção dessas diversas cores utilizando a mesma matéria prima como base de tingimentos naturais foram efetuadas combinações entre mordentes, quantidades de corante, tempo de aquecimento e condições do meio reacional. Desta forma, a metodologia empregada foi a padrão, adaptada para cada procedimento, com a finalidade de se obter uma gama de colorações distintas entre si. Dentre os resultados obtidos, foi possível constatar algumas observações relevantes neste processo, como efeito dos mordentes, condições do meio reacional, uniformidade da cor, aparecimento de manchas e a solidez da cor.

Inicialmente, foi possível observar que os mordentes interferem neste processo, além de aumentarem a afinidade entre o tecido e o corante, também alteram a cor, afetando a intensidade da cor. Neste trabalho, três tipos de mordentes foram utilizados, sendo eles o cloreto de sódio, o acetato de cobre e o acetato de ferro. Foi









observado que os resultados utilizando acetato de cobre como mordente foram muito semelhantes aos do cloreto de sódio. O uso do acetato de ferro juntamente às cascas de cebolas resultou na apresentação de uma tonalidade mais esverdeada, dessa forma aumentando a gama de colorações. Outro interferente são as condições do meio reacional: em meios básicos, as cores geralmente são menos intensas, e, em meio ácido, as cores são mais intensas em comparação com o meio neutro.

A uniformidade da cor no tecido depende da sua submersão completa na solução no processo de aquecimento, assim evitando o aparecimento de manchas. Um dos potenciais motivos para essa ocorrência é que, durante o aquecimento, ocorre a formação de bolhas de gases e, caso o tecido não esteja submerso, essas bolhas prendem-se nele, causando irregularidades. Assim, é necessário o controle rigoroso da temperatura tanto para evitar manchas quanto para prevenir queimaduras no tecido.

5.1. PROCESSO DE TINGIMENTO NATURAL DE TECIDOS

A seguir, são apresentadas as cores resultantes referente a cada corante natural extraído dos resíduos alimentares. Cada experimento foi realizado variando a quantidade de resíduo, mordente empregado e condição do meio reacional. Foi utilizada água da torneira sem necessidade de purificação. A tabela 2 apresenta as cores obtidas em tecidos de algodão cru empregando cascas de cebola amarela como corante natural

Tabela 2 - Cores obtidas em tecidos de algodão cru empregando cascas de cebola amarela como corante natural

	Meio ácido		Meio neutro		Meio básico		Tecido "controle"
	Cód.	Tecido	Cód.	Tecido	Cód.	Tecido	
Cebola amarela	CA-01 Sem mordente		CA-02 Sem mordente		CA-03 Sem mordente		
	CA-04 NaCl		CA-05 NaCl		CA-06 NaCl		

	CA-07 Ac. cobre		CA-08 Ac. cobre		CA-09 Ac. cobre		
	CA-10 Ac. ferro		CA-11 Ac. ferro		CA-12 Ac. ferro		

Nomenclaturas: exemplo CA-01 significa: Cebola Amarela, amostra 01 e assim consecutivamente para cada amostra.
















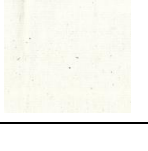
Utilizando a casca de cebola amarela foi obtida uma alta diversidade de colorações, incluindo tons alaranjados, amarelos, beges, marrons e verdes. Inicialmente, os experimentos foram realizados mantendo a quantidade de água e mordente fixas, alterando somente a quantidade de cascas de cebola. Com isso, foi observado que a intensidade dos tons é diretamente proporcional à quantidade de cascas. A tonalidade inicial era amarelada e se transformou em um tom alaranjado a partir de 4,5 g de cascas. Podemos observar essa proporcionalidade de intensidade e quantidade do corante nos experimentos CA-04 que foi realizado com a quantidade padrão de 6,0 g e o experimento CA-08 que foi realizado com a menor quantidade, sendo 4,5 g. Após estes experimentos, foram realizados experimentos mantendo a quantidade de água e de cascas de cebola fixas, alterando o tipo de mordente e as condições do meio reacional. Os tingimentos utilizando o cloreto de sódio forneceram resultados muito semelhantes aos do acetato de cobre, dificultando a diferenciação. Foi observada uma cor final muito semelhante entre os resultados CA-05 (realizado com acetato de cobre) e CA-08 (realizado cloreto de sódio), assim como os resultados em meio ácido CA-04 (realizado com cloreto de sódio) e CA-07 (realizado com acetato de cobre). Dessa forma, o uso do acetato de cobre não faz-se essencial, tendo em vista a semelhança dos resultados com o cloreto de sódio, um mordente menos tóxico. Na literatura, já foi evidenciado que, utilizando a casca de cebola amarela, é possível a obtenção de cores amarela e alaranjado claro (ZUBAIRU *et al.*, 2015).

Os mordentes atuam aumentando a afinidade entre o corante e o tecido e modificando a cor, portanto, para uma cor mais intensa de laranja, o mordente a ser selecionado é o acetato de cobre (BOTTERI; MILJKOVIĆ; GLOGAR, 2022; NURUNNESA; MD. ALAMGIR HOSSAIN; MD. MAHBUBUR RAHMAN, 2018) e, para um tom mais esverdeado, o mordente de preferência é o acetato de ferro (BOTTERI;

MILJKOVIĆ; GLOGAR, 2022; DUTTA et al., 2021). Após análise dos resíduos de acetato de cobre e acetato de ferro, os resultados encontrados foram compatíveis com os limites estabelecidos pela legislação (CONAMA 357/05), com valores dentro do permitido. Além disso, foi verificado que os mordentes foram fixados no tecido de algodão cru.

A tabela 3 apresenta as cores obtidas em tecidos de algodão cru empregando cascas de cebola roxa como corante natural:

Tabela 3 - Cores obtidas em tecidos de algodão cru empregando cascas de cebola roxa como corante natural

	Meio ácido		Meio neutro		Meio básico		Tecido "controle"
	Cód.	Tecido	Cód.	Tecido	Cód.	Tecido	
Cebola roxa	CR-01 Sem mordente		CR-02 Sem mordente		CR-03 Sem mordente		
	CR-04 NaCl		CR-05 NaCl		CR-06 NaCl		
	CR-07 Ac. cobre		CR-08 Ac. cobre		CR-09 Ac. cobre		
	CR-10 Ac. ferro		CR-11 Ac. ferro		CR-12 Ac. ferro		















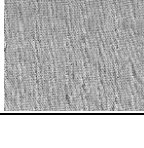

Nomenclaturas: exemplo CR-01 significa: Cebola Roxa, amostra 01 e assim consecutivamente para cada amostra.

Nos experimentos realizados com a casca da cebola roxa, a variação de tons possíveis ao alterar as variáveis: quantidade de cascas de cebola e condições do meio reacional, foi inesperada. O mesmo padrão de proporcionalidade entre a quantidade de cascas de cebola e a intensidade da cor foi observado nesses experimentos. A escolha do mordente a ser utilizado foi outro fator que influenciou a cor final. Nos experimentos realizados utilizando o acetato de ferro como mordente, a cor final obtida foi em tons de verde em meio neutro e em meio ácido, enquanto com o acetato de cobre, obtivemos a cor esverdeada em ambos os meios. No meio básico, independente do uso de diferentes mordentes, as cores tenderam para um

bege/rosado. O principal desafio foi obter a cor rosa. Para alcançar essa coloração, foi necessário controlar rigorosamente as condições do meio reacional e garantir que não houvesse nenhum resquício de resíduos de outros experimentos. Além dessas colorações, foi possível obter tons de bege, que já foram relatados na literatura, sem a necessidade de usar um fixador (DEBNATH, 2018).

A tabela 4 apresenta as cores obtidas em tecidos de algodão cru empregando feijão preto com a validade expirada como corante natural:

Tabela 4 - Cores obtidas em tecidos de algodão cru empregando feijão preto com a validade expirada como corante natural

	Meio ácido		Meio neutro		Meio básico		Tecido "controle"
	Cód.	Tecido	Cód.	Tecido	Cód.	Tecido	
Feijão preto	FP-01 Sem mordente		FP-02 Sem mordente		FP-03 Sem mordente		
	FP-04 NaCl		FP-05 NaCl		FP-06 NaCl		
	FP-07 Ac. cobre		FP-08 Ac. cobre		FP-09 Ac. cobre		
	FP-10 Ac. ferro		FP-11 Ac. ferro		FP-12 Ac. ferro		

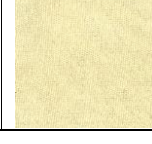
Nomenclaturas: exemplo FP-01 significa: Feijão preto, amostra 01 e assim consecutivamente para cada amostra.

Empregando o feijão preto com a validade expirada como corante natural no processo de tingimento de tecidos, foi possível obter diversos tons de azul e tons acinzentados. O fator que mais influenciou a tonalidade final foi as condições do meio reacional. Em meios básicos a cor tendia para um tom acinzentado, e em meio ácido obtivemos o tom de azul mais escuro. Em meio neutro utilizando o acetato de cobre como mordente, obtivemos um tom de azul mais claro em comparação com o meio ácido. Nestes experimentos mantivemos a quantidade de água e a quantidade do corante fixos, e alteramos as condições do meio reacional e o tipo de mordente. Na

literatura não há estudos sobre os efeitos e interações deste processo, no entanto foi encontrado uma patente sobre o processo de extração de um corante preto extraídos do feijão preto (LI et al., 2017a, 2017b).

A tabela 5 apresenta as cores obtidas em tecidos de algodão cru empregando açafão-da-terra como corante natural:

Tabela 5 - Cores obtidas em tecidos de algodão cru empregando açafão-da-terra como corante natural

	Cód.	Tecido	Cód.	Tecido	Cód.	Tecido	Tecido "controle"
Açafão da terra	A-01 NaCl		A-02 NaCl		A-03 NaCl		
	A-04 NaCl		A-05 NaCl		A-06 NaCl		
	A-07 Sem mordente		A-08 Ac. cobre		A-09 Ac. cobre		
	A-10 Ac. cobre		A-11 Ac. ferro		A-12 Ac. ferro		

Nomenclaturas: exemplo A-01 significa: Açafão da terra, amostra 01 e assim consecutivamente para cada amostra.

Por fim, ao utilizarmos a raiz do açafão-da-terra como corante natural neste processo, foi possível obter uma gama de tons amarelados, desde tonalidades fracas até intensas. A proporcionalidade entre a quantidade de corante e a intensidade da cor também foi observada nestes experimentos. Podemos confirmar esta constatação observando o experimento A-01 em que foi utilizada a menor quantidade de corante e o experimento A-09 em que foi utilizado maior quantidade do corante. O uso de diferentes tipos de mordentes não causou alterações significativas na cor, mas sim na intensidade dos tons. Ao utilizar o acetato de cobre como mordente, os resultados obtidos foi um amarelo mais vivo, em relação aos outros mordentes utilizados. Como não houve variações expressivas no uso de diferentes tipos de mordentes, não foram realizados testes com outros meios reacionais, além do meio neutro.

Observação: todas as quantidades de corante, mordente, alterador do meio reacional e água que foram utilizadas, além das condições do meio reacional de cada experimento será detalhado no apêndice “A”.

5.2. AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO PROCESSO

Foram realizados seis experimentos com a casca da cebola amarela utilizando diferentes tipos de mordentes, para avaliar a influência do parâmetro da temperatura no processo de tingimento natural, a fim de correlacionar a intensidade da cor com a temperatura. As metodologias utilizadas para realizar esta avaliação foram: metodologia 1, 2 e 3. A diferença entre elas é o tempo de contato da fibra têxtil com a temperatura no instante do aquecimento. Desta forma na metodologia 1 a fibra têxtil tem o maior contato, enquanto na metodologia 3 a fibra têxtil não possui nenhum contato com a temperatura no momento do aquecimento. Os resultados obtidos podem ser observados na figura abaixo:

Figura 6 - Avaliação da influência da temperatura no processo de tingimento



Fonte: Elaborado pela autora

Os experimentos AT-01, AT-04 e AT-07 foram realizados conforme a metodologia 1, enquanto os experimentos AT-02, AT-05 e AT-08 foram realizados conforme descrito a metodologia 2, e por fim os experimentos AT-03, AT-06 e AT-09 foram realizados conforme a metodologia 3.

De acordo com a análise dos resultados obtidos, podemos concluir que a temperatura influencia na intensidade da cor, visto que nos experimentos AT-01, AT-04 e AT-07 a fibra têxtil permaneceu em contato com a solução durante todo o tempo de aquecimento, e obtivemos tons mais intensos, em comparação com os experimentos AT-03, AT-06 e AT-09 que a fibra têxtil entrou em contato com a solução somente no tempo de repouso, e desta forma apresentam uma intensidade menor. Os experimentos AT-02, AT-05 e AT-08 ficaram em contato somente nos 5 minutos de aquecimento e durante o tempo de repouso, e também apresentaram uma tonalidade mais intensa em comparação com os que não tiveram contato no momento de aquecimento. Desta forma confirmando a correlação entre a temperatura e a intensidade da cor. Foi relatado na literatura um estudo que afirma que a fibra têxtil assume diferentes comportamentos em variados tipos de corantes, e desta forma podendo ser mais ou menos hidrofílicas, com sensibilidade variáveis em relação a alguns fatores, destacando o tempo de exposição ao corante e a temperatura (SALEM *et al.*, 2005). Isto corrobora para o nosso resultado em que a fibra têxtil que teve mais contato com a temperatura e conseqüentemente maior tempo de contato com o corante tenha uma cor mais intensa.

5.3. TESTES DE SOLIDEZ DA COR

Para avaliar a solidez da cor em relação aos processos de lavagem e ao uso prolongado, foram realizados dois testes: o primeiro teste foi classificado como “teste do sol” no qual o tecido tingido foi cortado ao meio, uma metade foi guardada e chamada de “prova”, a outra metade do tecido (testemunha) foi lavada com sabão neutro de glicerina e exposto ao sol durante quatro dias seguidos, em um intervalo de 1h de exposição estabelecido das 10h às 11h da manhã. Neste teste foi possível avaliar a influência da lavagem e da exposição solar na fibra têxtil observando se foi ocasionado o desbotamento da cor fazendo uma comparação entre o tecido “prova” e o exposto ao sol “testemunha”. Os resultados podem ser observados a seguir:

Figura 7 - Comparativo dos tecidos “prova” e “testemunha” dos tecidos tingidos com a casca de cebola amarela



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 8 - Comparativo dos tecidos “prova” e “testemunha” dos tecidos tingidos com a casca de cebola roxa



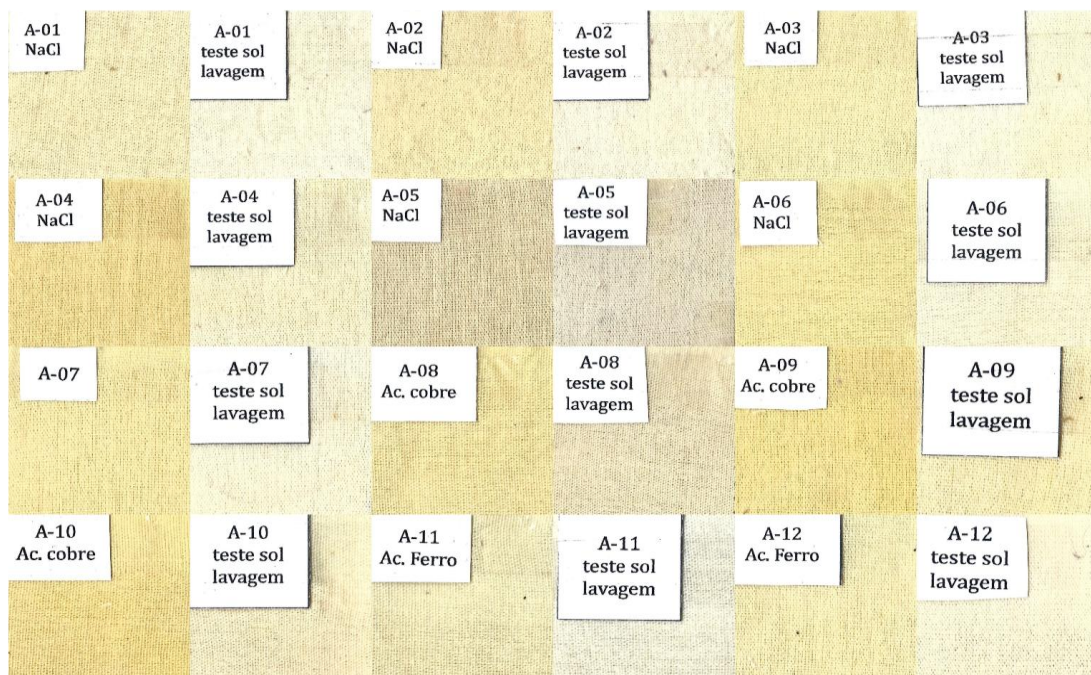
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 9 - Comparativo dos tecidos “prova” e “testemunha” dos tecidos tingidos com o feijão preto com a validade expirada



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 10 - Comparativo dos tecidos “prova” e “testemunha” dos tecidos tingidos com o açafão-da-terra



Fonte: Elaborado pela autora

Em comparação com o tecido “prova” que não passou pelo processo de lavagem e exposição solar, podemos observar nas figuras 7,8,9 e 10 que todos os tecidos “testemunha” perderam a intensidade da sua cor e a cor tornou-se mais opaca, independente do tipo de mordente utilizado ou condição do meio reacional.

O segundo teste realizado para avaliar a solidez da cor foi utilizando a escala cinza. Nas tabelas 6,7,8 e 9 estão os valores de grau de solidez para as diferentes amostras:

Tabela 6 - Notas de solidez da cor à lavagem e a exposição solar dos tecidos tingidos com a casca da cebola amarela

Código da amostra	Grau de solidez	Código da amostra	Grau de solidez
CA-01	3	CA-07	4/5
CA-02	2/3	CA-08	4/5
CA-03	1	CA-09	1/2
CA-04	4/5	CA-10	5
CA-05	4	CA-11	4
CA-06	1	CA-12	2

Analisando os valores de solidez da cor à lavagem e a exposição do sol dos tecidos tingidos com a casca da cebola amarela utilizando diferentes tipos de mordentes e condições do meio reacional, podemos observar que os valores encontrados para os experimentos realizados em meio básico, sendo: CA-03, CA-06, CA-09 e CA-12 foram os valores mais baixos, em relação aos meios neutro e meio ácido, que forneceram um grau de solidez acima de 3, com exceção do experimento CA-02. Os experimentos realizados em meio ácido e meio neutro utilizando o mordente acetato de cobre (CA-07, CA-08) e acetato de ferro (CA-10, CA-11) forneceram resultados satisfatórios, indicando pouca mudança da cor original. Utilizando o NaCl como mordente tivemos dois resultado satisfatório, o experimento realizado em meio ácido (CA-04) e o experimento realizado em meio neutro (CA-05).

Tabela 7 - Notas de solidez da cor à lavagem e a exposição solar dos tecidos tingidos com a casca da cebola roxa

Código da amostra	Grau de solidez	Código da amostra	Grau de solidez
CR-01	1/2	CR-07	4
CR-02	1	CR-08	4/5
CR-03	2/3	CR-09	4/5
CR-04	4/5	CR-10	2/3
CR-05	2	CR-11	1
CR-06	1/2	CR-12	2/3

Os resultados de grau de solidez dos tecidos tingidos com a casca da cebola roxa foram discrepantes, não sendo possível relacionar o uso dos mordentes com as condições do meio reacional. A utilização do uso do mordente acetato de ferro não contribuiu significativamente para a melhoria do grau de alteração de cor. Entretanto, é possível observar que os experimentos realizados utilizando o mordente acetato de cobre (CR-07, CR-08 e CR-09) em diferentes condições reacionais, forneceram valores de grau de solidez acima de 4, sendo indicativo de pouca mudança (desbotamento) da cor original.

Tabela 8 - Notas de solidez da cor à lavagem e a exposição solar dos tecidos tingidos com o feijão preto com a validade expirada

Código da amostra	Grau de solidez	Código da amostra	Grau de solidez
FP-01	2	FP-07	1/2
FP-02	1	FP-08	2
FP-03	1/2	FP-09	4
FP-04	1	FP-10	1/2
FP-05	1/2	FP-11	1
FP-06	1	FP-12	3

Avaliando as amostras de feijão preto com a validade expirada, podemos observar que a maioria dos resultados está com valores para o grau de solidez entre 1-2, com exceção dos experimentos FP-12 que está com o valor de grau 3, e o experimento FP-09 que foi o único com valor considerado aceitável. Independente do

tipo de mordente utilizado e condições do meio reacional, os resultados foram considerados ruins em relação à mudança da cor nos processos de lavagem e exposição solar. Desta forma, podemos concluir que o uso do feijão preto com a validade expirada não possui boa resistência da cor em relação à lavagem e exposição ao sol.

Tabela 9 - Notas de solidez da cor à lavagem e a exposição solar dos tecidos tingidos com o açafão-da-terra

Código da amostra	Grau de solidez	Código da amostra	Grau de solidez
A-01	2	A-07	1/2
A-02	1	A-08	2
A-03	1	A-09	1/2
A-04	1	A-10	2/3
A-05	2	A-11	1/2
A-06	1	A-12	1/2

Por fim, analisando os valores de grau de solidez constatados para os tecidos tingidos com a raiz do açafão-da-terra, podemos concluir que os valores de grau de solidez à lavagem estão baixos, sendo considerados de classe 1 e 2, que segundo a norma NBR 10187 são inaceitáveis pelo consumidor (NEVES; CRESPIM, 2000). Com isso, concluímos que a utilização da raiz do açafão-da-terra como corante natural não possui uma boa durabilidade da cor em relação ao processo de lavagem e de exposição solar.

5.4. ANÁLISE DOS RESÍDUOS

Foram realizadas análises para quantificar as concentrações dos metais pesados: acetato de cobre e acetato de ferro, residuais do processo de tingimento e da lavagem dos tecidos tingidos. Os dados obtidos estão na tabela 10 abaixo:

Tabela 10 - Concentrações obtidas da análise dos resíduos e concentração máxima permitida (CONAMA, 430, 2011)

Amostra 1 (cobre)	Concentração (mg/L)	Limite de íons Cu dissolvidos permitido (mg/L)	Amostra 2 (ferro)	Concentração (mg/L)	Limite de íons Fe dissolvidos permitido (mg/L)

Solução de corante	0,640	1,0	Solução de corante	6,703	15,0
Lavagem 1	Abaixo do LOQ		Lavagem 1	0,0223	
Lavagem 2	Abaixo do LOQ		Lavagem 2	Abaixo do LOD	

Analisando os resultados obtidos, podemos constatar que grande parte dos mordentes acetato de cobre e acetato de ferro se fixaram na fibra têxtil, e os líquidos residuais apresentaram valores inferiores permitido CONAMA, 430, 2011.

5.5. PADRONIZAÇÃO DA METODOLOGIA

Dentre os experimentos realizados, foi possível observar as variáveis do processo de tingimento natural em tecidos e de que forma elas alteram o resultado de maneira positiva ou negativa. Considerando esses fatores, e tendo em vista obter como resultado uma cor homogênea em toda a extensão do tecido têxtil, elaboramos uma metodologia padronizada, que é descrita abaixo:

Inicialmente, realizar a coleta do resíduo e selecionar as partes que estejam em boas condições para serem utilizadas como corante natural. Após, armazenar o resíduo em um recipiente fechado. Outro fator primordial para que haja a interação entre o corante e o tecido têxtil é a lavagem prévia do tecido e a delimitação do tecido que será realizado. Todos os materiais a serem utilizados neste processo devem ser pesados em um béquer em uma balança analítica ou proveta graduada. Com todos os materiais necessários pesados e separados, estes devem ser adicionados em um béquer de vidro, inicialmente inserir a água da torneira, o corante a ser utilizado, o mordente e por fim o tecido têxtil a ser utilizado. Misturar tudo com o auxílio de um bastão de vidro e submergir totalmente o tecido para evitar que ocorram manchas. Colocar o béquer em uma chapa de aquecimento com controle de temperatura previamente aquecido, e levar ao aquecimento em torno de 20-25 minutos até a solução atingir 80°C, após atingir a temperatura manter por 5 minutos cronometrados. É necessário que este processo seja monitorado para evitar que o tecido fique fora da solução. Após o aquecimento, retirar o béquer de vidro da chapa de aquecimento e retirar todo o resíduo sólido da solução. Por fim, dispor o tecido têxtil submerso na solução e deixar em repouso durante 1 hora. Em seguida, retirar o tecido e lavar com água corrente e sabão líquido de glicerina durante 1 minuto, enxaguar e colocar o tecido estendido na sombra.

Fatores que influenciam negativamente neste processo:

- Goma do tecido de algodão cru age como uma barreira impedindo a interação entre o corante e o tecido têxtil = a cor obtida será menos intensa que a cor original;
- Condições do resíduo a ser utilizado como corante natural, caso o resíduo esteja imundo/molhado ou com presença de bolor = presença de manchas pretas pequenas sobre o tecido;
- Resíduos impregnados no béquer em que será realizado este processo = altera o resultado de maneira com que haja manchas e até mesmo mude a cor original a ser obtida;
- Não retirar as cascas de cebola durante o tempo de repouso = manchas no tecido que ficou em contato com a casca;
- Deixar o tecido no fundo do béquer durante o tempo de aquecimento = causa queimado no tecido têxtil;
- Não submergir o tecido durante o processo de aquecimento e o tempo de repouso = causa manchas no tecido, em que parte do tecido que ficou para fora da solução ficará com a cor menos intensa ao tecido que ficou submerso durante o processo;

6. CONCLUSÕES

Analisando os resultados obtidos, foi possível concluir que as diferentes combinações entre mordentes, quantidade de corante e alteração do pH no meio reacional pode originar diversas tonalidades e intensidades de cores, a partir de corantes naturais obtidos de materiais orgânicos que se encontram disponíveis nos resíduos gerados pelo preparo de alimentos ou proveniente de alimentos com a validade expirada. Demonstrando assim que, a partir de fontes naturais, podemos obter uma grande variedade de cores que podem servir como corantes naturais neste processo.

Desta forma, constatamos que as condições do processo podem influenciar o resultado, e a alteração dos fatores como temperatura e alteração do pH do meio reacional afetam a transferência do corante para a superfície da fibra têxtil, alterando a intensidade da cor e a igualização da cor na extensão do tecido. Conforme um estudo feito por SALEM et al. (2005), as fibras têxteis podem assumir comportamentos

diferentes para variados tipos de corantes, e desta forma podendo ser mais ou menos hidrofílicas, com sensibilidade variáveis em relação a temperatura, ao pH do meio reacional e ao tempo de exposição ao corante. Isso confirma os nossos resultados divergentes quando alteramos o mordente a ser utilizado e também as condições do meio reacional.

Em relação às interações que ocorrem neste processo de tingimento natural com a utilização de corantes advindos de resíduos, podemos considerar que a fibra têxtil utilizada é um tecido de algodão (constituído de celulose), que constitui grande parte das fibras e é um polissacarídeo funcionalizado principalmente por grupos álcool primário, conclui-se que os corantes utilizados nesse trabalho geraram complexos de coordenação junto com os íons metálicos dos mordentes de ferro e de cobre e os grupos funcionais das cadeias poliméricas das fibras naturais, melhorando a solidez de cor (DING; FREEMAN, 2017; SAMANTA; AGARWAL, 2009). Da mesma forma, comparando os tecidos tingidos utilizando mordentes conjugados e os tingidos com cloreto de sódio e verificando a semelhança de seus resultados, inferiu-se que o cloreto de sódio agiu facilitando a fixação do corante nas fibras do algodão ao neutralizar as cargas de repulsão presentes no tecido (HOLME, 2016).

Considerando os resultados de grau de solidez dos tecidos tingidos com os diferentes tipos de corantes naturais utilizados neste trabalho, podemos considerar os resultados obtidos com a casca da cebola amarela utilizando os mordentes acetato de ferro e acetato de cobre foram satisfatórios, indicativos para pouca mudança da cor original. Os resultados de grau de solidez obtidos para os tecidos com a casca da cebola rosa foram aceitáveis em relação ao uso prolongado, somente quando o acetato de cobre foi utilizado como mordente. As amostras tingidas com feijão preto ou a raiz do açafreão-da-terra não forneceram resultados satisfatórios, pois grande parte dos resultados obtidos utilizados os diferentes mordentes e condições reacionais distintas, forneceram valores baixos e desta forma são considerados inaceitáveis pelo ponto de vista do consumidor (NEVES; CRESPIM, 2000). Podemos concluir que o uso do feijão preto com a validade expirada e a raiz do açafreão-da-terra não possuem boa resistência da cor em relação aos processos de lavagem e de exposição ao sol.

Apesar disso, os corantes naturais apresentados neste estudo se destacam por serem uma alternativa sustentável em comparação com os corantes sintéticos. Com

uma cartela contendo 48 cores distintas, esses corantes naturais podem ser aplicados nas indústrias têxtil, especialmente em produtos sustentáveis dentro do movimento *Slow Fashion*, assim como na produção de acessórios e produtos decorativos, visto que esse processo de tingimento natural oferece uma gama de cores. Importante ressaltar que novos estudos estão sendo realizados aos processos que não obtiveram grau de solidez igual ou maior que 4 para que sejam obtidas melhorias na solidez da cor.

7. PERSPECTIVAS

Tendo em vista que a literatura relacionada a utilização de resíduos orgânicos como fonte de matéria prima para a sua utilização como corantes naturais não é tão explorada, sugere-se para trabalhos futuros realizar este processo de tingimento natural em outros tipos de fibras têxteis além do algodão. Outro fator interessante, seria realizar a análise da solidez da cor utilizando diferentes tipos de agentes de limpeza, além de realizar a análise da solidez da cor à fricção a seco e a úmido. Também se faz necessário o escalonamento das metodologias e uma análise econômica criteriosa para futura inserção do produto no mercado.

REFERÊNCIAS

- ABRAHART, E. N.; STOTHERS, J. B. Dye. Disponível em: <<https://www.britannica.com/technology/dye>>. Acesso em: 21 fev. 2024.
- ALCÂNTARA, M. R.; DALTIM, D. A química do processamento têxtil. Química Nova, São Paulo. v.19, n.3, p.320-330, 1996. Disponível em: <http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1996/vol19n3/v19_n3_17.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2024
- Ali, NF & EL-Khatib, Eman & Bassyouni, Fatma. (2022). Utilization and characterization of natural products pretreatment and dyeing wool fabric by natural dyes with economical methods. Journal of Textile Engineering & Fashion Technology. 8. 178-183. 10.15406/jteft.2022.08.00319.
- ANDERSEN, O.M.; CABRITA, L.; FOSSEN, T., et al. Colour and stability of pure anthocyanins influenced by pH including the alkaline region, Food Chemistry, v.63, n.4, p. 435-440, 1998.
- ANICET, Anne; RÜTHSCHILLING, Evelise Anicet. **Relações entre moda e sustentabilidade**. In: 9º COLÓQUIO DE MODA, 2013, Fortaleza.
- ARAÚJO, M. E. M. DE. Natural dyestuffs from Antiquity to modern days. **Conservar Patrimônio**, v. 3–4, p. 39–51, 2006.
- ARSLAN-ALATON I; GURSOY BH; SCHMIDT J. Advanced oxidation of acid and reactive dyes: Effect of Fenton treatment on aerobic, anoxic and anaerobic processes. Dyes and Pigments 78 (2), 117-130, 2008.
- BOTTERI, L.; MILJKOVIĆ, A.; GLOGAR, M. I. Influence of Cotton Pre-Treatment on Dyeing with Onion and Pomegranate Peel Extracts. Molecules, v. 27, n. 14, p. 4547, 16 jul. 2022.
- BYSTRICKÁ, J. et al. Bioactive components of onion (*Allium cepa* L.) — a Review. **Acta Alimentaria**, v. 42, n. 1, p. 11–22, 10 mar. 2013.
- Chekima, Brahim & Chekima, Sohaib & Wafa, Syed & Igau, Oswald & Sondoh Jr, Stephen. (2015). Sustainable consumption: The effects of knowledge, cultural values, environmental advertising, and demographics. International Journal of Sustainable Development & World Ecology. 23. 1-11. 10.1080/13504509.2015.1114043.
- CLARK, M. (ED.). Handbook of textile and industrial dyeing. volume 1: Principles, processes and types of dyes. Oxford Cambridge Philadelphia New Delhi: Woodhead Publishing, 2011.
- DEBNATH, A. Natural Dyeing of Cotton Fabric by Extruded Pelargonidin of Red Onion Skin and Finished it Naturally with Aloe Vera. International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources, v. 14, n. 2, 14 set. 2018.

DING, Y.; FREEMAN, H. S. Mordant dye application on cotton: optimisation and combination with natural dyes. **Coloration Technology**, v. 133, n. 5, p. 369–375, out. 2017.

FERREIRA, Éber Lópes. Corantes naturais da flora brasileira: guia prático de tingimento com plantas. Curitiba: Optagraf Editora e Gráfica Ltda., 1998.

FORGACS, E.; CSERHÁTI, T.; OROS, G. Removal of synthetic dyes from wastewaters: a review. **Environment International**, v. 30, n. 7, p. 953–971, set. 2004.

Gomes, Micaela & Soares, Graça & Santos, Jorge & Gomes, Pedro. (2022). SUSTAINABLE DYEING OF COTTON WITH COFFEE EXTRACT NATURAL DYE.

GRANDI, T. S. M. Tratado das plantas medicinais: Mineiras, Nativas e Cultivadas. Belo Horizonte: Adaequatio Estúdio, 2014. p. 1076-1077

GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Corantes têxteis. *Química Nova*, v. 23, n. 1, p. 71–78, fev. 2000.

HOLME, I. (2016) Coloration of Technical Textiles. In: Handbook of Technical Textiles, 2nd Edition, Vol. 1: Technical Textile Processes, Woodhead Publishing Series in Textiles.

KALYANI, D. C. et al. Ecofriendly biodegradation and detoxification of Reactive Red 2 textile dye by newly isolated *Pseudomonas* sp. SUK1. **Journal of Hazardous Materials**, v. 163, n. 2-3, p. 735–742, abr. 2009.

KARABULUT, K.; ATAV, R. Dyeing of Cotton Fabric with Natural Dyes without Mordant Usage Part I: Determining the Most Suitable Dye Plants for Dyeing and UV Protective Functionalization. **Fibers and Polymers**, v. 21, n. 8, p. 1773–1782, ago. 2020.

KIM, H. G. et al. Flavonoid profiling in three citrus varieties native to the Republic of Korea using liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry: contribution to overall antioxidant activity. **Biomedical Chromatography**, v. 26, n. 4, p. 464–470, 9 ago. 2011

KUNZ, A. et al. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. *Química Nova*, v. 25, n. 1, p. 78–82, fev. 2002.

LEGERE, A.; KANG, J. The role of self-concept in shaping sustainable consumption: A model of slow fashion. *Journal of Cleaner Production*, v. 258, p. 1–12, jun. 2020.

Lin, Lina & Jiang, Tiancheng & Xiao, Lexin & Pervez, Md. Nahid & Cai, Xiaobo & Naddeo, Vincenzo & Cai, Yingjie. (2022). Sustainable fashion: eco-friendly dyeing of wool fiber with novel mixtures of biodegradable natural dyes. *Scientific Reports*. 12. 10.1038/s41598-022-25495-6.

LI, Z. et al. Method for dyeing real silk fabric with natural black dye. , 26 abr. 2017a.

LI, Z. et al. Method for dyeing wool fabrics by natural dye extracted from black bean peels. , 10 maio 2017b.

LUCIANO MORAIS LIÃO et al. Perfil químico de cultivares de feijão (*phaseolus vulgaris*) pela técnica de high resolution magic angle spinning (HR-MAS). *Química Nova*, v. 33, n. 3, p. 634–638, 1 jan. 2010.

MACEDO, K. R. Métodos de tratamento de efluentes gerados pela indústria têxtil: uma revisão bibliográfica. *Repositório Ufersa*, 21 mar. 2019.

MANZOOR, J.; SHARMA, M. Impact of Textile Dyes on Human Health and Environment. **Impact of Textile Dyes on Public Health and the Environment**, p. 162–169, 2020.

MARCHI, J. P. et al. CURCUMA LONGA L., O AÇAFRÃO DA TERRA, E SEUS BENEFÍCIOS MEDICINAIS. **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, v. 20, n. 3, 30 mar. 2016.

MARQUET, Marie. *Guide des teintures naturelles*. Paris: Belin, 2022.

MIRANDA, C. L.; MAIER, C. S.; STEVENS, J. F. Flavonoids. Em: JOHN WILEY & SONS, LTD (Ed.). **eLS**. 1. ed. [s.l.] Wiley, 2012.

MOURA, R. A. DE; MARCONDES, T. W. R. N. **Tingimento com corantes naturais da flora brasileira**. TCC (Tecnologia de Produção Têxtil) Americana, SP: FACULDADE DE TECNOLOGIA DE AMERICANA, 2011.

Mota, J. C., Almeida, M. M. de, Alencar, V. C. de, & Curi, W. F. (2009). CARACTERÍSTICAS E IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELOS RESÍDUOS SÓLIDOS: UMA VISÃO CONCEITUAL. *Águas Subterrâneas*, 1. Recuperado de <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/21942>> Acesso em: 15 mar. 2024

NARIMATSU, B. M. G. et al. CORANTES NATURAIS COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL NA INDÚSTRIA TÊXTIL. **Revista Valore**, v. 5, n. 0, p. 5030–5030, 2020.

Neves, J.D., Crespim, L. Análise de solidez de cor em tecidos sujeitos a ensaios de lavagem com sabões em pó de diferentes propriedades. Dez. 2000. Disponível em: <br.geocities.com/lcrespim/trabalhos/lavagem.PDF>. Acesso em: 28 fev. 2024.

RADHAKRISHNAN, S.; RADHIKA RAJANGAM; PRAVEENA PERURAN. Social and Environmental Impact of Natural Dyeing. **Sustainable textiles**, p. 127–152, 1 jan. 2023.

Rani, Jyoti & Guru, Ramratan & Yadav, Priyanka & Saini, Ushma. (2024). Recent Advances in Natural Dyeing Techniques and Application. *Colourage*. LXXI. 27-34.
Rani, Neetu & Jajpura, Lalit. (2021). Sustainable Dyeing of Wool by Natural Dyes in Conjunction with Natural Mordants. 10.1007/978-981-15-9995-8_12.

ROSSI, Ticiane. **Corantes naturais: Fontes, Aplicações e Potencial para uso da madeira**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. Disponível em: <<http://www.ipef.br/tecprodutos/corantes.asp>>. Acesso em: 20 fev. 2024.

SALEM, V. **Tingimento Têxtil: Fibras, Conceitos e Tecnologias**. 2010. Editora Blucher. São Paulo.

SALEM, V.; MARCHI, A.; MENEZES F. G. O beneficiamento têxtil na prática. São Paulo: Golden Química do Brasil, 2005.

SAMANTA, P. A Review on Application of Natural Dyes on Textile Fabrics and Its Revival Strategy. Em: KUMAR SAMANTA, A.; S. AWWAD, N.; MAJDOOA ALGARNI, H. (Eds.). **Chemistry and Technology of Natural and Synthetic Dyes and Pigments**. [s.l.] IntechOpen, 2020.

SANTAS, J.; ALMAJANO, M. P.; CARBÓ, R. Antimicrobial and antioxidant activity of crude onion (*Allium cepa*, L.) extracts. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 45, n. 2, p. 403–409, fev. 2010.

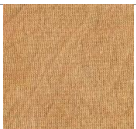










Santos, Cristine & Silveira, Icléia & Schulte, Neide & Novelli, Lucas. (2023). 80 CORES NO TINGIMENTO NATURAL PARA APLICAÇÃO EM TECIDOS DE FIBRAS NATURAIS. *Plural Design*. 6. 17-28. 10.21726/pl.v6i1.2148.






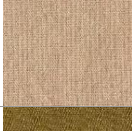



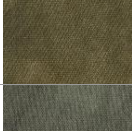


VANKAR, P. S.; SHANKER, R.; WIJAYAPALA, S. **Dyeing of cotton, wool and silk with extract of *Allium cepa***. *Pigment & Resin Technology*, v.38, n.4, p. 242-247, 2009.













Wu X, Beecher GR, Holden JM, Haytowitz DB, Gebhardt SE, Prior RL. Concentrations of anthocyanins in common foods in the United States and estimation of normal consumption. *J Agric Food Chem*. 2006 May 31;54(11):4069-75. doi: 10.1021/jf060300I. PMID: 16719536.

ZUBAIRU, A.; MSHELIA, Y. M. Effects of Selected Mordants on the Application of Natural Dye from Onion Skin (*Allium cepa*). *Science and Technology*, 2015.

APÊNDICE A: TABELAS COM AS QUANTIDADES UTILIZADAS NOS EXPERIMENTOS

Via	Tipo de corante	Quant. de cebola amarela (g)	Fixador	Quant. de fixador	Meio reacional	Vol. de água (mL)	Tempo de repouso	Cor obtida
1	cebola amarela	6,0	-	-	ácido (18 mL de vinagre)	300	1h	
2	cebola amarela	6,3	-	-	neutro	300	1h	
3	cebola amarela	6,0	-	-	básico (15 g bórax)	300	1h	
4	cebola amarela	6,0	NaCl	7,0 g	ácido (18 mL de vinagre)	300	1h	
5	cebola amarela	6,0	NaCl	7,5 g	neutro	300	1h	
6	cebola amarela	6,0	NaCl	7,0 g	básico (15 g bórax)	300	1h	
7	cebola amarela	6,0	Acetato de cobre	8 mL	ácido (18 mL de vinagre)	300	1h	
8	cebola amarela	4,5	Acetato de cobre	4 mL	neutro	300	1h	
9	cebola amarela	6,3	Acetato de cobre	4 mL	básico (15 g bórax)	300	1h	
10	cebola amarela	6,0	Acetato de ferro	8 mL	ácido (18 mL de vinagre)	300	1h	
12	cebola amarela	6,0	Acetato de ferro	8 mL	básico (15 g bórax)	300	1h	

Via	Tipo de corante	Quant. de cebola roxa (g)	Fixador	Quant. de fixador	Meio reacional	Vol. de água (mL)	Tempo de repouso	Cor obtida
1	cebola roxa	9,0	-	-	ácido (18 mL de vinagre)	300	1h	
2	cebola roxa	9,0	-	-	neutro	300	1h	
3	cebola roxa	6,0	-	-	básico (15 g bórax)	300	1h	
4	cebola roxa	6,0	NaCl	8,0 g	ácido (18 mL de vinagre)	300	1h	
5	cebola roxa	13	NaCl	21 g	neutro	300	1h	
6	cebola roxa	6,0	NaCl	8,0 g	básico (15 g bórax)	300	1h	
7	cebola roxa	6,0	Acetato de cobre	8 mL	ácido (18 mL de vinagre)	300	1h	
8	cebola roxa	6,0	Acetato de cobre	8 mL	neutro	300	1h	
9	cebola roxa	6,0	Acetato de cobre	8 mL	básico (15 g bórax)	300	1h	
10	cebola roxa	6,0	Acetato de ferro	8 mL	ácido (18 mL de vinagre)	300	1h	
11	cebola roxa	6,0	Acetato de ferro	8 mL	neutro	300	1h	
12	cebola roxa	6,0	Acetato de ferro	8 mL	básico (15 g bórax)	300	1h	

Via	Tipo de corante	Quant. de feijão preto (g)	Fixador	Quant. de fixador	Meio reacional	Vol. de água (mL)	Tempo de repouso	Cor obtida
1	feijão preto	264 g	-	-	ácido (18 mL de vinagre)	300	1h	
2	feijão preto	264 g	-	-	neutro	300	1h	
3	feijão preto	264 g	-	-	básico (15 g bórax)	300	1h	
4	feijão preto	264 g	NaCl	50 g	ácido (18 mL de vinagre)	300	1h	
5	feijão preto	264g	NaCl	50 g	neutro	300	1h	
6	feijão preto	264 g	NaCl	50 g	básico (15 g bórax)	300	1h	
7	feijão preto	264 g	Acetato de cobre	25 mL	ácido (18 mL de vinagre)	300	1h	
8	feijão preto	160 g	Acetato de cobre	38 mL	neutro	300	1h	
9	feijão preto	264 g	Acetato de cobre	25 mL	básico (15 g bórax)	300	1h	
10	feijão preto	264 g	Acetato de ferro	25 mL	ácido (18 mL de vinagre)	300	1h	
11	feijão preto	260 g	Acetato de ferro	38 mL	neutro	300	1h	
12	feijão preto	264 g	Acetato de ferro	25 mL	básico (15 g bórax)	300	1h	

Via	Tipo de corante	Quant. de feijão preto (g)	Fixador	Quant. de fixador	Meio reacional	Vol. de água (mL)	Tempo de repouso	Cor obtida
1	Açafrão	9,5	NaCl	8,0395 g	neutro	200	1h	
2	Açafrão	19,4988	NaCl	8,0295 g	neutro	200	1h	
3	Açafrão	20,5496	NaCl	8,0245 g	neutro	200	1h	
4	Açafrão	20,5941	NaCl	8,0270 g	neutro	200	1h	
5	Açafrão	20,4355	NaCl	8,0427 g	neutro	200	1h	
6	Açafrão	43,5554	NaCl	16,8707 g	neutro	200	1h	
7	Açafrão	40,5057	-	-	neutro	200	1h	
8	Açafrão	41,5767	Acetato de cobre	4 mL	neutro	200	1h	
9	Açafrão	40,9475	Acetato de cobre	8 mL	neutro	200	1h	
10	Açafrão	40,7915	Acetato de cobre	4 mL	neutro	200	1h	
11	Açafrão	40,9537	Acetato de ferro	4 mL	neutro	200	1h	
12	Açafrão	41,2437	Acetato de ferro	8 mL	neutro	200	1h	