



EFLUENTES TÊXTEIS E CONTAMINAÇÃO POR CORANTES: AVALIAÇÃO DOS RISCOS ECOTOXICOLÓGICOS E DAS FRAGILIDADES NA GESTÃO INDUSTRIAL

Textile effluents and dye contamination: assessment of ecotoxicological risks and weaknesses in industrial management

Efluentes textiles y contaminación por colorantes: evaluación de los riesgos ecotoxicológicos y de las fragilidades en la gestión industrial

Luiz Eduardo Freitas de Moura ¹, Francisco Igo Leite Soares ², & Emyllene Ricelly Dantas ^{3*}

^{1,2,3} Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

¹freitaseduardo265@gmail.com ²igo.leite@ufrn.br ^{3*}emylenerdantas@gmail.com

ARTIGO INFO.

Recebido: 29.11.2025

Aprovado: 22.02.2026

Disponibilizado: 06.03.2026

PALAVRAS-CHAVE: Corantes; indústria têxtil; políticas públicas.

KEYWORDS: Dyes; textile industry; public policies.

PALABRAS CLAVE: Colorantes; industria textil; políticas públicas.

***Autor Correspondente:** Dantas, E. R.

RESUMO

A indústria têxtil destaca-se como um setor dinâmico da economia, impulsionada pela busca constante por corantes que aumentem a eficiência do tingimento e reduzam o consumo de recursos naturais, especialmente água e matéria-prima. O descarte inadequado dos rejeitos produzidos provoca problemas ao meio ambiente, como a alteração de coloração da água, a degradação de sua qualidade e o comprometimento da vida aquática. Diante dessa problemática, este trabalho consistiu em uma revisão literária, a fim de levantar dados, utilizando as bases: Google Acadêmico, Elsevier, Science Direct, Springer e Nature. Após o levantamento, os artigos foram organizados em dois eixos temáticos, problemas ambientais e riscos à saúde humana, analisados, individualmente e em grupos, para a obtenção dos achados. Com base nessas implicações, foi possível observar que os rejeitos possuem alto potencial de contaminação e representam um risco que se expande do ecossistema ao ser humano. Logo, concluiu-se que há uma necessidade urgente de modernizar o tratamento desses resíduos, aliada ao fortalecimento imediato da fiscalização e ao cumprimento rigoroso das normas ambientais, por meio de políticas públicas eficazes. Assim, reforça-se a importância de integrar responsabilidade ambiental e desenvolvimento industrial como pilares de um modelo produtivo equilibrado.

ABSTRACT

The textile industry stands out as a dynamic sector of the economy, driven by the constant search for dyes that increase dyeing efficiency and reduce the consumption of natural resources, especially water and raw materials. The improper disposal of the waste produced causes environmental problems, such as changes in water coloration, the degradation of water quality, and the compromise of aquatic life. Given this issue, this study consists of a literature review aimed at gathering data using the following databases: Google Scholar, Elsevier, ScienceDirect, Springer, and Nature. After the data collection, the articles were organized into two thematic axes, environmental problems and risks to human health, and analyzed individually and in groups to obtain the findings. Based on these implications, it was observed that the waste has a high contamination potential and represents a risk that extends from the ecosystem to human beings. Therefore, it was concluded that there is an urgent need to modernize the treatment of this waste, alongside the immediate strengthening of inspections and the strict enforcement of environmental regulations through effective public policies. In this way, the importance of integrating environmental responsibility and industrial development as pillars of a balanced production model is reinforced.

RESUMEN

La industria textil se destaca como un sector dinámico de la economía, impulsado por la búsqueda de colorantes que aumenten la eficiencia del teñido y reduzcan el uso de recursos naturales, especialmente agua y materia prima. La eliminación inadecuada de los desechos genera impactos ambientales, como la alteración del color del agua, la degradación de su calidad y el daño a la vida acuática. Ante esta problemática, este trabajo realizó una revisión de la literatura para recopilar datos en Google Académico, Elsevier, Science Direct, Springer y Nature. Los artículos fueron organizados en dos ejes temáticos, problemas ambientales y riesgos para la salud humana, y analizados individualmente y en conjunto. Se observó que los desechos presentan alto potencial de contaminación y representan un riesgo que alcanza tanto al ecosistema como al ser humano. Con ello, se concluye que es urgente modernizar el tratamiento de estos residuos, fortalecer la fiscalización y garantizar el cumplimiento de normas ambientales mediante políticas públicas eficaces. Así, se refuerza la importancia de integrar responsabilidad ambiental y desarrollo industrial como pilares de un modelo produtivo equilibrado.

INTRODUÇÃO

A indústria têxtil é um setor em expansão, caracterizado pela busca contínua do desenvolvimento de corantes que aumentam a eficiência no processo de tingimento. Esse aprimoramento visa reduzir o consumo hídrico e a massa utilizada nos corantes. Conforme destacam Oliveira Neto et al. (2019), a indústria têxtil é uma atividade responsável pelo elevado consumo de água e pela geração de rejeitos contendo metais pesados e corantes com compostos tóxicos, como os derivados azoicos e benzeno. Esses compostos são altamente tóxicos, ocasionando não apenas sérios problemas de saúde à população, mas também efeitos negativos ao ecossistema, impactando de forma direta e indireta as espécies que nele habitam. Nesse sentido, Rodrigues Filho (2012) destaca que, durante esse processo, o volume de água colorida é expressivo, sendo necessários de 75 a 380 litros para tingir apenas 0,45 kg de tecido de algodão. Contudo, a quantidade de água necessária para o tingimento de tecidos varia significativamente de acordo com o tipo de fibra, a tecnologia das máquinas, a intensidade da cor e a região de produção, mas em média, Mikucioniene, et al. (2024), Uddin, et al. (2023), Silva, et al., (2025) indicam que são necessários cerca de 200 litros de água para processar 1 kg de material têxtil.

A gestão dos recursos hídricos no Brasil é estruturada e guiada pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei nº 9.433/1997. Essa legislação é a base para a formatação todas as políticas públicas (sejam elas estaduais, distritais ou setoriais), pois define os objetivos, os princípios e as diretrizes para o manejo da água no país, além de estabelecer os instrumentos de gestão e o arranjo político-administrativo de governança (Brasil, 2024). Nesse contexto, o descarte inadequado de rejeitos e a consequente poluição hídrica são regulamentados e enquadrados por legislações específicas que visam a proteção ambiental e a destinação correta de efluentes. A Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/1998), por exemplo, classifica a poluição hídrica como um crime e define as punições cabíveis. Além dela, a Lei de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007) estabelece as diretrizes para a coleta, tratamento e disposição final de esgoto e resíduos urbanos. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/2010, também é crucial, pois promove a gestão integrada de resíduos e a destinação ambientalmente adequada, o que abrange diretamente os rejeitos industriais.

Em face disso, a proteção legal dos ecossistemas é fundamental, pois garante a manutenção da biodiversidade e a integridade dos serviços ecossistêmicos, que englobam desde a purificação da água até o controle natural de pragas. Para Lopes et al. (2024), embora muitos países tenham avançado em suas legislações ambientais, ainda há desafios significativos em sua implementação e fiscalização. Entre os principais obstáculos estão a escassez de recursos financeiros, a corrupção, a falta de conscientização pública e a fragilidade das instituições responsáveis pela proteção do meio ambiente. Esses desafios podem comprometer os direitos humanos, atingindo mais intensamente as comunidades vulneráveis que dependem diretamente dos recursos naturais para viver.

Assim, discutir a gestão ambiental na indústria têxtil é necessário, especialmente quando se considera que o descarte de resíduos pode ser altamente perigoso para a saúde humano e o meio ambiente. A utilização de novas tecnologias para monitoramento ambiental e gestão de resíduos pode aumentar a eficácia das políticas e a conscientização pública, todavia, é

fundamental garantir que essas tecnologias sejam acessíveis e que não criem novas formas de desigualdade social (Lopes et al., 2024).

Pode-se assim inferir que os processos da indústria têxtil exigem ampla disponibilidade hídrica e, no contexto do nordeste do Brasil, esse recurso é escasso devido os longos períodos de secas. As reservas de água concentram-se principalmente em barragens, açudes, rios e lençóis freáticos, o que torna imprescindível a adoção de cuidados específicos para garantir a disponibilidade desse recurso para os processos industriais. Aliado a essa problemática, verifica-se que o descarte inadequado dos rejeitos têxteis pode graves problemas ambientais (Ferreira, Novaes & Gomes, 2024). Entre os impactos citados, destacam-se as mutações genéticas e mudanças na coloração da água, como ocorreu no município de Paulista-PE, onde “ao ser lançados resíduos tóxicos na água, o esgoto ficou roxo” (Globo, 2015).

A liberação de corantes sintéticos em efluentes industriais, notadamente no setor têxtil, está diretamente associada ao aumento expressivo dos valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO), provocando a morte de peixes e espécies nativas, além de favorecer a eutrofização do efluente. Nesse sentido, Islam e Mostafa (2018) destacam que corantes pertencentes a famílias que contém grupos funcionais de antraquinonas podem reduzir o teor de oxigênio dissolvido na água, dificultando a vida aquática. Pessoa Jr. e Azevedo (2024) acrescentam que “corantes azos e antraquinonas liberam substâncias tóxicas para organismos aquáticos e causam eutrofização, além de causarem deficiência na fotossíntese nestes ecossistemas”.

Estudos indicam que efluentes de unidades de tingimento chegam a apresentar DBO e DQO muito acima do permitido. Isso se deve à alta carga de matéria orgânica e aos compostos recalcitrantes, difíceis de degradar, presentes nos próprios corantes e nos auxiliares de processo (Lakshmi & Reddy, 2018; Yaseen & Scholz, 2018). Essa baixa biodegradabilidade dificulta o tratamento convencional, agravando o problema e transformando o descarte direto desses efluentes em uma ameaça considerável à qualidade dos corpos hídricos receptores (Al-Tohamy et al., 2022).

Outro aspecto preocupante é a presença de metais pesados nesses efluentes contaminados por corantes. Uma vez que muitos corantes industriais são complexados com metais como cádmio, chumbo e ferro, diversos estudos confirmam que os níveis desses metais frequentemente excedem os limites legais estabelecidos pelas legislações ambientais brasileiras, como as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 20/1986, nº 430/2011 e nº 357/2005, o que representa riscos graves à saúde pública e ecotoxicológicos (Lakshmi & Reddy, 2018; Islam & Mostafa, 2020; Islam, Hasan, & Mostafa, 2025). A persistência e a toxicidade desses poluentes reforçam a necessidade urgente de um monitoramento rigoroso e de intervenções tecnológicas que garantam o cumprimento dos padrões de descarte (Islam & Mostafa, 2020; Islam, Hasan, & Mostafa, 2025).

Yakupova et al. (2019) destacam que, diante da descoberta de doenças amiloides, uma das alternativas consideradas foi o uso do corante Vermelho do Congo para auxiliar no diagnóstico. Entretanto, esse procedimento fornecia muitos resultados falso-positivos, em razão das variações metabólicas do indivíduo. Portanto, embora os corantes tenham sido amplamente estudados e testados para usos medicinais, é na indústria têxtil que assumem maior relevância, sendo empregados na coloração dos tecidos, branqueamento e melhoria de

malhas. Contudo, quando a água tingida não é tratada adequadamente e é descartada no meio ambiente, ocorrem desastres ambientais cuja magnitude varia conforme quantidade liberada e espécies afetadas. Logo, propõe-se a realização de uma avaliação crítica das consequências e aspectos toxicológicos relacionados aos corantes da indústria têxtil, bem como, dos problemas ocasionados pelo descarte inapropriado.

METODOLOGIA

Estruturou-se em duas etapas principais, sendo a primeira consistindo em uma pesquisa bibliográfica de revisão literária, que se caracteriza pela utilização e análise de trabalhos científicos (Canuto & Oliveira, 2020), a fim de levantar dados relacionados à temática estudada e às políticas públicas na perspectiva da gestão de resíduos. Para isso, foram consultadas bases de dados como Google Acadêmico, Elsevier, Science Direct, Springer e Nature, buscando termos como “corantes reativos”, associados a “riscos ambientais”, “riscos à saúde humana” e “contaminação”. Optou-se por não aplicar um recorte temporal rígido, a fim de incluir tanto pesquisas recentes quanto estudos já consolidados, que oferecem contribuições relevantes para a compreensão do estudo realizado. Incluiu-se artigos publicados em português e inglês, de acordo com a predominância linguística observada nas bases de dados consultadas.

A busca inicial levou ao encontro de aproximadamente 80 trabalhos, dos quais 30 foram selecionados, após triagem qualitativa, para compor o *corpus* analítico e foram integralmente citados neste estudo. A seleção destes 30 estudos justificou-se por abordarem diretamente a problemática dos corantes têxteis, bem como a contaminação ambiental e os riscos à saúde humana decorrentes do seu descarte inadequado. Após o levantamento dos artigos, realizou-se a categorização por consequências ambientais, ecológicas e humanas e, posteriormente, analisadas de forma individual e em grupos, para a obtenção dos dados que serão discutidos no decorrer do trabalho, consistindo na segunda etapa da pesquisa.

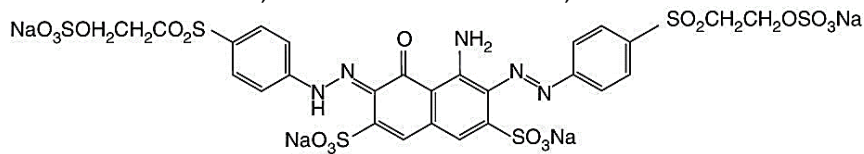
Ressalta-se que pesquisas bibliográficas servem como ferramenta para o aprofundamento dos conteúdos, de modo que essa integração e análise possibilitam a construção de uma compreensão acerca de problemas presentes no cotidiano. Sousa, Oliveira e Alves (2021) detalham que os benefícios desse tipo de trabalho são o baixo custo, já que não há necessidade de deslocamento para a coleta de dados, tendo em vista que se trata de referências e trabalhos publicados. Além disso, os autores acrescentam que essa modalidade de pesquisa se caracteriza pela utilização de fontes primárias, relacionadas ao conhecimento e experiência prévia dos pesquisadores, e de fontes secundárias, como artigos científicos e teses, que complementam a investigação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para uma compreensão mais ampla dos impactos ambientais e à saúde provocados pelos rejeitos da indústria têxtil, é necessário compreender a natureza química das principais classes de corantes utilizados. Com isso indica-se que os corantes reativos constituem uma classe caracterizada pela presença, em sua estrutura, de um grupo eletrofilico (reativo), capaz de interagir, deliberadamente, com outro composto da solução ou do meio ambiente por meio de ligações covalentes, sobretudo com grupos orgânicos. Para o processo de tingimento, Guaratini e Zaroni (2000) explicam que o grupo reativo se liga às fibras de algodão por meio da interação com de resíduos nucleófilos, com grupos como o OH-, sendo essa classe especialmente atraída por espécies ricas em elétrons.

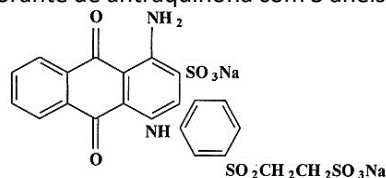
Assim, ilustra-se um dos representantes dessa classe, o corante Remazol Black B, cuja estrutura contém grupos azo, especificamente um biazo, com um grupo localizado em cada extremidade da estrutura (Figura 1). Além dos compostos azo, a classe dos reativos também possui corantes com antraquinona (Figura 2).

Figura 1. Corante Remazol Black B, classe de corantes reativos, utilizados em tinturas de lã e algodão



Fonte: Lewis (2014).

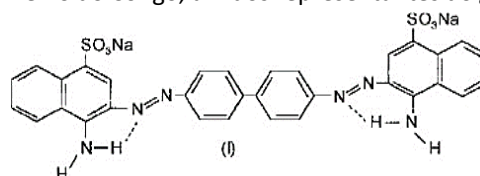
Figura 2. Corante de antraquinona com 3 anéis aromáticos



Fonte: Adaptado de Panswad e Luangdilok (2000).

Por apresentarem grupos com alta densidade de elétrons, os corantes reativos estabelecem ligações covalentes com as fibras, compartilhando elétrons entre si. Além dessa classe, destacam-se os corantes diretos, cita-se, o corante Vermelho do Congo, responsável por sua alta toxicidade e por sérios riscos à saúde. Corroborando, Mani, Chowdhary e Bharagava (2018) apontam que corantes empregados na indústria têxtil contêm diversos poluentes nocivos à saúde humana, animal e vegetal. Assim, águas contaminadas por rejeitos podem comprometer gravemente a função fotossintética de plantas e vida aquática (Figura 3).

Figura 3. Corante vermelho do Congo, um dos representantes do grupo corantes diretos



Fonte: Rodrigues Filho (2012).

Ao contrário de sua aplicação atual, quando os corantes diretos começaram a ser produzidos, acreditava-se que eles serviriam para identificar doenças de uma maneira mais rápida. A exposição direta e prolongada a corantes reativos e diretos provoca diversas consequências que afetam tanto seres humanos quanto ecossistemas completos. Assim, a seguir serão apresentados e discutidos os impactos ambientais e humanos resultantes dessa exposição, ressaltando a importância do tema para a avaliação dos riscos inerentes ao descarte inadequado desses materiais.

Problemas Ambientais

O descarte inadequado de resíduos gerados pelo tingimento de tecidos representa um significativo problema ambiental. Quando esses rejeitos são lançados em corpos d'água, o impacto inicial é a alteração da coloração, fazendo com que a água translúcida adquira a coloração característica do corante. Essa modificação afeta diretamente a qualidade dessa água, que passa a não permitir a entrada de luz efetiva no meio. Conforme relatam Gita, Hussan e Choudhury (2017), onde essa contaminação por corantes reduz a disponibilidade de oxigênio na água devido à presença de sulfetos presentes no rejeito. Consequentemente a mortalidade de espécies nativas por falta de oxigênio e eutrofização, tornando a recurso hídrico inadequado para a vida aquática.

Um exemplo, ocorrido em maio de 2025, um acidente envolvendo uma carreta carregada de corantes ocasionou em um episódio de impacto moderado. A carga despejada no Rio Jundiá, cidade de Jundiá, estado de São Paulo, rapidamente se tornou azul e vitimou espécies locais. A matéria do G1 Globo (2025) destacou a presença de inúmeros peixes mortos, muitos dos quais apresentavam cor azul forte, proveniente do corante (Figura 4).

Figura 4. Peixes mortos por conta do derramamento do corante



Fonte: Adaptado Régis Rosa - TV TEM (2025).

Além da morte dos peixes, animais de maior porte, como gansos, tiveram que ser resgatados devido às penas completamente tingidas de azuis pelo corante. Concomitantemente a essa alteração de cor, alguns tipos de corantes, também liberam substâncias tóxicas para o meio, com potencial efeito negativo à saúde humana. Islam e Mostafa (2018) confirmam que os efluentes do tingimento têxtil apresentam concentrações significativas de metais pesados, quais sejam: cobre, zinco, cromo e chumbo. Para Rocha et al., (2024) a bioacumulação de metais pesados em organismos aquáticos está em constante aumento. Espécies de peixes, mesmo não morrendo pelos corantes, acumulam metais pesados no organismo e, conseqüentemente, intoxicam seres humanos ao consumi-los.

Também, observa-se que a intoxicação humana por chumbo, por exemplo, provoca danos no sistema digestivo e nervoso. Por exemplo, a exposição durante a infância afeta diretamente o desenvolvimento intelectual, sendo que cada 10 µg/dl já são capazes de reduzir em até 4,6 pontos de QI (Melchiori et al., 2010). Outro exemplo está associado ao cobre, que embora seja um micronutriente essencial para os seres vivos, em concentrações elevadas pode causar efeitos tóxicos não só a humanos, mas também a animais. Mazaro et al. (2019) indicam que, a ingestão de cobre em altas quantidades ocasiona processos oxidativos, resultando em morte celular, crises hemolíticas e até hepatite. Além disso, o arsênio é um composto que pode desencadear problemas neurológicos, reprodutivos, cardiovasculares, diabetes mellitus, doenças respiratórias e até levar à morte (Chakraborti et al., 2017).

Além do lançamento de metais pesados e da diminuição do oxigênio na água, corantes também são responsáveis por modificações no pH, na turbidez e no odor dos efluentes. Essas modificações podem ser letais a espécies nativas. Silveira et al. (2006) aponta que, durante sua pesquisa na bacia hidrográfica do rio Mogi, que se localiza em Itupeva, São Paulo, foram coletadas inúmeras amostras para verificar os impactos para as espécies que lá viviam, em decorrência de mudanças nos parâmetros físico químicos da água. Os resultados indicaram que, nos lugares onde as mudanças foram mais bruscas, muitas espécies desapareceram e outras tiveram uma redução significativa.

Também, além de causar problemas para ambientes aquáticos, podem causar problemas no solo, prejudicando ecossistemas inteiros. Khatlab, Abdelrahman e Rehan (2020) afirmam que ao serem descartados no solo, os resíduos dos corantes entopem os poros do solo, tornando-o improdutivo, ou seja, contaminado a ponto de perder sua capacidade de produzir. Além disso, a descarga dos corantes em solo pode impregnar a terra com químicos nocivos às espécies, como por nitratos, naftol e formaldeído.

O nitrato, por se tratar de um radical livre, tem alta reatividade, interagindo facilmente com outros compostos e destruindo espécies químicas. Os altos índices de naftol interferem diretamente no desenvolvimento de bactérias e cianobactérias em água, ocasionando crescimento descontrolado de microrganismos. Já para Megharaj, Venkateswarlu e Naidu (2011), o crescimento excessivo ocasiona um empobrecimento da qualidade da água, prejudicando espécies locais, uma vez que as cianobactérias acentuam o processo de eutrofização. Khan e Mohammad (2014) caracterizam esse fenômeno como um redutor da qualidade hídrica, pois ocorre diminuição exponencial do oxigênio dissolvido e aumento significativo do nitrogênio. Importante mencionar que impactos ecológicos não são restritos a contaminação da água e solo. Carneiro et al. (2010) citam que rios na Europa, sia e na América do Sul estão contaminados (ou parcialmente) por corantes, gerando problemas genotóxicos e mutagênicos nos biomas.

Riscos à Saúde Humana

Além de compostos solúveis em água como o grupo azo (tóxico para o ecossistema e ser humano), também são lançados compostos não solúveis como os corantes que contêm o grupo antraquinona em sua composição. Carneiro et al. (2010) confirmam que vários grupos de corantes podem ser nocivos ao ser humano, incluindo aqueles com propriedades carcinogênicas e mutagênicas. Hemashenpagam e Selajeyanthi (2023) acrescentam que a toxicidade dos corantes pode ocorrer por meio de contato prolongado, consumo oral, inalação e até exposição à pele e olhos, e, além disso, os efeitos mutagênicos podem favorecer o desenvolvimento de câncer no ser humano (Tabela 1).

Tabela 1. Corantes e seus possíveis problemas no ser humano

Nome do Corante	Grupo	Problemas causados	Referências
Vermelho 4 reativo	Azo único	Aumento da degradação do DNA, e formação de micronúcleos	Umbuzeiro et al., 2005
Reativo vermelho 3BS	Azo	Ataca as células do fígado	Ayadi et al., 2015
Direto vermelho 13	Azo Único	Danos ao DNA	Oliveira et al., 2010
Azul direto 6	Azo duplo	Indução de carcinomas hepatocelulares	Bae & Freeman, 2007
Direto azul 56	Antraquinona	Intoxicação do fígado	Chou et al., 2007

Fonte: Autores (2024).

Além do mencionado os impactos causados pelos corantes têxteis são mais amplos. Dutta et al. (2024) ressaltam que esses corantes podem atingir de forma negativa o sistema reprodutor, as funções renais, hepáticas e sistema nervoso central. Também, a contaminação pode ocorrer de forma indireta através da ingestão de alimento, como peixes, que estão em rios impactados por rejeitos têxteis contendo corantes metálicos. Eles podem absorver grandes quantidades desse metal e acumulá-los nos tecidos.

Quanto às contaminações diretas, além dos efeitos carcinogênicos, Khan e Malik (2018) destacam que corantes reativos podem aumentar as chances de desenvolvimento de cânceres, causar interrupções nas funções enzimáticas, além de provocar irritações nos olhos e na pele. A ampla variedade de corantes disponíveis no mercado confirma um problema que

merece atenção especial. Guaratini e Zanoni (2000) afirmam que no mercado existem mais de 2.000 tipos de corantes têxteis. Dessa forma, são inúmeros os tipos de corantes que possivelmente são prejudiciais à saúde humana. De modo complementar, Sudarshan et al. (2023) destacam alguns corantes e seus impactos na saúde: o verde malaquita, amplamente utilizado tanto na indústria têxtil, quanto na agricultura, ataca diretamente o sistema reprodutor e imunológico do ser humano; o rodamina B incide na pele, potencializando as chances de sarcomas; o amarelo de metanil, que pertence a classe azo, está associado ao câncer de bexiga, carcinomas hepáticos e alterações na pressão sanguínea.

Nessa perspectiva pode-se inferir que os possíveis grupos de pessoas mais vulneráveis às contaminações citadas englobam as populações que residem em áreas próximas a polos têxteis e a cursos d'água receptores de efluentes dessa indústria, bem como os trabalhadores da indústria têxtil. Assim, ao analisar os impactos decorrentes do descarte inapropriado desses resíduos industriais, é possível concluir que eles são um problema que se expande do ecossistema ao ser humano, ocasionando inúmeros riscos à saúde.

Destarte, diante do cenário de superação dos limites legais de DBO, DQO e metais pesados, a gestão ambiental das indústrias e o poder público são diretamente demandados. É imperativo implementar sistemas de tratamento mais avançados, incluindo processos físico-químicos e biológicos integrados, e, simultaneamente, fortalecer a fiscalização e o cumprimento das normas ambientais para mitigar os impactos e proteger a saúde humana e ecossistêmica (Al-Tohamy et al., 2022; Lin et al., 2023; Islam et al., 2025). O papel do poder público é central, devendo atuar tanto na regulação quanto no incentivo à adoção de tecnologias limpas, além de garantir a devida responsabilização dos poluidores.

Importante notar que o lançamento de efluentes em corpos d'água, como rios ou lagos, é, na prática, um tipo de uso que inviabiliza essa água para outros fins. O descarte incorreto de rejeitos industriais, como os corantes têxteis, é uma fonte de contaminação particularmente crítica, principalmente, considerando a problemática da diminuição da disponibilidade hídrica, na Região Norte e, de forma ainda mais acentuada, no Nordeste do Brasil. Esse fato acabou concentrando a maior parte dos eventos de secas em 2023 (totalizando 47,6%) (Brasil, 2024). Em áreas de grande escassez, a poluição causada por efluentes industriais ou domésticos tem um impacto relevante, pois a menor vazão dos rios reduz a sua capacidade de autodepuração. Isso, por sua vez, concentra os poluentes, comprometendo diretamente a segurança hídrica tanto da população quanto dos ecossistemas.

Outrossim, a falha na aplicação efetiva da legislação ambiental brasileira é um fator determinante para a recorrência de episódios de poluição industrial no país. O caso ocorrido em Paulista-PE, onde uma fábrica têxtil foi interdita após o lançamento de resíduos tóxicos em corpos d'água, evidencia a dificuldade em fazer cumprir normas essenciais. Essa situação demonstra o desafio de efetivar a Lei nº 6.938/1981, que institui a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e estabelece a obrigatoriedade de controle e fiscalização de atividades potencialmente poluidoras (Brasil, 1981), e a Lei nº 9.605/1998 (Lei de Crimes Ambientais), que prevê sanções para quem causar poluição capaz de resultar em danos à saúde humana ou ao meio ambiente (Brasil, 1998). Apesar da existência desse arcabouço legal, a fiscalização insuficiente e a demora na resposta dos órgãos competentes permitem a persistência de práticas irregulares, comprometendo a qualidade da água, a biodiversidade e a saúde das populações locais.

Esse mesmo incidente revela um distanciamento preocupante entre os robustos instrumentos normativos e sua implementação prática, contrariando princípios constitucionais e compromissos internacionais assumidos pelo Brasil. A situação descrita, fere o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado previsto no art. 225 da Constituição Federal e vai de encontro ao Protocolo de San Salvador, que reforça a obrigação estatal em proteger e melhorar o meio ambiente para garantir condições dignas de vida (Paiva & Sales, 2020). A interdição da fábrica, embora seja uma medida correta, caracterizou-se como uma ação reativa diante da omissão preventiva, demonstrando que a mera existência de leis não é suficiente sem mecanismos eficazes de *enforcement*. Portanto, o fortalecimento da fiscalização, a responsabilização rigorosa dos poluidores e a promoção de práticas industriais sustentáveis são essenciais para que a legislação ambiental cumpra seu papel fundamental de proteção ambiental e social.

Por fim, a obrigatoriedade em adotar tecnologias mais avançadas deve ser cuidadosamente balanceada por políticas públicas que avaliem tanto a gravidade dos impactos ambientais quanto a capacidade real de resposta do setor produtivo (Roledo, 2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os impactos causados pelo descarte inadequado de corantes extrapolam a simples tintura em rios e córregos, pois influenciam diretamente à saúde humana e aos animais que residem naquele ambiente. Esses tipos de corantes se tratam de uma classe com alta toxicidade, contendo compostos que são capazes de modificar genes, aumentar a probabilidade de câncer, proporcionar problemas de irritação de pele e olhos de seres humanos (Carneiro et al., 2010; Hemashenpagam & Selajeyanthi (2023).

Nos corpos d'água, esses problemas ainda vão além, pois promovem o empobrecimento de oxigênio, dificultando a prosperidade da vida naquele meio e favorecendo o crescimento descontrolado de algas e cianobactérias que causam a morte de espécies locais. Além disso, os seres vivos que sobrevivem podem sofrer efeitos contínuos, seja por mutagênese ou pelo acúmulo de metais pesados em seus tecidos, decorrentes da presença de corantes metálicos ou compostos metálicos associados aos rejeitos.

De acordo com Riza et al., (2021) os metais que são provenientes dos corantes geralmente são sais metálicos de As, Ba, Cd, Cu, Hg, Ni e Sb. Já Reddy e Osborne (2020) acrescentam que, por não serem degradados, esses metais vão se acumulando em diferentes biosistemas, resultando em complicações de saúde, como disfunções no cérebro e doenças degenerativas, como a esclerose múltipla. Nesse contexto, os autores Hamidi et al., (2014) reforçam que efluentes não tratados exercem uma gama de toxicidade sobre a vida aquática e terrestre, desequilibrando ecossistemas e afetando a saúde humana à longo prazo.

Portanto, conclui-se a urgente necessidade de avanços nos processos de tratamento desses resíduos, tendo em vista que seus impactos ao meio ambiente e a vida são inúmeros. Com o crescimento constante do setor industrial, as contaminações só tendem a aumentar, tornando imprescindível o desenvolvimento de novas técnicas de tratamento eficazes para o manejo e a mitigação desses rejeitos.

Contudo, a busca por novas soluções no tratamento de efluentes industriais, como o desenvolvimento de adsorventes de baixo custo, não pode ser vista como uma responsabilidade exclusiva da iniciativa privada. É essencial que essas inovações sejam financiadas e incentivadas de forma colaborativa entre diversos setores, e até por meio de parcerias público-privadas (PPPs). Assim, para impulsionar a transição para métodos mais eficazes de tratamento, como a remediação ecológica, é crucial o apoio de políticas públicas e incentivos fiscais ou regulatórios. O enfrentamento da contaminação nos corpos hídricos,

que servem como fontes de água para uso público exige, portanto, ações coordenadas entre governo, indústria, academia e sociedade.

REFERÊNCIAS

- Al-Tohamy, R., Ali, S. S., Li, F., Okasha, K. M., Mahmoud, Y. A.-G., Elsamahy, T., Jiao, H., Fu, Y., & Sun, J. (2022). A critical review on the treatment of dye-containing wastewater: ecotoxicological and health concerns of textile dyes and possible remediation approaches for environmental safety. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 231, 113160. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.113160>
- Anjos, M. V. (2025). Especialista diz que corante que deixou córrego e rio azuis em SP é tóxico em grande quantidade e pode ficar no ambiente por muito tempo. *TV TEM, G1 Globo*. Recuperado de <https://g1.globo.com/sp/sorocaba-jundiai/noticia/2025/05/16/especialista-diz-que-corante-que-deixou-corrego-e-rio-azuis-e-toxico-em-grande-quantidade-e-pode-ficar-no-ambiente-por-muito-tempo.ghtml>
- Ayadi, I., Monteiro, S. M., Regaya, I., Coimbra, A., Fernandes, F., Oliveira, M. M., Peixoto, F., & Mnif, W. (2015). Biochemical and histological changes in the liver and gills of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* exposed to Red 195 dye. *RSC Advances*, 5(106). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/292607630_Biochemical_and_histological_changes_in_the_liver_and_gill_of_Nile_tilapia_Oreochromis_niloticus_exposed_to_Red_195_Dye
- Bae, J.-S. & Freeman, H. S. (2007). Aquatic toxicity evaluation of new direct dyes to the *Daphnia magna*. *Dyes and Pigments*, 73(1), 81-85. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2005.10.015>
- Brasil. (1981). Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Recuperado de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938compilada.htm
- Brasil. (1998). Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Recuperado de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm
- Brasil. Ministério do Desenvolvimento Regional, & Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. (2024). Conjuntura dos Recursos Hídricos 2024. Brasília: SNIRH. Recuperado de https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura2024_04122024.pdf
- Carneiro, P. A., Umbuzeiro, G. A., Oliveira, D. P., & Zanoni, M. V. B. (2010). Assessment of water contamination caused by a mutagenic textile effluent/dyehouse effluent bearing disperse dyes. *Journal of Hazardous Materials*, 174(1-3). Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389409015672?via%3Dihub>
- Chakraborti, D., Rahman, M. M., Das, B., Chatterjee, A., Das, D., Nayak, B., Pal, A., Chowdhury, U. K., Ahmed, T., Biswas, B. K., Sengupta, S. K., Hossain, D. A., Samanta, G., Roy, M. M., Dutta, R. N., Saha, K. C., Mukherjee, S. C., Pati, S., Kar, P. B., Mukherjee, A., & Kumar, M. (2017). Arsenic contamination in groundwater and its health effects in India. *Hydrogeology Journal*, 25. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10040-017-1556-6>
- Chou, P.-H., Matsui, S., Misaki, K., & Matsuda, T. (2007). Isolation and identification of xenobiotic aryl hydrocarbon receptor ligands in dyeing wastewater. *Environmental Science & Technology*, 41(2). Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17310736/>
- Com água roxa em esgoto, a fábrica têxtil é interditada em Paulista, PE. (2015, 15 de janeiro). *G1 Globo*. Recuperado de <https://glo.bo/157vef3>
- Dutta, S., Adhikary, S., Bhattacharya, S., Roy, D., Chatterjee, S., Chakraborty, A., Banerjee, D., Ganguly, A., Nanda, S., & Rajak, P. (2024). Contamination of textile dyes in aquatic environment: adverse impacts on aquatic ecosystem and human health, and its management using bioremediation. *Journal of Environmental Management*, 353, 120103. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120103>
- Ferreira, S. M. de O., Novaes, D. O., & Gomes, D. de M. (2024). Resíduos têxteis: destinação incorreta e impactos ambientais. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, 5(4), e545137. <https://doi.org/10.47820/recima21.v5i4.5137>
- Gita, S., Hussan, A., & Choudhury, T. G. (2017). Impact of textile dyes waste on aquatic environments and its treatment. *Environ. Ecol*, 35(3C). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/321443064_Impact_of_Textile_Dyes_Waste_on_Aquatic_Environments_and_its_Treatment
- Guaratiní, C. C. I. & Zanoni, M. V. B. (2000). Corantes têxteis. *Química Nova*, 23. Recuperado de <https://www.scielo.br/j/qn/a/Hn6J5zNqDxVJwX495d4fnLL/?format=pdf&lang=pt>
- Hamidi, M. R., Jovanova, B., & Panovska, T. K. (2014). Toxicological evaluation of plant products using Brine Shrimp (*Artemia salina* L.) model. *Macedonian Pharmaceutical Bulletin*, 60(1). Recuperado de https://www.bulletin.mfd.org.mk/volumes/Volume%2060/60_002.pdf
- Hemashenpagam, N. & Selvajeyanthi, S. (2023). Textile dyes and their effect on human beings. In: *Nanohybrid materials for treatment of textiles dyes*.

Singapore: *Springer Nature Singapore*. Recuperado de <https://share.google/4hAFIti6fyXZ0nT01>

Islam, M. R. & Mostafa, M. G. (2020). Characterization of textile dyeing effluent and its treatment using polyaluminum chloride. *Applied Water Science*, 10. <https://doi.org/10.1007/s13201-020-01204-4>

Islam, M. R., & Mostafa, M. G. (2023). Textile dyeing effluents and environment concerns-a review. *Journal of Environmental Science and Natural Resources*, 11(1-2). Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/374080386> **Textile Dyes and Their Effect on Human Beings**

Islam, M. Z., Hasan, M. R., & Mostafa, M. G. (2025). Impacts of dyeing effluent on surface water around cottage industrial areas. *Current World Environment*, 20(1). <https://doi.org/10.12944/cwe.20.1.17>

Khan, M. N. & Mohammad, F. (2014). Eutrophication: challenges and solutions. In: *Eutrophication: causes, consequences and control*, Volume 2. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/270580079> **Eutrophication Challenges and Solutions**

Khan, S. & Malik, A. (2018). Toxicity evaluation of textile effluents and role of native soil bacterium in biodegradation of a textile dye. *Environmental Science and Pollution Research*, 25. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29185221/>

Khattab, T. A., Abdelrahman, M. S., & Rehan, M. (2020). Textile dyeing industry: environmental impacts and remediation. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(4). Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31838699/>.

Lakshmi, S., & Reddy, M. (2018). Characterization of textile wastewater discharges in textile cluster of Chirala, Prakasam (Dist.), Andhra Pradesh, India. *Research in Environment and Life Sciences*, 11(7). Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/33577533> **Characterization of textile wastewater discharges in textile cluster of Chirala, Prakasam, Dist, Andhra Pradesh, India.**

Lewis, D. M. (2014). Developments in the chemistry of reactive dyes and their application processes. *Coloration Technology*, 130(6). <https://doi.org/10.1111/cote.12114>

Lin, J., Ye, W., Xie, M., Seo, D. H., Luo, J., Wan, Y., & Bruggen, B., van der. (2023). Environmental impacts and remediation of dye-containing wastewater. *Nature Reviews Earth & Environment*, 4. <https://doi.org/10.1038/s43017-023-00489-8>

Lopes, L. R., Oliveira, D. N. de, Silva, I. T. da, Lima, A. B., Silva, J. A. da, Oliveira, J. G. da S., Santos, D. V., Rezende, L. O., Silva, F. A. S., Cavalcanti, D. S., Dutra, Y. F., & Lima, O. S. F. C. (2024). O papel do direito ambiental na proteção dos ecossistemas: desafios e perspectivas globais. *IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM)*, 26(11, Série 7). <https://doi.org/10.9790/487X-2611076068>

Dantas, E., Moura, L. E. F. de, & Soares, F. I. L.

Mani, S., Chowdhary, P., & Bharagava, R. N. (2019). Textile wastewater dyes: toxicity profile and treatment approaches. In: *Emerging and eco-friendly approaches for waste management*. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/323783564> **Textile Wastewater Dyes Toxicity Profile and Treatment Approaches**

Ferreira, S. M. de O., Novaes, D. O., & Gomes, D. de M. (2024). Resíduos têxteis: destinação incorreta e impactos ambientais. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, 5(4), e545137. <https://doi.org/10.47820/recima21.v5i4.5137>

Mazaro, R. D., Luz, F. S. da., Herbichi, A. P., Paz, M. C., & Figuera, R. A. (2019). Crise hemolítica em um cão com hepatite crônica associada ao cobre. *Acta Scientiae Veterinariae*, 47(1), 472. Recuperado de <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20203165127>

Megharaj, M., Venkateswarlu, K., & Naidu, R. (2011). Effects of carbaryl and 1-naphthol on soil population of cyanobacteria and microalgae and select cultures of diazotrophic cyanobacteria. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 87. Recuperado de https://find.library.unisa.edu.au/discovery/fulldisplay?docid=alma9915909220901831&context=L&vid=61USOUTH AUS_INST:ROR&lang=en&search_scope=ROR_Resources&adaptor=Local%20Search%20Engine&tab=ResearchOutputSlot&query=title,exact,Bulletin%20of%20Environmental%20Contamination%20and%20Toxicology&offset=10

Melchiori, L. E., Kusumi, P., Rodrigues, O. M. P. R., Valle, T. G. do, Capellini, V. L. M. F., & Neme, C. M. B. (2010). Percepção de risco de pessoas envolvidas com intoxicação por chumbo. *Paidéia (Ribeirão Preto)*, 20. Recuperado de <https://www.scielo.br/j/paideia/a/4XyfB7NtziLdWMHhkffggBk/?format=html&lang=pt>

Mikucioniene, D., Minguez-Garcia, D., Repon, M. R., Milasius, R., Priniotakis, G., Chronis, I., ..., & Diaz-García, P. (2024). Understanding and addressing the water footprint in the textile sector: a review. *AUTEX Research Journal*, 24(1), 1-27. <https://doi.org/10.1515/aut-2024-0004>

Oliveira, G. A. R. D., Ferraz, E. R. A., Chequer, F. M. D., Grando, M. D., Angeli, J. P. F., Tsuboy, M. S., Marcarini, J. C., Mantovani, M. S., Osugi, M. E., Lizier, T. M., Zanoni, M. V. B., & Oliveira, D. P. D. (2010). Chlorination treatment of aqueous samples reduces, but does not eliminate, the mutagenic effect of the azo dyes Disperse Red 1, Disperse Red 13 and Disperse Orange 1. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 703(2). Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S138357181000313X>

Oliveira, G. C. de., Correia, J. M. F., Silva, P. C., Sanches, A. G. de O., & Lucato, W. C. (2019). Produção

mais limpa na indústria têxtil e sua relação com os objetivos de desenvolvimento sustentável. *Journal of Cleaner Production*, 228.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.334>

Paiva e Sales, M. G. R. de. (2020). A proposta de flexibilização da legislação sobre agrotóxicos (Projeto de Lei nº 6.299/2002): análise à luz do direito fundamental à sadia condição de vida e ao meio ambiente equilibrado. *Revista de Direito e Sustentabilidade*, 6(1).

<https://doi.org/10.26668/IndexLawJournals/2525-9687/2020.v6i1.6403> Recuperado de <https://indexlaw.org/index.php/revistards/article/view/6403>

Pessoa Jr., W. A. G. & Azevedo, F. R. P. de. (2024). Corantes sintéticos e seus impactos ambientais: desafios, legislação e inovações tecnológicas sustentáveis. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 10(12), 3972-3991. <https://doi.org/10.51891/rease.v10i12.17742>

Reddy, S. & Osborne, W. J. (2020). Heavy metal determination and aquatic toxicity evaluation of textile dyes and effluents using *Artemia salina*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 25, 101574.

<https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101574>

Riza, M., Ehsan, M. N., & Hoque, S. (2021). Portrayal of textile-based pollutants and its impact on soil, plants and fisheries. *Nature Environment and Pollution Technology*, 20(3), 1269-1275. <https://doi.org/10.46488/NEPT.2021.v20i03.038>

Rocha, J. S., Girão, F. A. L., Mendes, L. S. A. dos S., Girão, D. de C., Magalhães, G. V. V., Lima, A. C. A. de, & Barroso, P. M. (2023). Bioacumulação de metais pesados em peixes: impactos sobre a saúde humana e meio ambiente. *Ciência Animal*, 33(1). Recuperado de

<https://revistas.uece.br/index.php/cienciaanimal/article/view/11312/9629>

Rodrigues Filho, G. M. (2012). Adsorção do corante amarelo reativo BF-4G 200% por argila esmectita (Dissertação de mestrado). *Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN*, Natal, RN, Brasil. Recuperado de <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/15835>

Roledo, C. (2024). Avaliação da contaminação no rio Paraíba do Sul por bisfenol A (BPA) e da sua remoção por adsorção (Tese de doutorado). *Unesp*, Bauru, SP, Brasil. Recuperado de <https://repositorio.unesp.br/items/65f1ff1a-ede3-4d4f-a434-a3a67c87df94>

Dantas, E., Moura, L. E. F. de, & Soares, F. I. L.

Silva, A. B. da, Cardim, R. A., Rodrigues, G. Jr., & Ravagnani, M. A. da S. (2025). Reducing electricity and water consumption in textile dyeing industries. *Processes*, 13(11), 3572.

<https://doi.org/10.3390/pr13113572>

Silveira, M. P., Queiroz, J. F. de., Ribacinko, D., Ferraz, J., Carvalho, M. P., Marigo, A. L., Sitton, M., Zambon, G., & Silva, J. R. (2006). Avaliação biológica da qualidade da água em duas microbacias do Rio Mogi Guaçu (SP) e sua relação com os impactos agrícolas. *Embrapa Meio Ambiente*, Jaguariúna, SP, Brasil. Recuperado de <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1026091/avaliacao-biologica-da-qualidade-da-agua-em-duas-microbacias-do-rio-mogi-guacu-sp-e-sua-relacao-com-os-impactos-agricolas>

Sousa, A. S. de, Oliveira, G. S. de., & Alves, L. H. (2021). A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos. *Cadernos da FUCAMP*. Recuperado de <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/cadernos/article/view/2336>

Sudarshan, S., Harikrishnan, S., Rathi Bhuvaneshwari, G., Alamelu, V., Aanand, S., Rajasekar, A., & Govarthanan, M. (2023). Impact of textile dyes on human health and bioremediation of textile industry effluent using microorganisms: current status and future prospects. *Journal of Applied Microbiology*, 134(2), 1xac064. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36724285/>

Uddin, M. A., Begum, M. S., Ashraf, M., Azad, A. K., Adhikary, A. C., & Hossain, M. S. (2023). Water and chemical consumption in the textile processing industry of Bangladesh. *PLOS Sustainability and Transformation*, 2(7), e0000072. <https://doi.org/10.1371/journal.pstr.0000072>

Umbuzeiro, G. de A., Freeman, H. S., Warren, S. H., Oliveira, D. P. de., Terao, Y., Watanabe, T., & Claxton, L. D. (2005). The contribution of azo dyes to the mutagenic activity of the Cristais River. *Chemosphere*, 60(1). Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15910902/>

Yakupova, E. I., Bobyleva, L. G., Vikhlyantsev, I. M., & Bobylev, A. G. (2019). Congo Red and amyloids: history and relationship. *Bioscience Reports*, 39(1). <https://doi.org/10.1042/BSR20181415>

Yaseen, D. A. & Scholz, M. (2018). Textile dye wastewater characteristics and constituents of synthetic effluents: a critical review. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13762-018-2130-z>