



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

KAROLAINE DA CONCEIÇÃO GAMA SANTOS

REMOÇÃO DO CORANTE AZO *DIRECT BLACK 22* UTILIZANDO FUNGOS
Aspergillus

RECIFE, PE
2021

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**REMOÇÃO DO CORANTE AZO *DIRECT BLACK 22* UTILIZANDO FUNGOS
*Aspergillus***

KAROLAINE DA CONCEIÇÃO GAMA SANTOS

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal Rural de Pernambuco – *Campus Sede*, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas. Orientadora: Prof^a. Dr^a. Raquel Pedrosa Bezerra. Co-orientadora: Me. Anna Gabrielly Duarte Neves.

RECIFE, PE
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S237r Santos, Karolaine da Conceição Gama
REMOÇÃO DO CORANTE AZO DIRECT BLACK 22 UTILIZANDO FUNGOS *Aspergillus* / Karolaine da
Conceição Gama Santos. - 2021.
60 f. : il.

Orientadora: Raquel Pedrosa Bezerra.
Coorientadora: Anna Gabrielly Duarte Neves.
Inclui referências e anexo(s).

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Bacharelado em Ciências Biológicas, Recife, 2022.

1. Biorremediação. 2. Corante Têxtil. 3. Fungo Filamentoso. I. Bezerra, Raquel Pedrosa, orient. II.
Neves, Anna Gabrielly Duarte, coorient. III. Título

KAROLAINÉ DA CONCEIÇÃO GAMA SANTOS

**REMOÇÃO DO CORANTE AZO *DIRECT BLACK 22* UTILIZANDO FUNGOS
*Aspergillus***

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Raquel Pedrosa Bezerra – UFRPE
(1^º Titular: Orientadora)

Me. Raphael Luiz Andrade Silva – UFRPE
(2^º Titular)

Prof^ª. Dr^ª. Kyria Cilene de Andrade Bortoleti – UNIVASF
(3^º Titular)

Prof^º Dr. Romero Marcos Pedrosa Brandão Costa – UPE
(Suplente)

RECIFE, PE

2021

Dedico a realização deste trabalho à minha família, em especial às minhas avós Célia Gama e Maria do Carmo, minha tia Maria Betania, minha Maria José, paiho José Maria e ao meu amor Alan Alves, pelos exemplos de vida, força, perseverança e fé. Agradeço à Deus pela vida de vocês, por estarem sempre ao meu lado, nos momentos mais difíceis e desesperadores da minha jornada, incentivando, apoiando e mostrando que não devemos desistir nunca. Obrigada por acreditarem em mim!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Deus por sempre ter provido todas as coisas, e, mesmo nos momentos mais difíceis, Ele esteve sempre comigo. Sou imensamente grata pela minha família de criação, pessoas que Deus colocou na minha vida, que me ensinaram os princípios bíblicos, que sempre me incentivaram, sempre dividiram e carregaram minhas dores, sempre acreditaram em mim mesmo quando eu mesma duvidava, e sempre me motivaram a continuar essa longa jornada de graduanda mesmo nos maus momentos. Essas pessoas me ensinaram a amar o próximo, me ensinaram o que é ter um lar e ser uma família. Nenhuma palavra será capaz de descrever toda gratidão que sinto. Amo vocês de todo meu coração.

Agradeço muitíssimo a minha avó Célia por tudo que ela tem feito por mim, por segurar as pontas todo o tempo, por ser meu exemplo de força e de mulher guerreira. Também a minha tia Cíntia e minhas primas Alice e Anliz pelo incentivo, pelas palavras de apoio, por realmente poder contar sempre com vocês.

Sou grata a meus genitores Paula e Tiago, essa conquista também é de vocês, e a meus irmãos (Eduarda, Malu, Vitor, David, Sofia, João Tiago, João Rafael, Isaque) pelo carinho, pelos abraços quando possível, por serem uma de minhas motivações a sempre me manter firme apesar das dificuldades que surgiram. Acreditem! Vocês podem ser o que quiserem. Amo vocês!

Sou imensamente grata a Alan Alves, meu namorado, pelo exemplo de pessoa, por seu companheirismo, dedicação, amor, por me estender os braços, por me apoiar, por sempre me fazer acreditar em mim, por fazer dos meus dias mais felizes apesar de começar às 03:40 da madrugada, por mesmo sem entender minha área sempre esteve me ajudando, me escutando e aconselhando. Sou grata à Deus pela sua vida, amor. Obrigada pelas simples coisas, por tornar meu mundo mais colorido, por acreditar e sonhar comigo, por me faz sempre ir além. Te amo!

Muito obrigada aos meus amigos da escola, que se tornaram amigos por toda vida. Daiana, Rayssa, Caio, Vitória, Drika, Alanna, Paula, Karol e Emilly, sou grata à cada um de vocês, por sempre me escutarem, pelos conselhos,

amizade, pelos momentos compartilhados de felicidade ou dificuldade, sempre estivemos e estaremos nos apoiando.

Também sou grata aos meus amigos da graduação, principalmente aos que fazem parte do grupo “Amorecos”, pelas risadas, por andarmos juntos, pelo acolhimento. Em especial a Emilene, Isabelle, Nayara, Patrícia e Beatriz, por serem mulheres fortes e guerreiras, amigas de todas as horas, que sempre foram uma inspiração para mim, onde cada uma com sua história e dificuldades diárias continuaram firmes para alcançar seus objetivos, sempre de cabeça erguida lutando por seus lugares. Vocês são incríveis, obrigada por todo apoio.

Sou grata aos meus amigos de estrada, que dividiram o busão disponibilizado pela prefeitura, Lucas, Felipe, Ítalo, Felipe (pequeno), Danilo e Jaci. Vocês fizeram essa jornada mais divertida e mais leve, cheia de risada e também de aprendizado.

Fico muito grata aos meus amigos Luiz Martins e Marcos Sales, que já na reta final me deram muito apoio, conselhos e ajuda. Sempre disponibilizando tempo para me ouvir, esclarecer dúvidas e oferecer uma mão amiga. Obrigada meninos, vocês foram essenciais para realização desse trabalho.

Agradeço com muito carinho à minha amiga Ana Elizabete, que no início da graduação me dava carona até a parada do ônibus, tornando menos difícil o início de meus dias, não tenho palavras para agradecer tamanha generosidade.

Ao meu querido amigo, Jonathan e seu pai Sr. Ferreira, meu muitíssimo obrigada, pelas caronas, pelos conselhos, pelas inúmeras vezes que almoçamos e jantamos juntos sempre acompanhados de boas risadas. Jonathan você é uma pessoa mais que especial na minha vida, obrigada pelo seu ombro amigo/ irmão, pelo carinho, pelos puxões de orelha, por me fazer enxergar coisas tão óbvias e que às vezes eu não enxergava. Você é incrível, obrigada por fazer parte de minha vida. Também agradeço à Érica Bruna e Priscila, minhas companheiras de carona e apoiadoras na minha caminhada.

Agradeço aos laboratórios que fiz parte, Laboratório de Genética, Bioquímica e Sequenciamento de DNA (GENOMA), Laboratório de Bioprocessos e Bioprodutos (LABBIO) e Laboratório de Tecnologia de Bioativos (LABTECBIO), por terem me proporcionado crescer profissional e pessoalmente, pelo acolhimento de pessoas maravilhosas que sempre se dispuseram a me ensinar e pelas grandes amizades que construí nesses lugares. Muito obrigada,

Paulo Eleutério, Ester Ribeiro, Ricardo Marchezan, Zilmar Barros, Eloysa Rozendo, Letícia Nogueira, Renata Oliveira, Jéssica, Quesia Jemima, Lígia Fernandes, Karoline Souza, Thiago Pajeú, Sabrina Santana, Vivianne Cavalcanti, Juanize Matias, Ieda Cabral. Em especial à Gabrielly Duarte e Raphael Andrade, que estiveram dando todo o apoio nos experimentos e esclarecendo minhas dúvidas, obrigada por toda paciência e dedicação.

Agradeço aos meus amigos de iniciação científica Nayara Santos, Arthur Felipe, Ywkelly Lima, Clara Nascimento e Julyanne Ferreira, sempre estivemos juntos uns ajudando os outros em seus experimentos, sempre escutando e surtando juntos. Vocês são demais, obrigada pelas pessoas companheiras e dispostas a ajudar nos mais diversos momentos.

Nayara, você foi uma pessoa fundamental nisso tudo e eu sou eternamente grata a você. Entramos juntas na graduação até que depois passamos também a ser amigas de laboratório e empresa júnior, nessa jornada dividimos alegrias, choros, estresses, conquistas, medos, vergonha, também juntas aprendemos a lidar com cada coisa que tirava nosso sono e assim ao longo desses anos cresceu uma linda amizade. Você sempre foi uma grande amiga, sempre me ajudando tanto nas coisas da faculdade quanto em questões pessoais, sempre dando um jeito para não me deixar só, conciliando suas milhões de obrigações e ainda me estendeu a mão sempre, sempre que precisei. Você é incrível Nay, uma pessoa de coração tão grande, que independente do tempo estava ali de mãos dadas comigo. Obrigada por tudo, desejo de todo coração que você tenha um lindo futuro.

Agradeço com muito carinho às minhas orientadoras, professora Ana Porto e professora Raquel Pedrosa Bezerra, pelo apoio, confiança, por ter aberto as portas do laboratório e também ao professor Romero Brandão pelo incentivo, pelas conversas, por inúmeras vezes que se dispôs a ajudar, muito obrigada.

Agradeço ainda à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) pela estrutura de formação profissional, a Coordenação do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, a Diretoria do Departamento de Biologia, em especial ao professor Reginaldo de Carvalho, que sempre esteve disposto a ajudar, ouvir, mostrando novas possibilidades para continuar seguindo em frente. Agradeço ao Laboratório de Tecnologia de Bioativos (LABTECBIO), pela estrutura física que me possibilitou a realização desse trabalho e a Fundação de

Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo apoio financeiro.

A todos vocês que compartilharam comigo esse caminho, eu só tenho a agradecer, e desejar um lindo futuro. Que continuemos a lutar por um mundo mais feliz e justo, onde a educação, a saúde, as pessoas, o meio ambiente, a ciência e tantas outras coisas, venham a ser tratadas com o devido valor e respeito.

“As coisas só são difíceis até começarmos a fazer.”
(Maria José do Nascimento, vulgo “mainha”)

RESUMO

Durante a atividade do setor industrial têxtil são gerados efluentes característicos por sua forte coloração e em contrapartida aos benefícios surgem preocupações devido os impactos causados pela presença de corantes nos efluentes. Por serem de difícil degradação e apresentar alta toxicidade, os corantes acarretam o processo de eutrofização e redução da taxa fotossintética nos corpos hídricos, além de apresentarem potencial tóxicos bioacumulativo. Sendo assim, é primordial o tratamento das águas residuais previamente a liberação nos corpos d'água, surgindo como alternativa o processo de biorremediação que emprega micro-organismo para degradação de tais compostos. Dessa maneira, o presente trabalho teve por objetivo investigar a capacidade de fungos do gênero *Aspergillus* em remover o corante tetra-azo *Direct Black 22 (DB22)*. Uma seleção dos fungos a partir da descoloração do corante *DB22* (50 mg/ L) foi realizada empregando 1g de biomassa viva de *A. japonicus* (URM 5620), *A. niger* (URM 5741) e *A. niger* (URM 5838) com duração de 2 horas de experimentação, sob em temperatura ambiente e 120 RPM. Os fungos que apresentaram melhores resultados foram *A. niger* (URM 5741) e *A. niger* (URM 5838), que nos 10 minutos iniciais de experimento removeram o corante *DB22* em 86% e 97%, respectivamente. Tais fungos foram utilizados com valores de 1 g e 3 g de biomassa viva para avaliação da influência da quantidade de biomassa, sendo visto que 1 g de biomassa apresentou ao final do ensaio melhor remoção do corante atingido a máxima descoloração de 100% e 99% para *A. niger* (URM 5741) e *A. niger* (URM 5838), respectivamente. Foi investigado também a capacidade descolorante entre biomassa fúngica viva e morta (1 g), sendo observado que a biomassa morta obteve melhor porcentagem de descoloração, 66% e 96% para *A. niger* (URM 5741) e *A. niger* (URM 5838), respectivamente, ainda no primeiro minuto de ensaio. Dessa maneira, evidenciando a capacidade do *Aspergillus* na remoção do *DB22*. Por conseguinte, tendo visto a eficiência de aplicação de tal fungo filamentoso, é necessário a investigação mais aprofundada do mecanismo biológico fúngico na remoção do corante têxtil e avaliar diferentes condições de ensaios para posteriormente serem aplicados em efluente real em escala industrial a fim de contribuir para o reuso de água na região agreste do Estado.

Palavras-chave: Biorremediação; Corante Têxtil; Fungo Filamentoso.

ABSTRACT

During the activity of the textile industrial sector, characteristic effluents are generated due to their strong coloration and, in contrast to the benefits, concerns arise from the impacts caused by the presence of dyes in the effluents. As they are difficult to degrade and have high toxicity, dyes lead to the eutrophication process and a reduction in the photosynthetic rate in water bodies, in addition to presenting toxic bioaccumulative potential. Therefore, it is essential to treat wastewater prior to release into water bodies, with the bioremediation process that employs micro-organisms to degrade such compounds as an alternative. Thus, this study aimed to investigate the ability of fungi of the genus *Aspergillus* to remove the tetra-azo dye *Direct Black 22 (DB22)*. A selection of fungi from DB22 dye discoloration (50 mg/ L) was performed using 1g of live biomass of *A. japonicus* (URM 5620), *A. niger* (URM 5741) and *A. niger* (URM 5838) with duration 2 hours of experimentation, under at room temperature and 120 RPM. The fungi that showed the best results were *A. niger* (URM 5741) and *A. niger* (URM 5838), which in the initial 10 minutes of the experiment removed the *DB22* dye by 86% and 97%, respectively. Such fungi were used with values of 1 g and 3 g of live biomass to evaluate the influence of the amount of biomass, since 1 g of biomass presented at the end of the test better dye removal, reaching the maximum discoloration of 100% and 99% for *A. niger* (URM 5741) and *A. niger* (URM 5838), respectively. The decolorizing capacity between live and dead fungal biomass (1 g) was also investigated, and it was observed that the dead biomass had the best percentage of discoloration, 66% and 96% for *A. niger* (URM 5741) and *A. niger* (URM 5838), respectively, still in the first minute of rehearsal. In this way, showing the ability of *Aspergillus* to remove *DB22*. Therefore, having seen the efficiency of application of such a filamentous fungus, it is necessary to further investigate the fungal biological mechanism in the removal of the textile dye and evaluate different test conditions to later be applied in real effluent on an industrial scale in order to contribute to the reuse of water in the harsh region of the State.

Keywords: Bioremediation; Textile Dye; Filamentous Fungus.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma simplificado da cadeia produtiva da indústria têxtil e de confecções.	21
Figura 2 - Delimitação do Agreste Pernambucano	24
Figura 3 - Municípios que compõem o polo de confecções do Agreste Pernambucano	24
Figura 4 - Especificações do corante tetra-azo <i>Direct Black 22</i>	35
Figura 5 - Crescimento dos fungos <i>A. japonicus</i> URM 5620 (A), <i>A. niger</i> URM 5741 (B) e <i>A. niger</i> URM 5838 (C) em meio Batata Dextrose Ágar sob 30°C, após 120 horas.	36
Figura 6 - Biomassa dos fungos <i>A. japonicus</i> URM 5620 (A), <i>A. niger</i> URM 5741 (B) e <i>A. niger</i> URM 5838 (C) após incubação a 30°C, sob agitação de 120 RPM, durante 96 horas.	37
Figura 7 - Biomassa dos fungos <i>A. japonicus</i> URM 5620 (A), <i>A. niger</i> URM 5741 (B) e <i>A. niger</i> URM 5838 (C), após filtração na bomba a vácuo	38
Figura 8 - <i>Screening</i> de descoloração do corante têxtil <i>Direct Black 22</i> (50 mg/L) por fungos filamentosos do gênero <i>Aspergillus</i> após 2 horas de monitoramento, empregando biomassa viva (1 g) e agitação (120 RPM). $\lambda_{\max}DB22 = 475 \text{ nm}$	40
Figura 9 - Remoção do corante têxtil <i>Direct Black 22</i> (50 mg/L) utilizando biomassa viva (1 g e 3 g) dos fungos selecionados com maior potencial para biorremediação do corante, durante 2 horas de monitoramento sob agitação (120 RPM). $\lambda_{\max}DB22 = 475 \text{ nm}$	43
Figura 10 - Eficiência da descoloração do corante têxtil <i>Direct Black 22</i> (50 mg/L) utilizando biomassa viva (a) e morta (b) (1 g) dos fungos selecionados, durante 2 horas de monitoramento sob agitação (120 RPM). $\lambda_{\max}DB22 = 475 \text{ nm}$	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Aplicação do gênero <i>Aspergillus</i> para remoção de corantes têxteis.	33
Tabela 2 - Descrição das cepas de fungos filamentosos testadas na descoloração do corante têxtil <i>Direct Black 22</i>	36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1. OBJETIVOS.....	20
1.1.1. Objetivo Geral	20
1.1.2. Objetivos Específicos.....	20
2. REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1. SETOR INDUSTRIAL TÊXTIL	21
2.1.1. Indústria Têxtil no Brasil	22
2.1.2. Polo Têxtil de Pernambuco	23
2.2. EFLUENTE INDUSTRIAL	25
2.2.1. Efluente Têxtil	25
2.2.2. Descarte de Efluente do Setor Têxtil de Pernambuco.....	26
2.3. CORANTES.....	27
2.3.1. Corantes Têxteis	28
2.3.2. Corantes Azoicos	29
2.4. TRATAMENTO DE CORANTES NOS EFLUENTES INDUSTRIAIS TÊXTEIS.....	30
2.4.1. Tratamento por Métodos Físicos e Químicos.....	30
2.4.2. Tratamento por Métodos Biológicos	31
2.4.3. Aplicação de Fungos na Biorremediação	33
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	35
3.1. CORANTE TETRA-AZO <i>DIRECT BLACK 22</i>	35
3.2. MICRO-ORGANISMOS	35
3.3. CONDIÇÕES DE CRESCIMENTO DOS FUNGOS	36
3.4. OBTENÇÃO DA BIOMASSA FÚNGICA.....	37
3.5. PROCESSO DE DESCOLORAÇÃO E <i>SCREENING</i> DOS FUNGOS FILAMENTOSOS.....	38

3.6. DETERMINAÇÃO DO COMPRIMENTO DE ONDA DO <i>DIRECT BLACK</i> 22 POR ESPECTROFOTOMETRIA DE VARREDURA	39
3.7. ANÁLISE DO PROCESSO DE DESCOLORAÇÃO.....	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1. <i>SCREENING</i> DOS FUNGOS NO PROCESSO DE DESCOLORAÇÃO DO <i>DIRECT BLACK</i> 22	40
4.2. INFLUÊNCIA DA QUANTIDADE DE BIOMASSA NA REMOÇÃO DO <i>DIRECT BLACK</i> 22 POR <i>Aspergillus niger</i> URM 5741 E URM 5838	42
4.3. EFICIÊNCIA DE DESCOLORAÇÃO DO <i>DB22</i> USANDO BIOMASSA VIVA E MORTA DE <i>A. niger</i> URM 5741 E URM 5838	44
5. CONCLUSÃO.....	47
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

1. INTRODUÇÃO

Os desafios ambientais da atualidade inevitavelmente permeiam as atividades industriais, onde seus processos em cadeia, que se utilizam de exorbitantes quantidades de recursos naturais, estão atrelados a geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. A disposição final desses resíduos deve ser feita de forma adequada observando as normas e padrões ambientais, no entanto, ainda há registros de atividades industriais, como no setor têxtil, que lançam rejeitos não tratados no meio ambiente contribuindo para a contaminação superficial e subterrânea da água (Neves *et al.*, 2019).

A água, além de ser essencial para manutenção da vida, é um bem de domínio público, limitado e de valor econômico (PNRH, 1997). No Brasil, a indústria têxtil é evidenciada, frente aos demais segmentos industriais, como uma das maiores consumidoras de água em seus processos produtivos. Estima-se que são usados entre 50 L e 100 L de água por quilo para finalização do tecido, sendo ao final da produção descartados como efluentes (Almeida e Corso, 2019).

Os efluentes industriais têxteis apresentam uma complexa composição, pois, durante as etapas de produção, diversos compostos químicos são incorporados, assim como: uma grande quantidade de corantes sintéticos, surfactantes, ácidos, bases, sais, aditivos, entre outras substâncias tóxicas (Imran *et al.*, 2015; Holkar *et al.*, 2016). Além da forte coloração, apresentam como características, sólidos suspensos, pH variável, temperatura variável e altos valores de demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (Santos *et al.*, 2017). No Brasil, o lançamento de efluentes deve observar as exigências da legislação vigente conforme a Resolução CONAMA nº 430 de maio/2011, que estabelece os padrões para garantir a qualidade dos recursos hídricos (Conama, 2011).

Por se enquadrar como poluentes emergentes, os corantes não estão incluídos em programas de monitoramento pelos órgãos ambientais e de saúde, nem estão inseridos em legislação pertinente a qualidade ambiental, entretanto, estão constantemente sendo introduzidos no ambiente devido às atividades antrópicas (De Luna *et al.*, 2014). Um dos principais corantes utilizados neste setor são os corantes azo, que representam a maior classe de corantes sintéticos

comerciais da indústria têxtil, devido sua ampla variedade de cores e por apresentarem alta fixação a fibra (Lang *et al.*, 2013). Essa classe é composta por corantes sintéticos caracterizados pela presença de pelo menos uma ligação azo (-N=N-) e de pelo menos um grupo aromático como radical (Jadhav *et al.*, 2016). Entretanto, apesar de suas vantagens industriais como a alta fixação do corante, seus produtos de degradação, a exemplo de aminas aromáticas e compostos fenólicos, apresentam-se como extremamente tóxicos, de baixa biodegradabilidade devido sua conformação estrutural e estão associados a processos mutagênicos, carcinogênicos, genotóxico e alergênicos (Sen *et al.*, 2016; Brüscheiler e Merlot, 2017).

Estima-se que anualmente 700.000 toneladas de corantes sejam produzidas em todo o mundo e 280.000 toneladas/ ano sejam lançadas ao meio ambiente principalmente na forma de efluentes (Sheam *et al.*, 2021). De maneira que só na indústria têxtil, aproximadamente 20% dos corantes utilizados são perdidos durante o processamento têxtil de fixação da tintura às fibras, e alguns são visíveis em baixa concentração (Mani *et al.*, 2019). Este corante não fixado chega ao meio ambiente através dos efluentes, e pode provocar alterações na qualidade da água dos corpos hídricos, afetando a disponibilidade de água para consumo além de ocasionar um desequilíbrio ambiental e comprometimento do desenvolvimento do ecossistema aquático (Unesco, 2017).

O polo de confecções do Agreste Pernambucano, que se concentra principalmente nos municípios de Caruaru, Toritama e Santa Cruz do Capibaribe, enfrenta a problemática da poluição dos corpos hídricos no estado, sendo essa situação ainda mais crítica tendo em vista que além da qualidade de água dos recursos hídricos da região (Braga *et al.*, 2016) ser alterada pela própria atividade industrial, o polo de confecções de Pernambuco está inserido na região Agreste do estado, localidade que sofre constantemente com a escassez de água, cujas cidades passam por restritivos abastecimentos, obedecendo a um calendário de distribuição de água (De Lima *et al.*, 2014; Compesa, 2021). Dentro desse panorama, a comunidade local busca alternativas, como a compra de água captada de poços e distribuída por meio de caminhões pipa, para manutenção das atividades. Assim, surge como uma opção atrativa o reuso da água, que além de reduzir custos em sua obtenção,

torna-se ainda mais atraente por contribuir na redução da emissão de compostos poluentes no meio ambiente (Lima *et al.*, 2017; Viana *et al.*, 2018).

Impactos ecológicos e à saúde pública associados a liberação de efluentes têxteis, tem atraído atenção de pesquisadores, organizações e ambientalistas, cujos esforços tem aumentado em busca de tecnologias mais eficientes, capazes de reduzir os níveis de toxicidade desses efluentes. Dentre as técnicas utilizadas para tratamento das águas residuais têxteis, destaca-se a utilização de micro-organismos, por possibilitarem a bioconversão parcial ou completa de contaminantes, de forma que utilizem sua capacidade intrínseca para atuar na remoção de compostos (Kong *et al.*, 2016; Rather *et al.*, 2018).

Atualmente são empregados diferentes micro-organismos como bactérias, microalgas e fungos para o biotratamento de efluentes, entretanto, os fungos filamentosos têm despertado grande interesse como agentes biorremediadores. Tal busca pelo emprego destes fungos surge devido seu baixo custo de aplicação, sua presença cosmopolita, por apresentarem rápida adaptação metabólica a diversas fontes de carbono e nitrogênio (Solís *et al.*, 2012), por realizarem auto peletização (que aumenta a razão superfície-volume e conseqüentemente o contato com os contaminantes) (Khan e Fulekar, 2017), e ainda, por poderem biodegradar, bioacumular e/ou bioissorver os poluentes (variando de acordo com o metabolismo, tolerância e outras características dos fungos) (Przystaś *et al.*, 2018).

Dessa forma, frente a problemática ambiental oriunda da liberação de efluente têxtil contendo corante e tendo em vista a possibilidade de aplicação de fungos, com capacidade de diferentes mecanismos para remover contaminantes, o presente trabalho buscou a aplicação do gênero fúngico *Aspergillus* em processos de biorremediação do corante *Direct Black 22* extensivamente usado no polo têxtil e de confecções do Agreste Pernambucano, buscando mitigar o impacto causado pelo lançamento sem tratamento de efluentes têxteis nos corpos hídricos.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Investigar a capacidade de fungos do gênero *Aspergillus* em remover o corante tetra-azo *Direct Black 22* (DB22).

1.1.2. Objetivos Específicos

- Avaliar o potencial de remoção de cor do *Direct Black 22* em solução aquosa pelos fungos do gênero *Aspergillus*;
- Selecionar o(s) melhor(es) fungo(s) do processo de descoloração do *Direct Black 22*;
- Avaliar a influência da quantidade de biomassa fúngica na remoção do *Direct Black 22*;
- Comparar a eficiência da descoloração entre a biomassa fúngica viva e morta.

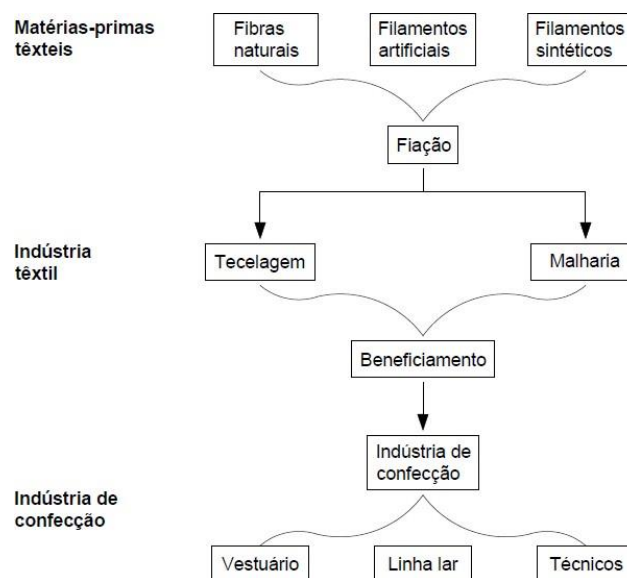
2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. SETOR INDUSTRIAL TÊXTIL

No final do século XIX, deu-se início a revolução industrial, sendo esse acontecimento o precursor de uma transformação em todos os setores produtivos. Categoricamente, o setor têxtil é um dos segmentos industriais mais antigos no mundo, permeando desde as primeiras civilizações com a utilização de matérias-primas como algodão e lã para produzir fios, fibras e tecidos até a formação das indústrias têxteis, responsáveis pelos procedimentos de fiação, tecelagem e beneficiamento de tecidos, conforme os avanços tecnológicos e industriais, passando para utilização de máquinas como na atualidade (Silva e Almeida, 2017).

Essa indústria é estruturada em uma cadeia de produção, distribuição e confecção que compreende desde a produção de fibras têxteis até o produto final confeccionado, distribuído e comercializado. E abrange principalmente três setores: a fiação, a tecelagem e malharia, e por fim, o beneficiamento. Onde este último inclui a tinturaria, estamparia, customização, lavagens e outros processos (Mendes Júnior, 2017). Um esquema simplificado da estrutura produtiva da indústria têxtil é apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma simplificado da cadeia produtiva da indústria têxtil e de confecções.



Fonte: Adaptada de Mendes Júnior (2017).

A indústria têxtil tem uma distribuição mundial devido principalmente a necessidade humana de vestuário. De modo geral, esse setor vem incumbindo-se não só de oferecer uma vestimenta, todavia, tais peças agregam um significado social, cultural, econômico e político, a ponto de influenciar costumes e tendências no modo de vida, seja em diferentes épocas ou nas diversas sociedades (Fujita e Jorente, 2015). A maior problemática quanto a essa produção crescente é que seguindo os padrões de consumo capitalista, além da quantidade de peças utilizadas ter aumentado por pessoa, há um exponencial encurtamento em tempo de vida útil dessas peças, intensificando a demanda produtiva e conseqüentemente, os impactos gerados ao meio ambiente (Cesa *et al.*, 2017).

2.1.1. Indústria Têxtil no Brasil

A indústria têxtil brasileira se estabeleceu no Nordeste, no período entre 1830 e 1884, sendo o Estado da Bahia o primeiro centro têxtil. A partir de 1866 o setor têxtil passou a concentrar-se na região sul, onde a construção de estradas de ferro, que ligavam à Bahia foram de suma importância para desenvolvimento de fábricas nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais (Fujita e Jorente, 2015).

No Brasil o processo de adaptação dos meios artesanais para os meios mecânicos foi primordial para atingir a escala global e apresentar inúmeras inovações, tornando-o o país ocidental com a maior cadeia produtiva completa, com um seguimento de quase 200 anos (Abit, 2020; Febratex, 2019). Segundo a Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT), o Brasil faturou R\$177 bilhões em 2018 e R\$185,7 bilhões em 2019, gerando cerca de 16,7% de empregos no país entre os anos citados, de maneira que, a moda brasileira tem se tornado influência mundial e encontra-se entre as cinco maiores Semanas de Moda do mundo (Abit, 2020).

A indústria têxtil e de confecção brasileira, caracteriza-se em âmbito global por seus aspectos de criatividade, tecnologia e dimensões de seu parque industrial, possuindo a quinta maior cadeia têxtil e de confecção do mundo, detendo desde a produção de fibras, até os desfiles de moda, passando por processos de fiações, tecelagens, beneficiamento, confecções e grande varejo,

sendo este mercado um dos mais dinâmicos, atuando em constantes lançamentos de novos produtos e serviços (Abit, 2021). Assim, sendo referência mundial nas categorias de produção têxtil, como: beachwear, jeanswear e homewear (Abit, 2019). Tais pontos produtivos avançaram conforme o país desenvolveu o que atualmente se conhece por Arranjos Produtivos Locais (APLs), chamados ainda de polos produtivos, no caso da indústria têxtil, os polos têxteis. Atualmente o Brasil possui vários polos industriais têxteis, que abrange 25,5 mil empresas formais em todo o País (Abit, 2021).

No Estado de Pernambuco, o polo industrial de confecções têxtil além da quantidade de peças produzidas e da geração de renda para região, é evidenciado por abranger diversos segmentos têxteis, dentre eles: Tinturaria, estampa, texturização, bordados e customização do jeans (Araujo *et al.*, 2019).

2.1.2. Polo Têxtil de Pernambuco

O desenvolvimento do setor têxtil na região agreste de Pernambuco entre os anos de 1950 e 1960, resultou da iniciativa das comunidades rurais do Estado em resposta as incompatíveis condições para sobrevivência, incluindo o grande déficit hídrico e somadas a apropriação dos minifúndios pelos grandes produtores, que levou gradualmente ao declínio da agricultura. Tais questões, favoreceram o setor de confecção e manufaturas têxteis, se tornando a principal atividade industrial da região (Dos Santos e Helal, 2018).

Na região agreste do Estado de Pernambuco, localizada entre a zona da mata e o sertão (Figura 2), está situado o polo têxtil de Pernambuco ou, como também chamado, polo de confecções do agreste. Este centro têxtil tem excepcional importância, pois é responsável por empregar 1,5 milhão de trabalhadores diretos e 8 milhões indiretos, dos quais 60% são de mão de obra feminina, dessa forma, promove a redução de desigualdades econômicas e sociais da região (Agreste Tex, 2019; Abit, 2021).

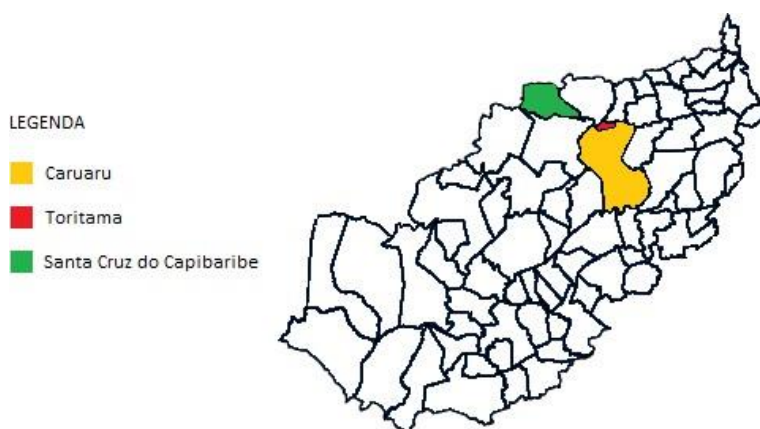
Figura 2 - Delimitação do Agreste Pernambucano.



Fonte: Imagem adaptada de Mapas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2021).

O polo de confecções do agreste abrange 71 municípios (Figura 3), todavia, o crescimento do mercado de moda nessa região, vem sendo liderado pelas cidades de Caruaru, Toritama e Santa Cruz do Capibaribe (Oliveira e Braga, 2014). Cada cidade agrega valor ao polo por dar ênfase a diferentes tecidos em sua produção, entretanto, possuem em comum o emprego de diferentes corantes em seu processo produtivo, sendo os corantes azoicos são os mais extensivamente utilizados devido suas características de fixação à fibra, sendo o *Direct Black 22 (DB22)* um dos corantes mais encontrado nas fábricas.

Figura 3 - Municípios que compõem o polo de confecções do Agreste Pernambucano.



Fonte: Imagem adaptada de Mapas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2021).

Tal setor constitui fator de grande impacto social, econômico e ambiental, entretanto, este último está atrelado a desafios como o elevado consumo de água e a geração de efluentes complexos, resistentes à degradação, decorrentes de seus processos produtivos, que acarretam graves problemas ambientais (Aquino Neto, 2011; Imran *et al.*, 2015; Arikian *et al.*, 2019).

2.2. EFLUENTE INDUSTRIAL

2.2.1. Efluente Têxtil

As atividades produtivas da indústria têxtil são responsáveis pela geração e liberação de diferentes compostos poluidores, como emissões atmosféricas (partículas de materiais e compostos orgânicos voláteis), resíduos sólidos (sobras de fios e de tecidos e lodo têxtil) e águas residuais, geralmente chamadas de efluentes têxteis. (Choudhary e Islam, 2017; Lellis *et al.*, 2019).

As características destes efluentes dependem da tecnologia e dos processos industriais utilizados, como também dos tipos de fibras e produtos químicos, como enzimas, detergentes, corantes, ácidos, sais, metais, aditivos, tensoativos, agentes fixadores e outros, empregados ao longo do processo de produção (Borrely *et al.*, 2019; Almeida e Corso, 2019). Por sua vez, tais efluentes têm apresentado aumento da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e da demanda química de oxigênio (DQO), variação do pH, variação de temperatura, presença de sólidos suspensos, e uma intensa e característica coloração, essa configuração das águas residuais têxteis são responsáveis pela depreciação da qualidade da água, levando a um preocupante nível de toxicidade (Borrely *et al.*, 2019, Rosa *et al.*, 2019).

Dentre os principais danos provocados pelos lançamentos de carga de efluente têxtil sem tratamento adequado, podemos destacar a poluição do solo e de corpos hídricos, alterações de características dos recursos naturais, redução da passagem de radiação solar em ambientes aquáticos e danos à saúde humana (Toniollo *et al.*, 2015). Alguns dos compostos presentes nos efluentes por serem de difícil degradação podem ser acumulados nos organismos, processo chamado de biomagnificação, sendo transferidos pela cadeia alimentar, dessa maneira, alguns dos efeitos negativos à saúde

provocados pelo descarte de maneira inadequado de efluente foram relatados como o câncer de rim, câncer de bexiga, câncer de fígado, dermatite de contato, alergias nos olhos, irritação na pele, urticária, doenças respiratórias, irritação de mucosas, distúrbios no sistema nervoso central dentre outros (Tang *et al.*, 2018; Mani *et al.*, 2019).

2.2.2. Descarte de Efluente do Setor Têxtil de Pernambuco

Na região Agreste de Pernambuco onde está inserido o polo têxtil do Estado, estão inseridos o Rio Ipojuca e o Rio Capibaribe, onde suas extensões abrangem os municípios de Caruaru, Toritama e Santa Cruz do Capibaribe. Esses Rios são receptores de grande quantidade de efluente do segmento têxtil local (Da Silva *et al.*, 2015).

O Rio Ipojuca está atualmente classificado como poluído em toda sua extensão, sendo tal condição associada ao lançamento de esgotos domésticos e de resíduos industriais, principalmente pelo descarte das águas residuais das lavanderias (CPRH, 2021). O Rio Capibaribe também se encontra poluído, apresentando elevadas concentrações de amônia, fósforo e coliformes termotolerantes (APAC, 2021; CPRH, 2021), afetado pelo descarte de efluentes, sobretudo pelas lavanderias clandestinas da região, que não utilizam nenhum tipo de tratamento ou tratamentos ineficientes antes da liberação de suas águas residuais (Amaral *et al.*, 2012).

Diante dessa situação, órgãos públicos brasileiros têm adotado ações de monitoramento e fiscalização ambiental, bem como a elaboração de normativas e leis quanto parâmetros de descarte de efluentes nos corpos hídricos. Dessa forma, a Resolução N° 430/2011 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), dispõe de condições e padrões de lançamento de efluentes (Conama, 2011). No Estado de Pernambuco, os principais órgãos de combate à poluição ambiental são a Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), o Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP), e ainda, o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), entretanto, é a CPRH o órgão de fiscalização direta das atividades poluentes no Estado, que atua na concessão de licenças ambientais e

autorizações, monitoramentos e educação ambiental, assim, tendo como ação a inspeção das atividades nas lavanderias do polo de confecções de PE.

Apesar da legislação vigente mitigar o impacto da liberação de efluentes nos corpos hídricos, não regulamenta poluentes considerados emergentes como os corantes sintéticos (Conama, 2011; De Luna *et al.*, 2014). Em decorrência, muitos estudos têm sugerido formas de tratamentos físicos, químicos e biológicos para descoloração de efluentes e diminuição de efeitos negativos sobre o meio ambiente e seres vivos (Mani *et al.*, 2019; Khan *et al.*, 2020).

2.3. CORANTES

Desde o princípio da civilização, a humanidade faz uso de recursos naturais, como plantas e animais, para extração de compostos com capacidade colorante, a fim de atribuir cor a objetos e tecidos. Registros históricos evidenciam tais práticas como uso do índigo, obtido da planta *Indigofera tinctoria*, o Woad, obtido da planta *Isatis tinctoria*, e ainda o corante púrpura real ou púrpura de Tiro, extraído da secreção de glândulas de gastrópodes, sobretudo os da família Muricidae. A utilização de corantes tornou-se tão importante nas práticas humanas, que nos hieróglifos egípcios há descrição dos processos de extração e tingimento (Zanoni e Yamanaka, 2016; Humphrey, 2017; Yusuf *et al.*, 2017). Dessa maneira, foram iniciados estudos para desenvolvimento e obtenção de corantes sintéticos que conferissem maior qualidade, economia e eficiência no processo de tingimento (Almeida *et al.*, 2014).

Ao longo da busca pela produção do corante sintético, alguns trabalhos não foram evidenciados por não haver confiabilidade quanto sua fixação, além disso, os procedimentos da coloração eram, até quando possível, mantidos em segredo entre os tintureiros, uma dessas descobertas foi a de P. Woulfe em 1771, onde ao utilizar ácido nítrico para tratar índigo, obteve ácido pícrico, produzindo um tom de amarelo que posteriormente foi utilizado para tingimento de seda. Em 1856, William H. Perkin ao tentar produzir quinina sintética a partir de alcatrão do carvão descobriu o primeiro corante, registrando como patente sua invenção, estimulando a corrida para descobertas e investimentos em outras substâncias colorantes (Isenmann, 2014; Zanoni e Yamanaka, 2016).

De acordo com a The Ecological and Toxicological Association of Dyes and Organic Pigment Manufacturers (EDTA) (Colour Index, 2021), é estabelecida a seguinte definição para corantes:

Os corantes são substâncias orgânicas intensamente coloridas ou fluorescentes, que conferem cor a um substrato por absorção seletiva de luz. São solúveis e/ ou passam por um processo de aplicação que, pelo menos temporariamente, destrói qualquer estrutura cristalina por absorção, solução e retenção mecânica, ou por ligações químicas iônicas ou covalentes.

2.3.1. Corantes Têxteis

Corantes têxteis representam uma categoria de compostos orgânicos sintéticos obtidos por meio de sínteses químicas, com a finalidade de conferir cor à fibra (Khan e Malik 2014). As moléculas de corantes, podem ser divididas estruturalmente em duas partes, um grupo cromóforo, responsável pela cor emitida pelo composto, e os grupos auxiliares, também chamados de laterais, que são responsáveis pela fixação do corante à fibra (Gürses *et al.*, 2016).

Atualmente são conhecidos mais de 100 mil corantes sintéticos que são comercializados atingindo uma produção de aproximadamente 700 mil toneladas ao longo de um ano (Al-Mamun *et al.*, 2019), dessa forma, o setor têxtil é responsável pela maior parte da produção, uso e descarte de efluentes contendo essas substâncias (Dilarri *et al.*, 2016; Garg e Tripathi, 2017; Santos *et al.*, 2017). Durante a produção e consumo, cerca de 15% a 20% destes corantes são descartados em efluentes, causando diversos problemas ambientais (Almeida e Corso, 2019).

Em geral, os corantes podem se ligar às fibras têxteis, onde tal aderência dependem da natureza do corante e de seus constituintes químicos (Carmem e Daniela 2012; Khan e Malik 2014). Os corantes têxteis apresentam alta aromaticidade e baixa biodegradabilidade, conferindo-lhes potencial de poluentes do meio ambiente (Sarwan *et al.*, 2012), podendo ser visíveis a baixa concentração na água como 1 mg/ L (Sandhya, 2010).

2.3.2. Corantes Azoicos

Os corantes azoicos pertencem à maior família de corantes utilizados pelas indústrias de cosméticos, tintas, plásticos e principalmente no setor têxtil, compreendendo cerca de 70% dos corantes sintéticos que são produzidos (Schmidt *et al.*, 2019). São caracterizados pela presença de uma ou mais ligações azo (-N=N-) na sua estrutura, e pela presença de pelo menos um grupo aromático como radical, o que lhes confere uma ampla diversidade de cor, uma vez que os tons e sua intensidade são determinados por esses grupos laterais (Jadhav *et al.*, 2016). A quantidade de ligações azo na estrutura química do corante é utilizada para sua classificação, podendo ser monoazo, diazo, triazo ou poliazo (Chengalroyen e Dabbs, 2013; Geng *et al.*, 2015).

Apesar de serem intensamente utilizados, os corantes azoicos são potencialmente tóxicos para o meio ambiente e organismos, sendo essa a principal preocupação quanto sua aplicação. A liberação de corante presente nas águas residuais promove a eutrofização do meio, dificultando a penetração da luz solar nas camadas mais profundas, acarretando na redução da taxa fotossintética e conseqüente efeitos negativos à fauna e flora aquática, além disso, pode ocorrer a biomagnificação desses poluentes, ou seja, serem acumulados nos organismos ao longo da teia alimentar, ocasionando danos à saúde humana como efeitos alergênicos e mutagênicos (Carneiro *et al.*, 2010; Saroj *et al.*, 2015; Song *et al.*, 2017).

Os corantes azo apresentam em sua estrutura anéis aromáticos, aminas e grupos sulfônicos, conferindo-lhes resistência à degradação, persistindo no ambiente e afetando a qualidade do solo e de corpos hídricos (Sandhya, 2010; Sinha *et al.*, 2016). Tal conformação estrutural pode sofrer modificações pela variação de temperatura, como também pela ação de micro-organismos, sobretudo por ações enzimáticas (Sen *et al.*, 2016), liberando compostos como aminas aromáticas associadas a processos carcinogênicos (Tang *et al.*, 2018).

De modo geral, a problemática está atrelada a liberação dos corantes em forma de rejeitos industriais. A estabilidade química dos corantes azo, dificulta os processos para remoção do mesmo de águas residuais, e quando não submetido ao tratamento, podem causar problemas ecológicos e de saúde pública (Santos *et al.*, 2017).

2.4. TRATAMENTO DE CORANTES NOS EFLUENTES INDUSTRIAIS TÊXTEIS

O processo industrial do setor têxtil envolve atividades sequenciais de produção, sendo adicionados diferentes químicos ao longo de cada etapa, assim seus efluentes possuem uma grande variação de concentrações desses compostos, que podem conferir risco à saúde de organismos e ao meio que estão inseridos, como já citados anteriormente (Imran *et al.*, 2015; Holkar *et al.*, 2016). Dessa forma, efluentes gerados pelas indústrias têxteis devem receber um tratamento antes da destinação final, para redução das cargas de contaminantes a limites aceitáveis pela legislação ambiental, de maneira que assegure a qualidade do corpo d'água receptor (Conama, 2011). Partindo dessa perspectiva, estudos vêm sendo realizados com diferentes métodos para tratamento desses efluentes, podendo ser destacados processos químicos, físicos e biológicos. Até o momento, não há um único tipo de tratamento que seja completamente eficaz e economicamente viável para ser utilizado no processo de remoção da cor de efluentes têxteis, contudo, estudos tem conduzido avanços para mitigação dessa problemática.

2.4.1. Tratamento por Métodos Físicos e Químicos

Os tratamentos físicos estão fundamentados em processos de separação de fases, seja por centrifugação, filtração, destilação ou por membranas, entretanto, tais procedimentos não degradam os contaminantes, mas transferem para uma outra fase. Por outro lado, os tratamentos químicos baseiam-se na reação do corante com algum composto químico, resultando em outra substância menos prejudicial ao meio ambiente (Mani *et al.*, 2019).

Atualmente, o setor têxtil tem adotado como principal forma de tratamento do efluente uma combinação de processos físicos e químicos, buscando contrabalancear suas vantagens e desvantagens. A técnica chamada de coagulação/ floculação é aplicada para remoção da cor dos efluentes, entretanto, necessita empregar grandes quantidades de sais de ferro ou de alumínio, para obter alta eficiência de descoloração, além disso, gera grande quantidade de lodo (Holkar *et al.*, 2016). Dessa forma, também se emprega o método de

tratamento por lodos ativados, sendo eficaz na redução da matéria biodegradável e de sólidos suspensos, mas ineficiente na remoção da cor (Kadam *et al.*, 2011; Santos *et al.*, 2017).

Outra técnica bastante empregada é remoção da cor por adsorção, pois associa baixo custo a elevadas taxas de remoção, entretanto, este um método não destrutivo, ou seja, apenas transfere o corante da fase líquida (o efluente) para a fase sólida (o carvão por exemplo), gerando um resíduo sólido altamente poluente que necessita de tratamento (Mani *et al.*, 2019).

Já os processos oxidativos avançados (POAs) têm se mostrado muito eficientes na descoloração de efluentes têxteis, baseando-se na geração de radicais livres (OH[•]) altamente reativos, que possui alto poder oxidante promovendo a degradação de compostos poluentes (Ferreira *et al.*, 2018). Apesar de seus resultados satisfatórios, é um método oneroso e produz reações e subprodutos indesejados que podem ser mais tóxicos que a molécula original, como a técnica de ozonização, o que torna necessário o acompanhamento do processo através de testes de toxicidade (Oliveira *et al.*, 2019).

Apesar dos métodos químicos e físicos, como também a técnica em conjunto, apresentarem eficiência de aplicação, não possibilitam resolver totalmente os efeitos da coloração nos efluentes, pois não são métodos específicos, apresentam baixa eficiência, são onerosos (alto custo energético, aplicação de compostos e demandam de estrutura para serem operados), e ainda, por resultam na geração de subprodutos tóxicos e lodos, sendo um entrave crítico do ponto de vista ambiental por levantar outro problema quanto a destinação do lodo. Nesse contexto, pesquisas têm sido direcionadas em busca de alternativas biológicas de tratamento, que sejam sustentáveis, menos custosas, mais eficientes, e que não tenham efeito negativo sobre o ecossistema e à saúde humana (Molla e Khan, 2018; Lellis *et al.*, 2019).

2.4.2. Tratamento por Métodos Biológicos

Pesquisas têm apontado a biorremediação como uma técnica promissora para remoção de corantes dos efluentes têxteis, sendo considerada mais específica, eficiente, ecológica e menos custoso energeticamente, além de resultar na bioconversão parcial ou completa dos contaminantes, portanto,

sendo uma alternativa mais segura do ponto de vista ambiental frente aos impertinentes gerados nos processos físico-químicos abordados anteriormente (Ajaz *et al.*, 2019; Khan *et al.*, 2020).

Segundo Khan *et al.* (2020), esse procedimento consiste no emprego de organismos como bactérias, fungos e algas, podendo transformar os contaminantes presentes no efluente em substâncias pouco tóxicas ou sem nenhuma toxicidade, de acordo com as condições do meio (pH, temperatura, disponibilidade nutritiva, umidade, salinidade e outros) (Sandhya, 2010). Também são descritos tratamentos para descoloração com aplicação de plantas, processo chamado de fitorremediação (Chandanshive *et al.*, 2018).

Nesse contexto, os principais mecanismos envolvidos na remoção de tais compostos pelos micro-organismos são: biodegradação, bioacumulação e bioissorção (Kumar *et al.*, 2018). Na biodegradação ocorre quebra das ligações químicas da substância poluente em questão através de ação enzimática, onde os micro-organismos se utilizam desse composto como fonte energética, convertendo uma molécula complexa em outras mais simples, entretanto, a depender da complexidade metabólica dos micro-organismos, é necessário a adição de indutores para produção de determinada enzima, para então ocorrer a degradação (Almeida e Corso, 2014; Poznyak *et al.*, 2019).

A bioacumulação é um processo baseado na capacidade de absorção da biomassa viva dependente de seu desempenho metabólico, que irá permitir a ligação de diversos tipos de moléculas a serem acumuladas na superfície da célula ou nos sítios ativos do bioissorvente, e de sua tolerância (saturação), estando diretamente relacionada a concentração do poluente, de forma que o crescimento celular é inibido em concentrações muito altas de contaminantes (Kumar *et al.*, 2018).

O mecanismo de bioissorção ocorre por meio da interação entre os grupos funcionais do bioissorvente e os contaminantes, formando complexos a partir de interações físicas e/ou químicas, sobretudo troca iônica, não havendo formação de metabólitos intermediários (Almeida e Corso, 2019). Esse processo pode ser realizado com a biomassa viva ou morta, dessa forma, não depende da utilização de energia metabólica (Beni e Esmaili, 2019).

2.4.3. Aplicação de Fungos na Biorremediação

O emprego de fungos no processo de biorremediação surgiu como alternativa biológica eficaz na degradação de poluentes ambientais, processo chamado de micorremediação. O destaque desses micro-organismos nas pesquisas de recuperação de áreas degradadas, se deve ao fato de produzirem enzimas extracelulares como lacase, peroxidase entre outras, também por sua capacidade de remover uma variedade de corantes têxteis, além da possibilidade de aplicação da biomassa morta, por serem cosmopolitas e possuírem rápida adaptação podendo sobreviver em condições diversas, além disso, os fungos são competentes em metabolizar produtos químicos ambientais e utilizá-los para sobrevivência sem adição de outra fonte de nutrição (Karthik *et al.*, 2019; Singh *et al.*, 2020).

Pesquisas têm mostrado que os fungos filamentosos apresentam um grande potencial biotecnológico devido às suas características metabólicas, sendo capazes de degradar diversos compostos químicos recalcitrantes, como corantes (Bhateria e Dhaka *et al.*, 2019; Barberis *et al.*, 2019; Chen *et al.*, 2019). Dentre os fungos filamentosos utilizados como agentes biorremediadores, destacam-se os do gênero *Aspergillus*, capazes de degradar diferentes corantes, conforme a tabela 1, sendo aplicados principalmente para bioissorver corantes, o que permite utilizar a biomassa viva ou morta como bioissorvente, cujo processo varia conforme estrutura e complexidade do corante (Przystaś *et al.*, 2018).

Tabela 1 - Aplicação do gênero *Aspergillus* para remoção de corantes têxteis.

Fungo	Corante Têxtil	Referência
<i>Aspergillus parasiticus</i>	Reactive Red 198 (RR198)	Akar e colaboradores, 2009
<i>Aspergillus flavus</i>	Reactive Red 198 (RR198)	Esmaeili & Kalantari, 2012
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Reactive Blue 268	Karim e colaboradores, 2017
<i>Aspergillus tamaritii</i>	Reactive Yellow 17	Singh e colaboradores, 2018

<i>Aspergillus niger</i> e <i>Aspergillus terreus</i>	<i>Acid Blue 161</i> e <i>Procion</i> <i>Red MX-5B</i>	Almeida & Corso, 2019
<i>Aspergillus terreus</i> GS28 e <i>Aspergillus flavus</i> CR500	<i>Direct Blue - 1</i>	Singh & Dwivedi, 2021

Fonte: Autor.

Dessa maneira, a aplicação do gênero fúngico *Aspergillus* é uma alternativa promissora para novas investigações e aprofundamento experimental na busca por micro-organismos que contribuam na formação e consolidação de processos de tratamento mais eficientes, menos onerosos e sustentáveis, tornando-os matéria-prima biotecnológica nos processos de biorremediação, como forma de minimizar o gargalo enfrentado na região Agreste de Pernambuco devido o lançamento de efluentes das atividades industriais têxteis nos corpos de água da região.

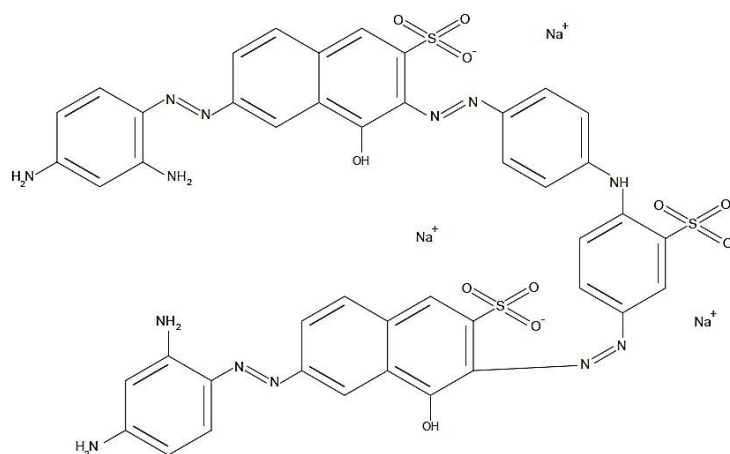
3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. CORANTE TETRA-AZO *DIRECT BLACK 22*

O corante comercial *Direct Black 22* (DB22), Figura 4, foi utilizado na concentração de 50 mg/ L nos ensaios de descoloração, por ser o corante azo mais aplicado nas lavanderias de jeans da região do Agreste Pernambucano (Amorim *et al.*, 2013). O DB22 tem a aparência de um pó de coloração preta sendo solúvel em água (40 g/ L a 90°C), este é adequado para tingimento de fibras celulósicas como algodão, lã, viscose, raiom e papel e apresenta excelente rendimento no tingimento de malha do tipo Jersey e Cotton (Krishnadyes, 2018).

Para aplicação experimental, foi feita uma solução de corante em água deionizada, sendo realizado o ajuste do pH da solução para $11,0 \pm 0,05$ com adição de NaOH 20%, seguido por 1h de aquecimento à 80°C, após o resfriamento da solução, a mesma foi neutralizada a pH $7,0 \pm 0,05$ com HCl (Amorim *et al.*, 2013).

Figura 4 - Especificações do corante tetra-azo *Direct Black 22*.



Fórmula Molecular

$C_{44}H_{32}N_{13}Na_3O_{11}S_3$

Peso Molecular

1083,97 [g/mol]

Fonte: Adaptado de Amorim *et al.* (2013).

3.2. MICRO-ORGANISMOS

Três cepas fúngicas do gênero *Aspergillus*, *A. japonicus* (URM 5620), *A. niger* (URM 5741) e *A. niger* (URM 5838), foram obtidas da coleção da Micoteca

URM do Departamento de Micologia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil, sendo mantidas em Czapek Dox Agar (Himedia ®).

Tabela 2 - Descrição das cepas de fungos filamentosos testadas na descoloração do corante têxtil *Direct Black 22*.

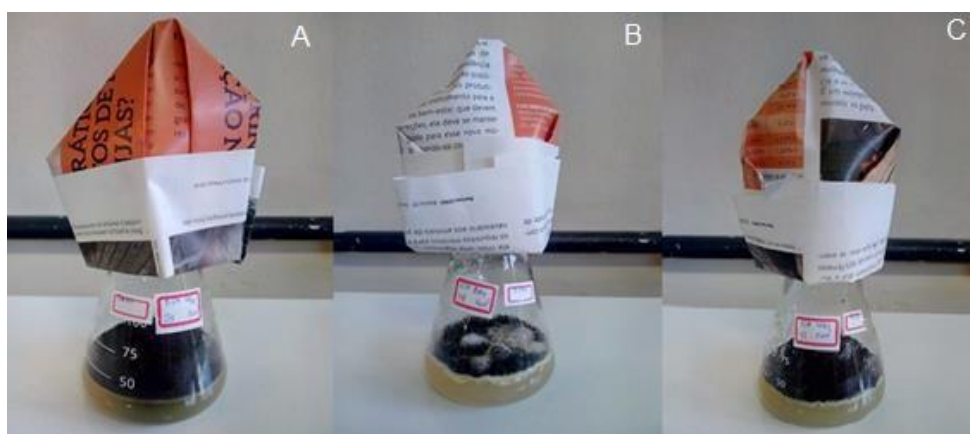
Código	Identificação	Local de Isolamento	Ano de Depósito
5620	<i>Aspergillus japonicus</i>	Torta de Mamona Industrial	2007
5741	<i>Aspergillus niger</i>	Torta de Mamona Industrial	2008
5838	<i>Aspergillus niger</i>	Torta de Mamona Industrial Desengordurada por Bioprocesso	2008

Fonte: Autor

3.3. CONDIÇÕES DE CRESCIMENTO DOS FUNGOS

Para o crescimento, os fungos foram reativados em tubos de ensaio contendo meio Batata Dextrose Ágar (BDA) (KASVI®) e incubados em câmara BOD (Biochemical Oxygen Demand) a 30°C durante 120 horas. Para repique, os esporos foram então inoculados em erlenmeyers de 125 mL contendo 50 mL de meio Batata Dextrose Ágar (BDA) (KASVI®), conforme a Figura 5, e incubados em câmara BOD (Biochemical Oxygen Demand) a 30°C, durante 120 horas para obtenção dos esporos a serem padronizados.

Figura 5 - Crescimento dos fungos *A. japonicus* URM 5620 (A), *A. niger* URM 5741 (B) e *A. niger* URM 5838 (C) em meio Batata Dextrose Ágar sob 30°C, após 120 horas.



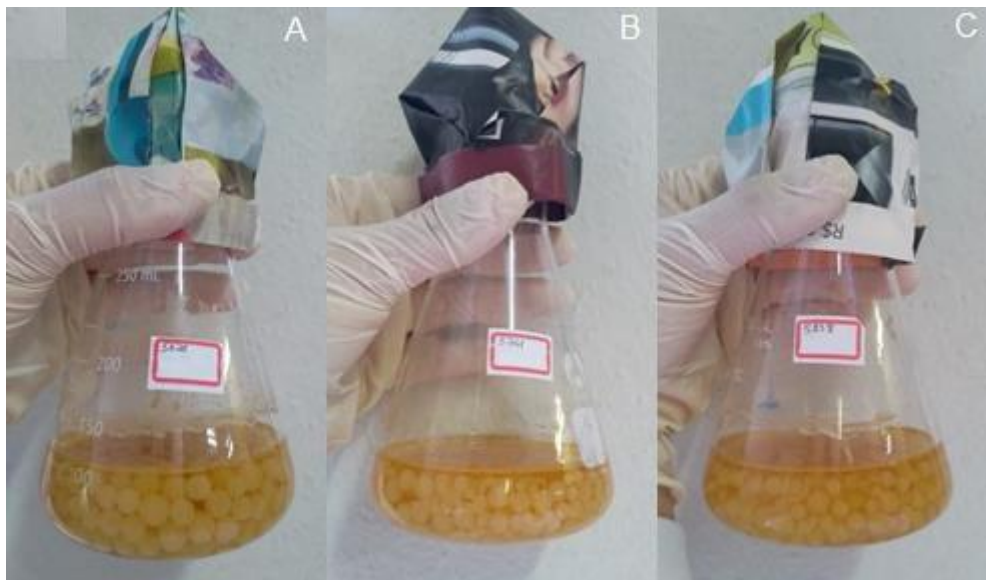
Fonte: Autor.

3.4. OBTENÇÃO DA BIOMASSA FÚNGICA

Após 120 horas de crescimento, os esporos foram suspendidos em solução contendo NaCl a 0,9% (m.v⁻¹) e Tween 80 a 0,05% (v.v⁻¹). Em seguida, foi transferido 20 µL da solução suspensa para a Câmara de Neubauer, sendo realizada uma contagem dos esporos para padronização final de concentração a 10⁴ UFC/µL. Para determinar a contagem dos esporos por mL, foram determinados os esporos presentes no quadrante central, em suas extremidades e no ponto central, sob microscópio óptico. Por fim, foi calculada a razão entre o volume final trabalhado e o número de esporos multiplicado por 5 (quantidade de quadrantes observados).

Após padronização, os esporos foram inoculados em erlenmeyers de 250 mL contendo 100 mL de caldo glicosado (20 g/ L de glicose, 10 g/ L de extrato de carne, 3 g/ L de peptona), sendo posteriormente incubados a 30°C em agitação (120 RPM) durante 96 horas, obtendo o aspecto peletizado como apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Biomassa dos fungos *A. japonicus* URM 5620 (A), *A. niger* URM 5741 (B) e *A. niger* URM 5838 (C) após incubação a 30°C, sob agitação de 120 RPM, durante 96 horas.



Fonte: Autor.

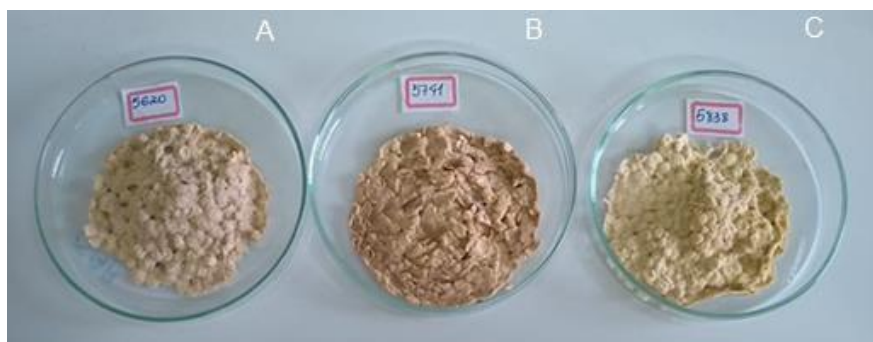
3.5. PROCESSO DE DESCOLORAÇÃO E SCREENING DOS FUNGOS FILAMENTOSOS

As etapas anteriormente descritas foram realizadas para as três cepas de fungos filamentosos. Após quatro dias (96 horas) de fermentação, a biomassa foi lavada com água deionizada, e filtrada em papel filtro, por meio de uma bomba a vácuo, observar a Figura 7. Logo após 96 horas de fermentação, a biomassa foi submetida a autoclave durante 30 minutos para obtenção da biomassa morta.

Posteriormente a biomassa foi pesada para valores de 1 g e 3 g, sendo transferidas para erlenmeyers de 250 mL, onde foram adicionados 90 mL de água deionizada para hidratação da biomassa e acrescido 10 mL da solução de corante *Direct Black 22* (50 mg/ L), o controle era composto apenas de 90 mL de água deionizada acrescido de 10 mL da solução de corante, em seguida foram colocados em incubadora de agitação a 120 RPM e temperatura ambiente, sendo monitorados durante 2 horas. Foram retiradas alíquotas de 1 mL ainda no primeiro minuto e em seguida a cada 10 minutos durante a primeira e segunda hora de experimento para leitura da absorbância. Todas as alíquotas obtidas ao longo de 120 minutos de ensaio, foram submetidas a leitura no espectrofotômetro UV/VIS no comprimento de onda (λ) de 475 nm, referente ao corante *DB22*.

Esse processo foi realizado para biomassa viva (ativa) e biomassa morta (inativa). Todos os experimentos foram realizados em triplicatas para as três cepas fúngicas e a média das triplicatas foi expressa em termo de porcentagem de descoloração.

Figura 7- Biomassa dos fungos *A. japonicus* URM 5620 (A), *A. niger* URM 5741 (B) e *A. niger* URM 5838 (C), após filtração na bomba a vácuo.



Fonte: Autor.

3.6. DETERMINAÇÃO DO COMPRIMENTO DE ONDA DO *DIRECT BLACK 22* POR ESPECTROFOTOMETRIA DE VARREDURA

Para identificar o comprimento de onda correspondente ao corante *Direct Black 22*, foi feita a espectrofotometria de varredura entre os comprimentos de onda simples de $\lambda = 330 - 1000$ nm em espectrofotômetro UV/VIS Ultrospec™ 7000 (Ge Healthcare), a fim de obter a máxima absorbância do corante, utilizando água destilada como referência.

O comprimento de onda correspondente ao corante *Direct Black 22* encontrado a partir da absorbância foi de 475 nm.

3.7. ANÁLISE DO PROCESSO DE DESCOLORAÇÃO

As amostras obtidas ao longo de 120 minutos de experimentação, foram centrifugadas durante 10 minutos a 10.000 RPM, e em seguida os sobrenadantes foram analisados por espectrofotometria UV-VIS Ultrospec™ 7000 (Ge Healthcare) em comprimento de onda simples a partir do comprimento de onda do corante (475 nm), utilizando água destilada como referência. As interpretações espectrais seguiram análises de comparação entre o espectro obtido da solução do corante antes e após o tratamento realizado. Os resultados para a taxa de descoloração da solução de corante foram determinados segundo Govindwar e colaboradores (2014), seguindo a fórmula:

$$\text{Descoloração (\%)} = [(A_i - A_t) / A_i] \times 100 \quad (I)$$

Onde, A_i é a absorbância inicial do corante e A_t a absorbância ao longo do tempo.

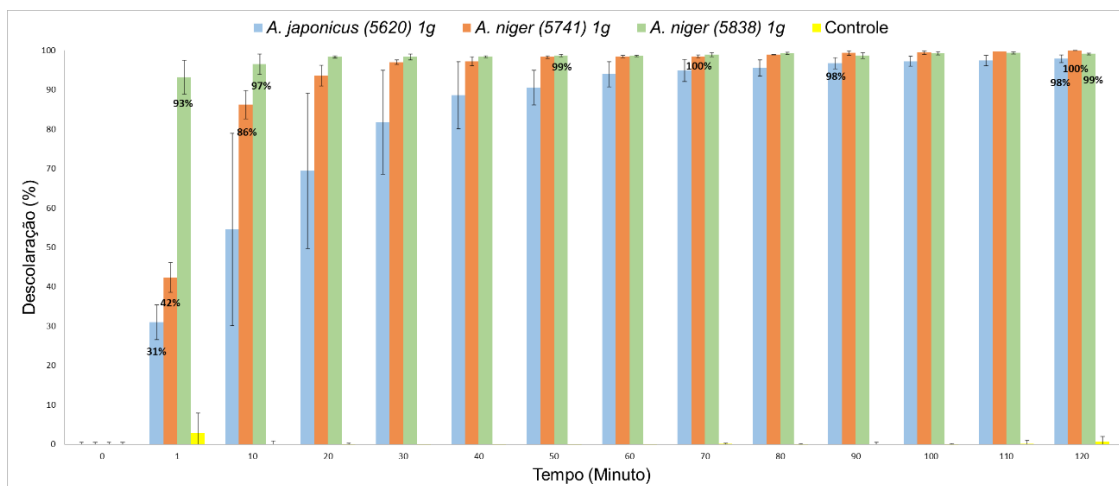
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. SCREENING DOS FUNGOS NO PROCESSO DE DESCOLORAÇÃO DO *DIRECT BLACK 22*

Foram analisadas três cepas fúngicas de *Aspergillus*, biomassa viva (1 g), quanto ao seu potencial e desempenho na descoloração da solução do corante *Direct Black 22* (50 mg/ L).

Ainda no primeiro minuto de experimento é notória a diferença de remoção do corante entre as três cepas fúngicas (*Aspergillus japonicus* (URM 5620), *Aspergillus niger* (URM 5741) e *Aspergillus niger* (URM 5838)). Sendo observado para 1 g de biomassa viva, conforme Figura 8, percentuais de descoloração de $31\% \pm 4,43$, $42\% \pm 3,73$ e $93\% \pm 4,30$ para *A. japonicus* (URM 5620), *A. niger* (URM 5741), *A. niger* (URM 5838), respectivamente. Ao longo do tempo foi visto um aumento na taxa de descoloração seguido de uma estabilização, de forma que, *A. japonicus* (URM 5620) ($98\% \pm 1,45$), *A. niger* (URM 5741) ($100\% \pm 0,34$), *A. niger* (URM 5838) ($99\% \pm 0,28$), alcançam sua descoloração máxima aos 90, 70 e 50 minutos, respectivamente.

Figura 8 - *Screening* de descoloração do corante têxtil *Direct Black 22* (50 mg/ L) por fungos filamentosos do gênero *Aspergillus* após 2 horas de monitoramento, empregando biomassa viva (1 g) e agitação (120 RPM). λ_{\max} DB22 = 475 nm.



Fonte: Autor.

Foi possível observar que no minuto inicial de descoloração o *A. niger* (URM 5838) apresentou uma descoloração mais rápida, seguido do *A. niger* (URM 5741) que aos 30 minutos de ensaio diminuiu significativamente essa diferença de porcentagem de descoloração, $97\% \pm 0,58$ com *A. niger* (URM 5741) e $98\% \pm 0,74$ com *A. niger* (URM 5838), atingindo $100\% \pm 0,0$ e $99\% \pm 0,24$, respectivamente, ao longo de 120min. Portanto, ambos fungos foram selecionados para avaliação da remoção do *DB22* em diferentes quantidades de biomassa.

Demais estudos demonstram a aplicação de diferentes espécies do *Aspergillus* na biorremediação, como na pesquisa de Araújo e colaboradores (2013), comparando as espécies *Aspergillus terreus* e *Aspergillus sclerotium* na descoloração do corante *Índigo Carmim*, onde *A. terreus* descoloriu 100% do corante nas primeiras 120 horas, enquanto *A. sclerotium* atingiu a máxima remoção apenas com 10 dias. Em contrapartida, no presente estudo em apenas 2 horas de experimento foi obtida uma remoção de $100\% \pm 0,0$ do corante *DB22* empregando o *A. niger* (URM 5741), e de forma semelhante Araújo e colaboradores (2013) também observaram que as espécies de *Aspergillus* necessitam de diferentes intervalos de tempo para apresentar satisfatórias porcentagens de remoção de corantes.

Apesar do gênero fúngico em questão ser um dos mais relatados na literatura, outros fungos também são estudados quanto sua aplicação na remoção de corantes têxteis. Ao empregar *Penicillium F2* e *Penicillium F4* na remoção do corante *Azul Algodão Lactofenol*, Almeida e colaboradores (2018) observaram uma taxa de remoção de 45,6% e 28,12%, respectivamente, ao longo de 24 horas, sob agitação de 150 RPM e temperatura ambiente. Em 120 horas de ensaio foi visto uma porcentagem de descoloração de 70% e 45,62% para *Penicillium F2* e *Penicillium F4*, respectivamente, demonstrando um aumento na taxa de remoção da cor. Apesar de empregar maior período de experimento, Almeida e colaboradores (2018) não obtiveram resultados superiores ao trabalho presente.

4.2. INFLUÊNCIA DA QUANTIDADE DE BIOMASSA NA REMOÇÃO DO *DIRECT BLACK 22* POR *Aspergillus niger* URM 5741 E URM 5838

As cepas fúngicas de *Aspergillus* selecionadas, foram aplicadas para avaliação quanto a interferência da quantidade de biomassa no processo de remoção do corante. Dessa forma, as cepas de *Aspergillus niger* foram empregadas com diferentes valores de biomassa viva (1 g e 3 g) na descoloração do corante *Direct Black 22* (50 mg/ L).

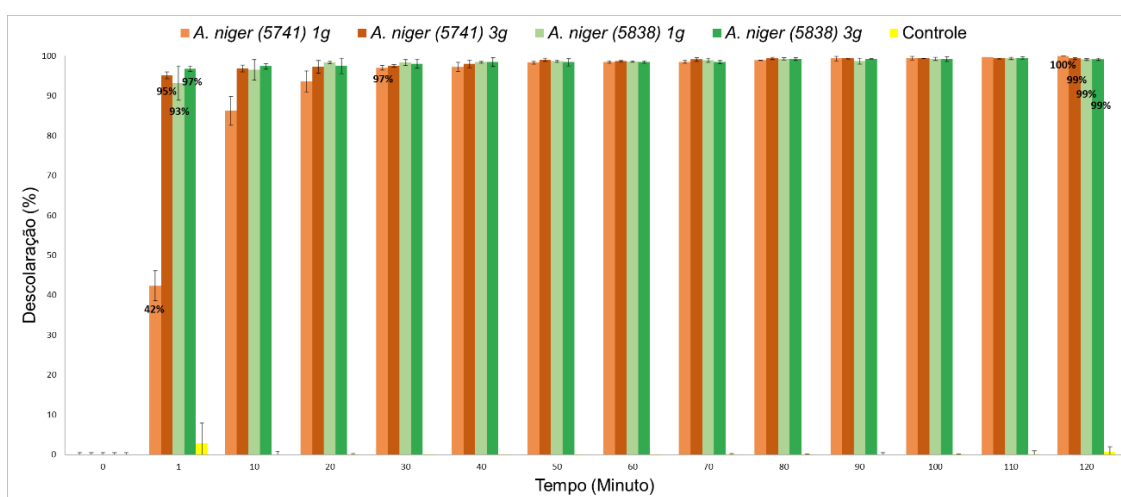
No primeiro minuto foi observado uma diferença na remoção do *DB22* para os diferentes valores de biomassa de *A. niger* (URM 5741), conforme a Figura 9, apresentando taxa de descoloração de $42\% \pm 3,73$ e $95\% \pm 0,87$ para 1 g e 3 g, respectivamente. Já para *A. niger* (URM 5838) essa diferença é menor, apresentando taxa de descoloração de $93\% \pm 4,30$ e $97\% \pm 0,66$ para 1 g e 3g de biomassa, respectivamente, no primeiro minuto. Apesar do ensaio utilizando 1g de biomassa de *A. niger* (URM 5741) ter apresentado menor descoloração inicialmente, este removeu $97\% \pm 0,58$ do corante após 30 minutos, atingindo o equilíbrio de descoloração em paralelo aos demais ensaios. Essa diferença na remoção do corante ao elevar a quantidade de biomassa também foi percebida por Akar e colaboradores (2009), que ao empregar *A. parasiticus* na remoção do corante *Reactive Red 198 (RR198)* observou aumento de 29,40% para 98,57%, aumentando de 0,4 g/ L para 2 g/ L de biomassa respectivamente.

Quando comparadas as diferentes cepas de *A. niger* para os mesmos valores de biomassa, foi observado que *A. niger* (URM 5838) apresentou maiores porcentagens na remoção do *DB22* tanto para 1 g ($93\% \pm 4,30$) como 3 g ($97\% \pm 0,66$) ainda no primeiro minuto de experimento, atingindo um platô de descoloração em 50 minutos e 80 minutos para 1 g ($99\% \pm 0,28$) e 3 g ($99\% \pm 0,37$) respectivamente. Apesar disso, *A. niger* (URM 5741) demonstrou um aumento na taxa de descoloração ao longo do tempo, seguido do mesmo comportamento de estabilização na remoção do *DB22* em 110 minutos e 50 minutos para 1 g ($100\% \pm 0,42$) e 3 g ($99\% \pm 0,41$) respectivamente.

Semelhante resultado foi observado por Mahmoud e colaboradores (2017), que ao empregar *A. niger* (3,5 g) para investigar o efeito do tempo de contato na remoção do corante *Direct Red Azo* (500 mg/ L), observou que a taxa de remoção de cor aumentou rapidamente até atingir a remoção máxima de

corante de 99,16% aos 105 min. Depois de 120 minutos, a eficiência de remoção permaneceu quase constante, de forma que, no tempo seguinte não houve mudança considerável observada na taxa de remoção do corante. Esse comportamento pode ser explicado devido à diminuição nos locais de adsorção na superfície adsorvente, devido a compactação micelial fúngica que ocorre na presença de uma maior quantidade de biomassa, reduzindo a superfície de contato da biomassa com o corante (Almeida e Corso, 2019).

Figura 9 - Remoção do corante têxtil *Direct Black 22* (50 mg/ L) utilizando biomassa viva (1 g e 3 g) dos fungos selecionados com maior potencial para biorremediação do corante, durante 2 horas de monitoramento sob agitação (120 RPM). $\lambda_{\max}DB22 = 475 \text{ nm}$.



Fonte: Autor.

Portanto, embora a utilização de 3 g de biomassa tenha apresentado maior porcentagem de remoção do corante *DB22*, tais fungos não demonstraram o comportamento de eficiência esperado no processo de descoloração. E, por não apresentar significativa diferença nos resultados finais com o aumento da quantidade de biomassa para remoção do *DB22* na concentração de 50 mg/ L, conforme as condições de experimento do presente trabalho, para ensaio de biomassa ativa e inativa, foi mantida a utilização de 1 g de biomassa fúngica.

4.3. EFICIÊNCIA DE DESCOLORAÇÃO DO *DB22* USANDO BIOMASSA VIVA E MORTA DE *A. niger* URM 5741 E URM 5838

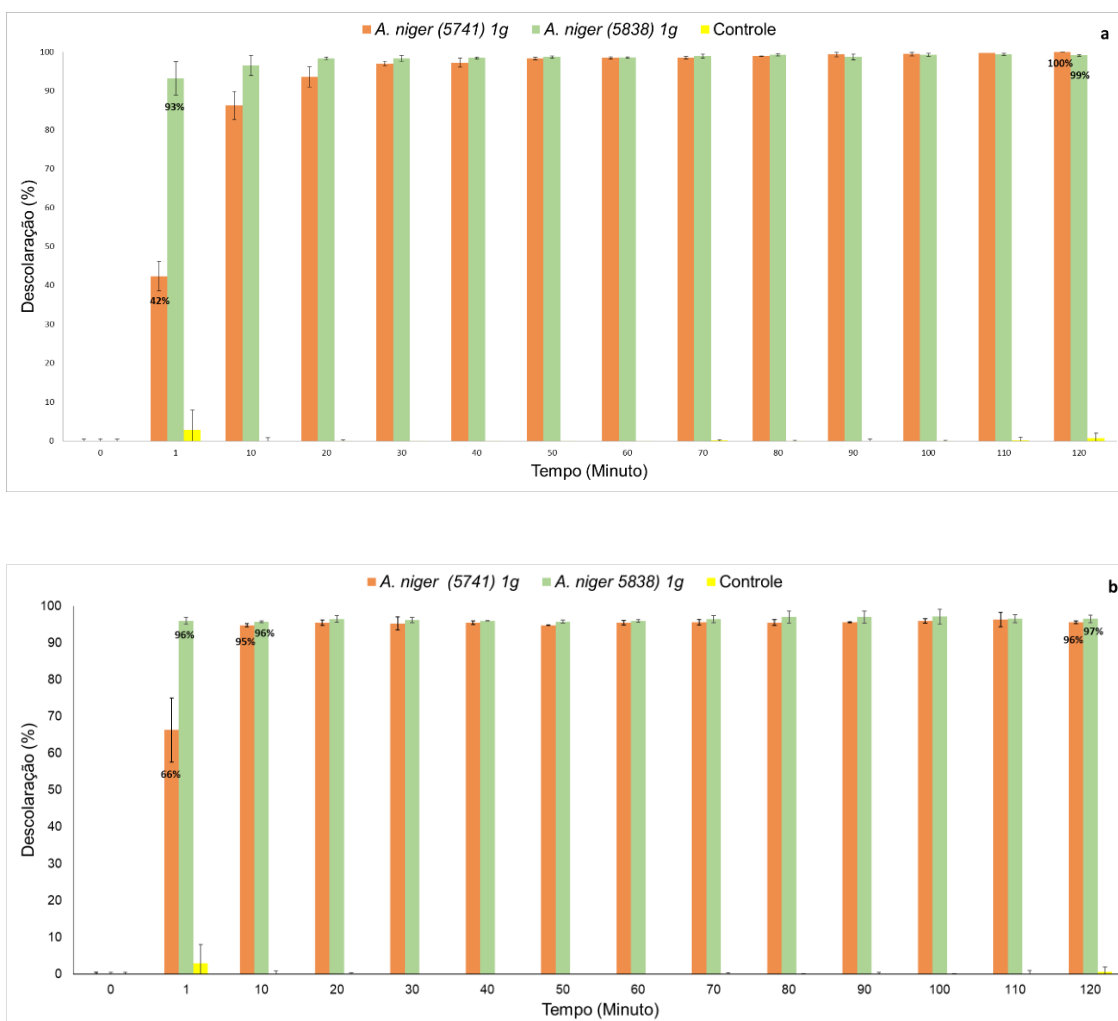
A fim de analisar a capacidade adsortiva das duas cepas de *Aspergillus* selecionadas na eficiência de remoção do *DB22* (50 mg/ L), foi empregado 1 g de biomassa morta das cepas fúngicas. Onde foi observado, conforme a Figura 10, ainda no primeiro minuto de experimento uma remoção do corante $66\% \pm 8,72$ e $96\% \pm 0,92$ para *A. niger* (URM 5741) e *A. niger* (URM 5838), respectivamente, com biomassa inativa.

Após 120 minutos de experimentação, obteve-se uma máxima taxa de remoção do *DB22* de $100\% \pm 0,00$ e $99\% \pm 0,24$ para biomassa viva de *A. niger* (URM 5741) e *A. niger* (URM 5838), respectivamente. Já para biomassa morta, observou-se uma taxa de remoção de $96\% \pm 0,33$ e $97\% \pm 1,05$ para *A. niger* (URM 5741) e *A. niger* (URM 5838), respectivamente.

Ao final do experimento da análise comparativa de descoloração entre biomassa ativa e inativa, foi possível observar maior eficiência utilizando biomassa ativa. Esse comportamento pode ser explicado devido a possível produção de enzimas pelas cepas de *Aspergillus*, conforme relatado por Singh e Dwivedi (2020) que ao investigar a capacidade de biodegradação do azo corante *Direct Blue-1* pelo *A. terreus* GS28 obteve resultados de atividade enzimática de lacase e peroxidase de manganês. Portanto, as cepas fúngicas do presente estudo podem estar realizando uma degradação enzimática do corante *DB22*, assim, promovendo que tal biomassa viva atinja os maiores percentuais de remoção da cor.

Apesar disso, a biomassa inativa apresentou porcentagem de descoloração mais elevada nos minutos iniciais de ensaio, isso pode ter ocorrido devido ao rompimento das biomassas fúngicas por autoclavagem, ocasionando o aumento da área superficial e da porosidade das partículas e, assim, expondo sítios de ligação, consequentemente aumentando a adsorção do corante (Khalaf, 2008). Por conseguinte, tais resultados demonstram que as cepas de *Aspergillus* utilizadas no presente estudo possuem potencial descolorante empregando diferentes mecanismos no biotratamento do corante *Direct Black 22*.

Figura 10 - Eficiência da descoloração do corante têxtil *Direct Black 22* (50 mg/ L) utilizando biomassa viva (a) e morta (b) (1 g) dos fungos selecionados, durante 2 horas de monitoramento sob agitação (120 RPM). λ_{\max} DB22 = 475 nm.



Fonte: Autor.

Os resultados do presente estudo comprovam a eficiente capacidade descolorante do gênero *Aspergillus*, tanto para biomassa ativa como inativa. A literatura relata que em mecanismos de descoloração que envolvem processos enzimáticos, em geral, necessitam de curto intervalo de tempo (em torno de 24 horas) para descoloração (YANG et al., 2005). Já nos processos de bioacumulação ou biorredução, necessitam de um maior intervalo de incubação para que ocorra efetivamente a descoloração (DÖNMEZ, 2002; AKSU, 2003). No entanto, este trabalho demonstrou resultados de remoção do corante com uma porcentagem muito próxima a máxima descoloração com apenas 2 horas

de ensaio mesmo com a utilização da biomassa inativa, demonstrando a potencialidade das cepas fúngicas de *Aspergillus*.

5. CONCLUSÃO

Devido a extensiva utilização do corante *Direct Black 22 (DB22)* em cidades do polo têxtil de confecção do Agreste Pernambucano como Caruaru, Toritama e Santa Cruz do Capibaribe, o estudo proposto demonstrou a capacidade de *Aspergillus* em remover o *DB22* em solução aquosa sob agitação, sem condições controladas de pH e temperatura, e com diferentes concentrações de biomassa (1 g e 3 g). Foi visto uma máxima descoloração com apenas 1 g de biomassa fúngica em 120 minutos, removendo completamente o corante tetra-azo de difícil remoção. De maneira que, as cepas de *A. niger* (URM 5741 e URM 5838) apresentaram os melhores resultados de descoloração sendo selecionadas para avaliação da influência da quantidade de biomassa na remoção do *DB22*.

Apesar de observado ainda no minuto inicial uma alta taxa de remoção do *DB22* com 3 g de biomassa fúngica ($95\% \pm 0,87$ e $97\% \pm 0,66$ para *A. niger* URM 5741 e *A. niger* URM 5838, respectivamente), nos minutos seguintes é atingido um platô de descoloração. De forma que, o ensaio com 1 g de biomassa além de reduzir a diferença dos resultados de descoloração, ao final do experimento atingiu valores de $100\% \pm 0,00$ e $99\% \pm 0,24$ para *A. niger* (URM 5741) e *A. niger* (URM 5838), respectivamente. Portanto, o emprego de 1 g de biomassa fúngica demonstrou satisfatório resultado de descoloração ao apresentar máxima porcentagem de descoloração com similar tempo de ensaio, logo, foi mantido o valor de biomassa de 1 g para comparação de descoloração com biomassa ativa e inativa.

A partir da análise comparativa de remoção do *DB22* com biomassa ativa e inativa, ao final do experimento foi visto maior eficiência utilizando biomassa ativa, $100\% \pm 0,00$ e $99\% \pm 0,24$ para *A. niger* (URM 5741) e *A. niger* (URM 5838), respectivamente. Em contrapartida, a biomassa inativa apresentou porcentagem de descoloração mais elevada nos minutos iniciais de ensaio, $66\% \pm 8,72$ e $96\% \pm 0,92$ para *A. niger* (URM 5741) e *A. niger* (URM 5838), respectivamente, demonstrando que ambas condições de biomassa são eficientes para remoção de corante têxtil utilizando tais cepas de *Aspergillus*.

Na totalidade do estudo, é notório que o *A. niger* (URM 5838) apresentou melhores resultados frente as demais cepas fúngicas ainda no primeiro minuto de ensaio, apesar disso, ao longo do tempo a cepa de *A. niger* (URM 5741) não só diminuiu a diferença na taxa de remoção do *DB22* em comparação ao *A. niger* (URM 5838), como ao final do experimento apresentou as maiores porcentagens de descoloração. Dessa maneira, ambas cepas fúngicas apresentam-se como potenciais micro-organismos para posterior aplicação na remoção de corante em efluentes têxteis.

Em síntese, a metodologia utilizada neste trabalho, para o processo de tratamento de corante têxtil a partir do emprego do micro-organismo, pode corroborar como uma importante ferramenta mitigadora dos impactos causados pelo lançamento de forma inadequada de efluentes têxteis, possibilitando a reutilização de água do setor, beneficiando, não somente o meio ambiente, como também as indústrias, que ao fazer o reuso, reduzem custos com a obtenção da água. Portanto, os próximos passos são ensaios diretamente aplicados com efluentes para avaliação do comportamento de tais cepas fúngicas em remover o corante têxtil estando em meio que contém outros compostos, a fim de se entender o comportamento do fungo e estabelecer condições como DQO, DBO, turbidez, pH entre outros padrões previstos na resolução do CONAMA a partir da aplicação do *Aspergillus*, permitindo a reutilização da água.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA DE PERNAMBUCO DE ÁGUAS E CLIMAS - APAC. **Plano Hidroambiental da Bacia do Rio Capibaribe – PHA Capibaribe**. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/>>. Acesso em: 13 de abr. 2021.

AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE DE PERNAMBUCO - CPRH. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/Controle_Ambiental/monitoramento/qualidade_da_gua/bacias_hidrograficas/resultados_monitoramento_bacias/bacia_do_rio_ipojuca/41787%3B60926%3B480301020310%3B0%3B0.asp>. Acesso em: 13 de abr. 2021.

AGRESTE TEX: FEIRA DE TECNOLOGIAS PARA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÕES - AGRESTE TEX, 2019. **Entenda a influência do polo têxtil no agreste pernambucano**. Disponível em: <<https://agrestetex.com.br/entenda-a-influencia-do-polo-textil-no-agreste-pernambucano/>>. Acesso em 8 de mar. 2021.

AJAZ, M.; SHAKEEL, S.; REHMAN, A. Microbial use for azo dye degradation— a strategy for dye bioremediation. **International Microbiology**, p. 1-11, 2019.

AKAR, S. Tunali; AKAR, TAMER; ÇABUK, A. Decolorization of a textile dye, Reactive Red 198 (RR198), by *Aspergillus parasiticus* fungal biosorbent. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 26, p. 399-405, 2009.

AKSU, Z. Reactive dye bioaccumulation by *Saccharomyces cerevisiae*. **Process Biochemistry**, v. 38, n. 10, p. 1437-1444, 2003.

AL-MAMUN, M. R. et al. Photocatalytic activity improvement and application of UV-TiO₂ photocatalysis in textile wastewater treatment: A review. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 7, n. 5, p. 103248, 2019.

ALMEIDA, E. J. R.; CORSO, C. R. Comparative study of toxicity of azo dye Procion Red MX-5B following biosorption and biodegradation treatments with the fungi *Aspergillus niger* and *Aspergillus terreus*. **Chemosphere**, v. 112, p. 317-322, 2014.

ALMEIDA, L. M. S.; MIRANDA, R. C. M.; GOMES, W. Seleção de fungos quanto à capacidade de utilização de corantes. **Revista Ceuma Perspectivas**, v. 31, p. 86-100, 2018.

ALMEIDA, E. J. R.; CORSO, C. R. Decolorization and removal of toxicity of textile azo dyes using fungal biomass pelletized. **International journal of environmental science and technology**, v. 16, n. 3, p. 1319-1328, 2019.

AMARAL, M. V. et al. A questão ambiental no Polo de Confeções de Caruaru: um primeiro ensaio à luz dos instrumentos econômicos de proteção ambiental. **Estudos do CEPE**, n. 35, p. 108-132, 2012.

AMORIM, SANDRA M. et al. Influence of redox mediators and electron donors on the anaerobic removal of color and chemical oxygen demand from textile effluent. **CLEAN–Soil, Air, Water**, v. 41, n. 9, p. 928-933, 2013.

AQUINO NETO, S. et al. Tratamento de resíduos de corante por eletrofloculação: Um experimento para cursos de graduação em química. **Química Nova**, v.34, n.8, p.1468-1471, 2011.

ARAÚJO, G. R.; BEZERRA, J. D. P.; FREIRE, K. T. L. S.; PAIVA, L. M.; SOUZA MOTTA, C. M.; MALOSSO, E.; SILVA, D. C. V. **Descoloração do corante têxtil índigo carmine por espécies de *Aspergillus***. I CONICBIO / II CONABIO / VI SIMCBIO, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, PE, Vol. 2, 2013.

ARAUJO, W. C. et al. Estudo socioeconômico do Polo de Confeções no Agreste de Pernambuco: uma análise descritiva e exploratória/Socioeconomic study of the clothing pole from the Agreste Pernambucano: a descriptive and exploratory analysis. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 26812-26826, 2019.

ARIKAN, E. B. et al. Investigation of immobilized filamentous fungi for treatment of real textile industry wastewater using up flow packed bed bioreactor. **Bioresource Technology Reports**, v. 7, p. 100197, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO – ABIT, 2020. **Artigo: A indústria têxtil e de confecção no Carnaval**. Disponível em: <<https://www.abit.org.br/noticias/artigo-a-industria-textil-e-de-confeccao-no-carnaval>>. Acesso em: 14 de mai. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO - ABIT. **Perfil do Setor**. Disponível em: <<https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>>. Acesso em 14 de mai. 2021.

BARBERIS, C. L. et al. Development and removal ability of non-toxicogenic *Aspergillus* section Flavi in presence of atrazine, chlorpyrifos and endosulfan. **Revista Argentina de microbiologia**, v. 51, n. 1, p. 3-11, 2019.

BENI, A. A.; ESMAEILI, A. Biosorption, an efficient method for removing heavy metals from industrial effluents: A Review. **Environmental Technology & Innovation**, 2019.

BHATERIA, R.; DHAKA, R. Optimization and statistical modelling of cadmium biosorption process in aqueous medium by *Aspergillus niger* using response surface methodology and principal component analysis. **Ecological Engineering**, v. 135, p. 127-138, 2019.

BORRELY, S. I. et al. Electron beam irradiation of textile effluents and nonionic ethoxylated surfactant for toxicity and color removal. **Brazilian Journal of Radiation Sciences**, v. 7, n. 2a, p. 01-10, 2019.

BRAGA, R. A. P. et al. Águas de Areias. 1 ed. Recife: **Editora Ane**, 2016.

BRÜSCHWEILER, B. J.; MERLOT, C. Azo dyes in clothing textiles can be cleaved into a series of mutagenic aromatic amines which are not regulated yet. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 88, p. 214-226, 2017.

CARMEN, Z.; DANIELA, S. Textile organic dyes—characteristics, polluting effects and separation/elimination procedures from industrial effluents—a critical overview. In: **Organic Pollutants Ten Years After the Stockholm Convention-Environmental and Analytical Update**. InTech: Croatia, p. 55-81, 2012.

CARNEIRO, P. A. et al. Assessment of water contamination caused by a mutagenic textile effluent/dyehouse effluent bearing disperse dyes. **Journal of hazardous materials**, v. 174, n. 1-3, p. 694-699, 2010.

CESA, F. S.; TURRA, A.; BARUQUE-RAMOS, J. Synthetic fibers as microplastics in the marine environment: a review from textile perspective with a focus on domestic washings. **Science of the Total Environment**, v. 598, p. 1116-1129, 2017.

CHANDANSHIVE, V. V. et al. In situ phytoremediation of dyes from textile wastewater using garden ornamental plants, effect on soil quality and plant growth. *Chemosphere*. v. 210, p. 968-976, 2018.

CHEN, S. H. et al. Biodegradation of Triphenylmethane Dyes by Non-white Rot Fungus *Penicillium simplicissimum*: Enzymatic and Toxicity Studies. **International Journal of Environmental Research**, v. 13, n. 2, p. 273-282, 2019.

Chengalroyen, M. D., Dabbs, E. R. The microbial degradation of azo dyes: minireview. **World Journal Microbiology and Biotechnology**, v. 29, p. 389-399, 2013.

CHOUDHARY, M. P.; ISLAM, S. Assessment of Environmental Impacts during Operational Phase of a Textile Industry. **International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)**, v. 04, p. 22-26, 2017.

COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO - COMPESA. Disponível em: <https://servicos.compesa.com.br/calendario-de-abastecimento-da-compesa/>. Acesso em: 30 de mar. 2021.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 2011. **Resolução Nº 430**. Disponível

em:<<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 13 de mai. 2021.

DA SILVA, V. A. F.; DE OLIVEIRA, R. A.; DE QUEIRÓZ, É. W. L. Instrumentos econômicos ambientais: estudo de caso em municípios pertencentes ao pólo de confecções da região agreste do estado de Pernambuco. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 1, p. 31-48, 2015.

DE LIMA, L. R. et al. Um Estudo Sobre a Gestão Ambiental e Operacional das Lavanderias Têxteis do Pólo de Confecções do Agreste de Pernambuco. **Veredas Favip-Revista Eletrônica de Ciências**, v. 7, n. 1, p. 29-49, 2014.

DE LUNA, L. A. V. et al. Aquatic toxicity of dyes before and after photo-Fenton treatment. **Journal of hazardous materials**, v. 276, p. 332-338, 2014.

DILARRI, G. et al. Removal of Dye Toxicity from an Aqueous Solution Using an Industrial Strain of *Saccharomyces Cerevisiae* (Meyen). **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 227, p. 269, 2016.

DÖNMEZ, Gönül. Bioaccumulation of the reactive textile dyes by *Candida tropicalis* growing in molasses medium. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 30, n. 3, p. 363-366, 2002.

DOS SANTOS, E. C.; HELAL, D. H. O moderno e o tradicional no Agreste de pernambuco. **Ciência & Trópico**, v. 42, n. 1, 2018.

ESMAEILI, A.; KALANTARI, M. Bioremoval of an azo textile dye, Reactive Red 198, by *Aspergillus flavus*. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 28, n. 3, p. 1125-1131, 2012.

FEIRA BRASILEIRA PARA A INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO - FEBRATEX. **Qual a importância da indústria têxtil no Brasil e o que representa? 2019**. Disponível em: <<https://fcem.com.br/noticias/qual-a-importancia-da-industria-textil-no-brasil-e-o-que-representa/>>. Acesso em 8 de abr. 2021.

FERREIRA, W. M. et al. Corantes: Uma abordagem com enfoque ciência, tecnologia e sociedade (CTS) usando processos oxidativos avançados. **Revista Química Nova na Escola, São Paulo**, v. 40, n. 4, p. 249-257, 2018.

FUJITA, R. M. L.; JORENTE, M. J. A Indústria Têxtil no Brasil: uma perspectiva histórica e cultural. **ModaPalavra e-periódico**, n. 15, p. 153-174, 2015.

GARG, S. K.; TRIPATHI, M. Microbial strategies for discoloration and detoxification of azo dyes from textile effluents. **Research Journal Microbiology**, v. 12, p. 1-19, 2017.

GENG, J. et al. 2-Amino-4-chloro-5-formylthiophene-3-carbonitrile derived azo dyes. **Dyes and Pigments**, v. 117, p. 133-140, 2015.

GOVINDWAR, S. P. et al. Decolorization and degradation of xenobiotic azo dye Reactive Yellow-84A and textile effluent by *Galactomyces geotrichum*. **Chemosphere**, v. 109, p. 234-238, 2014.

GÜRSES, A. et al. Dyes and pigments: their structure and properties. In: **Dyes and Pigments**. Springer, Cham, p. 13-29, 2016.

HOLKAR, Chandrakant R. et al. A critical review on textile wastewater treatments: possible approaches. **Journal of environmental management**, v. 182, p. 351-366, 2016.

HUMPHREY, P. I. The Use of Mass Spectrometry to Differentiate Blue Dyes From Indigo and Woad. McNair Scholars **Research Journal**, v. 10, n. 1, p. 7, 2017.

IMRAN, M. et al. Microbial biotechnology for decolorization of textile wastewaters. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v. 14, n. 1, p. 73-92, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em: <https://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2020/UFs/PE/>. Acesso em 14 de nov. 2021.

ISENMANN, A. F. **Corantes**. 2. ed. Minas Gerais: [s. n.], 440p., 2014.

JADHAV, I. et al. Microorganism-based treatment of azo dyes. **Journal of Environmental Science and Technology**, v. 9, n. 2, p. 188, 2016.

KADAM, A. A. et al. Decolorization of adsorbed textile dyes by developed consortium of *Pseudomonas* sp. SUK1 and *Aspergillus ochraceus* NCIM-1146 under solid state fermentation. **Journal of Hazardous Materials**, v. 189, n. 1-2, p. 486-494, 2011.

KARIM, M. E. et al. Co-metabolic decolorization of a textile reactive dye by *Aspergillus fumigatus*. **International journal of environmental science and technology**, v. 14, n. 1, p. 177-186, 2017.

KARTHIK, V. et al. Biosorption of xenobiotic Reactive Black B onto metabolically inactive *T. harzianum* biomass: optimization and equilibrium studies. **International journal of environmental science and technology**, v. 16, n. 7, p. 3625-3636, 2019.

KHALAF, MAHMOUD A. Biosorption of reactive dye from textile wastewater by non-viable biomass of *Aspergillus niger* and *Spirogyra* sp. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 14, p. 6631-6634, 2008.

KHAN, R.; FULEKAR, M. H. Mineralization of a sulfonated textile dye Reactive Red 31 from simulated wastewater using pellets of *Aspergillus bombycis*. **Bioresources and Bioprocessing**, v. 4, n. 23, 2017.

KHAN, R.; PATEL, V.; KHAN, Z. Bioremediation of dyes from textile and dye manufacturing industry effluent. In: **Abatement of Environmental Pollutants**. Elsevier. p. 107-125, 2020.

KHAN, S.; MALIK, A. Environmental and health effects of textile industry wastewater. In: **Environmental Deterioration and Human Health**. Springer Netherlands, p. 55-71, 2014.

KONG, L. et al. Removal of brilliant green from aqueous solutions based on polyurethane foam adsorbent modified with coal. **Journal of Cleaner Production**, v. 137, p. 51-59, 2016.

KRISHNADYES Perfinaze Direct Dyes. Disponível em: <http://www.krishnadyes.net/products/perfinaze/direct_dyes/direct_black_22.html>. Acesso em: 11 dez. 2021.

KUMAR, M. A. et al. Role of Bacterial Consortia in Bioremediation of Textile Recalcitrant Compounds. In: **Waste Bioremediation**. Springer, Singapore. p. 165-183, 2018.

LANG, W. et al. Characterization of a new oxygen-insensitive azoreductase from *Brevibacillus laterosporus* TISTR1911: Toward dye decolorization using a packed-bed metal affinity reactor. **Bioresource technology**, v. 150, p. 298-306, 2013.

LELLIS, B. et al. Effects of textile dyes on health and the environment and bioremediation potential of living organisms. **Biotechnology Research and Innovation**, 2019.

LIMA, D. P. et al. N-Acetylation of Aromatic Amines by the Soil Fungus *Aspergillus japonicus* (UFMS 48.136). **Letters in Organic Chemistry**, v. 14, n. 4, p. 227-230, 2017.

MAHMOUD, Mohamed S. et al. Bioremediation of red azo dye from aqueous solutions by *Aspergillus niger* strain isolated from textile wastewater. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 5, n. 1, p. 547-554, 2017.

MANI, S.; CHOWDHARY, P.; BHARAGAVA, R. N. Textile wastewater dyes: toxicity profile and treatment approaches. In: **Emerging and Eco-Friendly Approaches for Waste Management**. Springer, Singapore, p. 219-244, 2019.

MENDES JÚNIOR, B. O. Setor têxtil. **Caderno Setorial ETENE**, ano 2, nº 16, 2017.

MOLLA, A. H.; KHAN, H. I. Detoxification of textile effluent by fungal treatment and its performance in agronomic usages. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 11, p. 10820-10828, 2018.

NEVES, A. M. A. et al. Produção de membranas de polipropileno e carvão para adsorção de azul de metileno. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, v. 4, n. 1, p. 46-60, 2019.

OLIVEIRA, L. G. et al. Uma Revisão do Uso de Processos Oxidativos Avançados para Descoloração de Águas Residuais de Efluentes. **Revista Processos Químicos**, v. 13, n. 26, p. 105-112, 2019.

OLIVEIRA, R.V; BRAGA, B.M. Território comercial de Toritama: persistência e metamorfoses da informalidade. **Revista de ciências sociais**, ISSN 1517-5901, Paraíba, n. 41, p. 193-225, 2014.

POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS - PNRH. **Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm>. Acesso em: 27/06/2021.

POZNYAK, T. I.; ORIA, I. C.; POZNYAK, A. S. Biodegradation. In: **Ozonation and Biodegradation in Environmental Engineering**. Elsevier, p. 353-388, 2019.

PROGRAMA DE INTERNACIONALIZAÇÃO DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE MODA BRASILEIRA - TEXBRASIL. **ABIT**, 2019. Disponível em: <<http://texbrasil.com.br/pt/abit-3/>>. Acesso em 21 de mar. 2020.

PRZYSTAŚ, W.; ZABŁOCKA-GODLEWSKA, E.; GRABIŃSKA-SOTA, E. Efficiency of decolorization of different dyes using fungal biomass immobilized on different solid supports. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 49, n. 2, p. 285-295, 2018.

RATHER, L. J. et al. Bioremediation: green and sustainable technology for textile effluent treatment. In: **Sustainable Innovations in Textile Chemistry and Dyes**. Springer, Singapore, p. 75-91, 2018.

ROSA, J. M. et al. Toxicity and environmental impacts approached in the dyeing of polyamide, polyester and cotton knits. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 7, n. 2, p. 102973, 2019.

SANDHYA, S. Biodegradation of Azo Dyes Under Anaerobic Condition: Role of Azoreductase. In: **Biodegradation of Azo Dyes**. Springer, Berlin, v. 9, p. 39–57, 2010.

SANTOS, E. M. A. et al. Anaerobic reactor type UASB conjunction with process Fenton to remove color and chemical oxygen demand textile industry of synthetic wastewater. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, n. 2, p. 285-292, 2017.

SAROJ, S. et al. Evaluation of the efficacy of a fungal consortium for degradation of azo dyes and simulated textile dye effluents. **Sustainable Water Resources Management**, v. 1, n. 3, p. 233-243, 2015.

SARWAN, B. et al. Mineralization and toxicity reduction of textile dye neutral red in aqueous phase using BiOCl photocatalysis. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 116, p. 48-55, 2012.

SCHMIDT, C. et al. Biodegradation potential of Citrobacter cultures for the removal of amaranth and congo red azo dyes. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 16, n. 11, p. 6863-6872, 2019.

SEN, S. K. et al. Fungal decolouration and degradation of azo dyes: A review. **Fungal Biology Reviews**, v. 30, p. 112-133, 2016.

SHEAM, Md Moinuddin et al. Mycoremediation of reactive red HE7B dye by *Aspergillus salinarus* isolated from textile effluents. **Current Research in Microbial Sciences**, v. 2, p. 100056, 2021.

SILVA, A. N.; ALMEIDA, H. A. Diagnostico do uso e reuso da água nas lavanderias têxtil de Toritama, PE. In: **II Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido**. Editora Realize, v. 1, 2017.

SINGH, A. et al. Decolorization of Reactive Yellow 17 Dye Using *Aspergillus tamarii*. In **Environmental Pollution**. Springer, Singapore, p. 309-316, 2018.

SINGH, Garima; DWIVEDI, S. K. Decolorization and degradation of Direct Blue-1 (Azo dye) by newly isolated fungus *Aspergillus terreus* GS28, from sludge of carpet industry. **Environmental Technology & Innovation**, v. 18, p. 100751, 2020.

SINGH, R. K. et al. Fungi as potential candidates for bioremediation. In: **Abatement of Environmental Pollutants**. Elsevier, p. 177-191, 2020.

SINHA, A.; OSBORNE, W. J. Biodegradation of reactive green dye (RGD) by indigenous fungal strain VITAF-1. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 114, p. 176-183, 2016.

SOCIETY OF DYERS AND COLOURISTS AND AMERICAN ASSOCIATION OF TEXTILE CHEMISTS AND COLORISTS - **COLOUR INDEX**™. Disponível em: < <https://colour-index.com/definitions-of-a-dye-and-a-pigment>>. Acesso em 14 de abr. 2021.

SOLÍS, M. et al. Microbial decolouration of azo dyes: a review. **Process Biochemistry**, v. 47, n. 12, p. 1723-1748, 2012.

SONG, L. et al. Performance of a newly isolated salt-tolerant yeast strain *Pichia occidentalis* G1 for degrading and detoxifying azo dyes. **Bioresource technology**, v. 233, p. 21-29, 2017.

TANG, A. Y. L.; LO, C. K. Y.; KAN, C. Textile dyes and human health: a systematic and citation network analysis review. **Coloration Technology**, v. 134, n. 4, p. 245-257, 2018.

TONIOLLO, M.; ZANCAN, N. P.; WÜST, C. Indústria Têxtil: Sustentabilidade, impactos e minimização. In: **VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, Porto Alegre, RS. 2015.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION - UNESCO. **The United Nations world water development report, 2017: Wastewater: an untapped resource**. Fatos e Números. 12p. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247552_por?posInSet=2&queryId=b376daf3-3636-4387-920e-5dabd7f5088d>. Acesso em: 20 mar. 2021.

VIANA, M. A. et al. Pegada hídrica em indústria de beneficiamento de jeans no Agreste Pernambucano. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 3, n. 1, p. 061-068, 2018.

YANG, Q.; YEDILER, A.; YANG, M.; KETTRUP, A. (2005). Decolourization of an azo dye, Reactive Black 5 and MnP production by yeast isolate: *Debaryomyces polymorphus*. **Biochemical Engineering Journal**, v. 24, n. 3, p. 249-253.

YUSUF, M.; SHABBIR, M.; MOHAMMAD, F. Natural colorants: Historical, processing and sustainable prospects. **Natural products and bioprospecting**, v. 7, n. 1, p. 123-145, 2017.

ZANONI, M. V. B.; YAMANAKA, H. **Corantes: caracterização química, toxicológica, métodos de detecção e tratamento**. 1. ed. São Paulo: UNESP/Cultura Acadêmica, 347 p., 2016.

ANEXOS


TRABALHOS PUBLICADOS OU EM PROCESSO DE PUBLICAÇÃO DERIVADOS DESTA PESQUISA




CERTIFICADO

Certificamos que **Karolaine da Conceição Gama Santos** apresentou com êxito o trabalho na modalidade pôster intitulado **POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DE *Aspergillus* NA DESCOLORAÇÃO DE EFLUENTES TÊXTEIS** de autoria de Karolaine da Conceição Gama Santos, Anna Gabrielly Duarte Neves, Arthur Filipe Ferreira Pequeno, Raphael Luiz Andrade Silva, Juanize Matias da Silva Batista, Romero Marcos Pedrosa Brandão Costa, Márcia Vanusa da Silva e Ana Lucia Figueiredo Porto durante as atividades do II Curso de Inverno em Biotecnologia, realizado no período de 23 a 26 de Julho de 2019, pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.

Recife, 26 de julho de 2019


Dra. Márcia Vanusa da Silva
Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas


Wêndeo Kennedy Costa
Comissão Organizadora





Revista Brasileira de Desenvolvimento

3338

Descoloração de efluente de uma lavanderia de beneficiamento têxtil localizada em Toritama / PE por fungo filamenpara então

Descoloração de efluente de um benefício têxtillavanderia localizada em Toritama / PE por fungo filamentar

DOI: 10.34117 / bjdv6n1-240

Dos Recebimento Originais: 30de / 11/2019
Aceitação para Publicação: 23/ 01 /2020

Karolaine da Conceição Gama Santos

Graduanda do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco

Endereço: Rua Dom Manuel de Medeiros, S / N - Dois Irmãos, CEP: 52171-900, Recife-PE, Brasil.

E-mail: karolainecgsantos@gmail.com

Depositante 2 de 2

Nome ou Razão Social: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO (UFRPE)

Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica

CPF/CNPJ: 24416174000106

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Jurídica: Instituição de Ensino e Pesquisa

Endereço: Rua Dom Manoel de Medeiros nº s/n, Dois Irmãos

Cidade: Recife

Estado: PE

CEP:

País: BRASIL

Telefone: (81) 332 06104

Fax:

Email: coordenacao.nit@ufrpe.br

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): FILTRO BIOLÓGICO DE BIOMASSA FÚNGICA PARA TRATAMENTO POR BIOSSORÇÃO DE EFLUENTES COM CARGA DE CORANTES E RESPECTIVO PROCESSO DE TRATAMENTO

Resumo: Esta invenção proporciona um filtro biológico que consiste na utilização de um cartucho, material filtrante ou refil de biomassa de fungos filamentosos, preferencialmente do gênero *Aspergillus*, para tratamento de efluentes coloridos através do processo de biossorção. O cartucho permite o contato da biomassa com o efluente em quaisquer condições ambientais, independentemente de viabilidade celular, num processo de até 120min para máxima descoloração e redução de toxicidade do efluente. A água tratada pode ser reciclada ou eliminada conforme legislação. Assim, a presente invenção fornece um método e um produto seguro, econômico, compacto, fácil de aplicar, rápido, sem liberação de subprodutos, e consequentemente, ecologicamente correto, para o problema do tratamento e disposição de efluentes industriais coloridos.

Figura a publicar: 3