

Revisão sistemática de literatura: estudo de caso sobre a remoção de cor de águas residuais têxteis

Systematic reviews of the literature: a case study of the color removal from textile wastewater

Adriana Thays Araújo Alves¹, Vitor Hugo de Oliveira Barros¹, Jeisiane Isabella da Silva Alexandre¹, Lucas Ravellys Pyrrho de Alcântara¹, Maria do Rosário Alves Patriota¹, Artur Paiva Coutinho¹

¹ Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil
Todos autores contribuíram de forma igualitária

Contato: arthur.coutinho@yahoo.com.br

Palavras-Chave

tratamento
efluente industrial
corante

RESUMO

A indústria têxtil é caracterizada pelo elevado consumo de águas, que são requeridas durante as etapas do processamento têxtil. Nesse processo, diversos produtos químicos são utilizados, o que torna as águas residuais dessas indústrias uma mistura complexa de produtos que vão desde corantes a metais pesados. Quanto aos corantes, estima-se que cerca de 15% seja perdido durante o processamento dos têxteis e liberado nas águas residuais. Alguns efeitos nocivos desses compostos são relatados, como natureza carcinogênica e interferência na atividade fotossintética de plantas aquáticas. Esses compostos são de difícil remoção por métodos tradicionais, o que tem motivado as pesquisas de técnicas alternativas e mais eficientes para remoção da cor dessas águas. O estudo objetiva realizar uma revisão sistemática da literatura sobre as técnicas para remoção da cor dos efluentes da indústria têxtil com levantamento dos artigos envolvendo a temática no banco de dados Scopus. A quantidade de artigos encontrados é bastante significativa, havendo um significativo aumento nas pesquisas sobre a temática a partir de 1999. Na busca específica de artigos que tratassem da remoção da cor dos efluentes encontrou-se o emprego de técnicas com remoção total do corante. Em relação à classificação dos métodos empregados, a maioria são biológicos.

Key-word

treatment
industrial effluent
dye

ABSTRACTS

The textile industry is characterized by high water consumption, necessary in the steps of textile processing. In this process, various chemicals are used, which makes the wastewater of these industries a complex mix of products ranging from dyes to heavy metals. For dyes, it is estimated that about 15% is lost during the steps of textile processing and then released into the wastewater. Some adverse effects which may result from this waste are reported, such as carcinogenic effects and intervention in the photosynthetic activity of aquatic plants. These compounds are difficult to remove by conventional methods, which has motivated the research of alternative and more efficient techniques to remove the color of this wastewater. This study aims to realize a systematic review of the techniques for removing the color of the textile industry effluents with a survey of articles involving this topic listed in the database Scopus. The number of articles found is quite significant, with a significant increase in research on the subject since 1999. In the specific search for articles that dealt with the color removal of effluents was found the use of techniques with total removal of the dye. Regarding the classification of the methods employed, most are biological.

Informações do artigo

Recebido: 29 de junho, 2019
Aceito: 20 de novembro, 2019
Publicado: 28 de dezembro, 2019

Introdução

No atual cenário de comprometimento da qualidade ambiental, o setor têxtil ganha destaque, sobretudo devido ao grande volume de efluentes que são gerados.

Essas águas residuais são complexas devido à grande variedade de máquinas, de técnicas, de corantes e produtos empregados como dispersantes, ácidos, bases, sais, detergentes, umectantes e oxidantes, utilizados nas fábricas e no processamento dos têxteis, além disso, são ricas em cores e possuem pH extremo (SOUZA; PERUZZO; SOUZA, 2008; RONDON et al., 2015).

A cor forte é uma das principais características do efluente têxtil e, se não eliminada, pode causar sérios problemas ao meio ambiente, como alteração da atividade fotossintética do meio e esgotamento do oxigênio dissolvido nos corpos hídricos (SOUZA, BONILLA; SOUZA, 2010; KHARAT, 2015).

Quanto aos corantes, estima-se que cerca de 15% é perdido durante as operações do processamento, sendo liberado nas águas residuais (JAYANTHY et al., 2014; KHARAT, 2015).

O remanescente do corante pode produzir substâncias nocivas aos organismos vivos por meio da redução às aminas, que são potencialmente cancerígenas (JAYANTHY et al., 2014; STAGNARO; VOLZONE; HUCK, 2015). Assim, a remoção do corante é uma grande preocupação durante o tratamento do efluente têxtil (CHHABRA; MISHRA; SREEKRISHNAN, 2015).

Os métodos utilizados para a remoção de corantes e cor de efluentes têxteis podem ser classificados em físicos, químicos e biológicos (SURESH, 2015; UDAY; BANDYOPADHYAY; BHUNIA, 2016).

Para maior eficiência e redução de custo, os processos devem ser integrados, que envolvem a aplicação de processos físicos ou químicos para melhorar a biodegradabilidade de corantes e outros contaminantes, seguida de tratamento microbiológico (SURESH, 2015).

Nessa perspectiva, o presente estudo objetiva realizar uma revisão de literatura de forma sistemática de técnicas dos tratamentos do efluente industrial têxtil com ênfase na remoção da cor encontradas na literatura científica disponibilizadas no banco de dados Scopus.

Material e Métodos

Caracterização do estudo

O estudo apresenta uma abordagem qualitativa e quantitativa sobre técnicas de tratamento de efluentes têxteis em relação a remoção de cor, consistindo em um estudo de caso.

Quanto à natureza das fontes, a pesquisa é do tipo bibliográfica e documental, sendo as técnicas de pesquisa utilizadas a documentação e a revisão sistemática de literatura.

Em relação aos objetivos, a pesquisa classifica-se como descritiva e exploratória.

Levantamento das classificações de tratamentos de efluentes

Inicialmente foi necessário realizar uma busca na literatura geral sobre a classificação dos diferentes métodos para tratamento de efluentes.

Essa etapa permitiu agrupar as diferentes metodologias para tratamento dos efluentes têxteis para remoção de cor encontradas na etapa da revisão sistemática de literatura.

A revisão sistemática de literatura

A revisão sistemática de literatura (RSL) é um dos tipos de revisão da literatura que tem como objetivo resumir toda a informação existente sobre um fenômeno de maneira imparcial e completa, através de métodos explícitos de pesquisas de referências bibliográficas. Assim, em contraste com a revisão tradicional ou narrativa, a RSL responde a uma questão de investigação bem definida e é caracterizada por ser metodologicamente abrangente, transparente e replicável (GALVÃO; PEREIRA, 2014; DONATO; DONATO, 2019).

Um fator indispensável para uma RSL bem feita é a familiaridade dos pesquisadores com o tema pesquisado, visto que diante da pesquisa podem surgir problematizações que auxiliem na contextualização e na contribuição que o tema pode proporcionar (BRIZOLA; FANTIM, 2016).

Assim, a RSL deve ser exaustiva, ou seja, deve abranger toda a literatura sobre o tema com rigor científico, e deve seguir uma metodologia rigorosa. Por essas características, pode ser aplicada em todas as áreas, principalmente em estudos em que uma metodologia ou um procedimento está bem definido.

Além disso, a RSL é de extrema importância para identificar lacunas nas mais diversas áreas do conhecimento nas quais pode ser aplicada e também para identificar qual a fronteira do conhecimento nessas áreas, sendo esse conhecimento essencial para a definição de novos projetos.

Logo, ao fim de uma RSL, deve-se ter um resumo de todos os estudos sobre determinado tema, experimento ou metodologia, o que permite incorporar um maior leque de informações a respeito do tema, ao invés de ter um espectro limitado.

Para elaboração da presente RSL foi utilizado o roteiro de pesquisa conforme Galvão e Pereira (2014), a saber: (1) elaboração da pergunta de pesquisa; (2) busca na literatura; (3) seleção dos artigos; (4) extração dos dados; (5) avaliação da qualidade metodológica; (6) síntese dos dados (metanálise); (7) avaliação da qualidade das evidências e (8) redação e publicação dos resultados.

Os trabalhos científicos foram buscados no banco de dados Scopus, tendo em vista tratar-se de uma plataforma multidisciplinar e internacional, o que proporcionou uma ampla abordagem para a temática proposta.

Inicialmente as buscas foram realizadas com os termos “treatment” (tratamento) e “textile effluent” (efluente têxtil). Esses termos foram inseridos de forma concomitante, podendo estar no título do artigo, resumo ou palavras-chave. Os resultados foram organizados em ordem cronológica para análise temporal da temática. Em seguida, os resultados foram organizados em relação ao número de citações.

A partir desse filtro (cited by) os trabalhos foram analisados através de nove categorias: 1) Autores; 2) Título; 3) Tipo de produção; 4) Método científico; 5) Temáticas centrais; 6) Resultados científicos; 7) Número de citações; 8) Nome da Revista; 9) Ano.

A partir dessa visão ampla dos resultados, a busca foi refinada, inserindo na busca o termo “dye” (corante) aos termos “treatment” e “textile effluent” para selecionar os artigos que tratassem especificamente da remoção da cor dos efluentes têxteis.

Após essa busca, os resultados foram refinados selecionando somente os artigos publicados nos últimos 10 anos (2010 a 2019).

Para cada ano do referido período, foram selecionados, por ordem de maior número de citações, 5 artigos, totalizando 50 publicações.

Primeiramente os artigos foram analisados com ênfase na remoção da cor, sendo definidas as seguintes categorias: 1) Autores; 2) Título; 3) Eficiência na remoção da cor; 4) Ano. Após essa análise, os trabalhos foram analisados através das categorias: 1) Autores; 2) Ano; 3) tipo de tratamento com base no levantamento das classificações realizado.

Resultados e Discussões

Classificação dos processos de tratamento de efluentes têxteis

Os tratamentos físicos podem ser definidos como aqueles que empregam a aplicação de forças físicas para a separação dos corantes das águas residuais (UDAY; BANDYOPADHYAY; BHUNIA, 2016). Alguns exemplos de tratamentos físicos são:

- Adsorção com ampla variedade de materiais (SURESH, 2015; UDAY, BANDYOPADHYAY; BHUNIA, 2016);
- Processos de filtração, incluindo microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa (SURESH, 2015; UDAY, BANDYOPADHYAY; BHUNIA, 2016);

O método químico é provocado pela adição de produtos químicos ou por reações químicas (UDAY; BANDYOPADHYAY; BHUNIA, 2016).

Os processos de coagulação-floculação são classificados por Suresh (2015) como métodos químicos, enquanto Uday, Bandyopadhyay e Bhunia (2016) os classificam como físicos.

No presente estudo esses processos serão tratados como físicos, em conformidade com a classificação de Uday, Bandyopadhyay e Bhunia (2016).

Conforme Uday, Bandyopadhyay e Bhunia (2016), o processo de oxidação é um dos mais comuns de descoloração química, podendo ocorrer por oxidação através de organismos biológicos, ozônio, hipoclorito de sódio, peróxido de hidrogênio e ácidos. Ainda conforme os autores, esse processo de oxidação possui algumas limitações que podem ser superadas por meio dos chamados Processos Oxidativos Avançados (POAs), onde ocorre a geração de radicais livres de hidroxila (*OH). Alguns exemplos de tratamentos químicos incluem, portanto:

- Métodos de troca iônica (SURESH, 2015; UDAY; BANDYOPADHYAY; BHUNIA, 2016);
- Métodos eletroquímicos (SURESH, 2015);
- Processos Oxidativos Avançados (POAs) (SURESH, 2015; UDAY, BANDYOPADHYAY; BHUNIA, 2016);
- Ozonização (SURESH, 2015);
- Oxidação utilizando o reagente Fenton (SURESH, 2015);
- Degradação Foto-Fenton (SURESH, 2015);
- Fotocatálise usando UV/TiO₂ (SURESH, 2015);
- Fotooxidação usando UV/H₂O₂ (SURESH, 2015);

Técnicas de remoção biológica são baseadas na adsorção por biomassa microbiana viva ou morta ou biotransformação enzimática e biodegradação de corantes (SURESH, 2015). Alguns exemplos de tratamentos biológicos são:

- Biodegradação por bacteriana (SURESH, 2015; UDAY, BANDYOPADHYAY; BHUNIA, 2016);
- Biodegradação por enzima (UDAY; BANDYOPADHYAY; BHUNIA, 2016);
- Biodegradação fúngica (SURESH, 2015; UDAY; BANDYOPADHYAY; BHUNIA, 2016);
- Biodegradação por algas (SURESH, 2015);
- Bioreatores (SURESH, 2015);
- Fitorremediação (UDAY; BANDYOPADHYAY; BHUNIA, 2016);

A partir dessas definições, as metodologias para o tratamento dos efluentes têxteis no presente estudo foram identificados em físico, químico, biológico ou combinação desses processos.

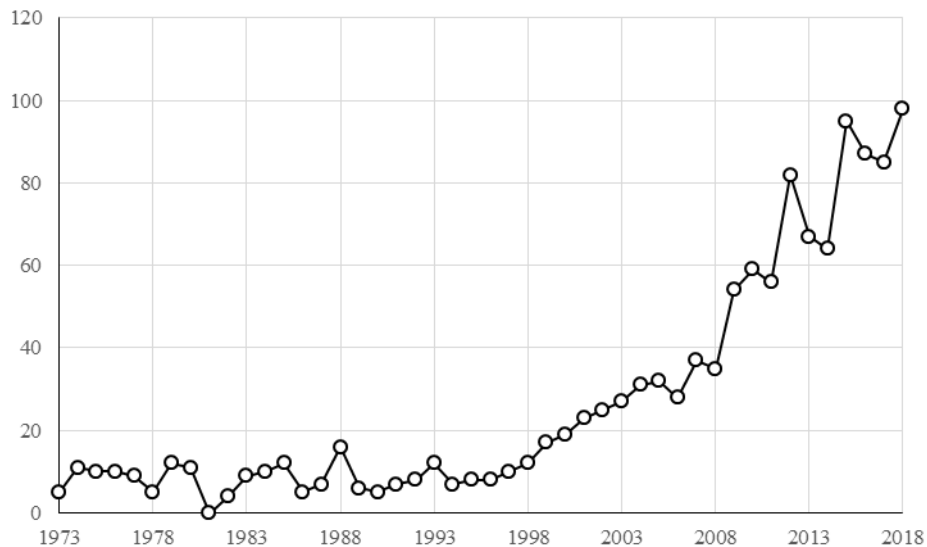
Busca no banco de dados Scopus: visão geral

Os primeiros artigos publicados a respeito do tema, encontrados com os termos “treatment” e “textile effluent”, que constam no site Scopus foram da década de 70.

A busca retornou um total de 1289 artigos de 1973 a 2019. Para análise da evolução temporal das pesquisas sobre a temática, foi realizado o quantitativo dos artigos por ano de publicação, tendo sido limitado ao ano 2018, ano completo mais atual (Figura 1).

Até o momento das buscas, junho de 2019, para o referido ano havia 49 publicações.

Figura 1- Número de publicações por ano com os termos “treatment” e “textile effluent” constantes no banco de dados Scopus, referente ao período de 1973 a 2018

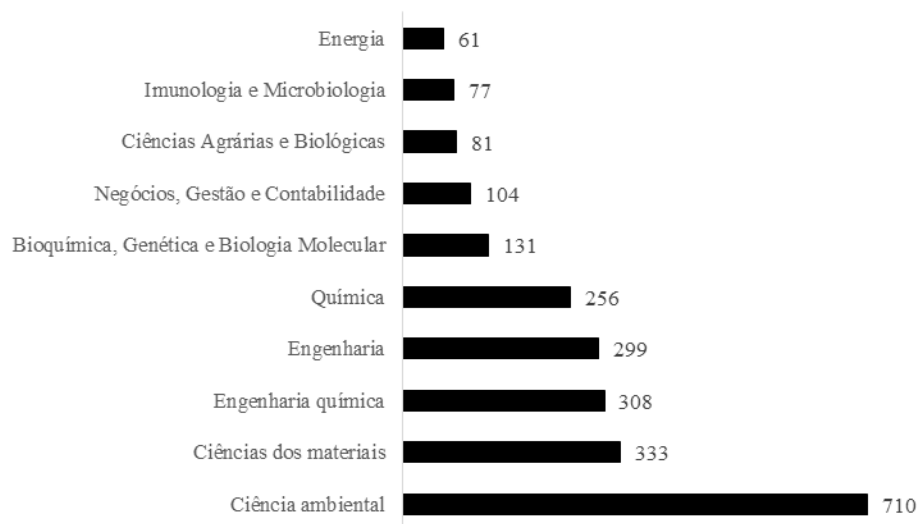


Fonte: Autor (2019)

Os resultados mostram um aumento das pesquisas abordando tratamento de efluente têxteis a partir do ano 1999, chegando a quase uma centena de publicações no ano 2018, o que demonstra um aumento do interesse sobre o tema, possivelmente motivada por demandas da indústria têxtil, bem como, crescente preocupação com as questões ambientais. O ano que apresentou maior produção científica sobre a temática foi 2018.

Em relação à área de pesquisa, os artigos foram enquadrados pelo próprio site Scopus em 10 diferentes áreas, podendo um artigo estar inserido em mais de uma dessas áreas temáticas, conforme é apresentado na Figura 2, em que a maior parte dos artigos se enquadram na área de ciências ambientais.

Figura 2- Áreas temáticas das publicações com os termos “treatment” e “textile effluent” constantes no banco de dados Scopus, referente ao período de 1973 a 2019



Fonte: Autor (2019)

A partir dessa visão geral dos resultados, a busca foi filtrada por ordem de artigos mais citados (cited by). No Quadro 1 são apresentados os 10 estudos em relação ao número de citações com as respectivas temáticas centrais.

Quadro 1- Artigos mais citados entre 1973 e 2019 apresentando os termos “treatment” e “textile effluent” constantes no banco de dados Scopus

Autores	Título	Tipo de produção/ Método científico	Temáticas centrais	Resultados científicos	Número de citações	Nome da Revista	Ano
Robinson et al.	Remediation of dyes in textile effluent: A critical review on current treatment technologies with a proposed alternative	Revisão	Tecnologias mais utilizadas para remoção de corantes dos efluentes têxteis	Ineficiência de métodos físicos e químicos na remoção de corantes para grande escala (in situ). Uso da técnica de adsorção seguido por fermentação em estado sólido por Fungos de Podridão Branca (FPB) é eficiente na remoção de corantes	3041	Bioresource Technology	2001
Banat et al.	Microbial decolorization of textile-dye-containing effluents: A review	Revisão	Progressos e limitações de métodos biológicos para remoção da cor dos efluentes têxteis	Grande variedade de microorganismos capazes de remover vários tipos de corantes. Grande potencial dos sistemas microbianos na remoção de cor	1366	Bioresource Technology	1996
Pearce, Lloyd e Guthrie	The removal of colour from textile wastewater using whole bacterial cells: A review	Revisão	Remoção de corantes com o uso células bacterianas	Grande potencial de sistemas de tratamento que incorporam células bacterianas inteiras para metabolizar os corantes azo	1017	Dyes and Pigments	2003
Wesenberg, Kyriakides e Agathos	White-rot fungi and their enzymes for the treatment of industrial dye effluents	Revisão	Estado da arte do tratamento de efluentes industriais, particularmente efluentes contendo corantes, por FPB e suas enzimas	FPB constituem-se em uma importante classe de microrganismos eficientes na decomposição de corantes sintéticos FPB são os mais intensamente estudados dentre os microrganismos descolorantes	730	Biotechnology Advances	2003
O'Neill et al.	Colour in textile effluents - Sources, measurement, discharge consents and simulation: A review	Revisão	Revisão abrangente sobre corantes têxteis: problema da cor nos efluentes, diferentes classes e suas contribuições para o problema	. Concentrações de corante de $0,01 \text{ gdm}^{-3}$ a $0,25 \text{ gdm}^{-3}$ foram citados como presentes no efluente de tinturaria. Para o efluente simulado as concentrações variaram de $0,01 \text{ gdm}^{-3}$ a 7 gdm^{-3} .	645	Journal of Chemical Technology and Biotechnology	1999
Abadulla et al.	Decolorization and detoxification of textile dyes with a laccase from <i>Trametes hirsuta</i>	Artigo/ Método experimental	Tratamento de corantes têxteis por meio de lacase	A descoloração dos corantes por <i>T. hirsuta</i> foi atribuída principalmente à atividade extracelular da lacase	537	Applied and Environmental Microbiology	2000
Nigam et al.	Physical removal of textile dyes from effluents and solid-state fermentation of dye-adsorbed agricultural residues	Artigo/ Método experimental	Remoção física de corantes têxteis por resíduos da agricultura	Adsorção de corante em pedaços de palha de trigo ou espiga de milho pode representar um método barato e eficiente de remoção de cor dos efluentes têxteis	501	Bioresource Technology	2000
Al-Degs et al.	Effect of carbon surface chemistry on the removal of reactive dyes from textile effluent	Artigo/ Método experimental	Análise da superfície do carbono (Filtrosorb 400) na remoção de três corantes reativos do efluente têxtil	Alta capacidade do adsorvente na remoção dos corantes analisados, o que foi atribuído à carga superficial positiva durante o processo de adsorção	482	Water Research	2000
Pinheiro, Touraud e Thomas	Aromatic amines from azo dye reduction: Status	Revisão	Revisão sobre questões inerentes às aminas aromáticas	O exame espectral direto por UV, combinado com	440	Dyes and Pigments	2004

	review with emphasis on direct UV spectrophotometric detection in textile industry wastewaters		da redução de corantes azóicos	metodologias avançadas de deconvolução, tem um potencial no monitoramento das aminas aromáticas em águas residuais, particularmente no caso de redução de corantes azo em efluentes têxteis			
Azbar, Yonar e Kestioglu	Comparison of various advanced oxidation processes and chemical treatment methods for COD and color removal from a polyester and acetate fiber dyeing effluent	Artigo/ Método experimental	Comparação de diversos métodos oxidativos avançados e métodos de tratamentos químicos	POAs apresentaram desempenho superior ao tratamento químico convencional. A combinação O ₃ /H ₂ O ₂ /UV apresentou melhor resultado. O uso de Fe ²⁺ /H ₂ O ₂ apresenta bom desempenho sendo a opção economicamente mais viável	336	Chemosphere	2004

Fonte: Autor (2019)

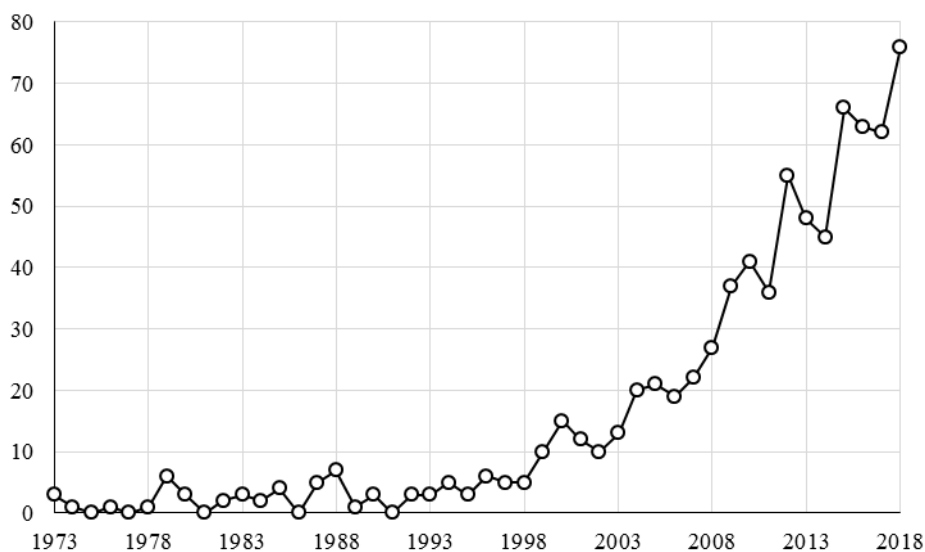
Conforme pode ser observado pelo Quadro 1, os 5 primeiros artigos tomados por ordem de maior citação são do tipo revisão, o qual, ao todo, consiste em 6 dos 10 artigos listados. Isso demonstra a importância e o grande alcance de estudos que reúnam informações de forma sistemática. É possível notar que as pesquisas nessa temática são predominantemente qualitativas, tanto devido ao caráter experimental das pesquisas enquadradas como artigo, quanto a abordagem avaliativa daqueles do tipo de revisão. Merece ainda ser destacado a aplicação de métodos com a utilização de lacase do fungo *Trametes hirsuta* (ABADULLA et al., 2000), adsorção com resíduos da agricultura de palha de trigo, aparas de madeira e fragmentos de milho (NIGAM et al., 2000), adsorção com carvão ativado (AL-DEGS et al., 2000) e métodos oxidativos (O₃, O₃/UV, H₂O₂/UV, O₃/H₂O₂/UV, Fe²⁺/H₂O₂) e tratamentos químicos usando Al₂(SO₄)₃·18H₂O, FeCl₃ e FeSO₄ (AZBAR et al., 2004).

Todos esses foram apontados como eficientes no tratamento dos efluentes têxteis.

Busca no banco de dados Scopus: metodologias para tratamento do efluente têxtil em relação a cor

A busca de forma concomitante pelos termos “treatment”, “textile effluent” e “dye” retornou um total de 801 artigos, sendo as primeiras publicações de 1973. Na Figura 3 é mostrada a evolução temporal das publicações desde a primeira publicação até 2018, ano completo mais atual. Até a data de junho de 2019, das buscas no banco de dados Scopus, havia um total de 31 publicações no referido ano. Conforme pode ser observado, há um aumento nas pesquisas envolvendo os termos “treatment”, “textile effluent” e “dye” a partir de 1999, chegando em 2018 com 76 publicações.

Figura 3- Número de publicações por ano com os termos “treatment”, “textile effluent” e “dye” constantes no banco de dados Scopus, referente ao período de 1973 a 2018



Fonte: Autor (2019)

Para análise dos processos de tratamento do efluente têxtil em relação à remoção de coloração, selecionou-se as publicações para o período de 2010 a 2019.

Com esse filtro, a busca retornou um total de 523 artigos. A partir dessa seleção, para cada ano foram selecionados os 5 artigos mais citados por outros autores, não considerando os artigos de revisão de literatura, mas apenas aplicação de técnicas de tratamento, sendo também desconsiderados artigos que, mesmo com a especificidade

dos termos de busca, não tratassem da temática de tratamento de cor dos efluentes têxteis.

O Quadro 2 apresenta a relação dos artigos evidenciando a eficiência em relação a remoção da cor do tratamento empregado. Algumas pesquisas envolveram a aplicação de mais de um tratamento, em separado e/ou em combinação, desse modo, um mesmo artigo pode ter sido quantificado em mais de uma classificação.

A partir dessa análise, os artigos foram classificados e agrupados conforme indicado na Figura 4, a qual apresenta também as respectivas recorrências.

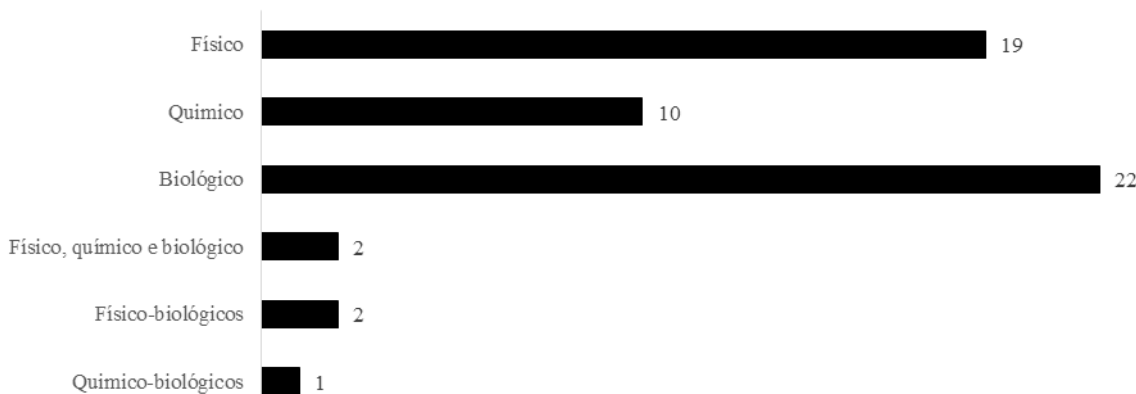
Quadro 2- Artigos encontrados entre 2010 e 2019 constantes no banco de dados Scopus a partir da busca por “treatment”, “textile effluent” e “dye”

Autores	Título	Eficiência de remoção da cor (%)	Ano
Riera-Torres, Gutiérrez-Bouzán Crespi	Combination of coagulation-flocculation and nanofiltration techniques for dye removal and water reuse in textile effluents	Nanofiltração: 40 a 80%; coagulação-floculação: 85 a 95%; combinação das técnicas: mais de 98% (exceto Reactive Black 5 – 90%)	2010
Souza, Bonilla e Souza	Removal of COD and color from hydrolyzed textile azo dye by combined ozonation and biological treatment	Superior a 96% em todos os casos analisados	2010
Jadhav et al.	Evaluation of the efficacy of a bacterial consortium for the removal of color, reduction of heavy metals, and toxicity from textile dye effluent	Descoloração completa do efluente têxtil e de solução de Reactive Orange 16	2010
Furlan et al.	Removal of reactive dyes from aqueous solutions using combined coagulation/flocculation and adsorption on activated carbon	Corante Black 5: 90%; corante Orange 16: 84%	2010
Diwaniyan et al.	Decolorization of synthetic dyes and textile effluents by basidiomycetous fungi	Até 100% (isolado fúngico RCK-3 e corante Xylidine Ponceau 2R)	2010
Aquino et al.	Electrochemical degradation of a real textile effluent using boron-doped diamond or β -PbO ₂ as anode	Superior a 90%	2011
Khouni et al.	Decolourization of the reconstituted textile effluent by different process treatments: Enzymatic catalysis, coagulation/flocculation and nanofiltration processes	Nanofiltração: superior a 99%; coagulação-floculação: 93% e 94% (Black Novacron R e Blue Bezaktiv S-GLD 150); catálise: até 99%	2011
Phugare et al.	Ecofriendly degradation, decolorization and detoxification of textile effluent by a developed bacterial consortium	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> BCH: até 92%; <i>Providencia</i> sp. SDS: até 84%; consórcio: decoloração completa	2011
Anjaneya et al.	Decolorization of sulfonated azo dye Metanil Yellow by newly isolated bacterial strains: <i>Bacillus</i> sp. strain AK1 and <i>Lysinibacillus</i> sp. strain AK2	Descoloração completa para <i>Bacillus</i> sp. AK1 e para <i>Lysinibacillus</i> sp. AK2	2011
Srivastava et al.	Performance of modified poly(vinylidene fluoride) membrane for textile wastewater ultrafiltration	Remoção de cerca de 97% do corante Congo Red e mais de 70% do corante Reactive Black 5	2011
Cardoso et al.	Comparison of <i>Spirulina platensis</i> microalgae and commercial activated carbon as adsorbents for the removal of Reactive Red 120 dye from aqueous effluents	<i>Spirulina platensis</i> : 94,4% a 99,0%; carvão ativado: 93,6% a 97,7%.	2012
Sathishkumar, Arulkumar e Palvannan	Utilization of agro-industrial waste <i>Jatropha curcas</i> pods as an activated carbon for the adsorption of reactive dye Remazol Brilliant Blue R (RBBR)	Cerca de 95%	2012
Martínez-Huitle et al.	Applicability of diamond electrode/anode to the electrochemical treatment of a real textile effluent	Até 100%	2012
Aouni et al.	Reactive dyes rejection and textile effluent treatment study using ultrafiltration and nanofiltration processes	Superior a 90% com as membranas NF 200 e NF 270; até 100% com a membrana UF 1 kDa.	2012
Tsantaki et al.	Anodic oxidation of textile dyehouse effluents on boron-doped diamond electrode	Até 100%	2012
Solano et al.	Decontamination of real textile industrial effluent by strong oxidant species electrogenerated on diamond electrode: Viability and disadvantages of this electrochemical technology	Até 100%	2013
Duarte et al.	Treatment of textile effluents by the heterogeneous Fenton process in a continuous packed-bed reactor using Fe/activated carbon as catalyst	Cerca de 96,7%	2013
Saratale et al.	Decolorization and detoxification of sulfonated azo dye C.I. Remazol Red and textile effluent by isolated <i>Lysinibacillus</i> sp. RGS	Até 100%	2013
Khandare et al.	Treatment of dye containing wastewaters by a developed lab scale phytoreactor and enhancement of its efficacy by bacterial augmentation	Reator com solo: 31%; reator com bactérias: 50%; reator com plantas: 75%; consórcio: 89%	2013
He et al.	Application of integrated ozone biological aerated filters and	Até cerca de 100%	2013

	membrane filtration in water reuse of textile effluents		
Ribas et al.	Comparison of a homemade cocoa shell activated carbon with commercial activated carbon for the removal of reactive violet 5 dye from aqueous solutions	Carvão ativado comercial: 96,2%; carvão ativado de casca de cacau acidificado: 97,7%	2014
Nawaz e Ahsan	Comparison of physico-chemical, advanced oxidation and biological techniques for the textile wastewater treatment	Combinação de lodo ativado seguido de polimento do efluente com colunas de filtragem de areia e adsorção de carvão ativado: 94,5%	2014
Singh, Singh e Singh	Bacterial decolorization of textile azo dye acid orange by <i>staphylococcus hominis</i> RMLRT03	Até cerca de 94%	2014
Zuorro e Lavecchia	Evaluation of UV/H ₂ O ₂ advanced oxidation process (AOP) for the degradation of diazo dye Reactive Green 19 in aqueous solution	Até 100%	2014
Yang et al.	Purification and characterization of a novel laccase from <i>Cerrena</i> sp. HYB07 with dye decolorizing ability	Até 98,4%	2014
Adnan et al.	Metabolites characterisation of laccase mediated Reactive Black 5 biodegradation by fast growing ascomycete fungus <i>Trichoderma atroviride</i> F03	Até 91,1%	2015
Rondon et al.	Application of enhanced membrane bioreactor (eMBR) to treat dye wastewater	Cerca de 95%	2015
Chhabra, Mishra e Sreekrishnan	Combination of chemical and enzymatic treatment for efficient decolorization/degradation of textile effluent: High operational stability of the continuous process	Cerca de 85% (considerando a configuração mais eficaz – sem formação de lodo e baixa incrustação da membrana)	2015
Šekuljica et al.	Decolorization of anthraquinonic dyes from textile effluent using horseradish peroxidase: Optimization and kinetic study	Acid Blue 225: 89,36%; Acid Violet 109: 94,7%	2015
Vijayalakshmi e Muthukumar	Improved biodegradation of textile dye effluent by coculture	Até 97%	2015
Tahir, Bhatti e Iqbal	Solar Red and Brittle Blue direct dyes adsorption onto <i>Eucalyptus angophoroides</i> bark: Equilibrium, kinetics and thermodynamic studies	Superior a 65%	2016
Han et al.	Combination of forward osmosis (FO) process with coagulation/flocculation (CF) for potential treatment of textile wastewater	Até 65,4% ± 3,20	2016
Mondal e De	Treatment of textile plant effluent by hollow fiber nanofiltration membrane and multi-component steady state modeling	Superior a 98%	2016
Bouraie e Din	Biodegradation of Reactive Black 5 by <i>Aeromonas hydrophila</i> strain isolated from dye-contaminated textile wastewater	Cerca de 76%	2016
Chiong et al.	Enzymatic treatment of methyl orange dye in synthetic wastewater by plant-based peroxidase enzymes	Peroxidase de soja: 81,4%; luffa peroxidase: 75,3%	2016
Shoukat et al.	Mango stone biocomposite preparation and application for crystal violet adsorption: A mechanistic study		2017
Acisli et al.	Ultrasound-assisted Fenton process using siderite nanoparticles prepared via planetary ball milling for removal of reactive yellow 81 in aqueous phase	Até 92,09%	2017
Dellamatrice et al.	Degradation of textile dyes by cyanobacteria	Até 100%	2017
Rasheed et al.	Reaction Mechanism and Degradation Pathway of Rhodamine 6G by Photocatalytic Treatment	Até 100%	2017
Kuppusamy et al.	Biodecolourization of textile dyes by novel, indigenous <i>Pseudomonas stutzeri</i> MN1 and <i>Acinetobacter baumannii</i> MN3	MN1: 85% (Congo Red) e 83% (Gentian Violet); MN3: 89% (Congo Red) e 90% (Gentian Violet); consórcio: 90% (Congo Red) e 95% (Gentian Violet); extrato bruto de lacase: 70% (Congo Red) e 84% (Gentian Violet).	2017
Melo et al.	Removal of Reactive Blue 14 dye using micellar solubilization followed by ionic flocculation of surfactants	Até 86%	2018
Shahab-ud-din et al.	Hydrothermal synthesis of molybdenum trioxide, characterization and photocatalytic activity	Até 95%	2018
Kadam et al.	Phytobeds with <i>Fimbristylis dichotoma</i> and <i>Ammannia baccifera</i> for treatment of real textile effluent: An in situ treatment, anatomical studies and toxicity evaluation	<i>F. dichotoma</i> : 91% (Methyl Orange); <i>A. baccifera</i> : 89% (Methyl Orange); consórcio: 95%; fito-leitos flutuantes com co-plantação: 77% (efluente real)	2018
Hussain et al.	Treatment of the textile industry effluent in a pilot-scale vertical flow constructed wetland system augmented with bacterial endophytes	Cerca de 74%	2018a
Hussain et al.	Integrated perspectives on the use of bacterial endophytes in horizontal flow constructed wetlands for the treatment of liquid textile effluent: Phytoremediation advances in the field	Até 90%	2018b
Tarkwa et al.	Photo-Fenton oxidation of Orange G azo dye: process optimization and mineralization mechanism	Até 100%	2019
Zhang et al.	Low-pressure electroneutral loose nanofiltration membranes with polyphenol-inspired coatings for effective dye/divalent salt separation	Superior a 96%	2019

Tara et al.	Bioaugmentation of floating treatment wetlands for the remediation of textile effluent	Até 97%	2019
Nath et al.	Biotreatment of malachite green from aqueous solution and simulated textile effluent by growing cells (batch mode) and activated sludge system	Até 96%	2019
Abidi et al.	Removal of anionic dye from textile industries' effluents by using Tunisian clays as adsorbents. Zeta potential and streaming-induced potential measurements	-	2019

Figura 4- Tipo de tratamento para o efluente têxtil abordados em 50 artigos entre os anos 2010 e 2019 constantes no banco de dados Scopus a partir da busca por "treatment", "textile effluent" e "dye"



Fonte: Autor (2019)

Quadro 3 - Tipos de tratamentos abordados nos artigos entre os anos 2010 e 2019 constantes no banco de dados Scopus a partir da busca por "treatment", "textile effluent" e "dye"

Tratamento empregado	Autores
Biológico	
Fitorremediação	Hussain et al. (2018a); Hussain et al. (2018b); Kadam et al. (2018); Tara et al. (2019)
Phytoreactor com eficiência aumentada com o uso de bactérias	Khandare et al. (2013)
Tratamento por lado ativado com eficiência aumentada com o uso de bactérias patenteadas	Nath et al. (2019)
Degradação por bactérias	Jadhav et al. (2010); Anjaneya et al. (2011); Phugare et al. (2011); Saratale et al. (2013); Singh, Singh e Singh (2014); Vijayalakshmi e Muthukumar (2015); Bouraie e Din (2016)
Degradação fungos	Diwaniyan et al. (2010)
Atividade enzimática	Khouni et al. (2011); Yang et al. (2014); Šekuljica et al. (2015); Adnan et al. (2015); Chiong et al. (2016); Kuppusamy et al. (2017)
Degradação por cianobactérias	Dellamatrice et al. (2017)
Adsorção por microalgas	Cardoso et al. (2012)
Físico	
Coagulação-floculação	Riera-Torres, Gutiérrez-Bouzán e Crespi (2010); Khouni et al. (2011); Melo et al. (2018)
Combinação de osmose direta, coagulação-floculação	Han et al. (2016)
Combinação coagulação-floculação e nanofiltração	Riera-Torres, Gutiérrez-Bouzán e Crespi (2010)
Combinação coagulação-floculação e adsorção em carvão ativado derivado de casca de coco	Furlan et al. (2010)
Nanofiltração	Riera-Torres, Gutiérrez-Bouzán e Crespi (2010); Khouni et al. (2011); Mondal e De (2016); Zhang et al. (2019)
Ultrafiltração	Srivastava et al. (2011)
Nanofiltração e Ultrafiltração	Aouni et al. (2012)
Adsorção com adsorventes derivados de biomassa	Sathishkumar, Arulkumar e Palvannan (2012); Ribas et al. (2014); Tahir, Bhatti e Iqbal (2016); Shoukat et al. (2017)
Adsorção carvão ativado	Cardoso et al. (2012); Ribas et al. (2014)
Adsorção por argilas	Abidi et al. (2019)
Químico	
Oxidação avançada por fóton-feton	Duarte et al. (2013); Tarkwa et al. (2019)
Fotocatálise	Rasheed et al. (2017); Shahab-ud-din et al. (2018)
Processos eletroquímicos	Aquino et al. (2011); Tsantaki et al. (2012); Martínez-Huitle et al. (2012); Solano et al. (2013)
Combinação de feton heterogêneo com radiação ultrassônica	Acisli et al. (2017)
Oxidação por radiação UV e peróxido de hidrogênio	Zuorro e Lavecchia, (2014)

Físico, químico e biológico	
Combinação de biorreatores, unidade de desinfecção UV e coluna de carvão ativado	Rondon et al. (2015)
Combinação de filtros aerados biológicos de ozônio integrados e filtração por membranas	He et al. (2013)
Físico-biológico	
Combinação de coagulação com tratamento com lacase	Chhabra, Mishra e Sreekrishnan (2015)
Combinação de lodo ativado e filtração	Nawaz e Ahsan (2014)
Químico-biológico	
Combinação de ozonização com tratamento biológico em biorreatores inoculados com biomassa proveniente de uma estação de tratamento de esgoto	Souza, Bonilla e Souza (2010)

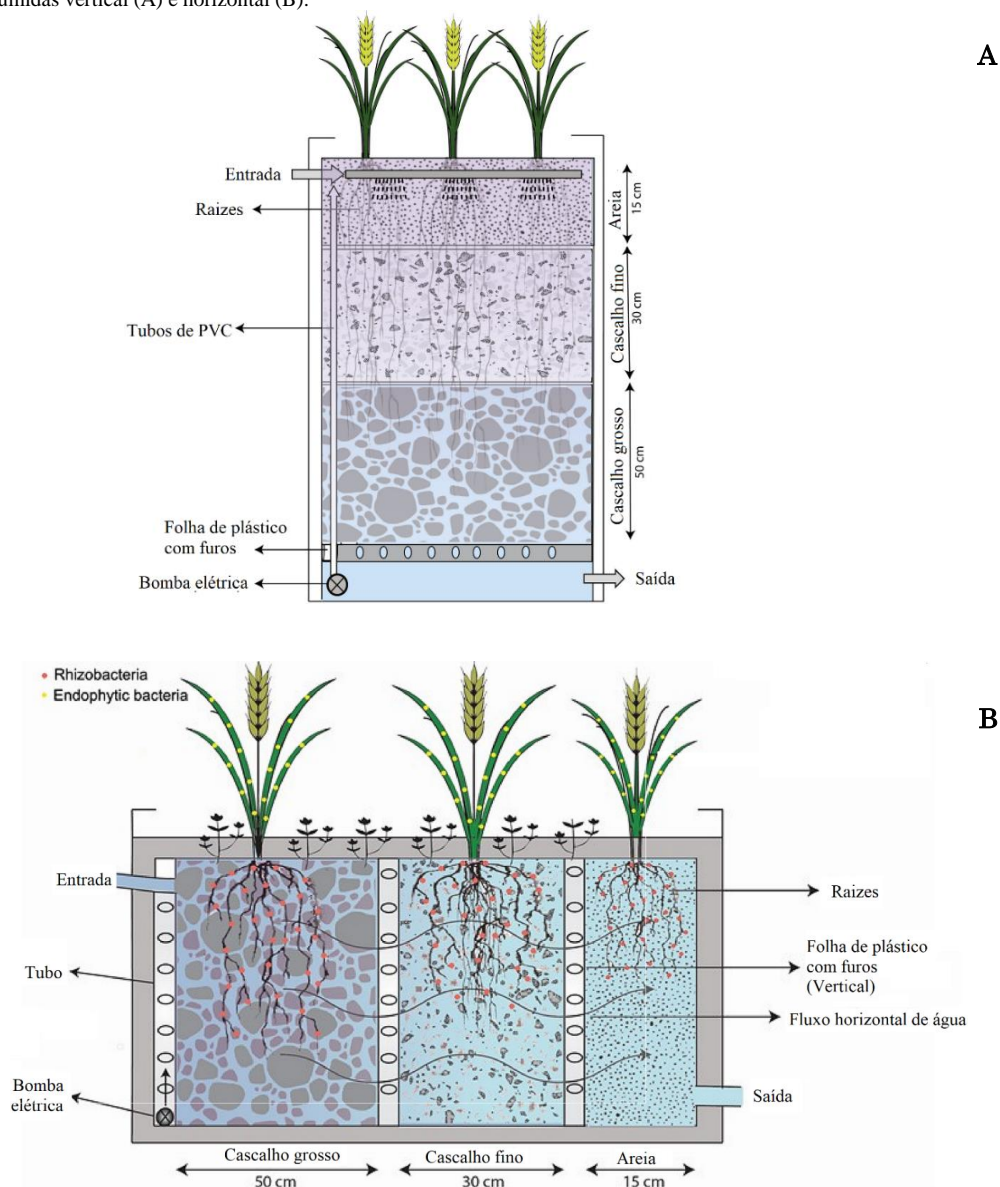
Fonte: Autor (2019)

O sistema de fitorremediação consiste na utilização de plantas potenciais para tratamento dos efluentes, podendo ser incrementado ao sistema consórcios de bactérias para intensificar a biodegradação.

A concepção desse sistema pode se dar a partir de diferentes arquiteturas, por exemplo Hussain et al. (2018a) apresentaram um sistema vertical de tratamento (Figura 5A), com a cultura de *Brachiaria mutica* e Hussain et al.

(2018b) apresentaram um sistema horizontal (Figura 5B), com a cultura de *Leptochloa fuscana*. Ambos sistemas consistiram em unidades de contêiner de plástico com plantas no topo e camadas de material granular (cascalho grosso, cascalho fino e areia), o primeiro na vertical e o segundo na horizontal. No sistema, bombas submersíveis foram usadas para impulsionar as águas residuais para o topo da zona úmida.

Figura 5- Sistema de zonas úmidas vertical (A) e horizontal (B).



Fonte: Hussain et al. (2018a) (Figura 5A) e Hussain et al. (2018b) (Figura 5B)

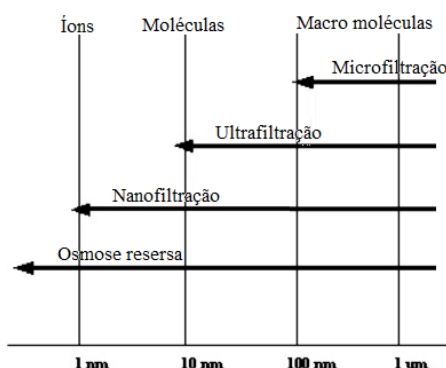
A degradação por bactérias, fungos e atividade enzimática mostram-se amplamente utilizados no tratamento do efluente têxtil. A eficiência de diversas espécies de bactérias foi analisada quanto a remoção do corante do efluente têxtil: *Aeromonas hydrophila* (BOURAIIE; DIN, 2016), *Ochrobactrum* sp., *Pseudomonas aeruginosa* e *Providencia vermicola* (VIJAYALAKSHMIDEVI; MUTHUKUMAR, 2015), *Staphylococcus hominis* (SINGH; SINGH; SINGH, 2014), *Lysinibacillus* sp. RGS (SARATALE et al., 2013), *Providencia* sp. SDS e *Pseudomonas aeruginosa* (PHUGARE et al., 2011), cepas bacterianas isoladas de *Bacillus* sp. AK1 e *Lysinibacillus* sp. AK2 (ANJANEYA et al., 2011) e *Pseudomonas* (JADHAV et al., 2010). Na biodegradação por fungos, Diwaniyan et al. (2010) analisaram a biodegradação por oito fungos basidiomicetos. Na atividade enzimática, a biodegradação mediada por enzimas Lacase foi amplamente utilizada (KHOUNI et al., 2011; YANG et al., 2014; ADNAN et al., 2015; KUPPUSAMY et al., 2017). Além da Lacase, também foi encontrado o emprego da enzima Peroxidase (ŠEKULJICA et al., 2015; CHIONG et al., 2016).

Tanto o Phytoreactor (KHANDARE et al., 2013) quanto o tratamento por lodos ativados (NATH et al., 2019) foram analisados para o aumento da eficiência com o uso de bactérias, *Pseudomonas putida* e células bacterianas patenteada *Bacillus cereus* M¹₁₆, respectivamente. A degradação por cianobactérias (DELLAMATRICE et al., 2017) ocorreu com o consórcio de *Anabaena flos-aquae* UTCC64, *Phormidium autumnale* UTEX1580 e *Synechococcus* sp. PCC7942. Por fim, a adsorção por microalgas (CARDOSO et al., 2012) envolveu a *Spirulina platensis* (SP).

O processo de floculação foi estudado por Melo et al. (2018) com o uso de surfactantes. Conforme os autores, no processo o floculante surfactante age como uma superfície adsorvente para o corante, que é removido posteriormente por filtração. No processo de coagulação-floculação realizado por Khouni et al. (2011) foram utilizados os coagulantes cloreto de cálcio e sulfato de alumínio polimérico. Riera-Torres, Gutiérrez-Bouzán e Crespi (2010) utilizaram cloreto férrico como agente coagulante. O processo de floculação foi ainda estudado de forma combinada a outros processos: osmose direta, coagulação e floculação (HAN et al., 2016), nanofiltração (RIERA-TORRES, GUTIÉRREZ-BOUZÁN; CRESPI, 2010) e adsorção em carvão ativado derivado de casca de coco (FURLAN et al., 2010). O processo de osmose direta empregado por Han et al. (2016) foi usado para desidratar o efluente, reduzindo o seu volume, com a concentração de corante melhorada. A metodologia de Riera-Torres, Gutiérrez-Bouzán e Crespi (2010) utilizou a coagulação-floculação como um prévio tratamento da nanofiltração. De forma análoga, Furlan et al. (2010) utilizaram o processo de coagulação-floculação como um pré-tratamento, no caso, para um posterior tratamento por adsorção. As tecnologias de filtração por membranas se mostram cada vez mais utilizadas para o tratamento de efluentes têxteis (CHAKRABORTY et al., 2005).

Na Figura 6 são indicados os diferentes intervalos de filtração e o tipo geral de compostos que eles podem filtrar.

Figura 6- Intervalos de filtração e tipo de compostos filtrados em microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa.



Fonte: Riera-Torres, Gutiérrez-Bouzán e Crespi (2010)

Conforme Chakraborty et al. (2005) o principal problema encontrado na utilização do processo de filtração por membranas é o declínio do fluxo pela incrustação na superfície da membrana. Desse modo podem ser requeridos tratamentos prévios, onde se insere, por exemplo, a já referida pesquisa de Riera-Torres, Gutiérrez-Bouzán e Crespi (2010). Outros estudos sobre filtração por membrana são Mondal e De (2016), com a nanofiltração com fibras a base de polissulfona e Srivastava et al. (2011) com membranas de ultrafiltração modificada de Polivinilidene fluoride. Já o sistema de tratamento adotado por Aouni et al. (2012) consistiu em diferentes membranas de ultrafiltração (Polietersulfona) e nanofiltração (Poliamida). Zhang et al. (2019) utilizaram a nanofiltração com membranas a base de polifenol e polietilenoimina.

A adsorção com materiais derivados de biomassa se mostrou amplamente empregada dentro dos tratamentos físicos. Quanto aos materiais se encontram: caroço de manga (SHOUKAT et al., 2017), casca de *Eucalyptus angophoroides* (TAHIR; BHATTI; IQBAL, 2016), carvão ativado de casca de cacau (RIBAS et al., 2014), casca de *Jatropha curcas* (SATHISHKUMAR; ARULKUMAR; PALVANNAN, 2012). A técnica de adsorção foi ainda empregada com argila (ABIDI et al., 2019) e carvão ativado (CARDOSO et al., 2012; RIBAS et al., 2014).

Quanto aos tratamentos químicos, os chamados Processos Oxidativos Avançados (POAs) se mostram muito empregado para o tratamento do efluente têxtil. Conforme Araújo et al. (2016) os POAs são processos que se baseiam na geração de radicais livre, sendo o mais importante o radical hidroxila. Ainda de acordo com os autores, estes processos incluem a química de Fenton, fotólise e fotocatalise, sonólise, além das tecnologias de oxidação eletroquímica. Quanto a esses processos se encontram a oxidação avançada por fóton-feton (TARKWA et al., 2019) feton (DUARTE et al., 2013), fotocatalise (RASHEED et al., 2017; SHAHAB-UD-DIN et al., 2018) processos eletroquímicos (AQUINO et al., 2011; TSANTAKI et al., 2012; MARTÍNEZ-HUITLE et al., 2012; SOLANO et al., 2013), combinação de feton heterogêneo com radiação ultrassônica (ACISLI et al., 2017) e oxidação por radiação UV e peróxido de hidrogênio (ZUORRO; LAVECCHIA, 2014).

O sistema de tratamento analisado por Rondon et al. (2015) consistiu em um biorreator de membrana melhorado: dois biorreatores anóxicos seguido por um biorreator de membrana aeróbio, uma unidade de desinfecção UV e uma coluna de carvão ativado.

No biorreator de membrana aeróbio foi submersa uma membrana de microfiltração de fibra oca polietersulfona hidrofílica. O processo de filtração utilizado por He et al. (2013) consistiu em filtros biológicos com ozônio (FBOz) como um pré-tratamento ao processo de filtração por membrana em sequência. Os FBOz possuem duas camadas que atuam na degradação: a camada de ozonização catalítica e camada de biodegradação.

A camada de ozonização catalítica proporcionada que os poluentes orgânicos, tais como compostos aromáticos, sejam parcialmente oxidados em matéria orgânica biodegradável. A formação desses produtos intermediários permite uma biodegradação mais fácil na área superior do reator.

O sistema combinado de tratamento de Chhabra, Mishra e Sreekrishnan (2015) consistiu em coagulação com alumínio seguido por tratamento com lacase produzida a partir do fungo basidiomiceto *Cyathus bulleri*. Já no sistema de tratamento de Nawaz e Ahsan (2014), o efluente foi primeiramente tratado em reator de lodo ativado, seguindo para um sistema de filtro em coluna de material granular (cascalho e areia) e coluna de carvão ativado.

Por fim, o tratamento de Souza, Bonilla e Souza (2010) foi classificado como químico-biológico. O tratamento empregado consistiu numa combinação de ozonização com tratamento biológico. Primeiramente, a solução de corante foi ozonizada em reator de vidro, em seguida, o tratamento biológico consistiu em biorreatores inoculados com biomassa proveniente de uma estação de tratamento de esgoto.

Conclusão

A quantidade de artigos encontrados com a busca pelos termos “treatment” e “textile effluent” é bastante significativa, tendo a busca retornado um total de 1289 artigos.

Foi percebido a partir do ano 1999 uma tendência de aumento do número de pesquisas abordando tratamento de efluente têxteis, chegando a quase uma centena de publicações no ano 2018. Isso revela um aumento do interesse sobre o tema, possivelmente motivado por demandas da indústria têxtil e crescente preocupação com as questões ambientais.

Uma visão geral das buscas filtradas por ordem de maior número de citações mostrou que as publicações do tipo revisão foram as mais citadas por outros autores. Isso demonstra o grande alcance e importância de tais estudos.

Na busca específica de artigos que tratassem da remoção da cor dos efluentes encontrou-se o emprego de técnicas com remoção total do corante.

Quanto a revisão dos processos de tratamento para remoção dos corantes, se verifica principalmente o emprego de processos biológicos como atividade microbiana e fitorremediação.

Os processos físicos também são muito empregados, onde se destacam o processo de coagulação-floculação, filtração por membrana e adsorção, com materiais de derivados de biomassa, argilas e carvão ativado. Nos processos químicos se destacam os chamados Processos Oxidativos Avançados (POAs): fóton-feton, feton, fotocatalise, processos eletroquímicos, combinação de feton heterogêneo com radiação ultrassônica e oxidação por radiação UV e peróxido de hidrogênio.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo aporte financeiro.

Referências

- ABADULLA, E. et al. **Decolorization and detoxification of textile dyes with a laccase from *Trametes hirsuta***. Applied and Environmental Microbiology, v. 66, n. 8, p. 3357-3362, 2000.
- ABIDI, N. et al. **Removal of anionic dye from textile industries' effluents by using Tunisian clays as adsorbents. Zeta potential and streaming-induced potential measurements**. Comptes Rendus Chimie, v. 22, n. 2-3, p. 113-125, 2019.
- ACISLI, O. et al. **Ultrasound-assisted Fenton process using siderite nanoparticles prepared via planetary ball milling for removal of reactive yellow 81 in aqueous phase**. Ultrasonics Sonochemistry, v. 35, p. 210-218, 2017.
- ADNAN, L. A. et al. **Metabolites characterisation of laccase mediated Reactive Black 5 biodegradation by fast growing ascomycete fungus *Trichoderma atroviride* F03**. International Biodeterioration & Biodegradation, v. 104, p. 274-282, 2015.
- AL-DEGS, Y. et al. **Effect of carbon surface chemistry on the removal of reactive dyes from textile effluent**. Water Research, v. 34, n. 3, p. 927-935, 2000.
- ANJANEYA, O. et al. **Decolorization of sulfonated azo dye Metanil Yellow by newly isolated bacterial strains: *Bacillus* sp. strain AK1 and *Lysinibacillus* sp. strain AK2**. Journal of Hazardous Materials, v. 190, n. 1-3, p. 351-358, 2011.
- AOUNI, A. et al. **Reactive dyes rejection and textile effluent treatment study using ultrafiltration and nanofiltration processes**. Desalination, v. 297, p. 87-96, 2012.
- AQUINO, J. M. et al. **Electrochemical degradation of a real textile effluent using boron-doped diamond or β -PbO₂ as anode**. Journal of Hazardous Materials, v. 192, n. 3, p. 1275-1282, 2011.
- ARAÚJO, K. S. et al. **Advanced oxidation processes: a review regarding the fundamentals and applications in wastewater treatment and industrial wastewater**. Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, v. 11, n. 2, p. 387-401, 2016.
- AZBAR, N.; YONAR, T.; KESTIOGLU, K. **Comparison of various advanced oxidation processes and chemical treatment methods for COD and color removal from a polyester and acetate fiber dyeing effluent**. Chemosphere, v. 55, n. 1, p. 35-43, 2004.
- BANAT, I. M. et al. **Microbial decolorization of textile-dyecontaining effluents: A review**. Bioresource Technology, v. 58, n. 3, p. 217-227, 1996.

- BOURAI, M. E.; DIN, W. S. E. **Biodegradation of Reactive Black 5 by *Aeromonas hydrophila* strain isolated from dye-contaminated textile wastewater**. *Sustainable Environment Research*, v. 26, n. 5, p. 209-216, 2016.
- BRIZOLA, J.; FANTIN, N. **Revisão da literatura e revisão sistemática da literatura**. *Revista de Educação do Vale do Arinos*, v. 3, n. 2, p. 23-39, 2016.
- CARDOSO, N. F. et al. **Comparison of *Spirulina platensis* microalgae and commercial activated carbon as adsorbents for the removal of Reactive Red 120 dye from aqueous effluents**. *Journal of Hazardous Materials*, v. 241-242, p. 146-153, 2012.
- CHAKRABORTY, S. et al. **Treatment of a textile effluent: application of a combination method involving adsorption and nanofiltration**. *Desalination*, v. 174, n. 1, p. 73-85, 2005.
- CHHABRA, M.; MISHRA, S.; SREEKRISHNAN, T. R. **Combination of chemical and enzymatic treatment for efficient decolorization/degradation of textile effluent: High operational stability of the continuous process**. *Biochemical Engineering Journal*, v. 93, p. 17-24, 2015.
- CHIONG, T. et al. **Enzymatic treatment of methyl orange dye in synthetic wastewater by plant-based peroxidase enzymes**. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 4, n. 2, p. 2500-2509, 2016.
- DELLAMATRICE, P. M. et al. **Degradation of textile dyes by cyanobacteria**. *Brazilian Journal of Microbiology*, v. 48, n. 1, p. 25-31, 2017.
- DIWANIYAN, S. et al. **Decolorization of Synthetic Dyes and Textile Effluents by Basidiomycetous Fungi**. *Water, Air, & Soil Pollution*, v. 210, n. 1-4, p. 409-419, 2009.
- DONATO, H.; DONATO, M. **Etapas na condução de uma revisão sistemática**. *Acta Med Port*, v. 32, n. 3, p. 227-235, 2019.
- DUARTE, F. et al. **Treatment of textile effluents by the heterogeneous Fenton process in a continuous packed-bed reactor using Fe/activated carbon as catalyst**. *Chemical Engineering Journal*, v. 232, p. 34-41, 2013.
- FURLAN, F. R. et al. **Removal of reactive dyes from aqueous solutions using combined coagulation/flocculation and adsorption on activated carbon**. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 54, n. 5, p. 283-290, 2010.
- GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. **Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração**. *Epidemiol Serv Saúde*, n. 23, v. 1, p. 183-184, 2014.
- HAN, G. et al. **Combination of forward osmosis (FO) process with coagulation/flocculation (CF) for potential treatment of textile wastewater**. *Water Research*, v. 91, p. 361-370, 2016.
- HE, Y. et al. **Application of integrated ozone biological aerated filters and membrane filtration in water reuse of textile effluents**. *Bioresource Technology*, v. 133, p. 150-157, 2013.
- HUSSAIN, Z. et al. **Treatment of the textile industry effluent in a pilot-scale vertical flow constructed wetland system augmented with bacterial endophytes**. *Science of The Total Environment*, v. 645, p. 966-973, 2018a.
- HUSSAIN, Z. et al. **Integrated perspectives on the use of bacterial endophytes in horizontal flow constructed wetlands for the treatment of liquid textile effluent: Phytoremediation advances in the field**. *Journal of Environmental Management*, v. 224, p. 387-395, 2018b.
- JADHAV, J.P. et al. **Evaluation of the efficacy of a bacterial consortium for the removal of color, reduction of heavy metals, and toxicity from textile dye effluent**. *Bioresource Technology*, v. 101, n. 1, p. 165-173, 2010.
- JAYANTHY, V. et al. **Phytoremediation of dye contaminated soil by *Leucaena leucocephala* (subabul) seed and growth assessment of *Vigna radiata* in the remediated soil**. *Saudi Journal of Biological Sciences*, v. 21, n. 4, p. 324-333, 2014.
- KADAM, S. K. et al. **Phytobeds with *Fimbristylis dichotoma* and *Ammannia baccifera* for treatment of real textile effluent: An in situ treatment, anatomical studies and toxicity evaluation**. *Environmental Research*, v. 160, p. 1-11, 2018.
- KHANDARE, R. V. et al. **Treatment of dye containing wastewaters by a developed lab scale phytoreactor and enhancement of its efficacy by bacterial augmentation**. *International Biodeterioration & Biodegradation*, v. 78, p. 89-97, 2013.
- KHARAT, D. S. **Treatment of textile industry effluents: limitations and scope**. *Journal of Environmental Research And Development, Vadodara*, v. 9, n. 4, p. 1210-1213, 2015.
- KHOUNI, I. et al. **Decolourization of the reconstituted textile effluent by different process treatments: Enzymatic catalysis, coagulation/flocculation and nanofiltration processes**. *Desalination*, v. 268, n. 1-3, p. 27-37, 2011.
- KUPPUSAMY, S. et al. **Biodecolourization of textile dyes by novel, indigenous *Pseudomonas stutzeri* MN1 and *Acinetobacter baumannii* MN3**. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 5, n. 1, p. 716-724, 2017.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- MARTÍNEZ-HUITLE, C. A. et al. **Applicability of diamond electrode/anode to the electrochemical treatment of a real textile effluent**. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, v. 674, p. 103-107, 2012.
- MELO, R.P. F. et al. **Removal of Reactive Blue 14 dye using micellar solubilization followed by ionic flocculation of surfactants**. *Separation and Purification Technology*, v. 191, p. 161-166, 2018.
- MONDAL, M.; DE, S. **Treatment of textile plant effluent by hollow fiber nanofiltration membrane and multi-component steady state modeling**. *Chemical Engineering Journal*, v. 285, p. 304-318, 2016.
- NATH, J. et al. **Biotreatment of malachite green from aqueous solution and simulated textile effluent by growing cells (batch mode) and activated sludge system**. *Groundwater for Sustainable Development*, v. 8, p. 172-178, 2019.
- NAWAZ, M. S.; AHSAN, M. **Comparison of physico-chemical, advanced oxidation and biological techniques for the textile wastewater treatment**. *Alexandria Engineering Journal*, v. 53, n. 3, p. 717-722, 2014.
- NIGAM, P. et al. **Physical removal of textile dyes from effluents and solid-state fermentation of dye-adsorbed agricultural residues**. *Bioresource Technology*, v. 72, n. 3, p. 219-226, 2000.
- O'NEILL, C. et al. **Colour in textile effluents - sources, measurement, discharge consents and simulation: a review**. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, v. 74, n. 11, p. 1009-1018, 1999.
- PEARCE, C. I.; LLOYD, J. R.; GUTHRIEA, J. T. **The removal of colour from textile wastewater using whole bacterial cells: a review**. *Dyes and Pigments*, v. 58, n. 3, p. 179-196, 2003.
- PHUGARE, S. S. et al. **Ecofriendly degradation, decolorization and detoxification of textile effluent by a developed bacterial consortium**. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 74, n. 5, p. 1288-1296, 2011.
- PINHEIRO, H. M.; TOURAUD, E.; THOMAS, O. **Aromatic amines from azo dye reduction: status review with emphasis on direct UV spectrophotometric detection in textile industry wastewaters**. *Dyes and Pigments*, v. 61, n. 2, p. 121-139, 2004.

- RASHEED, T. et al. **Reaction Mechanism and Degradation Pathway of Rhodamine 6G by Photocatalytic Treatment.** *Water, Air, & Soil Pollution*, v. 228, n. 8, p. 1-10, 2017.
- RIBAS, M. C. et al. **Comparison of a homemade cocoa shell activated carbon with commercial activated carbon for the removal of reactive violet 5 dye from aqueous solutions.** *Chemical Engineering Journal*, v. 248, p. 315-326, 2014.
- RIERA-TORRES, M.; GUTIÉRREZ-BOUZÁN, C.; CRESPI, M. **Combination of coagulation-flocculation and nanofiltration techniques for dye removal and water reuse in textile effluents.** *Desalination*, v. 252, n. 1-3, p. 53-59, 2010.
- ROBINSON, T. et al. **Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative.** *Bioresource Technology*, v. 77, n. 3, p. 247-255, 2001.
- RONDON, H. et al. **Application of enhanced membrane bioreactor (eMBR) to treat dye wastewater.** *Bioresource Technology*, v. 183, p. 78-85, 2015.
- SARATALE, R. G. et al. **Decolorization and detoxification of sulfonated azo dye C.I. Remazol Red and textile effluent by isolated *Lysinibacillus* sp. RGS.** *Journal Of Bioscience And Bioengineering*, v. 115, n. 6, p. 658-667, 2013.
- SATHISHKUMAR, P. ; ARULKUMAR, M.; PALVANNAN, T. **Utilization of agro-industrial waste *Jatropha curcas* pods as an activated carbon for the adsorption of reactive dye Remazol Brilliant Blue R (RBBR).** *Journal Of Cleaner Production*, v. 22, n. 1, p. 67-75, 2012.
- ŠEKULJICA, N. Ž. et al. **Decolorization of Anthraquinonic Dyes from Textile Effluent Using Horseradish Peroxidase: Optimization and Kinetic Study.** *The Scientific World Journal*, p. 1-12, 2015.
- SHAHAB-UD-DIN et al. **Hydrothermal synthesis of molybdenum trioxide, characterization and photocatalytic activity.** *Materials Research Bulletin*, v. 100, p. 120-130, 2018.
- SHOUKAT, S. et al. **Mango stone biocomposite preparation and application for crystal violet adsorption: A mechanistic study.** *Microporous And Mesoporous Materials, [s.l.]*, v. 239, p. 180-189, 2017.
- SINGH, R.; SINGH, R.; SINGH, P. **Bacterial decolorization of textile azo dye acid orange by staphylococcus hominis RMLRT03.** *Toxicology International*, v. 21, n. 2, p. 160-166, 2014.
- SOLANO, A. M. S. et al. **Decontamination of real textile industrial effluent by strong oxidant species electrogenerated on diamond electrode: Viability and disadvantages of this electrochemical technology.** *Applied Catalysis B: Environmental*, v. 130-131, p. 112-120, 2013.
- SOUZA, S. M. A. G. U.; PERUZZO, L. C.; SOUZA, A. A. U. **Numerical study of the adsorption of dyes from textile effluents.** *Applied Mathematical Modelling*, v. 32, n. 9, p. 1711-1718, 2008.
- SOUZA, S. M. A. G. U.; BONILLA, K. A. S.; SOUZA, A. A. U. **Removal of COD and color from hydrolyzed textile azo dye by combined ozonation and biological treatment.** *Journal of Hazardous Materials*, v. 179, n. 1-3, p. 35-42, 2010.
- SRIVASTAVA, H. P. et al. **Performance of modified poly(vinylidene fluoride) membrane for textile wastewater ultrafiltration.** *Desalination*, v. 282, p. 87-94, 2011.
- STAGNARO, S. M. VOLZONE, C.; HUCK, L. **Nanoclay as Adsorbent: Evaluation for Removing Dyes Used in the Textile Industry.** *Procedia Materials Science*, v. 8, p. 586-591, 2015.
- SURESH, S. **Treatment of Textile Dye Containing Effluents.** *Current Environmental Engineering*, v. 1, n. 3, p. 162-184, 2015.
- TAHIR, M. A.; BHATTI, H. N.; IQBAL, M. **Solar Red and Brittle Blue direct dyes adsorption onto *Eucalyptus angophoroides* bark: Equilibrium, kinetics and thermodynamic studies.** *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 4, n. 2, p. 2431-2439, 2016.
- TARA, N. et al. **Bioaugmentation of floating treatment wetlands for the remediation of textile effluent.** *Water and Environment Journal*, v. 33, n. 1, p. 124-134, 2018.
- TARKWA, J. B. et al. **Photo-Fenton oxidation of Orange G azo dye: process optimization and mineralization mechanism.** *Environmental Chemistry Letters*, v. 17, n. 1, p. 473-479, 2018.
- TSANTAKI, E. et al. **Anodic oxidation of textile dyehouse effluents on boron-doped diamond electrode.** *Journal of Hazardous Materials*, v. 207-208, p. 91-96, 2012.
- UDAY, U. S. P.; BANDYOPADHYAY, T. K.; BHUNIA, B. **Bioremediation and Detoxification Technology for Treatment of Dye(s) from Textile Effluent.** *Textile Wastewater Treatment*, p. 75-92, 2016.