

A Utilização de Bactérias como Pigmento para o Tingimento de Tecidos

DOI: 10.5281/zenodo.14768585

Larissa Cavalcante Antunes ^{a*}

The use of synthetic pigments and other chemical products in the textile industry has been causing various environmental consequences, mainly due to the release of pollutants during the process. In light of this, there is a growing search for alternative solutions that minimize environmental impacts and provide greater safety for humans, such as the use of bacteria in textile dyeing. Throughout the text, parameters of the pigment prodigiosin, produced by the bacterium *Serratia plymuthica*, will be analyzed, highlighting it as an alternative with great economic and ecological potential.

A utilização de pigmentos sintéticos e outros produtos químicos na indústria têxtil vem causando diversas consequências ambientais, sobretudo devido à liberação de poluentes durante o processo. Diante disso, observa-se uma busca crescente por soluções alternativas que minimizem os impactos ambientais e ofereçam maior segurança aos seres humanos, como o uso de bactérias no tingimento de têxteis. Ao longo do texto, serão analisados parâmetros do pigmento prodigiosina, produzido pela bactéria *Serratia plymuthica*, no processo de tingimento, revelando-se como uma alternativa de grande potencial econômico e ecológico.

^aUniversidade de Brasília (UnB). Campus Darcy Ribeiro. Instituto de Química (IQ/UnB).

*E-mail: Larissa.c.antuness@gmail.com

Palavras-chave: Bactéria; tingimento; tecido; prodigiosina; impacto ambiental.

Recebido em 27 de dezembro de 2024,

Aprovado em 15 de janeiro de 2025,

Publicado em 31 de janeiro de 2025.

Introdução

A indústria têxtil, de maneira geral, tem contribuído para o aumento da poluição global devido, principalmente, ao uso de pigmentos sintéticos e outros produtos químicos tóxicos utilizados nos processos de tingimento e acabamento.^{1,2} Essas práticas têm causado diversas consequências ambientais, visto que liberam poluentes na água, atmosfera e solo, o que prejudica a natureza e seres vivos, além de demandarem grandes quantidades de energia e água durante a produção industrial.¹

Devido à preocupação com os impactos ambientais, a segurança animal e humana, bem como o maior interesse dos consumidores, o desenvolvimento e utilização de corantes e produtos naturais neste ramo vêm crescendo. Esses produtos trazem diversas vantagens, como a maior biodegradabilidade, redução no uso de energia e água e menor geração de resíduos e toxicidade.^{2,3} Apesar dos corantes naturais derivados de plantas serem empregados nas indústrias têxteis, a produção desses pigmentos são limitadas devido à fatores sazonais e condições geográficas.²

Desta forma, os microrganismos, como as bactérias, apresentam uma ótima alternativa como corantes naturais para

o tingimento de diferentes tipos de tecidos.² Os pigmentos microbianos têm se demonstrado versáteis, com aplicações significativas em setores como o de cosméticos, de alimentos e de produtos farmacêuticos.^{2,3} O uso de um corante derivado de bactérias presentes no solo em associação com plantas, poderia fornecer a coloração ao tecido, o qual serviria como início de outra remessa de tecido, e, após a finalização do processo, os resíduos gerados poderiam ser reaproveitados como fertilizante para plantações, eliminando desperdícios e descartes inadequados.³

Existem diversas bactérias que podem produzir ou serem utilizadas como corante natural, o que gera um impacto positivo ao meio ambiente e saúde humana. Um dos pigmentos produzidos a partir de vários microrganismos é a prodigiosina, a qual possui uma coloração vermelha, boa biodegradabilidade, baixa toxicidade e alto potencial para substituir corantes sintéticos na indústria.^{1,2} A violaceína também é um composto produzido por diversas bactérias, como a *Janthinobacterium lividum*, e possui uma tonalidade roxa intensa, tendo sido utilizada como corante por designers e pesquisadores como a Laura Luchtman e Ilfa Seibenhaar.^{4,5} Outro exemplo são as actinobactérias, do gênero *Streptomyces*, que são provenientes do solo da caatinga brasileira. Eles formam filamentos ramificados e possuem uma coloração avermelhada.³

$$K/S = \frac{(1 - R)^2}{2R} \quad (1)$$

Diante deste contexto, diversos estudos vêm sendo desenvolvidos para averiguar e aprimorar a utilização de microrganismos, como as bactérias, no processo de tingimento e acabamento das indústrias têxteis. A partir de pesquisa neste tema já é possível inovar no mundo do “*biodesign*”, termo utilizado para caracterizar projetos de design que empregam organismos vivos como constituintes de produtos, serviços, ou no processo produtivo, trazendo soluções para problemáticas ambientais.³

Desta forma, o artigo em referência analisado busca investigar e analisar a capacidade de tingimento do gel bruto de prodigiosina, produzido pela bactéria não patogênica *Serratia plymuthica*, em diferentes tecidos multifibras sob diferentes condições, avaliando também o desempenho do corante na presença de sais e mordentes alternativos, os quais proporcionam maior resistência à lavagem e ao sol.¹

Metodologia

A elaboração e escrita deste artigo foi desenvolvida com base na realização de uma pesquisa bibliográfica sobre a utilização de bactérias no tingimento de tecidos ou no processo produtivo de indústrias têxteis, sendo utilizadas palavras-chaves como: “*biodesign*”, “corantes naturais”, “tecidos”, “tingimento por bactérias”, “*dyeing with bacteria*”, “*textiles*”, entre outros. Para isto foram exploradas diferentes plataformas e bases de dados acadêmicos e científicos, incluindo *Google Scholar*, *Web of Science* e MDPI (*Multidisciplinary Digital Publishing Institute*), visando reunir estudos relevantes e recentes sobre a temática.

Para a elaboração do artigo referência,¹ foram estudados o tingimento de seis tipos de fibras de tecido de 4 cm x 10 cm de acetato, algodão, nylon, poliéster, acrílico e lã, a partir do pigmento de prodigiosina em gel bruto, produzido pela bactéria *Serratia plymuthica*. O tingimento das fibras durou cerca de 60 minutos e foi avaliado o efeito da temperatura em 40° C e 60° C durante o processo. Além disso, foram avaliados a afinidade do material com o pigmento na presença de aditivos para maior resistência do corante, como os sais de NaOH e Na₂S₂O₄ e mordentes alternativos, como FeSO₄ e o aminoácido L-Cisteína (L-Cys). Para tal análise utilizou-se o espectrofotômetro Datacolor 110 no comprimento de onda de 535 nm e a equação de Kubelka-Munk, onde R representa a refletância observada nas fibras tingidas, K o coeficiente de absorção e S o coeficiente de espalhamento.

Resultados e discussão

O tingimento de tecidos é uma prática que consiste em diferentes etapas, a depender do tipo de fibra têxtil, das características estruturais, disponibilidade e classificação do corante, fixação da coloração, preço, dentre outros fatores. Durante o processo os fatores mais críticos são a fixação do corante, a quantidade de água utilizada e a necessidade de aquecimento.³ De acordo com a literatura, ao empregar a prodigiosina como corante em tecidos, é adequado utilizar temperaturas elevadas, acima de 80°C.⁵ Entretanto, para obter um método mais sustentável é avaliado alternativas que sejam eficientes e econômicas, desta forma, testou-se o tingimento das fibras em temperaturas mais baixas, em 40° C e 60° C e avaliou-se a afinidade e intensidade da pigmentação, observado na Figura 1 e Tabela 1.

Tabela 1. Intensidade da pigmentação (K/S) pela prodigiosina nas temperaturas de 40°C e 60°C. Extraído da referência 1.

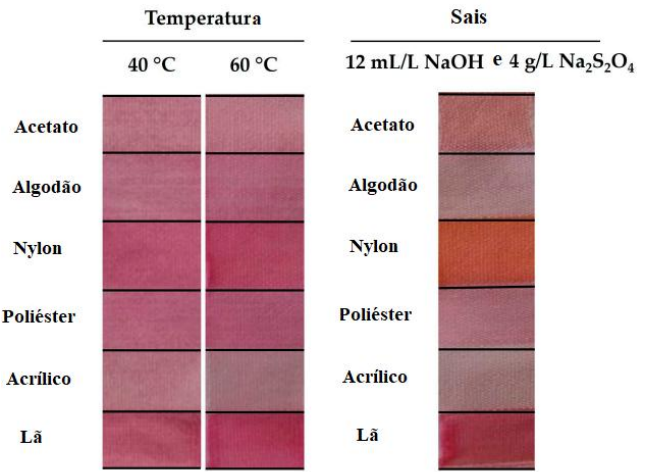
| Fibra Têxtil | 40°C | 60°C |
|--------------|------|------|
| Acetato | 0,49 | 0,47 |
| Algodão | 0,78 | 0,70 |
| Nylon | 1,17 | 1,20 |
| Poliéster | 0,68 | 0,72 |
| Acrílico | 0,51 | 0,30 |
| Lã | 1,56 | 1,38 |

Os tecidos multifibras apresentaram resultados semelhante nas temperaturas de 40° C e 60° C, entretanto o pigmento de prodigiosina apresentou maior afinidade com as fibras de lã e nylon, as quais obtiveram valores mais elevados de K/S nas duas temperaturas. Ao observar a Figura 1, nota-se que as cores mais uniformes foram na temperatura de 60°C, mostrando uma maior eficácia no tingimento com o corante.

Com o intuito de verificar o aumento de solubilidade do pigmento de prodigiosina, adicionou-se sais de NaOH e Na₂S₂O₄, Figura 1. Observou-se que o pigmento ao interagir com sais modificou o pH do tingimento de 7,0 para 12,5, provocando interações diferentes entre o pigmento e as diferentes fibras têxteis. Pode se verificar que a alteração mais marcante foi no nylon, obtendo uma coloração alaranjada

fluorescente, já a lã conseguiu preservar, pelo menos visivelmente, a coloração do pigmento.

Figura 1. Influência da temperatura e adição de sais no tingimento das fibras têxteis pela prodigiosina. Extraído da referência 1.



Outro teste realizado foi com a adição de mordente. Os mordentes são amplamente utilizados como aditivos em banhos de tingimento para fortalecer a fixação de pigmentos naturais às fibras. Eles formam complexos com os corantes naturais, que aderem às superfícies das fibras, aumentando a eficiência dos banhos de tingimento e melhorando a resistência à lavagem dos tecidos tingidos.¹ Porém, os diferentes tipos de mordentes podem influenciar nos tons e matizes obtidos nos tecidos, produzindo cores mais vibrantes, escuras, ou alterar a tonalidade do pigmento.⁶ Apesar desta possibilidade, o mordente tem um papel essencial no processo de tingimento, desta forma foram analisados os efeitos na adição de dois mordentes, o FeSO_4 e L-Cisteína (L-Cys) em diferentes concentrações (1,0%, 3,0% e 5,0% sobre o peso da fibra (owf)), Figura 2 e 3 e Tabela 2.

Os mordentes metálicos, como o FeSO_4 , também conhecido como vitriol azul-verde são comumente utilizados, entretanto ao interagir o FeSO_4 com o pigmento da prodigiosina a solubilidade foi baixa, produzindo uma coloração heterogênea e desproporcional ao aumento da concentração. É possível observar que quando se tem uma menor concentração de FeSO_4 (1,0% owf) resulta em um tingimento mais suave e semelhante entre os tecidos, enquanto uma concentração maior de FeSO_4 (5,0% owf) apresentou um

tingimento profundo, mas desigual.¹ Dentre as fibras, as que obtiveram maior afinidade com o FeSO_4 foram as de lã e nylon.

Figura 2. Influência da adição do mordente Sulfato de Ferro (FeSO_4) em diferentes concentrações de peso de fibra. Extraído da referência 1.

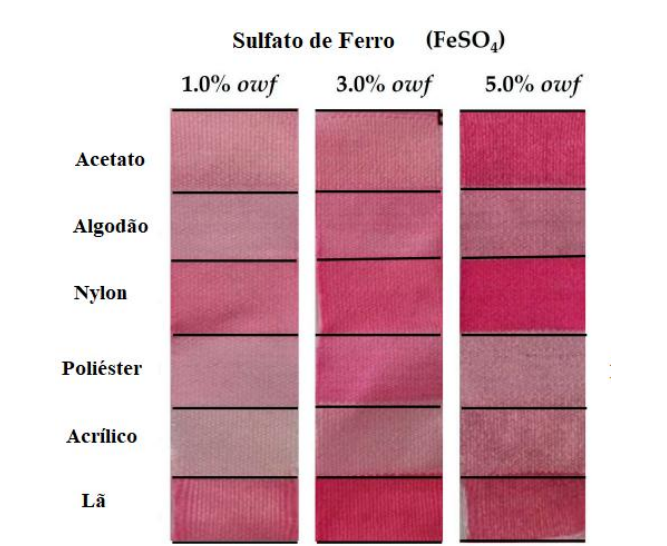
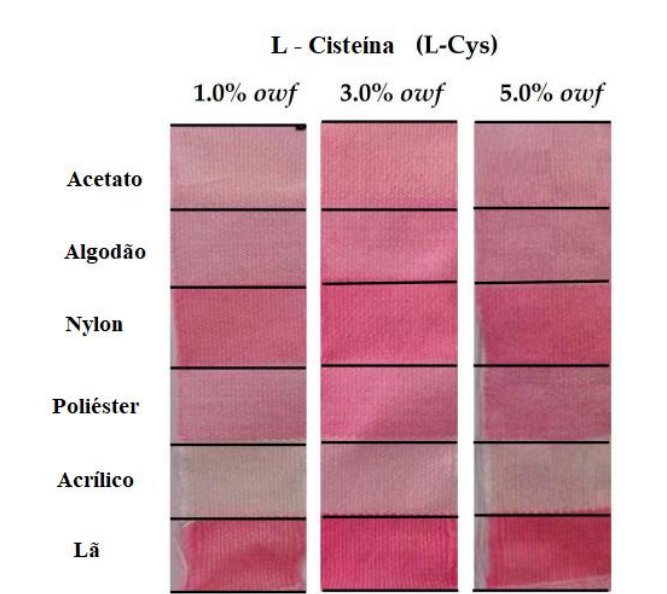


Figura 3. Influência da adição do mordente L- Cisteína em diferentes concentrações de peso de fibra. Extraído da referência 1.



Ao utilizar a L-Cisteína, uma alternativa sustentável e ecológica em comparação com o mordente metálico, obteve-se um tingimento de tecidos com tons diferentes de rosa,

entretanto com tons semelhantes para as três concentrações diferentes.¹ Igual ao FeSO₄, as fibras que demonstraram maior afinidade com o mordente foi o nylon e lã. Ao comparar os dois mordentes, verificou-se que o L-Cys alcançou um melhor processo de tingimento, sendo mais uniforme. Ao avaliar a coloração das fibras pós lavagem e com incidência de luz, verificou-se que a fibra de nylon e lã com o pigmento de prodigiosina com 3,0% owf de L-Cys no pH de 8,3, obteve uma coloração satisfatória após a lavagem. Ao expor as fibras de nylon a luz no tempo de 24 horas, foi possível verificar uma porcentagem de descoloração em torno de 15%, o que demonstra uma redução na tonalidade da coloração.¹

Tabela 2. Intensidade da pigmentação (K/S) pela prodigiosina com a adição de mordentes. Extraído da referência 1.

| Fibra Têxtil | FeSO ₄ | | | L-Cys | | |
|--------------|-------------------|------|------|-------|------|------|
| | 1,0% | 3,0% | 5,0% | 1,0% | 3,0% | 5,0% |
| Acetato | 0,75 | 1,65 | 6,43 | 0,47 | 0,63 | 0,70 |
| Algodão | 0,55 | 0,90 | 1,23 | 0,59 | 0,86 | 0,94 |
| Nylon | 1,39 | 2,02 | 6,81 | 1,12 | 1,72 | 1,61 |
| Poliéster | 0,48 | 0,60 | 0,77 | 0,68 | 0,76 | 0,91 |
| Acrílico | 0,27 | 0,66 | 0,92 | 0,19 | 0,21 | 0,35 |
| Lã | 1,47 | 2,44 | 2,06 | 1,69 | 2,08 | 2,48 |

Conclusões

Tradicionalmente, os têxteis são tingidos com corantes sintéticos que, apesar de serem altamente eficazes, causam sérios danos ambientais. Os pigmentos bacterianos extraídos de forma ecológica surgem como alternativas viáveis para a redução desses danos.⁷ Ao utilizar o gel bruto do pigmento de prodigiosina, produzido pela bactéria não patogênica *Serratia plymuthica*, para tingir tecidos multifibras, visa-se um processo de tingimento ecológico e eficiente, como alternativa aos métodos e substâncias nocivas para um futuro mais sustentável. No artigo referência, foram investigados diferentes parâmetros, incluindo os efeitos da temperatura, da adição de sais (NaOH e Na₂S₂O₄), e o uso de dois mordentes (FeSO₄ e L-Cys) em diferentes concentrações.

Os resultados obtidos mostraram um processo mais eficaz do tingimento utilizando a temperatura de 60°C em 60

minutos, com a concentração de 3,0% de owf de L-Cys no pH de 8,3, para obtenção de materiais coloridos, particularmente tecidos de lã e nylon, os quais demonstraram os maiores valores de K/S (afinidade do pigmento com a fibra têxtil). Além disso, verificou-se que o nylon tingido nessa proporção apresentou uma excelente solidez à lavagem. Concluiu-se, portanto, que o pigmento de gel bruto de prodigiosina, utilizado sem a necessidade de processos de extração com solventes para recuperação, é uma alternativa potencialmente eficaz para tingir tecidos de nylon, além de poder trazer menor impacto ao meio ambiente e uma maior economia no custo de sua produção e menor geração de resíduos

Contribuições por Autor

A resenha sobre o artigo em referência e a inclusão de observações são de Larissa Cavalcante Antunes.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesses.

Agradecimentos

Agradeço ao PET-Química/IQ/UnB, à Secretaria de Educação Superior do Ministério da Educação (SeSU/MEC) e ao Decanato de Ensino de Graduação (DEG/UnB) por todo o apoio concedido através do Programa de Educação Tutorial. Ao Instituto de Química (IQ/UnB) e à Universidade de Brasília pelo suporte e espaço fornecidos.

Notas e referências

- 1 C. Mouro., A.P. Gomes, R.V. Costa, F. Moghtader and I.C. Gouveia, The Sustainable Bioactive Dyeing of Textiles: A Novel Strategy Using Bacterial Pigments, *Natural Antibacterial Ingredients and Deep Eutectic Solvents*. Gels 2023, **9**, 800.
- 2 A. Rasha, Amany El Sikaily, A. Nermeen, A.Hanan and A. S. Soraya, Antimicrobial activity of textile fabrics dyed with prodigiosin pigment extracted from marine *Serratia rubidaea* RAM_Alex bacteria, *Egyptian Journal of Aquatic Research*, **47**, 3, 2021, 301-305.
- 3 B.T de Abreu, BioStudio: tingimento e estamparia de tecidos orgânicos utilizando bactérias. *dObra[s] – revista da Associação Brasileira de Estudos de Pesquisas em Moda*, **9**, 19, p. 88–110, 2016.

- 4 M. Kanelli, M. Mandic, M. Kalakona, S. Vasilakos, D. Kekos, J. Nikodinovic-Runic and E. Topakas, Microbial Production of Violacein and Process Optimization for Dyeing Polyamide Fabrics With Acquired Antimicrobial Properties. *Frontiers in Microbiology*, **9**, 2018.
- 5 TEDx Talks, Rethinking the way clothes are colored | Laura Luchtman & Ilfa Siebenhaar | TEDxRotterdam, <https://www.youtube.com/watch?v=DXB3YtMWpoY>, (accessed December, 25, 2024)
- 6 F. Alihosseini, K.S. Ju, J. Lango, B.D. Hammock, G. Sun, Antibacterial Colorants: Characterization of Prodiginines and Their Applications on Textile Materials. *Biotechnol. Prog.* 2008, **24**, 742–747.
- 7 A. Kramar and M.M. Kostic, Bacterial Secondary Metabolites as Biopigments for Textile Dyeing. *Textiles*, 2022, **2**, 252-264.