

PRODUÇÃO DE BIOCORANTES MICROBIANOS PARA A INDÚSTRIA TÊXTIL

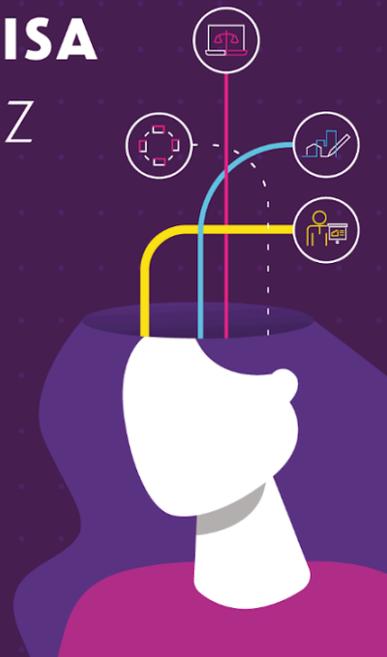
Professora orientadora: Fernanda Mulinari Fontana

Aluna: Carolina Gonçalves Penna

PROGRAMA DE
INICIAÇÃO CIENTÍFICA
PIC/CEUB

RELATÓRIOS DE PESQUISA
VOLUME 9 Nº 1- JAN/DEZ
•2023•

ISSN: 2595-4563





CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA - CEUB
PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

CAROLINA GONÇALVES PENNA

PRODUÇÃO DE BIOCORANTES MICROBIANOS PARA A INDÚSTRIA TÊXTIL

Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica apresentado à Assessoria de Pós-Graduação e Pesquisa.

Orientação: Fernanda Mulinari Fontana

BRASÍLIA

2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora, Prof. Fernanda Mulinari, por todo o conhecimento que me proporcionou e pela paciente orientação nesta jornada do meu desenvolvimento acadêmico, o qual me proporcionou experiências que levarei para a vida.

Sou muito grata à minha mãe e ao meu pai, que sempre se orgulham de mim e torcem pelo meu sucesso, me auxiliam e apoiam, sempre muito amorosos, cada um de sua maneira. Da mesma forma, agradeço a toda minha família pela torcida e alegria pelas minhas vitórias.

Aos funcionários do Laboratório de Ciências da Saúde (LABOCIEN) do UniCEUB, que me ajudaram muito ao longo das minhas práticas laboratoriais, me auxiliaram e ensinaram muito, em especial, o Lula, sou muito grata por todo auxílio e paciência.

Agradeço aos meus amigos, que pacientemente ouviram meus desabafos, sejam eles de satisfação ou estresse. Agradeço em especial meu amigo Alê, que me levou para fazer minhas coletas de amostras de solo, sou grata pela companhia e pelas caronas.

RESUMO

A produção de biocorantes microbianos são uma alternativa sustentável aos corantes sintéticos utilizados na indústria têxtil, podendo ser utilizados como uma importante ferramenta biotecnológica uma vez que a biodiversidade microbiana tem a capacidade de produzir diversos pigmentos, como carotenoides, prodigiosinas, monascinas e melaninas com potencial aplicação industrial. Esses biocorantes oferecem vantagens como menor toxicidade e impacto ambiental, além de apresentarem uma gama de cores que podem ser aplicadas como colorantes em diferentes tipos de tecidos. Visando a produção de biocorantes microbianos a partir de bactérias isoladas do solo do cerrado, amostras de solo foram coletadas no Parque da Cidade Dona Sarah Kubitschek-DF e submetidas a processos de isolamento e cultivo de microrganismos em meios de cultura ISP3 sólido e líquido. Posteriormente, os pigmentos produzidos por esses microrganismos foram utilizados no tingimento dos seguintes tecidos: cambraia, linho, tricoline, algodão e seda. Os corantes produzidos neste projeto apresentaram cores como azul, vermelho, marrom, laranja, rosa claro e branco. Estes pigmentos foram capazes de tingir os tecidos em meio líquido, demonstrando variações de intensidade dependendo do tipo de fibra. Sendo assim, este estudo reforça a viabilidade dos biocorantes microbianos como uma alternativa ecológica e sustentável aos corantes sintéticos, amplamente utilizados na indústria têxtil, e contribui para o desenvolvimento de soluções biotecnológicas, se ajustando às demandas contemporâneas carentes de práticas ambientalmente corretas.

Palavras-chave: coloração; tecidos; tingimento.

1. INTRODUÇÃO	9
OBJETIVOS	9
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
3. MÉTODO	10
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS (OU CONCLUSÕES)	12
REFERÊNCIAS	13
APÊNDICES	14
ANEXOS	15

1. INTRODUÇÃO

Este projeto de pesquisa tem como objetivo produzir biocorantes microbianos a partir de bactérias do solo do cerrado como uma alternativa sustentável para indústrias têxteis. Para isso, o objetivo do desenvolvimento do presente projeto é coletar amostras de solo do cerrado, isolar microrganismos produtores de corantes, cultivá-los em meios de cultura e atingir uma coloração proveniente de bactérias em meio líquido, para nele, inocular-se tecidos e tingi-los com esses colorantes de origem microbiana.

Segundo Cavalcanti (2021), o tingimento de tecidos é uma atividade realizada há milhares de anos, possuindo registros datados entre 3.500-2.500 a.C. em diferentes regiões do planeta. Para isso eram usadas matérias orgânicas como raízes, frutas, sementes, folhas e até mesmo animais como insetos e moluscos amassados (Alves, 2020). Com o passar do tempo novas tecnologias foram sendo desenvolvidas, como os corantes sintéticos, e devido a vantagens como seu baixo custo, possibilidade de variações de cores e produção em larga escala, eles rapidamente substituíram os corantes naturais.

Porém, mais tarde foi-se adquirindo o conhecimento de que alguns dos produtos utilizados pelas indústrias para dar cor eram tóxicos, apresentando riscos à saúde e ao meio ambiente, sobretudo porque as indústrias que usam corantes sintéticos geralmente despejam seus resíduos químicos tóxicos em fontes de água doce, como rios e lagoas, resultando em contaminação das águas. Os corantes sintéticos são considerados um dos componentes mais problemáticos nos efluentes da indústria têxtil devido à sua elevada solubilidade em água e resistência à degradação (Peixoto, Marinho & Rodrigues, 2023). Segundo Peixoto, Marinho e Rodrigues (2023), a principal dificuldade reside na baixa biodegradabilidade desses efluentes, agravada não apenas pela presença de corantes, mas também por outros componentes adicionados durante o processo, como surfactantes e aditivos. As composições dessas soluções coloridas incluem corantes reativos hidrolisados, grandes quantidades de álcalis e altas concentrações de cloreto de sódio.

Segundo Guaratini e Zanoni (1999), estima-se que cerca de 15% da produção mundial de corantes é perdida para o meio-ambiente durante a síntese,

processamento ou aplicação desses corantes. Esses poluentes industriais também são perigosos e cancerígenos para os consumidores, sendo assim considerados “contaminantes tóxicos” (Kant, R., 2012). Além disso, alguns corantes sintéticos quando em contato com a pele podem causar danos à saúde como dermatites de contato (Alves, 2020). Já os corantes naturais denominados biocorantes, normalmente são sintetizados e/ou excretados por uma célula viva, podendo ser produzidos a partir de origens animais, vegetais e microbianas. Os biocorantes de origem vegetal apresentam desvantagens a serem consideradas, como alto custo e instabilidade às mudanças de pH, além de não garantir a reprodutibilidade em massa (Tkaczyk et al., 2020). O uso de animais como insetos para a produção de biocorantes também não é sustentável e possui alto custo de produção, além das questões éticas envolvidas (Alves, 2020).

Tendo isso em vista, em contrapartida, os biocorantes microbianos podem apresentar promissora alternativa à indústria têxtil e serem uma importante ferramenta biotecnológica, uma vez que são de cultivo simples em meios com substratos de baixo custo e a biomassa produzida pode ser reciclada como fonte para produção de energia ou como substrato de crescimento de novas culturas (Cavalcanti, 2021). Além disso, não enfrentam restrições como variações sazonais ou a necessidade de vastas áreas para cultivo, além de permitir a otimização através da seleção de linhagens com maior capacidade de produção de pigmentos. Ademais, os pigmentos provenientes de microrganismos possuem um satisfatório espectro de cores devido a sua heterogeneidade de composição química e a presença de cromóforos específicos (Jiménez, 2018).

Tendo isso em vista, uma alternativa sustentável para a produção de corantes naturais é a via biotecnológica utilizando microrganismos (Alves, 2020). E, os microrganismos do solo, por suas diferentes funcionalidades, serão progressivamente pesquisados para aplicações na agricultura e em setores industriais (Mattos, 2015). Diante desse cenário de variadas possibilidades de produções de corantes naturais, esta pesquisa almeja encontrar e testar bactérias de solo do cerrado capazes de produzir pigmentos e fazê-las úteis para tingir diferentes tipos de tecidos, produzir e avaliar o processo de coloração e absorção desta coloração em cada tipo de fio, além de avaliar possíveis alterações e desbotamentos.

Muitas bactérias produzem pigmentos de variadas cores, sendo estes parte de seus metabólitos secundários. Os metabólitos secundários possuem diversas funções, como proteção contra raios violetas e fotossíntese, por exemplo. Neste contexto, este projeto de pesquisa visa utilizar esses pigmentos para tingir diferentes tipos de tecidos e avaliar o seu processo e condições de coloração.

OBJETIVOS

Este projeto de pesquisa tem como objetivo geral realizar prospecção de microrganismos de solo no cerrado, visando identificar biocorantes com potencial uso na indústria têxtil, com base na carência de corantes sustentáveis e ecológicos utilizados em larga escala atualmente. Além disso, tem como objetivos específicos coletar amostras de solo do cerrado e isolar microrganismos produtores de pigmentos e corantes; cultivar os microrganismos produtores de biocorantes em diferentes meios de cultivo; identificar as condições ideais de produção de biocorantes pelos microrganismos; produzir o biocorante microbiano; testar a capacidade de pigmentação dos biocorantes em diferentes tecidos. Como objetivo esta pesquisa tem ainda a finalidade de observar o desbotamento, ou a falta dele, da coloração nos tecidos tingidos pelos corantes produzidos ao longo das práticas laboratoriais da pesquisa.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A biodiversidade microbiana oferece uma vasta gama de colorantes, como carotenoides, melaninas, flavinas, prodigiosinas e monascinas com potencial aplicação industrial (VENIL e LAKSHMANAPERUMALSAMY, 2009). Vários estudos laboratoriais têm investigado as causas da síntese de pigmentos em diferentes gêneros bacterianos. Uma das explicações mais comumente aceitas está relacionada aos processos

fotossintéticos. Conforme descrito por Jiménez (2017), a fotossíntese é um dos principais fatores que impulsionam a produção de pigmentos em bactérias.

Na mesosfera, que se estende entre 48 e 77 km acima do nível do solo, a radiação solar intensa é um fator crítico que influencia a distribuição microbiana, resultando em uma alta concentração de bactérias pigmentadas. Jiménez (2017) discute que, nessa camada atmosférica, a presença de pigmentos confere uma vantagem adaptativa às bactérias, protegendo-as dos danos causados pela radiação. Corroborando essa perspectiva, Tong e Lighthar (1997) conduziram um estudo laboratorial no qual expuseram uma população bacteriana ambiental à radiação solar e à luz germicida. Os resultados revelaram que, à medida que a intensidade da luz aumentava, as bactérias não pigmentadas apresentavam uma maior taxa de mortalidade, enquanto a proporção de bactérias pigmentadas aumentava gradualmente. Esses resultados demonstram que a capacidade de produção de pigmentos como os carotenoides está interligada com o processo de fotossíntese microbiana. Além disso, microrganismos sintetizam diferentes carotenoides em grandes quantidades como parte de sua resposta a várias situações de estresse dependendo do ambiente onde se encontram. Estes, dentre suas diversas funções, atuam como pigmentos acessórios que absorvem luz em comprimentos de onda que não são absorvidos pelos pigmentos principais da fotossíntese, como a clorofila. Os carotenoides geram pigmentos que variam do amarelo ao vermelho (Jiménez, 2018).

Segundo Guimarães (2018), as bactérias produzem dois tipos principais de pigmentos:

Endo-pigmentos: Estes pigmentos ficam presos ou ligados às células bacterianas (micélio bacteriano). Para extraí-los, é preciso romper as células das bactérias, geralmente com o uso de um solvente como acetona, para liberar o pigmento.

Exo-pigmentos: Estes pigmentos são secretados ou liberados pelas bactérias no meio em que elas crescem. Para recuperar esses pigmentos, o processo envolve a extração do líquido onde as bactérias cresceram, utilizando grandes quantidades de solventes orgânicos, como o acetato de etilo, para concentrar e purificar os pigmentos.

Corantes e pigmentos são utilizados para conferir cor, mas possuem diferenças em sua natureza e aplicação. Corantes são compostos solúveis em água ou solventes que se fixam quimicamente ao substrato, como tecidos e alimentos. Já os pigmentos são partículas insolúveis que precisam ser dispersas em um meio para colorir superfícies, como tintas e plásticos. Enquanto os corantes formam ligações químicas com o material, os pigmentos apenas aderem fisicamente ao substrato sem se dissolver.

3. MÉTODO

Local da Realização da Pesquisa

Os experimentos foram conduzidos nos Laboratórios de Ciências da Saúde (LABOCIEN) da Universidade de Brasília (UnICEUB). As amostras de solo foram coletadas no Parque da Cidade Dona Sarah Kubitschek, Distrito Federal (DF). O estudo concentrou-se no uso das bactérias presentes nas amostras de solo coletadas no parque e na avaliação de seus potenciais de produção de biocorantes.

Microrganismos

Os microrganismos utilizados para a produção dos biocorantes microbianos foram coletados manualmente, e, de certo modo, de forma aleatória. As amostras de solo foram recolhidas utilizando uma pá, a uma profundidade de 10 a 15 cm, com uma quantidade aproximada de 20 gramas de terra por amostra. As amostras foram coletadas bem próximas às raízes de árvores e, preferivelmente, onde não se tem sombra. As amostras foram depositadas em potes estéreis e identificadas conforme a ordem e a localização da coleta.

Produção do meio de cultura ISP3 sólido

O meio de cultura sólido utilizado foi o ISP3, preparado com os seguintes componentes:

- $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 0,01 mg
- $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 0,01 mg
- Ágar - 20 g
- Farinha de aveia - 20 g
- Água destilada - 1 L

Os reagentes foram dissolvidos em um erlenmeyer de 1 L, aquecidos e agitados até início da fervura, e posteriormente autoclavados por 1 hora e 20 minutos. Após a solidificação, foram adicionados 500 μL de fluconazol diluído nas placas de petri com o meio de cultura para prevenir o crescimento de fungos.

Tecidos utilizados

Para a aplicação dos biocorantes, foram utilizados cinco tipos de tecidos comerciais, descritos a seguir:

- Cambraia
- Linho
- Tricoline
- Algodão 100%
- Seda

Os tecidos foram recortados em formatos diferentes de acordo com o tipo de tecido para facilitar a identificação:

- Linho: coração
- Cambraia: quadrado
- Algodão: tiras
- Seda: triângulo
- Tricoline: círculo

Síntese dos biocorantes

Preparação das Amostras de Solo:

As amostras de solo foram diluídas e divididas em dois grupos. O primeiro grupo foi diluído três vezes e o segundo grupo foi diluído duas vezes e submetido a um aquecimento em banho-maria a 30°C por 10 minutos. O processo de diluição foi realizado conforme segue:

Diluição 1: 1 g de amostra de solo misturada com 9 mL de solução fisiológica estéril.

Diluição 2: 100 µL da diluição 1 e 900 µL de solução fisiológica estéril.

As amostras foram divididas em dois grupos: uma parte foi mantida sem aquecimento e a outra foi aquecida. Após as diluições, 100 µL de cada amostra, tanto a aquecida quanto a não aquecida, foram inoculadas nas placas de petri contendo o meio ISP3 sólido e fluconazol, e incubadas a 30°C por 2 dias.

Isolamento das Colônias:

Após o crescimento das colônias, foram selecionadas aquelas que apresentavam colorações como verde, amarelo, laranja, marrom, branco e vermelho para isolamento. As colônias de interesse foram isoladas em novas placas de petri com meio ISP3 sólido para crescimento, desta vez, isoladas para que assim possam ser inoculadas no meio líquido, onde ocorrerá o tingimento dos tecidos.

Preparação do Meio de Cultura Líquido:

O meio de cultura líquido ISP3 foi preparado com os seguintes componentes:

- FeSO₄·7H₂O - 0,01 mg
- ZnSO₄·7H₂O - 0,01 mg
- Farinha de aveia - 20 g
- Água destilada - 1 L

O meio foi misturado em um erlenmeyer de 1L e autoclavado por 1 hora e 20 minutos. Após a autoclavagem, 50 mL do meio foram transferidos para erlenmeyers de 125 mL, aos quais foram adicionados 200 µL de fluconazol diluído. Cada colônia de interesse foi inoculada em erlenmeyers e/ou tubos falcon contendo o meio líquido e fluconazol.

Tingimento do Tecido

Para o tingimento, pequenos pedaços dos tecidos cortados foram imersos nos erlenmeyers contendo o meio de cultura líquido e as colônias de bactérias. Os erlenmeyers foram mantidos em um agitador a 180 rotações por minuto durante períodos diferentes, determinados pelas condições específicas de cada tipo de bactéria para com o meio. No quinto dia, observou-se a coloração em grande parte dos erlenmeyers.

Processo Pós-Tingimento: Lavagem

Após o tingimento, os pedaços de tecido foram retirados dos erlenmeyers com uma pinça esterilizada. Cada tecido foi lavado em água corrente para remover o excesso de biocorante. Os tecidos foram então colocados em placas de petri de vidro sem tampa e cobertos com plástico insulfilm perfurado para permitir a secagem enquanto se evitava a proliferação de fungos. O processo de lavagem é essencial pois além de retirar o excesso de líquido do tecido, também é útil como teste de resistência da cor.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tipo de pigmento alvo desta pesquisa foram os exo-pigmentos, uma vez que uma das últimas etapas do tingimento do tecido é inocula-lo em meio líquido ISP3

contendo a bactéria que produz pigmento, para que este, uma vez que foi liberado ou secretado pela bactéria no meio, tinga a fibra do tecido. Para alcançar os objetivos deste projeto, como descrito na metodologia, foi necessário seguir um processo experimental, iniciado em campo com a coleta das amostras (figura 1, 2 e 3) e em seguida teve seu andamento e finalização em laboratório, onde essas amostras foram diluídas e plaqueadas e as colônias de interesse isoladas para depois serem inoculadas em meio líquido, onde foram inoculados também os tecidos, para assim, ser feita a coloração dos mesmos.

Como resultado do plaqueamento das diluições das amostras de solo, obteve-se como resultado uma grande diversidade microbiana no meio de cultura (figura 4, 5 e 6). Os resultados serão descritos e discutidos de acordo com as características específicas de cada um dos 5 biocorantes produzidos e os respectivos processos envolvidos em suas sínteses.



Figura 1, 2 e 3 - Locais de coleta das amostras de solo no Parque da Cidade Dona Sarah Kubitschek, Distrito Federal (DF).



Figura 4, 5 e 6 - Placas contendo as colônias resultados do plaqueamento das diluições das amostras de solo.

Foram selecionadas as colônias de interesse, a partir das placas, tendo como parâmetro a coloração das mesmas. Colônias que apresentavam colorações de interesse, como rosa, marrom, vermelho, amarelo, laranja, entres outros, foram isoladas em placas de petri com o meio de cultura sólido (figura 7, 8 e 9). Após o crescimento satisfatório das colônias isoladas, as mesmas foram inoculadas em erlenmeyer com meio líquido e com 1 pedaço de cada um dos 5 tipos de tecidos, os erlenmeyers foram levados à agitadora. Após o tempo ideal de agitação para cada tipo específico de biocorante, os tecidos foram retirados e lavados.



Figura 7, 8 e 9 - Colônias de interesse isoladas em placas de petri.

Os resultados serão descritos e discutidos de acordo com as características específicas e os respectivos processos envolvidos na síntese dos 5 biocorantes microbianos produzidos, cada um titulado de acordo com a identificação de cada uma das 5

bactérias, sendo elas nomeadas como bactéria 2.3SB, bactéria 2A.2S, bactéria 2A.3S, bactéria 3.1SB e bactéria 4S.

Bactéria 2.3SB

Os tecidos ficaram inoculados no meio de cultura líquido contendo a bactéria titulada como 2.3SB (figura 10) durante 5 dias. Sua coloração alaranjada apareceu dentro dos seus 3 primeiros dias em agitação na agitadora. Após um mês, o erlenmeyer, já sem tecido, permaneceu na agitadora, e assim foi observado que a coloração do meio escureceu e obteve um tom vibrante.



Figura 10 - Erlenmeyer contendo o biocorante da bactéria 2.3SB e os tecidos inoculados para tingimento.

Após a retirada dos tecidos tingidos os mesmo foram lavados (figura 11 e 12) , e depois de secos (figura 13), adquiriram uma coloração marrom, tendo em vista que com o tempo a coloração do meio a qual estava inoculada também escureceu.



Figura 11 - Tecidos com o pigmento laranja (2.3SB) antes da lavagem



Figura 12 - Tecido com o pigmento laranja (2.3SB) após a lavagem



Figura 13 - Tecidos com o pigmento laranja (2.3SB) secos

Bactéria 2A.2S

Estes tecidos ficaram inoculados no meio de cultura durante cinco dias. Nos dois primeiros dias em meio líquido agitando na agitadora sua cor esverdeada (figura 14) se manteve, porém no quarto dia sua coloração atingiu um tom de azul (figura 15), o qual ao longo do tempo foi escurecendo, no entanto, sempre mantendo sua coloração azulada.

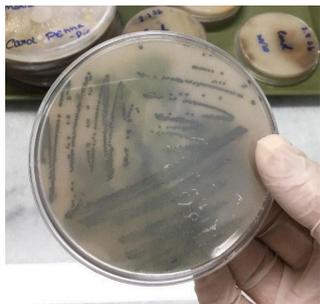


Figura 14 - Demonstração da coloração esverdeada da bactéria 2A.2S antes da inoculação em meio líquido.

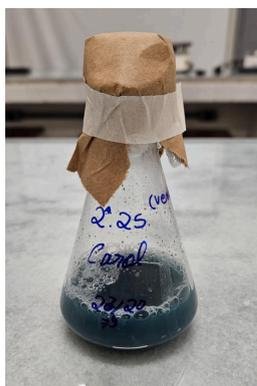


Figura 15 - Erlenmeyer contendo a bactéria 2A.2S azul

Após a retirada dos tecidos, foi feita a lavagem (figura 16 e 17)



Figura 16 - Tecidos com o pigmento azul (2A.2s) antes da lavagem



Figura 17 - Tecidos com o pigmento azul (2A.2S) após a lavagem

Foi observado que os tecidos tingidos com essa bactéria absorveram muito bem o pigmento de tom de azul, principalmente os tecidos tricoline e cambraia, que obtiveram um tom de coloração mais forte (figura 17). Após isso, feito um repique desse meio de cultura com a bactéria, o mesmo foi fechado com uma rolha e levado para agitar na agitadora, enquanto o erlenmeyer primário foi guardado em uma geladeira.



Figura 17 - Tecidos com o pigmento azul (2A.2S) secos

Após oito dias agitando foram inoculados novos tecidos a este erlenmeyer, o qual ficou agitando durante 43 dias. Estes tecidos, provavelmente por terem ficado muito mais tempo inoculados dentro do meio, obtiveram uma coloração mais forte do que a obtida anteriormente (figura 18).



Figura 18 - Resultado da segunda inoculação de tecidos em meio contendo a bactéria 2A.2S.

Foi observado que essa bactéria, dentre todas as outras, foi a única que a longo prazo não foi afetada pela proliferação de fungos.

Bactéria 2A.3S

Os tecidos tingidos pela coloração proveniente da bactéria 2A.3S ficaram inoculados no meio de cultura contendo a bactéria (Figura 19) durante cinco dias.



Figura 19 - Erlenmeyer contendo a bactéria titulada como 2A.3S



Bactéria 2A.3S em meio sólido e em meio líquido.

Ao sair do meio, os tecidos foram lavados (figura 20 e 21). Foi observado que os tecidos de algodão, linho e cambraia estavam com uma coloração bege, enquanto o de seda e o tricoline estavam esbranquiçados. Depois de secos, foi observado que os tecidos cambraia e seda mantiveram seus tons de bege enquanto os outros tecidos ficaram esbranquiçados (figura 22).

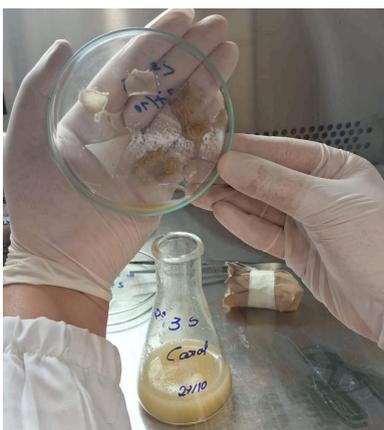


Figura 20 - Pigmento amarelo (2A.3S) antes da lavagem.



Figura 21 - Pigmento amarelo (2A.3S) após a lavagem

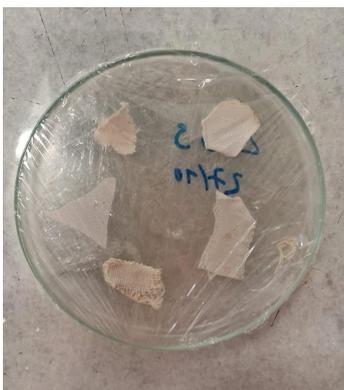


Figura 22 - Tecidos com o pigmento amarelo (2A.3S) após a secagem

Bactéria 3.1SB

Após a retirada dos tecidos do meio contendo a bactéria 3.1SB (figura 23), os mesmos foram lavados (figura 24 e 25). Pode-se observar que os tecidos tingidos com essa bactéria, mesmo depois de secos, ficaram marcados por manchas escuras e alguns pequenos relevos de pigmento (figura 26). Obtiveram a coloração com tom marrom esperado.

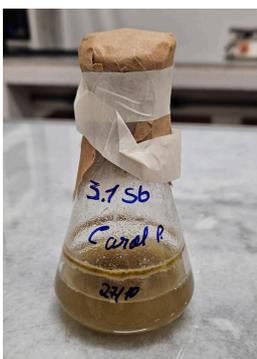


Figura 23 - Erlenmeyer contendo a bactéria "3.1SB"



Figura 24 - tecidos pigmento marrom (3.1SB) antes da lavagem



Figura 25 - Pigmento marrom (3.1SB) após a lavagem



Figura 26 - Tecidos com o pigmento marrom (3.1SB) secos

Bactéria 4S

Quando analisada em placa, a bactéria formava uma colônia de coloração avermelhada (figura 27 e 28), embora pequena. Após o isolamento, apesar do crescimento limitado, a pigmentação avermelhada tornou-se mais evidente.



Figura 27 e 28 - placa de petri contendo a bactéria 4S em meio líquido e meio sólido

Observou-se que os tecidos tingidos com essa bactéria adquiriram uma coloração branca (figura 29 e 30).



Figura 29 - Pigmento branco (erlenmeyer 4S) após lavagem



Figura 30 - Pigmento branco 4S com tecido seco

Observou-se que os tecidos tingidos com essa bactéria adquiriram uma coloração branca. Quando analisada em placa, a bactéria formava uma colônia de coloração

avermelhada (figura 31), embora pequena. Após o isolamento, apesar do crescimento limitado, a pigmentação avermelhada tornou-se mais evidente.



Figura 31 - Placa contendo a bactéria isolada

Quando em meio líquido, expressou uma coloração branca que, aos poucos, foi obtendo um tom mais rosado (figura 32). Depois de vinte e sete dias agitando, começou a expressar um tom muito claro de rosa:

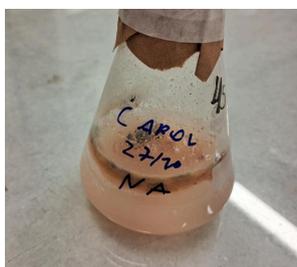


Figura 32 - Meio líquido contendo com tom rosado

E, quinze dias depois (quarenta e sete dias após o primeiro dia agitando) adquiriu uma coloração cor de rosa mais intensa (figura 33):



Figura 33 - Erlenmeyer contendo a bactéria 4S com tom intenso de rosa

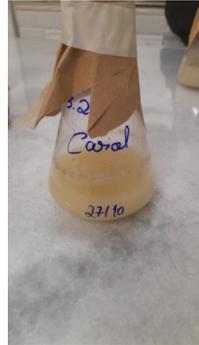
Obteve-se também corantes com colorações mais neutras como tons de bege:



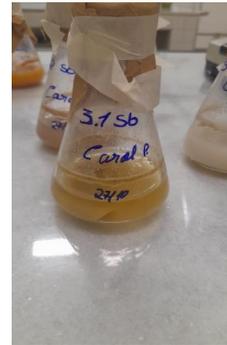
"3.2SA"



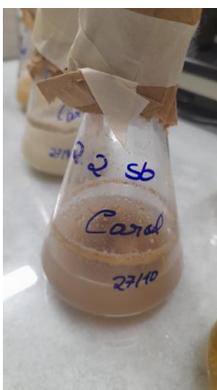
"2.4SB"



"3.2SA"



"3.1SB"



"2.2S"



"2.1SB"

Imagens feitas dos erlenmeyers com bactérias inoculadas em meio líquido em frente as placas onde suas devidas colônias foram isoladas:



Erlenmeyers e placas de petri contendo suas respectivas bactérias isoladas:



Erlenmeyers no agitador:



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este projeto de pesquisa visou explorar a produção de biocorantes microbianos a partir de microrganismos provenientes do solo do Cerrado como uma alternativa sustentável para a indústria têxtil. Ao longo do estudo, foram realizadas coletas de amostras de solo, isolamento de microrganismos produtores de pigmentos, cultivo em meios de cultura ISP3 sólido e líquido e subsequente tingimento de tecidos com os biocorantes produzidos. Os resultados obtidos demonstraram que os microrganismos isolados foram capazes de produzir pigmentos variados e com potencial para aplicação na coloração de tecidos, onde produziram desde tons de azul, bege e marrom, até colorações como o rosa claro. Em relação a coloração de tecidos, os biocorantes produzidos pelos microrganismos isolados apresentaram diferentes comportamentos, tendo como exemplo o biocorante produzido pela bactéria 2A.2S, que destacou-se

especialmente com a capacidade de coloração dos tecidos tricoline e cambraia, em tons azulados, corroborando com a heterogeneidade de composição química e a presença de cromóforos específicos mencionada por Jiménez (2018). Esse comportamento pode ser associado à estrutura química dos pigmentos, que permite uma boa fixação e absorção das cores nos substratos têxteis. Além disso, foram observadas variações nas tonalidades dos corantes em meio líquido ao longo do tempo, como o escurecimento dos pigmentos, o que está de acordo com a literatura, que indica que muitos metabólitos secundários microbianos sofrem alterações em suas propriedades físicas e químicas em função do ambiente (Jiménez, 2017).

A coloração alaranjada produzida pela bactéria 2.3SB, que se intensificou após um mês de agitação, demonstra como as condições de cultivo podem influenciar a expressão de pigmentos, assim como a coloração azulada produzida pela bactéria 2A.2S, que no início apresentou um tom verde escuro, se modificando depois para azul. Outro exemplo é a bactéria 4S, que quando em meio líquido, expressou uma coloração branca que, aos poucos, foi obtendo um tom mais rosado. Depois de vinte e sete dias agitando, começou a expressar um tom muito claro de rosa e, somente após quarenta e sete dias após o primeiro dia agitando, adquiriu uma coloração cor de rosa intensa.

Apesar dos resultados promissores, é importante destacar que este estudo não chegou a conclusões definitivas, mas forneceu indícios e tendências sobre a viabilidade do uso de biocorantes microbianos na indústria têxtil. Em suma, este estudo confirma o potencial dos biocorantes microbianos como uma alternativa aos corantes sintéticos, no entanto, para que essa tecnologia seja amplamente adotada, é importante continuar investindo em pesquisas que abordem as variáveis do processo de produção dos biocorantes, como a variação na intensidade da cor dos corantes em meio líquido e a possibilidade da necessidade de longos períodos de agitação para alcançar certas tonalidades. Por fim, foi corroborada a ideia de que pigmentos microbianos possuem potenciais aplicações na indústria têxtil, possuindo capacidade de adaptação a coloração de tipos de tecidos utilizados neste projeto.

REFERÊNCIAS

FERNANDES, Luana Monteiro; NASCIMENTO, Janaína dos Santos; RAMOS, Gustavo Luis de Paiva Anciens. Pigmentos bacterianos e seu potencial de aplicação na indústria de alimentos e em outras áreas. *Scientia Vitae*, v.13, n.37, ano 9, p. 16 a 24, abr./mai./jun. 2022.

CAVALCANTI, Thiago Gonçalves et al. Piocianina como biocorante de material têxtil. 2021.

ALVES, Bianca Vilas Boas et al. ESTABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA DO PIGMENTO PRODUZIDO POR *Pseudofusicoccus* sp. 2019.

DE ABREU, Breno Tenório Ramalho. BioStudio: tingimento e estamparia de tecidos orgânicos utilizando bactérias. *dObra [s]: revista da Associação Brasileira de Estudos de Pesquisas em Moda*, v. 9, n. 19, p. 88-110, 2016.

MATTOS, Maria Laura Turino. *Microbiologia do solo*. 2015.

RATNAKARAN, Pooja; BHOIR, Mitali; DURVE-GUPTA, Annika. Isolation and characterization of pigment producing bacteria isolated from waste. *International Journal of Applied Research*, v. 6, n. 4, p. 252-260, 2020.

VENIL, Chidambaram Kulandaisamy; LAKSHMANAPERUMALSAMY, Perumalsamy. An insightful overview on microbial pigment, prodigiosin. *Electronic Journal of Biology*, v. 5, n. 3, p. 49-61, 2009.

Kant R. Textile dyeing industry an environmental hazard. *Nat. Sci.* 2012;4:22±26. doi: 10.4236/ns.2012.41004.

NIGAM, P. S.; LUKE, J. S.; Food additives: production of microbial pigments and their antioxidant properties. *Current Opinion in Food Science*, v. 7, p. 93-100, 2016.

DE MODA, Design. *Bio Fermented Colors-Pigmentos de Origem Bacteriana: Uma Alternativa Sustentável no Design de Moda e Têxtil*.

PAILLIÈ JIMÉNEZ, Maria Elisa. Produção e caracterização de pigmentos produzidos por *Chryseobacterium* KR6 e *Lysobacter* A03. 2017.

TONG' Y, LIGHTHAR B. Solar Radiation Is Shown to Select for Pigmented Bacteria in the Ambient Outdoor Atmosphere. *Photochemistry and Photobiology*, 65(1): 103-106, 1997.

Tkaczyk A., Mitrowska K., Posyniak A. Synthetic organic dyes as contaminants of the aquatic environment and their implications for ecosystems: A review. *Sci. Total Environ.* 2020;717:137222. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.137222.