



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CAMPUS AGRESTE
NÚCLEO DE DESIGN E COMUNICAÇÃO
CURSO DE DESIGN

LÍVIA MARIA CARVALHO LEITE

**COMPORTAMENTO COLORIMÉTRICO DE TINGIMENTO REATIVO EM
TECIDOS DE ORIGEM NATURAL**

Caruaru
2025

LÍVIA MARIA CARVALHO LEITE

**COMPORTAMENTO COLORIMÉTRICO DE TINGIMENTO REATIVO EM
TECIDOS DE ORIGEM NATURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Design do Campus
Agreste da Universidade Federal de
Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo
científico, como requisito parcial para a
obtenção do grau de bacharel em Design.

Área de concentração: Tecnologia Têxtil.

Orientadora: Profa. Dra Andréa Fernanda de Santana Costa

Caruaru

2025

Dedico esse trabalho ao homem que me deu capacidade de escrever e sonhar, e cuja graça me alcançou. Aquele que tomou sobre Si uma dívida que não era Sua para que pudesse ser livre.
Sem Ele não haveria eu.

AGRADECIMENTOS

Sou profundamente grata aos meus pais, cujo amor e apoio me sustentaram em cada etapa desta jornada. Obrigada por acreditarem em mim até nos momentos em que eu mesma duvidava. À minha mãe, obrigada por sua paciência e por ser meu maior exemplo de força. Você moldou quem eu sou muito mais do que consigo expressar. Ao meu pai, obrigada pelo incentivo constante e por estar sempre presente quando eu mais precisei.

Aos meus irmãos, Miguel e Eduarda, obrigada por serem uma fonte contínua de apoio e alegria. Vocês foram minhas primeiras referências de amor e apoio incondicional. Crescer com vocês foi uma das maiores bênçãos da minha vida. Obrigada por acreditarem em mim com uma fé que muitas vezes superou as minhas próprias dúvidas. Vocês são, para sempre, a melhor parte de mim.

Aos meus amigos e à minha família, de perto e de longe, obrigada pelo carinho e pelas conversas que me sustentaram nos momentos mais difíceis. Obrigada por me lembrarem que eu nunca estive sozinha.

À minha orientadora, Andréa, minha sincera gratidão pela orientação, paciência e confiança, que não apenas moldaram este trabalho, mas também toda a minha trajetória acadêmica. Obrigada por enxergar potencial em mim e por incentivar meu crescimento.

Sou igualmente grata a equipe do Laboratório de Tecnologia Têxtil, onde encontrei aprendizado e uma comunidade que ampliou minha visão sobre o que a pesquisa pode ser. Obrigada pelas oportunidades e pelas pessoas que tornaram esse espaço tão significativo.

Comportamento colorimétrico de tingimento reativo em tecidos de origem natural

Colorimetric performance of reactive dyeing on natural fabrics

Lívia Maria Carvalho Leite¹

RESUMO

A cor é um dos principais determinantes na percepção de valor e decisão de compra em produtos têxteis, tornando o controle colorimétrico fundamental para a indústria da moda. Tradicionalmente, a avaliação de cor dependia da análise visual subjetiva, suscetível a inconsistências. A colorimetria instrumental, baseada no sistema CIE $L^*a^*b^*$ oferece quantificação objetiva essencial para garantir qualidade, reduzir desperdícios e minimizar impactos ambientais. Embora consolidada para algodão, a literatura carece de dados comparativos sistematizados entre fibras celulósicas estruturalmente distintas. O objetivo do estudo foi comparar o comportamento colorimétrico em amostras de tecidos celulósicos, por meio de testes experimentais e análise instrumental. Para o experimentos foram utilizadas três cores base (amarelo, vermelho e azul) em duas concentrações (0,5 e 1,5% owf). Os tingimentos foram realizados por exaustão em triplicata, e os parâmetros colorimétricos L^* , a^* , b^* , ΔE e CMC(2:1) foram aferidos com o uso de um espectrofotômetro. Os principais resultados demonstraram diferenças colorimétricas imperceptíveis ou no limite de percepção visual ($\Delta E \leq 1,0$), com todos os valores de CMC(2:1) se mantendo dentro do limite de aceitabilidade comercial ($CMC < 1,0$) em todas as condições testadas. Contrariando expectativas baseadas nas diferenças estruturais entre as fibras, o algodão e linho apresentaram comportamento colorimétrico similar. Conclui-se que receitas de tingimento desenvolvidas para algodão podem ser aplicadas diretamente ao linho para os corantes testados, sem necessidade de reajustes significativos, contribuindo para otimização de processos industriais e redução do impacto ambiental.

Palavras-chave: colorimetria têxtil; fibras celulósicas; corantes reativos; sistema CIE $L^*a^*b^*$; diferença de cor.

¹ Graduando em Design pela Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: livia.mcleite@ufpe.br

ABSTRACT

Color is one of the main determinants in the perception of value and purchase decisions for textile products, making colorimetric control fundamental for the fashion industry. Traditionally, color evaluation depended on subjective visual analysis, susceptible to inconsistencies. Instrumental colorimetry, based on the CIE L*a*b* system, offers objective quantification essential for ensuring quality, reducing waste, and minimizing environmental impacts. Although well-established for cotton, the literature lacks systematized comparative data between structurally distinct cellulosic fibers. The objective of the study was to compare colorimetric behavior in cellulosic fabric samples through experimental tests and instrumental analysis. For the experiments, three base colors (yellow, red, and blue) were used at two concentrations (0.5 and 1.5% owf). The dyeing processes were carried out by exhaustion in triplicate, and the colorimetric parameters L*, a*, b*, ΔE , and CMC(2:1) were measured using a spectrophotometer. The main results demonstrated imperceptible colorimetric differences or differences at the limit of visual perception ($\Delta E \leq 1.0$), with all CMC(2:1) values remaining within the commercial acceptability limit ($CMC < 1.0$) under all tested conditions. Contrary to expectations based on structural differences between the fibers, cotton and linen presented similar colorimetric behavior. It is concluded that dyeing recipes developed for cotton can be directly applied to linen for the tested dyes, without the need for significant adjustments, contributing to the optimization of industrial processes and reduction of environmental impact.

Keywords: textile colorimetry; cellulosic fibers; reactive dyes; CIE L*a*b* system; color difference.

DATA DE APROVAÇÃO: 09 de Dezembro de 2025.

1 INTRODUÇÃO

Na moda, os padrões estéticos incorporam elementos de design tangíveis e atributos intangíveis como parâmetros fundamentais durante a concepção de produtos com valor de moda (Alves, 2020). Forma, proporção, textura e cor junto a aspectos simbólicos, culturais e emocionais, atuam em conjunto para refletir tendências de mercado e às expectativas do consumidor (Lee; Choi; Yi, 2025).

Entre os elementos fundamentais que ditam tendência, a cor se destaca como um dos mais poderosos veículos de comunicação visual, capaz de influenciar percepções, evocar emoções e direcionar decisões de compra (Rathee; Rajain, 2019). A cor é uma percepção visual resultante da interação entre três elementos: a fonte de luz, o objeto e o observador. Trata-se de um efeito físico-fisiológico causado no cérebro do observador pela luz refletida por um objeto, quando visto sob uma fonte de luz específica (Samanta, 2022).

Tradicionalmente, a análise de cor tinha como parâmetro a observação visual de especialistas. Porém este método é subjetivo, suscetível a erros e inconsistências mesmo entre avaliadores experientes (Raluca, 2016). Munsell em 1929 primeiro propôs a especificação da cor em três atributos: matiz, valor e croma. No entanto, os olhos dos humanos não são igualmente sensíveis a esses três atributos, o que leva a uma percepção desigual das cores (Gangakhedkar, 2010). Haji e Vadood (2023) informam que o julgamento visual isolado é insuficiente para a indústria têxtil, já que diferentes observadores podem interpretar tons de forma distinta.

O processo de tingimento é um dos fatores fundamentais no sucesso comercial de produtos têxteis. Além do aspecto estético da cor, o consumidor procura propriedades fundamentais, como um elevado grau de fixação em relação a lavagem e transpiração, tanto inicialmente quanto após o uso prolongado (Rahman et al., 2024).

Com isso, a colorimetria instrumental é apresentada como uma ferramenta objetiva de quantificação de cor servindo como uma alternativa para definição de parâmetros de qualidade (Samanta, 2024). Por meio dela, a cor deixa de ser interpretada apenas pela percepção subjetiva e passa a ser representada numericamente (Samanta, 2024). Essa transição do subjetivo para o instrumental é essencial para padronizar processos industriais e reduzir custos associados a ajustes manuais e falhas de correspondência. Na indústria têxtil, a avaliação precisa da cor é fundamental, uma vez que pequenas variações perceptíveis entre amostras podem gerar insatisfação do cliente, retrabalho e desperdício de recursos, tempo e energia (Gangakhedkar, 2010).

Todas as cores podem ser caracterizadas por três atributos: tonalidade que representa o tom dominante, saturação como a intensidade da cor e luminosidade, o indicador do grau de clareza ou escuridão (Sanad; Cheung, 2025). Para a aplicação da colorimetria na indústria têxtil, o sistema CIE $L^*a^*b^*$ é amplamente utilizado para a comunicação precisa de cor, traduzindo esses atributos em três componentes: L^* (luminosidade), a^* (eixo verde-vermelho) e b^* (eixo azul-amarelo).

No processo industrial têxtil, a produção de lotes consistentes de tingimento é fundamental. A medição precisa da cor desempenha um papel essencial, e a implementação de programas numéricos de aprovação/rejeição é crucial para garantir a comunicação eficaz entre a indústria e o cliente. Os limites de aceitabilidade são frequentemente definidos por equações de diferença de cor, como CIE DE2000 ou CMC, com base em análise estatística e correlação com o que é visualmente aceitável (Islam et al., 2023).

O Sistema de Previsão de Correspondência de Cor Assistido por Computador (CACMPS) é a combinação de hardware e software específicos para uso científico, destinado à medição da cor da superfície sólida de um tecido (Hornilla; Juárez; Martínez, 2016). O uso de sistemas de CACMPS tem se mostrado eficaz, pois utiliza dados colorimétricos para prever receitas de tingimento, minimizando o número de testes laboratoriais e reduzindo o consumo de energia, produtos químicos e água (Samanta, 2022). Embora os sistemas de correspondência assistida por computador (CACMPS) sejam amplamente utilizados na indústria, seu acesso ainda é restrito devido a custos elevados e falta de acesso amplo a dados sistematizados (Haji; Vadood, 2023).

O processo atual de tingimento consiste em dúzias de etapas que são definidas conforme a natureza da fibra têxtil, suas características estruturais, a disponibilidade do corante, as propriedades de fixação compatíveis com o destino do material, além de considerações econômicas e técnicas (Rahman et al., 2024). Essa multiplicidade de variáveis torna o controle colorimétrico um desafio, especialmente quando se busca padronização entre diferentes tipos de fibras naturais.

A indústria têxtil é um dos pilares da economia global, empregando milhões de trabalhadores e gerando bilhões de dólares em receita por meio da produção de vestuário. No entanto, sua escala impõe uma carga sobre os recursos naturais; uma fábrica que processa em média 8.000 kg de tecido por dia consome cerca de 1,6 milhão de litros de água, sendo 16% apenas no tingimento (Behera et al., 2021).

Além disso, a indústria têxtil é responsável por cerca de 20% da carga global de poluição hídrica industrial (Lara; Cabral; Cunha, 2022). É estimado que a ineficiência nos processos de tingimento, nas etapas de síntese, processamento e aplicação desses compostos, resultem na liberação anual de até 200.000 toneladas de corante no meio ambiente (Islam et al., 2023). Consequentemente, a implementação de processos de tingimento mais eficientes é essencial para diminuir a pegada ambiental da indústria, mantendo ao mesmo tempo sua relevância econômica.

A presente pesquisa justifica-se pela escassez de dados comparativos sistematizados sobre o comportamento colorimétrico de tecidos de origem celulósica em condições controladas de tingimento. Apesar da colorimetria aplicada a têxteis ser um campo consolidado, a maior parte dos estudos se concentram em tecidos de algodão, dada sua ampla utilização industrial (Haji; Vadood, 2023). O linho, apesar de também ser de origem celulósica, apresenta estrutura morfológica distinta o que pode influenciar sua resposta ao tingimento. A falta de comparações diretas entre essas duas fibras naturais limita o desenvolvimento de bancos de dados robustos para sistemas de previsão de correspondência de cores (CACMPS).

O aprofundamento desse conhecimento contribui para a construção de bases de dados mais completas para sistemas assistidos por computador, reduzindo a necessidade de testes laboratoriais exploratórios. Além disso, a análise instrumental da cor possibilita maior precisão e sustentabilidade nos processos industriais, ao minimizar retrabalhos, consumo de insumos e impacto ambiental.

Assim, a presente pesquisa busca suprir essa lacuna, fornecendo valores quantitativos de L^* , a^* , b^* e diferenças de cor (ΔE e CMC) obtidos em condições controladas de tingimento.

Objetivo geral:

Comparar o comportamento colorimétrico em amostras de tecidos celulósicos, por meio de testes experimentais e análise instrumental.

Objetivos específicos:

- Realizar o tingimento dos tecidos de algodão e linho nas três cores base (vermelho, azul e amarelo) utilizando corante reativo;
- Medir os parâmetros colorimétricos do sistema CIE $L^*a^*b^*$ nos tecidos tingidos;
- Comparar os parâmetros colorimétricos de algodão e linho após o tingimento.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

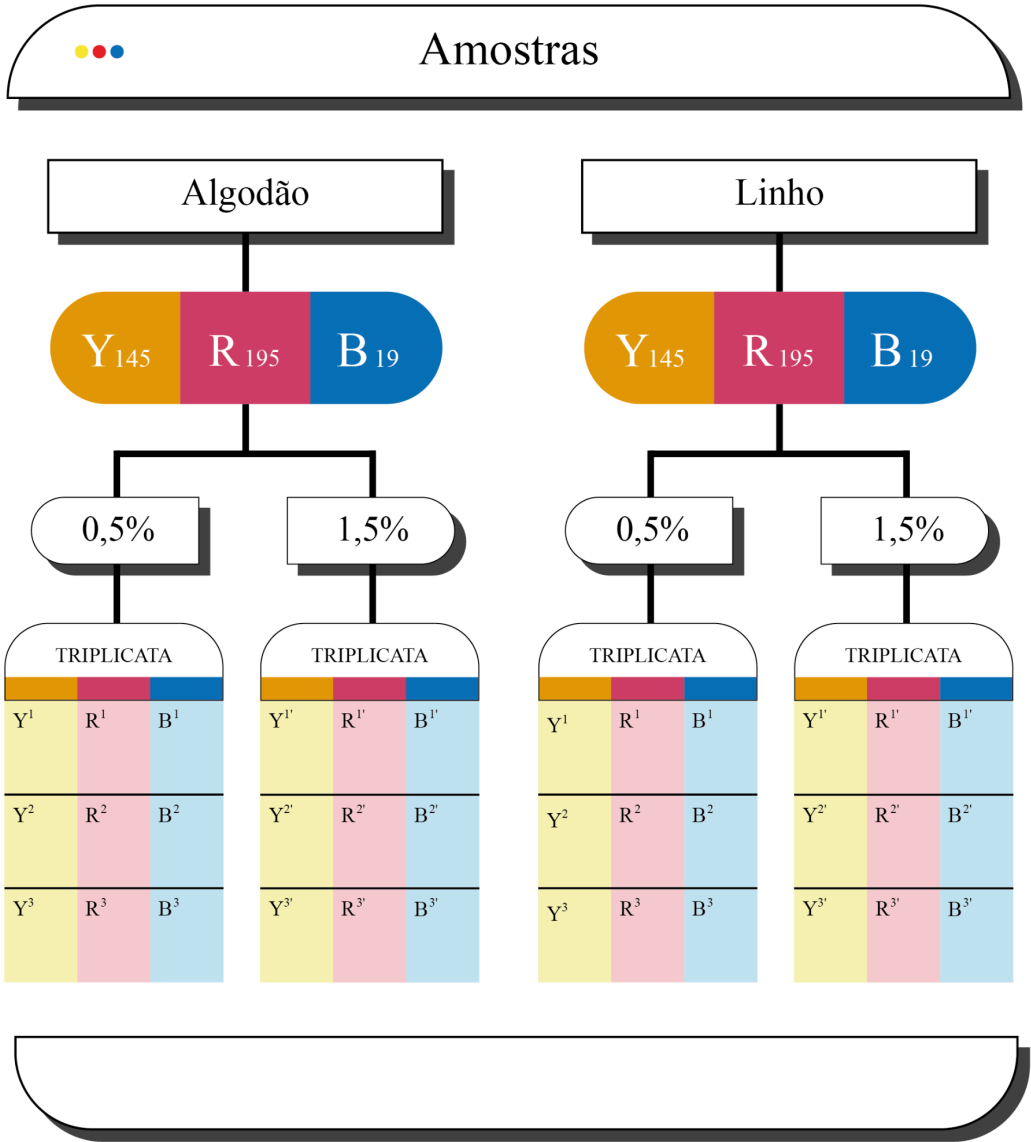
2.1 Materiais

O experimento foi realizado em triplicata utilizando tecidos de algodão 100% (fabricado por Paranatex) e linho 100% (fabricado por Linifício Leslie). As amostras de tecido foram cortadas e padronizadas para apresentar uma massa de 3g.

Foram utilizados corantes reativos fornecidos por uma empresa regional: C.I. Yellow 145, C.I. Red 195 e C.I. Reactive Blue 19 nas concentrações de 0,5% owf e 1,5% owf, onde owf (on weight of fiber) representa o percentual de corante sobre a massa da fibra. Alguns produtos auxiliares, foram utilizados para garantir o tingimento, os reagentes recomendados pelo fabricante: agente sequestrante e dispersante; acidulante; NaCl ou Na₂SO₄ e Na₂CO₃.

O experimento foi realizado em triplicata e uma amostra dos tecidos de algodão e linho foi utilizada como controle para avaliar a diferença de cor nos experimentos de tingimento seguindo orientações apresentadas no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Organização dos experimentos para o tingimento



Fonte: Autora (2025)

2.2 Métodos

2.2.1 Tingimento

Os tingimentos foram realizados por exaustão, em máquina de laboratório Wash Tester (Mathis/Brasil), utilizando canecas individuais contendo 90 mL da solução corante numa relação de banho 1:10. Cada condição experimental foi realizada em triplicata, contendo três amostras de 3 g cada, totalizando 9 g no total. As formulações utilizadas em cada etapa, bem como as quantidades dos produtos auxiliares, estão apresentadas na Tabela 1.

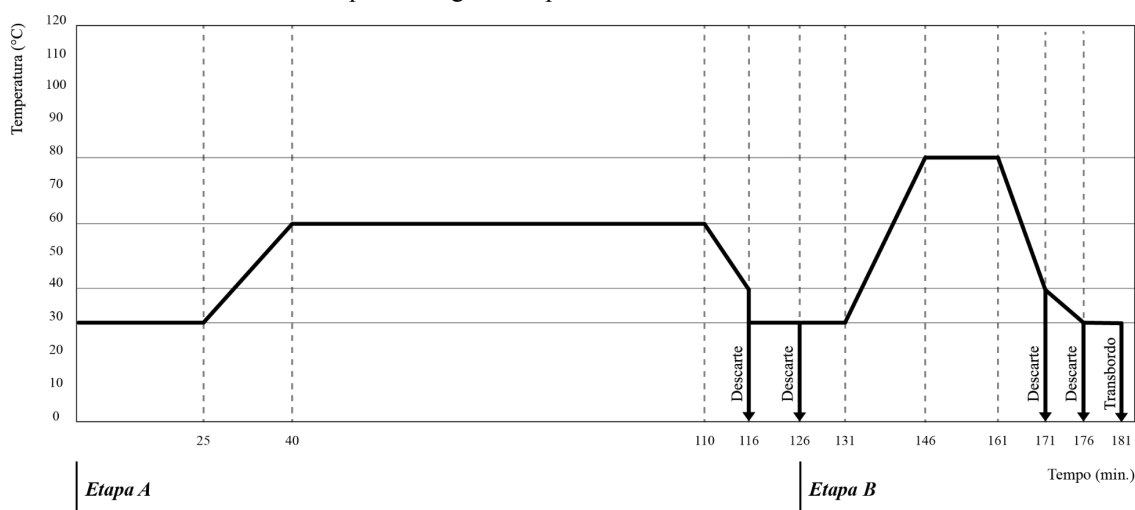
Tabela 1 - Formulação dos banhos de tingimento utilizando

| NOME | PRODUTO | CONCENTRAÇÃO | |
|------|---|--------------|----------|
| A | Corante | 0,5% owf | 1,5% owf |
| | Agente sequestrante e dispersante | 1,5 g/L | 1,5 g/L |
| | NaCl ou Na ₂ SO ₄ | 40 g/L | 55 g/L |
| | Na ₂ CO ₃ | 7 g/L | 12 g/L |
| B | Acidulante | 1 g/L | 1 g/L |
| | Agente sequestrante e dispersante | 1,5 g/L | 1,5 g/L |

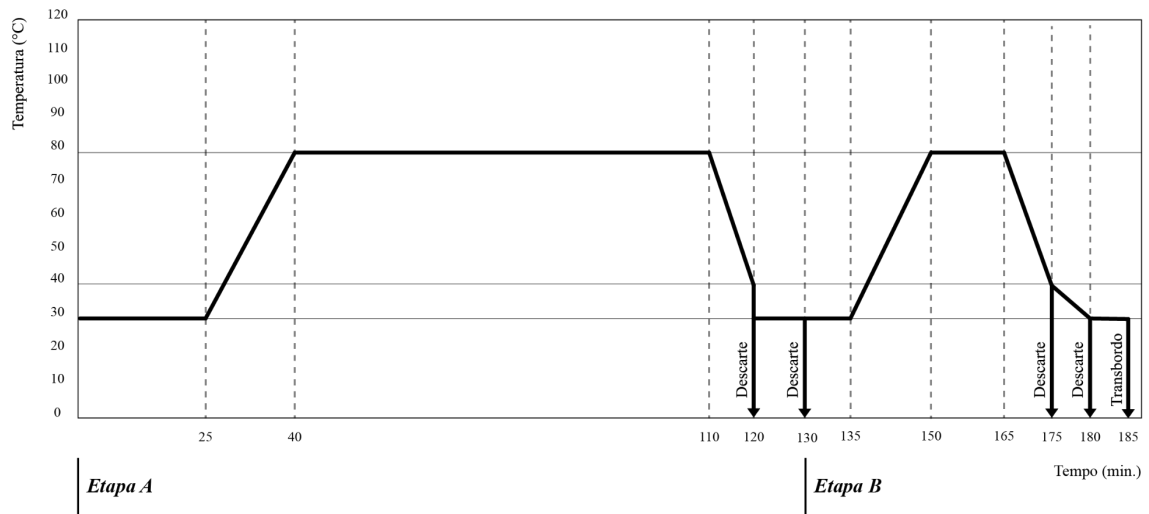
Fonte: Autora (2025)

O Gráfico 2 apresenta os experimentos para o tingimento que utilizou o corante Yellow 145 e Red 195 e Gráfico 3 para o Reactive Blue 19 que, após a finalização do processo, todas as amostras seguiram para a etapa de secagem (Mathis/Brasil) a 95 °C por 6 minutos.

Gráfico 2 - Etapas de tingimento para os corantes Yellow 145 e Red 195



Fonte: Autora (2025)

Gráfico 3 - Etapas de tingimento para o corante Reactive Blue 19

Fonte: Autora (2025)

2.2.2 Medição de cor

As coordenadas de cor das amostras tingidas foram aferidas utilizando um espectrofotômetro portátil CM-2600d (Konica Minolta, Japão), sob iluminante padrão D65 e ângulo de observação de 10°, de acordo com o sistema CIELAB L*a*b*.

As aferições foram realizadas para todas as amostras registrado o valor médio e o desvio padrão apresentado no software (OneColor) durante o processamento.

2.2.3 Processamento de dados

Para tratar os dados obtidos nas aferições foram utilizadas as Equações 1, 2, 3 e 4 que geraram os resultados de diferença de cor dos processos de tingimento.

$$\Delta L = (L_1 - L_2) \quad (1) \quad \text{Equação 1}$$

$$\Delta a = (a_1 - a_2) \quad (2) \quad \text{Equação 2}$$

$$\Delta b = (b_1 - b_2) \quad (3) \quad \text{Equação 3}$$

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (4) \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

ΔE = diferença de cor total entre as amostras;

ΔL^* = diferença entre os valores de luminosidade;

Δa^* = variação no eixo vermelho-verde;

Δb^* = variação no eixo amarelo-azul.

Embora o ΔE seja amplamente utilizado, ele não reflete perfeitamente a percepção humana de cor. Por isso, também foram aplicadas às Equações 5, 6, 7, e 8, que representam o índice CMC (1:c), que ajusta a tolerância para luminosidade, croma e matiz de forma mais alinhada à percepção visual. No presente estudo adotou-se o critério CMC (2:1), em que a luminosidade possui o dobro do peso em relação ao croma, conforme recomendação usual para análises têxteis.

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad \text{Equação 5}$$

$$\Delta C^* = (C_1^* - C_2^*) \quad \text{Equação 6}$$

$$\Delta H^* = \sqrt{(\Delta E)^2 - (\Delta L)^2 - (\Delta C)^2} \quad \text{Equação 7}$$

$$\Delta E_{CMC(2:1)} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{2S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C}{S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H}{S_H}\right)^2} \quad \text{Equação 8}$$

Onde:

C^* = croma (intensidade da cor);

ΔC^* = diferença de croma;

ΔH^* = diferença de matiz;

S_L = fator de escala aplicado à luminosidade no modelo CMC;

S_C = fator de escala aplicado ao croma;

S_H = fator de escala aplicado ao matiz;

l = peso da luminosidade;

c = peso do croma.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise colorimétrica dos tingimentos

Para as amostras de tecidos não tingidas os resultados aferidos estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros colorimétricos dos tecidos de algodão e linho não tingidos

| TECIDO 100% | L* | a* | b* | ΔE |
|-------------|-------|------|------|------------|
| ALGODÃO | 79,10 | 0,75 | 7,92 | 1,12 |
| LINHO | 78,99 | 0,66 | 6,81 | |

Fonte: Autora (2025)

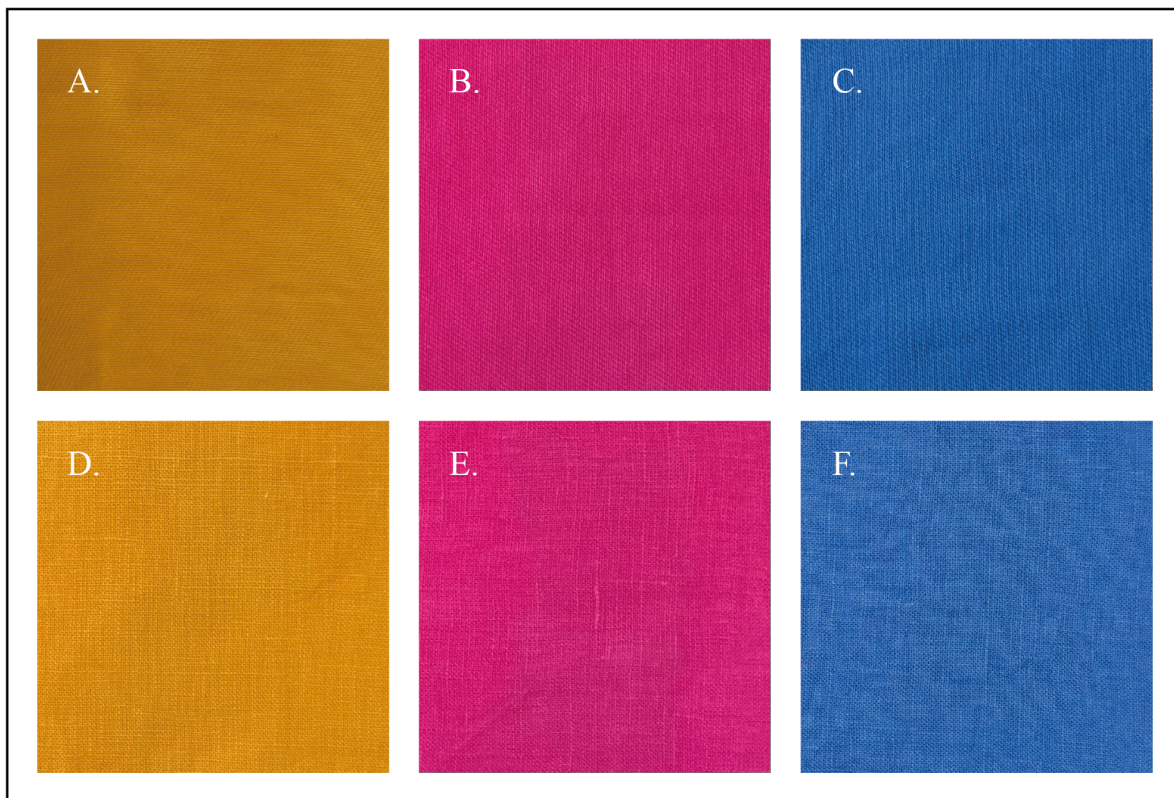
Os parâmetros aferidos com o espectrofotômetro mostraram que para os tecidos sem tingimento de algodão o valor de luminosidade L* foi superior em 0,11 ao tecido de linho. O parâmetro a*, relacionado ao eixo verde-vermelho, mostrou valores próximos a zero para os dois tecidos, caracterizando uma neutralidade neste eixo cromático.

A diferença mais significativa foi observada no parâmetro b* (eixo azul-amarelo), onde o algodão apresentou um Δb^* igual -1,11. Este resultado indica que o algodão apresenta uma tonalidade mais amarelada em relação ao linho, o que pode ser atribuído às diferenças na composição química e na estrutura morfológica das fibras celulósicas (Rahman et al. 2024).

A diferença de cor total (ΔE) é classificada como "pequena diferença, perceptível apenas por observadores treinados" segundo a escala interpretativa da CIE. Considerando o critério industrial de aceitabilidade, esse valor representa uma diferença perceptível ao olho humano treinado, embora não seja facilmente identificável em condições normais de observação visual por consumidores (Samanta, 2022).

As Figuras 1A, B, C, D, E e F mostram uma comparação macroscópica (visual) das amostras dos tecidos de algodão e linho na concentração de 0,5% owf de corante e a Figura 2A, B, C, D, E e F apresenta uma comparação na concentração de 1,5% owf.

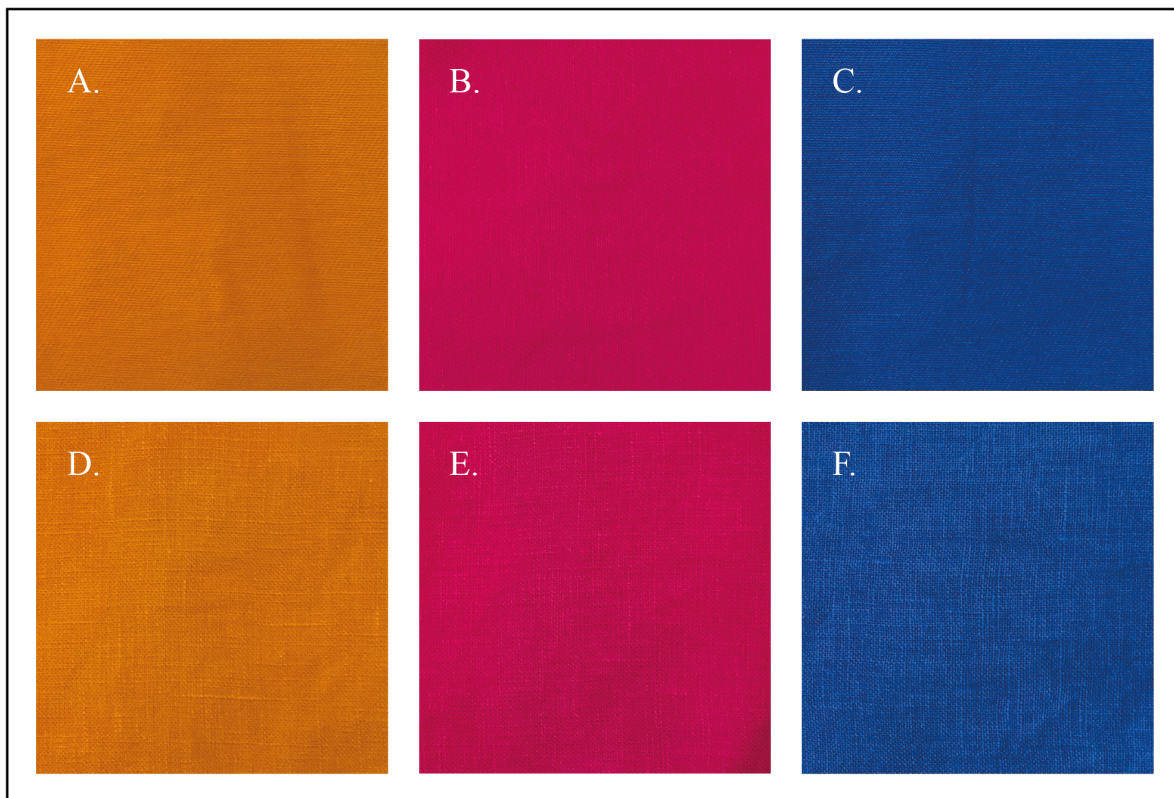
Figura 1 - Comparação macroscópica (visual) de amostras de algodão e linho tingidas com corantes reativos na concentração de 0,5% owf



Legenda: A. Algodão tingido com Yellow 145; B. Algodão tingido com Red 195; C. Algodão tingido com Reactive Blue 19; D. Linho tingido com Yellow 145; E. Linho tingido com Red 195; F. Linho tingido com Reactive Blue 19.

Fonte: Autora (2025)

Figura 2 - Comparação macroscópica (visual) de amostras de algodão e linho tingidas com corantes reativos na concentração de 1,5% owf



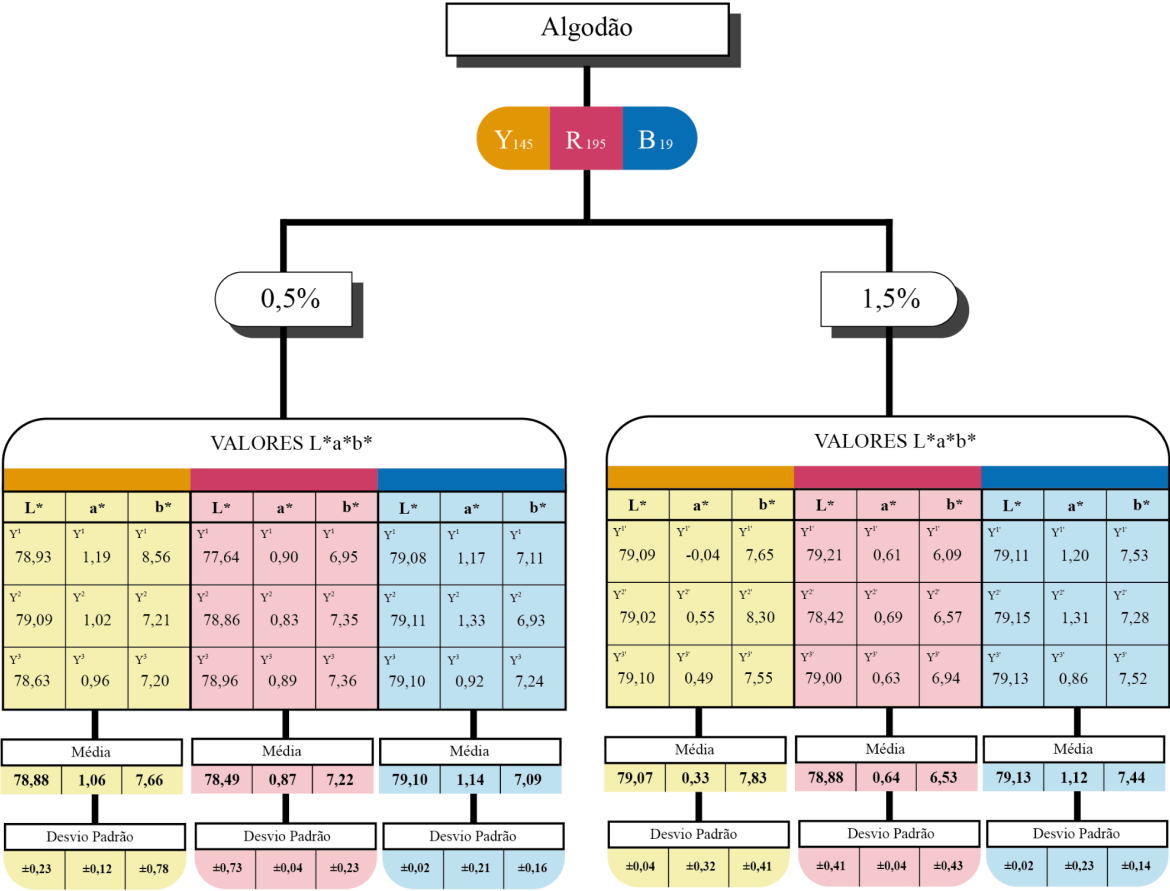
Legenda: A. Algodão tingido com Yellow 145; B. Algodão tingido com Red 195; C. Algodão tingido com Reactive Blue 19; D. Linho tingido com Yellow 145; E. Linho tingido com Red 195; F. Linho tingido com Reactive Blue 19.

Fonte: Autora (2025)

As diferenças de cor entre as amostras de tecido de algodão e linho são sutis, difícil perceber a olho nu nas diferentes concentrações.

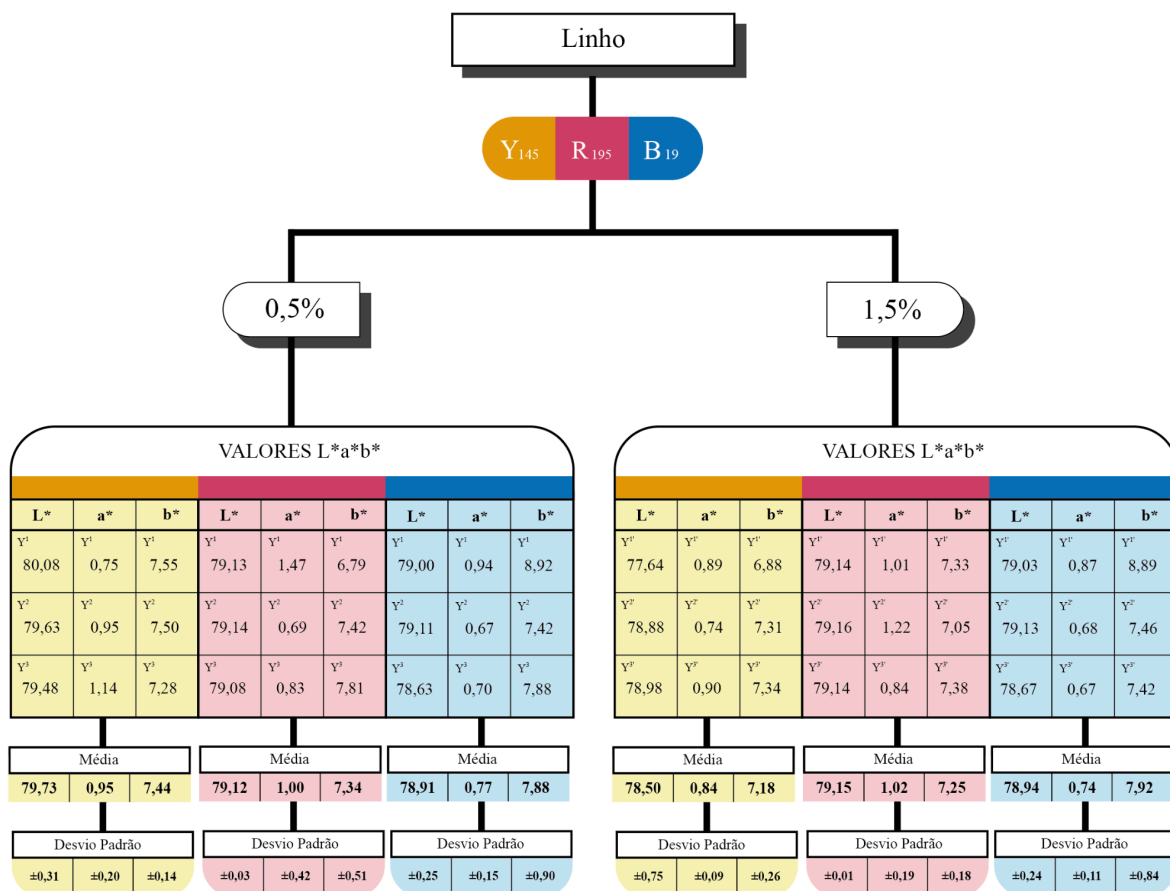
Os valores individuais dos parâmetros colorimétricos L^* , a^* e b^* das amostras de algodão, assim como as médias das três repetições e seus respectivos desvios-padrão, estão apresentadas no Gráfico 4 e no Gráfico 5, são apresentados os mesmos parâmetros para as amostras de linho.

Gráfico 4 - Tingimento em tecidos de algodão 100% utilizando corantes reativos Yellow 145, Red 195 e Reactive Blue 19 nas concentrações 0,5% owf e 1,5% owf



Fonte: Autora (2025)

Gráfico 5 - Tingimento em tecidos de linho 100% utilizando corantes reativos Yellow 145, Red 195 e Reactive Blue 19 nas concentrações 0,5% owf e 1,5% owf



Fonte: Autora (2025)

As amostras de algodão apresentaram média dos desvios-padrão de 0,25 enquanto o linho apresentou média de 0,31 demonstrando a possibilidade de reprodutibilidade dos experimentos. O controle durante as etapas de tingimento foram criteriosas e confirmaram na aferição colorimétrica uma consistência satisfatória para as cores.

Contrariamente ao esperado, o linho apresentou um desvio padrão médio apenas 24% superior ao do algodão, resultado que contrasta com Gangakhedkar (2010), que reporta variabilidade 50-100% superior para fibras irregulares como o linho. Essa menor variabilidade pode ser atribuída ao controle rigoroso das condições de tingimento, que minimizou os efeitos da diversidade estrutural característica das fibras de linho, conforme sugerido por Rahman et al. (2024).

3.2 Diferenças colorimétricas entre algodão e linho

Os tecidos de algodão tingidos com os diferentes corantes e nas diferentes concentrações tiveram os parâmetros $L^*a^*b^*$ obtidos na aferição como sendo os padrões de referência para cálculos de diferença de cor para os experimentos com as amostras do tecido de linho.

Para avaliar o impacto da composição do tecido no resultado final do tingimento, foram calculados o ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE e CMC (2:1) de todos os experimentos. Os resultados obtidos nas concentrações de 0,5% owf (Tabela 3) e 1,5% owf (Tabela 4) foram analisados quanto à percepção da diferença de cor, utilizando a classificação proposta por Samanta (2022) para estudos na indústria têxtil, onde se estabelece $CMC < 1,0$ como critério de aceitabilidade comercial e a seguinte escala de percepção para ΔE :

$\Delta E < 1,0$: Diferença imperceptível ao olho humano;

$1,0 \leq \Delta E < 2,0$: Pequena diferença, perceptível apenas por observadores treinados;

$2,0 \leq \Delta E < 3,5$: Diferença moderada, perceptível ao observador comum;

$\Delta E \geq 3,5$: Diferença grande, claramente perceptível.

Tabela 3 - Diferenças colorimétricas entre linho e algodão na concentração de 0,5% owf

| CORANTE | ΔL^* | Δa^* | Δb^* | ΔE | CLASSIFICAÇÃO ΔE | CMC |
|------------------|--------------|--------------|--------------|------------|--|------|
| Yellow 145 | 0,85 | -0,11 | -0,22 | 0,88 | Diferença imperceptível ao olho humano | 0,40 |
| Red 195 | 0,63 | 0,13 | 0,12 | 0,65 | Diferença imperceptível ao olho humano | 0,31 |
| Reactive Blue 19 | -0,19 | -0,37 | 0,79 | 0,89 | Diferença imperceptível ao olho humano | 0,98 |

Fonte: Autora (2025)

Tabela 4 - Diferenças colorimétricas entre linho e algodão na concentração de 1,5% owf

| CORANTE | ΔL^* | Δa^* | Δb^* | ΔE | CLASSIFICAÇÃO ΔE | CMC |
|------------------|--------------|--------------|--------------|------------|--|------|
| Yellow 145 | -0,57 | 0,51 | -0,65 | 1,00 | Pequena diferença, perceptível apenas por observadores treinados | 0,98 |
| Red 195 | 0,27 | 0,38 | 0,72 | 0,86 | Diferença imperceptível ao olho humano | 0,86 |
| Reactive Blue 19 | -0,19 | -0,38 | 0,48 | 0,64 | Diferença imperceptível ao olho humano | 0,76 |

Fonte: Autora (2025)

Macroscopicamente a similaridade visual foi confirmada pelos resultados obtidos nos cálculos de diferença de cor. As seis condições testadas apresentaram diferenças imperceptíveis ou no limite de percepção ($\Delta E \leq 1,0$), e todos os valores de CMC (2:1) permaneceram dentro do limite de aceitabilidade comercial. Essa convergência entre os dois métodos de avaliação reforça a consistência dos dados.

Os resultados de cálculos de diferença de cor contrariam expectativas baseadas nas diferenças estruturais conhecidas entre as fibras. Segundo estudos similares, as diferenças entre tecidos deveriam resultar em comportamento tintorial distinto, com o linho apresentando menor capacidade de absorção e fixação de corantes (Samanta, 2022). Os dados aferidos, sugerem que, nas condições analisadas, as diferenças estruturais entre algodão e linho exerceram um pequeno impacto na resposta colorimétrica aos corantes utilizados.

Os valores obtidos são notavelmente inferiores aos reportados em outras pesquisas, Haji e Vadood (2023), comparando o tingimento natural entre algodão e linho, reportaram valores de ΔE^* 2 a 6 vezes superiores aos obtidos neste estudo. Essa discrepância pode ser atribuída a diferenças fundamentais entre tipos de corantes, visto que corantes reativos tendem a ser menos sensíveis às diferenças de cristalinidade entre as fibras (Rahman et al., 2024).

O aumento da concentração de 0,5 para 1,5% owf resultou em um aumento no valor do ΔE^* de cerca de 2,5%. Esse comportamento contrasta com as observações de Burkinshaw (2016), que mostram uma amplificação das diferenças entre fibras de cristalinidade distinta com o aumento da concentração de corantes. Assim, embora os resultados deste estudo indiquem respostas semelhantes entre os dois tecidos nas condições avaliadas, é possível que concentrações superiores de corante aumentem essas diferenças.

A partir da comparação entre tecidos não tingidos e tingidos, os tecidos não tingido apresentaram $\Delta E = 1,12$, principalmente devido à maior componente amarelo do algodão natural. Após tingimento, a média das diferenças apresentou uma redução de 28% para a concentração de 0,5% owf e 26% para 1,5% owf. Esse efeito, onde o tingimento minimiza diferenças intrínsecas das fibras, foi previamente descrito por Sutlović, et al. (2021), que observou que a camada de cor adicionada pelo tingimento pode mascarar diferenças de tonalidade base entre os tecidos. Esse fenômeno sugere que receitas de tingimento desenvolvidas para algodão podem ser aplicadas diretamente ao linho para os corantes e concentrações testadas, sem necessidade de ajustes significativos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na prática, a indústria têxtil pode utilizar receitas de tingimento desenvolvidas para algodão e linho para os referidos corantes nas concentrações testadas no estudo. Isso facilita a produção de produtos mistos que combinam essas fibras e terão bons resultados no tingimento e obtenção da cor desejada.

Em termos ambientais, a redução da necessidade de testes exploratórios contribui para a minimização do consumo de água, energia e produtos químicos. Considerando que a indústria têxtil é responsável por 20% da poluição hídrica industrial global, a otimização de processos de tingimento representa um passo significativo para a sustentabilidade do setor.

Os valores quantitativos de $L^*a^*b^*$, ΔE e CMC obtidos constituem dados de referência que podem ser incorporados a bancos de dados da indústria ou de sistemas de previsão de correspondência de cor assistidos por computador (CACMPS). Para a viabilidade de criação de um banco de dados completo, serão necessários dados adicionais incluindo múltiplas concentrações, misturas de corantes, diferentes classes de corantes e variações nas condições de processo. No entanto, os dados obtidos representam um ponto de partida validado para expansões futuras, o fato de que algodão e linho apresentaram comportamento similar sugere que bancos de dados para fibras celulósicas podem ter maior grau de generalização do que é previamente esperado, potencialmente simplificando a construção desses sistemas.

O estudo se concentrou em apenas três cores de corante reativos, em duas concentrações, o que limita a análise mais abrangente do impacto desses corantes, e não representa todo o espectro de aplicações industriais. Também não foram avaliadas propriedades de solidez à lavagem, luz, fricção ou transpiração, que são importantes para a aplicabilidade comercial dos tingimentos. É possível que, embora as cores iniciais sejam similares, o comportamento durante o uso e lavagens sucessivas seja diferente entre os tecidos devido às diferenças estruturais.

Para pesquisas futuras, é recomendado um maior número de corantes para os testes, inclusive selecionando outras classes químicas, além da variação na concentração para verificar o comportamento em cores mais intensas.

A realização de testes de solidez poderá validar a aplicabilidade comercial dos tingimentos, como também a inclusão de cálculos mais complexos como da força tintorial (K/S) que utiliza dados de reflectância espectral para avaliar diretamente a eficiência de fixação dos corantes.

O conhecimento sobre o comportamento colorimétrico em fibras celulósicas apresentou dados para processos industriais mais eficientes e sustentáveis. A pesquisa reforça o potencial da colorimetria instrumental como ferramenta de otimização produtiva, ao mesmo tempo em

que aponta caminhos para investigações futuras que possam consolidar e expandir esses resultados.

REFERÊNCIAS

ALVES, Ana Laura. **Design ergonômico e percepção visual: a influência da cor na usabilidade de artefatos de uso cotidiano**. 2020. Trabalho acadêmico (Design) – Universidade Estadual Paulista (UNESP). Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/193153>. Acesso em: 17 nov. 2025.

BEHERA, Meerambika; NAYAK, Jayato; BANERJEE, Shirsendu; CHAKRABORTTY, Sankha; TRIPATHY, Suraj K. **A review on the treatment of textile industry waste effluents towards the development of efficient mitigation strategy: an integrated system design approach**. Journal of Environmental Chemical Engineering, v. 9, n. 4, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105277>.

BRAD, Raluca. **A review of color measurements in the textile industry**. Annals of the University of Oradea Fascicle of Textiles, 2016. Disponível em: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/j_nr_file/AUO-FTL-Vol%20XVII-No%201.pdf#page=2. Acesso em: 17 nov. 2025.

BURKINSHAW, Stephen M. **Physico-chemical aspects of textile coloration**. Published in association with the Society of Dyers and Colorists. SPi Global, 2016.

GANGAKHEDKAR, N. S. **Colour measurement methods for textiles: Principles, Advances and Industrial Applications**. Colour Measurement, Woodhead Publishing, 2010, Pages 221-252. DOI: <https://doi.org/10.1533/9780857090195.2.221>.

HAJI, A.; VADOOD, M. **Prediction of color coordinates of cotton fabric dyed with binary mixtures of madder and weld natural dyes using artificial intelligence**. Fibers and Polymers, v. 24, p. 1759–1769, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12221-023-00184-x>.

HORNILLA, M.; JUÁREZ, C.; MARTÍNEZ, I. **Diseño e implementación de colorímetro para la clasificación de tela por tonalidad en su proceso final de fabricación**. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería, v. 3, n. 9, p. 1–8, 2016. Disponível em: https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Aplicaciones_de_la_Ingenieria/vol3num9/Revista_Aplicaciones_de_la_Ingenieria_V3_N9_1.pdf. Acesso em: 17 nov. 2025.

ISLAM, T.; REPON, M.; ISLAM, T.; SARWAR, Zahid; RAHMAN, Mohammed M.. **Impact of textile dyes on health and ecosystem: a review of structure, causes, and potential**

solutions. Environmental Science and Pollution Research, v. 30, p. 9207–9242, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24398-3>

LARA, L.; CABRAL, I.; CUNHA, J. **Ecological approaches to textile dyeing:** a review. Sustainability, v. 14, 8353, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14148353>

LEE, Sang Hee; CHOI, Jongmyoung; YI, Eunjou. **Single Color Emotions and Preference of Persimmon and Indigo-dyed Fabrics:** A Cross-Cultural Comparison of Korea and China. The Society of Fashion & Textile Science (TSE), v. 62, 2025. DOI: <https://doi.org/10.12772/TSE.2025.62.011>

RAHMAN, Md. Moshir; HOWLADER, Md. Imran; MOFASSER, A. Z. M.; SAYED, Nadim Ibn; SHUVA, Imon Biswas; MIA, Rony; HABILA, Mohamed A.; HOSSAIN, M. Khalid; SHEN, Zhiqing. **Colour dynamics and compatibility:** A comparative analysis of reactive dyes on ramie and cotton fabrics. Journal of Engineered Fibers and Fabrics, v. 19, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1177/15589250241256211>

RATHEE, Rupa; RAJAIN, Pallavi. **Role colour plays in influencing consumer behaviour.** International Research Journal of Business Studies, Jakarta, v. 12, n. 3, p. 209–222, 2019. DOI: 10.21632/irjbs.12.3.209-222

SAMANTA, Ashis Kumar. **Advanced methods and tools for color measuring and matching: for quality check of colored products of textiles and apparel industry.** Advances in Colorimetry, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.114181>

SAMANTA, Pubalina. **Basic principles of colour measurement and colour matching of textiles and apparels.** Colour Measurement: Principles, Advances and Applications. IntechOpen, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.101442>

SANAD, Reham A.; CHEUNG, Vien. **Effects of colour attributes on textile products' perceived value.** International Design Journal, v. 15, n. 2, p. 393–404, 2025. DOI: 10.21608/idj.2025.407264

SUTLOVIĆ, A.; GLOGAR, Martinia Ira; ČORAK, Ivana; TARBUK, Anita. **Trichromatic vat dyeing of cationized cotton.** Materials (Basel), v. 14, n. 19, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma14195731>

LÍVIA MARIA CARVALHO LEITE

**COMPORTAMENTO COLORIMÉTRICO DE TINGIMENTO REATIVO EM
TECIDOS DE ORIGEM NATURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Design do Campus
Agreste da Universidade Federal de
Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo
científico, como requisito parcial para a
obtenção do grau de bacharel em Design.

Aprovado em: 09/12/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^a. Andréa Fernanda de Santana Costa (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Clécio José de Lacerda Lima (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Bacharel em Engenharia de Produção Sidney Manoel da Silva (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco