



Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

Engenharia
Ambiental e Sanitária:
Interfaces do Conhecimento 2

Atena
Editora

Ano 2019

Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

Engenharia Ambiental e Sanitária:
Interfaces do Conhecimento 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	<p>Engenharia ambiental e sanitária [recurso eletrônico] : interfaces do conhecimento 2 / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Engenharia Ambiental e Sanitária. Interfaces do Conhecimento; v. 2)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-694-2 DOI 10.22533/at.ed.942190910</p> <p>1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária I. Silva, Helenton Carlos da. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 628.362</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Engenharia Ambiental e Sanitária Interfaces do Conhecimento*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu II volume, apresenta, em seus 31 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da engenharia ambiental e sanitária, tendo como base suas diversas interfaces do conhecimento.

Entre os muitos usuários da água, há um setor que apresenta a maior interação e interface com o de recursos hídricos, o setor de saneamento.

A questão das interfaces entre saneamento e recursos hídricos coloca-se no saneamento como usuário de água e como instrumento de controle de poluição, em consequência, de preservação dos recursos hídricos.

Estas interfaces, como linhas integradas prioritárias de pesquisa, relacionam-se ao desenvolvimento e a inovação, seja de caráter científico e tecnológico, entre as áreas de recursos hídricos, saneamento, meio ambiente e saúde pública.

Dentro deste contexto podemos destacar que o saneamento básico é envolto de muita complexidade, na área da engenharia ambiental e sanitária, pois muitas vezes é visto a partir dos seus fins, e não exclusivamente dos meios necessários para atingir os objetivos almejados.

Neste contexto, abrem-se diversas opções que necessitam de abordagens disciplinares, abrangendo um importante conjunto de áreas de conhecimento, desde as ciências humanas até as ciências da saúde, obviamente transitando pelas tecnologias e pelas ciências sociais aplicadas. Se o objeto saneamento básico encontra-se na interseção entre o ambiente, o ser humano e as técnicas podem ser facilmente traçados distintos percursos multidisciplinares, potencialmente enriquecedores para a sua compreensão.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados a estas diversas interfaces do conhecimento da engenharia ambiental e sanitária. A importância dos estudos dessa vertente é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO: EXPERIÊNCIAS E COMPREENSÕES PARA SEU ACOMPANHAMENTO E ATUALIZAÇÃO	
Marcelo Seleme Matias	
DOI 10.22533/at.ed.9421909101	
CAPÍTULO 2	17
AS CARAVANAS DE SANEAMENTO NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO: FORMA DE DIÁLOGO DE SABERES E DE CAPACITAÇÃO PARA O PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO	
Luiz Roberto Santos Moraes	
Luciana Espinheira da Costa Khoury	
Ilka Vlaida Almeida Valadão	
DOI 10.22533/at.ed.9421909102	
CAPÍTULO 3	29
AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS DE PROJEÇÃO POPULACIONAL PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE SANEAMENTO BÁSICO EM BELÉM DO PARÁ	
Giovanni Chaves Penner	
Laércio dos Santos Rosa Junior	
Ana Gabriela Santos Dias	
DOI 10.22533/at.ed.9421909103	
CAPÍTULO 4	37
ESTIMATIVA DE POTENCIAL HÍDRICO SUBTERRÂNEO NA REGIÃO NORTE DO ESTADO DO PARANÁ	
Maurício Marchand Krüger	
Cláudio Marchand Krüger	
Rodrigo Pinheiro Pacheco	
Marcos Cesar Santos da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.9421909104	
CAPÍTULO 5	51
ESTRATÉGIAS INSTITUCIONAIS E REGULATÓRIAS PARA ENFRENTAMENTO DA CRISE HÍDRICA NO ESTADO DE SÃO PAULO	
Ester Feche Guimarães	
Marcel Costa Sanches	
DOI 10.22533/at.ed.9421909105	
CAPÍTULO 6	61
PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS: DO CONCEITO À PRÁTICA, UMA ÊNFASE NO SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DA BAHIA	
Renavan Andrade Sobrinho	
Abelardo de Oliveira Filho	
Cristiane Sandes Tosta	
DOI 10.22533/at.ed.9421909106	

CAPÍTULO 7	74
ANÁLISE DA QUALIDADE DE ÁGUA DE POÇOS SEDIMENTADOS NAS COMUNIDADES RURAIS DO MUNICÍPIO DE SÃO MIGUEL DO IGUAÇU	
Maria Cristina Scarpari Juliana Ninov Márcia Antonia Bartolomeu Agustini Fabio Orssatto	
DOI 10.22533/at.ed.9421909107	
CAPÍTULO 8	92
CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA CLARIFICADA PROVENIENTE DO TRATAMENTO DO RESÍDUO DO TRATAMENTO DE ÁGUA EM CICLO COMPLETO	
Isadora Alves Lovo Ismail Angela Di Bernardo Dantas Luiz Di Bernardo Cristina Filomêna Pereira Rosa Paschoalato Mateus Ancheschi Roveda Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.9421909108	
CAPÍTULO 9	105
PRÉ-TRATAMENTO DE ÁGUA DE TORRE DE RESFRIAMENTO VISANDO REÚSO	
Nathalia Oliveira dos Santos Lídia Yokoyama Vanessa Reich de Oliveira Gabriel Travagini Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.9421909109	
CAPÍTULO 10	118
PRÉ-TRATAMENTO DE ÁGUA DO MAR AO SISTEMA DE OSMOSE INVERSA EM USINAS TERMELÉTRICAS	
Luciano Dias Xavier Lídia Yokoyama Vanessa Reich de Oliveira Gabriel Travagini Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.94219091010	
CAPÍTULO 11	131
QUALIDADE DAS ÁGUAS DO PARQUE LAGOAS DO NORTE, TERESINA-PI	
Rafael Diego Barbosa Soares Carlos Ernando da Silva Ronne Wesley Lopes da Cruz	
DOI 10.22533/at.ed.94219091011	
CAPÍTULO 12	141
CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SANTO AMARO, ESTADO DO ESPÍRITO SANTO	
Caio Henrique Ungarato Fiorese Herbert Torres Gilson Silva Filho	
DOI 10.22533/at.ed.94219091012	

CAPÍTULO 13	156
CONTROLE DE ENCHENTES E A ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA EM BLUMENAU, SC, BRASIL	
Raphael Franco do Amaral Tafner Roberto Righi	
DOI 10.22533/at.ed.94219091013	
CAPÍTULO 14	168
APLICAÇÃO DE TETO JARDIM RESIDENCIAL NA REDUÇÃO DE ALAGAMENTO URBANO	
Raquel da Silva Pinto Camila de Fátima Lustosa Gabriele Sabbadine André Augusto Gutierrez Fernandes Beati Rafael Augusto Valentim da Cruz Magdalena Luciane de Souza Oliveira Valentim	
DOI 10.22533/at.ed.94219091014	
CAPÍTULO 15	180
DESENVOLVIMENTO DE GEOPOLÍMEROS COM A INCORPORAÇÃO DO LODO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA	
Matheus Rossetto Luciano Senff Simone Malutta Rubia Lana Britenbach Meert Bruno Borges Gentil	
DOI 10.22533/at.ed.94219091015	
CAPÍTULO 16	194
BENCHMARKING DE DESEMPENHO ENTRE OPERADORAS DE ÁGUA E ESGOTO EM NÍVEL DE BACIA HIDROGRÁFICA	
Tiago Balieiro Cetrulo Aline Doria de Santi Rui Domingos Ribeiro da Cunha Marques Tadeu Fabrício Malheiros Natália Molina Cetrulo	
DOI 10.22533/at.ed.94219091016	
CAPÍTULO 17	203
ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA EM EFLUENTES SIMULADOS DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS	
Micheli Tutumi de Araujo Alexandre Saron	
DOI 10.22533/at.ed.94219091017	
CAPÍTULO 18	218
ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA COMO ÁGUA DE AMASSAMENTO PARA CONCRETO	
André Schramm Brandão Ênio Pontes de Deus Antônio Eduardo Bezerra Cabral Wyoskynaria Mihaly Maia da Silva Francisco Altanízio Batista de Castro Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.94219091018	

CAPÍTULO 19	231
APLICAÇÃO DO MÉTODO ESTATÍSTICO DCCR NA REMOÇÃO DE CORANTES EM EFLUENTE TÊXTIL POR PROCESSO DE ELETROCOAGULAÇÃO	
<ul style="list-style-type: none"> Fabíola Tomassoni Elisângela Edila Schneider Cristiane Lisboa Giroletti Maria Eliza Nagel-Hassemer Flávio Rubens Lapolli 	
DOI 10.22533/at.ed.94219091019	
CAPÍTULO 20	244
DESAGUAMENTO E HIGIENIZAÇÃO DE LODO DE ESGOTO UTILIZANDO ESTUFA AGRÍCOLA SOBRE LEITOS DE SECAGEM	
<ul style="list-style-type: none"> Juliana Guasti Lozer Ricardo Franci Gonçalves Vinícius Mattos Fabris 	
DOI 10.22533/at.ed.94219091020	
CAPÍTULO 21	254
DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO DE CADASTRAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIALMENTE CONTAMINADAS PELA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO	
<ul style="list-style-type: none"> Renato Ribeiro Siman Hugo de Oliveira Fagundes Larissa Pereira Miranda Luciana Harue Yamane 	
DOI 10.22533/at.ed.94219091021	
CAPÍTULO 22	267
ENZIMAS LIGNINOLÍTICAS DE <i>Trametes sp.</i> NA REMEDIAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS GERADOS DURANTE TRATAMENTO DE EFLUENTE KRAFT EM LAGOAS AERADAS FACULTATIVAS	
<ul style="list-style-type: none"> Eliane Perreira Machado Gustavo Henrique Couto Aline Cristine Hermann Bonato Camila Peitz Claudia Regina Xavier 	
DOI 10.22533/at.ed.94219091022	
CAPÍTULO 23	276
ESTUDO COMPARATIVO DA SECAGEM NATURAL DE LODOS DE ETEs SUBMETIDOS AO PROCESSO DE CENTRIFUGAÇÃO	
<ul style="list-style-type: none"> Sara Rachel Orsi Moretto Walmor Cardoso Godoi Sebastião Ribeiro Junior 	
DOI 10.22533/at.ed.94219091023	

CAPÍTULO 24	287
ESTUDO DA AÇÃO DE CONSÓRCIOS MICROBIANOS NA REMEDIAÇÃO DE ÁGUAS CONTAMINADAS	
<p>Viviane Nascimento da Silva e Sá Fabiana Valéria da Fonseca Leila Yone Reznik Tito Lívio Moitinho Alves</p>	
DOI 10.22533/at.ed.94219091024	
CAPÍTULO 25	300
ESTUDO DO ACÚMULO DE NITRITO EM REATOR SEQUENCIAL EM BATELADA VISANDO A REMOÇÃO DE NITROGÊNIO PELA VIA CURTA	
<p>Ajadir Fazolo Alisson Luiz Boeing Kátia Valéria Marques Cardoso Prates Paulo Henrique Mazieiro Pohlmann Rafael Coelho Ciciliato Rafaella Oliveira Baracho</p>	
DOI 10.22533/at.ed.94219091025	
CAPÍTULO 26	311
GESTÃO DE MICROPOLUENTES EM BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS: O CASO DO RIO BELÉM, CURITIBA, PARANÁ	
<p>Demian da Silveira Barcellos Harry Alberto Bollmann</p>	
DOI 10.22533/at.ed.94219091026	
CAPÍTULO 27	330
II-032 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO AGROPECUÁRIO DOS EFLUENTES DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA EMBASA, SITUADAS NO SEMIÁRIDO BAIANO	
<p>Evanildo Pereira de Lima Helder Guimarães Aragão</p>	
DOI 10.22533/at.ed.94219091027	
CAPÍTULO 28	339
IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE REÚSO URBANO NÃO POTÁVEL EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO	
<p>Juliana Guasti Lozer Victor Correia Faustini Cinthia Gabriela de Freitas Ribeiro Vieira Reis Nadja Lima Gorza Renata Maia das Flores</p>	
DOI 10.22533/at.ed.94219091028	
CAPÍTULO 29	351
O REÚSO DA ÁGUA DE EFLUENTE NO PÓLO PETROQUÍMICO DE CAPUAVA – SÃO PAULO	
<p>Sâmia Rafaela Maracaípe Lima Eduardo Ueslei de Souza Siqueira Layse de Oliveira Portéglio Mainara Generoso Faustino</p>	
DOI 10.22533/at.ed.94219091029	

CAPÍTULO 30	363
PRODUÇÃO DE BIOMASSA MICROALGAL EM EFLUENTE SUCROALCOOLEIRO CLARIFICADO POR COAGULAÇÃO ELETROQUÍMICA	
Mauricio Daniel Montaña Saavedra Viktor Oswaldo Cárdenas Concha Reinaldo Gaspar Bastos	
DOI 10.22533/at.ed.94219091030	
CAPÍTULO 31	379
USO DE ESGOTOS TRATADOS NO NORDESTE DO BRASIL: POTENCIAIS E DESAFIOS	
Rafaela Ribeiro de Oliveira Yldeney Silva Domingos Luara Musse de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.94219091031	
SOBRE O ORGANIZADOR	391
ÍNDICE REMISSIVO	392

APLICAÇÃO DO MÉTODO ESTATÍSTICO DCCR NA REMOÇÃO DE CORANTES EM EFLUENTE TÊXTIL POR PROCESSO DE ELETROCOAGULAÇÃO

Fabíola Tomassoni

Pós-doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Santa Catarina (PPGEA/UFSC), Florianópolis - SC.

Elisângela Edila Schneider

Pós-doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química na Universidade Federal de Santa Catarina (ENQ/UFSC), Florianópolis - SC.

Cristiane Lisboa Giroletti

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Santa Catarina (PPGEA/UFSC), Florianópolis - SC.

Maria Eliza Nagel-Hassemer

Professora titular no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis - SC.

Flávio Rubens Lapolli

Professor titular no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis - SC.

RESUMO: O presente trabalho avaliou a otimização do processo de eletrocoagulação através do método estatístico delineamento composto central rotacional (DCCR) aplicado em efluente têxtil sintético, a fim de se investigar o efeito da intensidade de corrente e do pH com relação à remoção dos corantes. A indústria têxtil

se caracteriza pelo alto consumo de água e, conseqüentemente, pelos expressivos volumes de efluentes gerados. Os efluentes líquidos provenientes da indústria têxtil podem causar danos aos corpos receptores, representando um fator de risco sério à saúde, por apresentarem substâncias potencialmente tóxicas como os corantes. Em geral, o tratamento convencional destes efluentes não degrada/remove totalmente seus poluentes. Neste contexto, a eletrocoagulação foi investigada com o intuito de otimizar os parâmetros operacionais para remoção dos corantes *Levafix Brilliant Red* e *Remazol Preto B* 133%. Os resultados do processo de eletrocoagulação revelaram o potencial da aplicação do processo com valores de intensidade de corrente de 33A e pH inicial de 3, atingindo uma remoção dos corantes na ordem de 85%. O tempo de eletrólise estabelecido em 30 minutos contribuiu para a efetividade do processo no tratamento do efluente têxtil sintético e demonstrou capacidade para aplicação em efluentes em escala real.

PALAVRAS-CHAVE: Efluente têxtil, eletrocoagulação, DCCR.

APPLICATION OF DCCR STATISTICAL
METHOD FOR DYES REMOVAL IN TEXTILE
WASTEWATER BY ELECTROCOAGULATION

ABSTRACT: The present study evaluated the optimization of the electrocoagulation process through the statistical method central composite rotatable design (CCRD) applied in synthetic textile effluent, in order to investigate the effect of current intensity and pH in relation to dyes removal. The textile industry is characterized by high water consumption and, consequently, by the significant volumes of wastewater generated. Textile industry wastewater can cause damage to environment, representing a serious health risk factor, as they contain potentially toxic substances such as dyes. In general, conventional treatment of textile wastewater does not degrade or remove completely their pollutants. In this context, the electrocoagulation was investigated in order to optimize the operational parameters for the removal of Levafix Brilliant Red and Remazol Black B 133% dyes. The results of the electrocoagulation process revealed the potential of the process application with current intensity values of 33A and initial pH of 3, reaching a dyes removal of 85%. The electrolysis time established in 30 minutes contributed to the effectiveness of the process in the treatment of synthetic textile effluent and demonstrated its capacity for application in real scale effluents.

KEYWORDS: Textile wastewater, electrocoagulation, CCRD.

1 | INTRODUÇÃO

As indústrias têxteis representam uma parcela de grande importância na economia brasileira, ocupando lugar de destaque na economia nacional. Forte gerador de empregos e grande volume de produção e exportação, o valor da produção da cadeia têxtil em 2017 foi cerca de R\$45 bilhões (ABIT, 2018). No entanto, o setor têxtil é um dos maiores consumidores de água, atingindo volumes entre 200 e 400 litros por quilograma de tecido acabado. Conseqüentemente, estas indústrias geram grandes volumes de efluentes, os quais, quando não corretamente tratados, podem causar sérios problemas de contaminação ambiental (HOLKAR et al., 2016).

O efluente têxtil é caracterizado por ser altamente colorido devido à presença de resíduos de corantes que não se fixam nas fibras durante o processo de tingimento. Estes efluentes podem apresentar alta complexidade e variabilidade de acordo com o tipo de atividade e processo industrial. Em geral, cerca de 90% dos produtos químicos utilizados no beneficiamento têxtil são eliminados após cumprirem seus objetivos e 20% dos corantes não são fixados à fibra durante o processo de tingimento (CARDOSO, 2012). Com o elevado consumo de água, o baixo aproveitamento dos insumos e a geração de efluentes com elevada carga orgânica, essa atividade se tornou um potencial poluidor do meio ambiente (KARTHIKEYAN et al., 2017).

Efeitos deletérios causados pelos corantes e seus insumos provocam poluição visual, alterações em ciclos biológicos, afetando principalmente processos de fotossíntese, penetração da radiação solar e, conseqüentemente, a solubilidade dos gases. Sua descarga nos corpos receptores potencializa os riscos à saúde

das pessoas, os quais estão associados à entrada de componentes tóxicos nas cadeias alimentares de animais e seres humanos, podendo ser carcinogênicos e/ou mutagênicos (KUMAR et al., 2017).

Os processos convencionais de tratamento de efluentes, em geral, não são capazes de degradar/remover as estruturas moleculares complexas dos corantes, principalmente os corantes reativos, devido à sua estabilidade e difícil biodegradabilidade. Dependendo do processo utilizado, o seu tratamento pode gerar subprodutos mais nocivos do que o poluente original, entre outros inconvenientes como a geração de grandes quantidades de lodos contaminados. Devido a estas implicações ambientais, novas tecnologias têm sido buscadas para a degradação ou imobilização destes compostos, além da adequação dos efluentes tratados perante a legislação para lançamento no corpo receptor e reuso da água na própria indústria.

Dentre as novas tecnologias para o tratamento de efluentes, destaca-se a utilização da eletrocoagulação. Atualmente essa técnica é considerada versátil, de fácil operação e sem custos com reagentes químicos, sendo ambientalmente benigna (SEIFROTOVÁ et al., 2009; HOLKAR et al., 2016). A eletrocoagulação consiste em reações de oxidação, com a dissolução de ferro (Fe) ou alumínio (Al) anódicos e consequente produção de hidróxidos metálicos gelatinosos (pela hidrólise da água no cátodo) que desestabilizam e agregam as partículas, promovendo a adsorção dos contaminantes dissolvidos e a sua precipitação (QI; YOU; REN, 2017). A técnica é baseada no processo de oxirredução gerado por uma corrente elétrica contínua, que promove a formação de flocos e consequentemente a geração de um efluente com elevada qualidade (SEIFROTOVÁ et al., 2009).

Contudo, a eletrocoagulação é um processo complexo, que envolve fenômenos físicos, químicos e mecanismos que operam simultaneamente para remoção dos poluentes. Para liberar o agente coagulante que ajuda na formação dos flocos, uma diferença de potencial elétrica é aplicada nos eletrodos, para formação de complexos monoméricos e/ou poliméricos de hidróxidos metálicos (dependente do pH), que são responsáveis pela formação dos flocos (GOLDER, et al., 2011). Portanto, a eficiência do processo da eletrocoagulação está diretamente relacionada à otimização do pH e da intensidade de corrente elétrica aplicada. Estes dois parâmetros determinam a efetividade do processo na remoção de poluentes e seus custos operacionais (GARCIA et al., 2015).

De acordo com Mollah et al. (2001), esses parâmetros operacionais são importantes na eletrocoagulação, afetando não apenas o tempo de resposta do processo, mas também influenciando fortemente o modo dominante de separação e remoção de poluentes. O efeito do pH é importante no processo, pois a máxima eficiência de remoção de poluentes ocorre no pH ótimo para determinado efluente, podendo variar dependendo das suas características (KHANDEGAR; SAROHA, 2013). O mesmo acontece com a intensidade de corrente, responsável pela quantidade de coagulante liberada, e pelo tamanho e crescimento dos flocos no

processo (HAKIZIMANA et al., 2017).

Devido às limitações de remoção da cor presente em efluentes têxteis via processos de tratamento convencionais, o processo de eletrocoagulação apresenta-se como uma excelente técnica, pois controlando a intensidade de corrente e o pH, consegue-se gerar o coagulante in situ e na quantidade mínima que leva à máxima eficiência de remoção.

2 | OBJETIVO

O presente trabalho objetivou otimizar o processo de eletrocoagulação através do método estatístico delineamento composto central rotacional (DCCR), considerando como principais parâmetros o pH inicial e a intensidade de corrente em função da remoção dos corantes do efluente têxtil.

3 | METODOLOGIA

3.1 Efluente Sintético

O efluente sintético foi preparado conforme a metodologia de Mo et al. (2007), utilizando 25% da concentração original proposta pelos autores, cuja composição está detalhada na Tabela 1.

COMPOSIÇÃO	CONCENTRAÇÃO (g.L ⁻¹)
<i>Levafix Brilliant Red</i>	0,020
<i>Remazol Preto B 133%</i>	0,020
Cloreto de sódio (NaCl)	2,000
Álcool Polivinílico	0,125
Sulfato de sódio (Na ₂ SO ₄)	0,188

Tabela 1: Composição do efluente têxtil sintético.

Na Figura 1 estão apresentadas as estruturas químicas dos corantes têxteis utilizados: a) Levafix Brilliant Red e b) Remazol Preto B 133%. As concentrações dos reagentes basearam-se na quantidade média encontrada em efluente têxtil industrial.

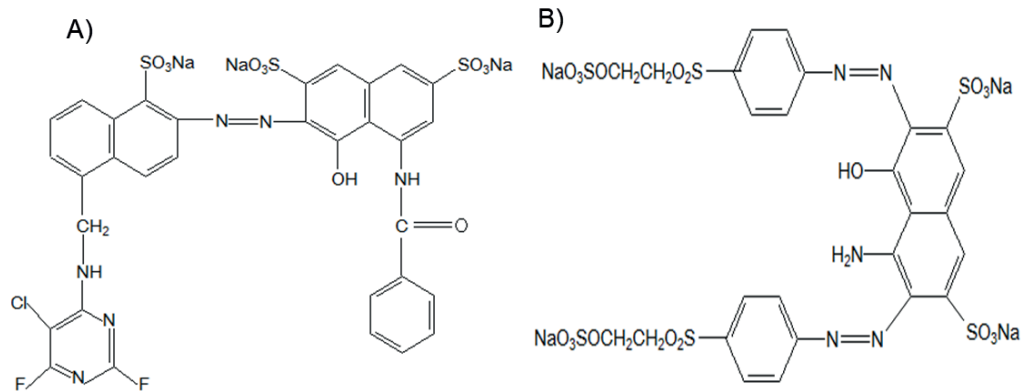


Figura 1: Estrutura química dos corantes: a) *Levafix Brilliant Red*; b) *Remazol Preto B 133%*.

3.2 Sistema Reacional

Os experimentos foram realizados em um reator de eletrocoagulação de bancada, com volume útil de 1 L, constituído por um béquer de vidro como célula eletroquímica e equipado com dois pares de eletrodos de placas planas de alumínio (ânodo e cátodo), no formato retangular, com dimensões de 16 cm x 0,5 cm x 0,2 cm. A intensidade de corrente contínua aplicada foi controlada através da fonte de alimentação digital ajustável (modelo PS - 1001) com variação de corrente de 0 - 10 A e tensão de 0 - 30 V. O conjunto de eletrodos inseridos verticalmente no reator ficou parcialmente imerso na solução, obtendo como área efetiva 0,6435 m² e arranjado dentro da célula eletrolítica de modo monopolar paralelo. A representação esquemática do reator de eletrocoagulação é apresentada na Figura 2.

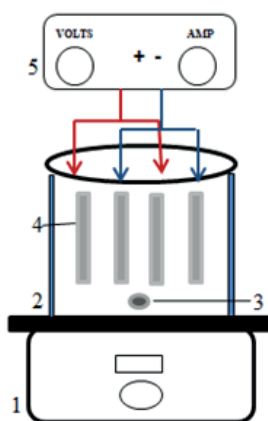


Figura 2: Representação esquemática do reator de eletrocoagulação monopolar paralelo: 1- Agitador magnético; 2- Célula eletroquímica; 3- Barra magnética; 4- Eletrodos de Alumínio; 5- Fonte de alimentação.

Para promover a homogeneidade do efluente durante o tempo de eletrólise, o reator recebeu um sistema de agitação, o qual operou com velocidade de agitação de 200 rpm, sendo desligada após cessar a aplicação da corrente. Este valor foi selecionado com base em alguns estudos da literatura (KOBAYASHI et al., 2003; CAN et

al., 2006; AOUDJ et al., 2010).

3.3 Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR)

De modo a obter melhores condições operacionais do reator de eletrocoagulação, foram analisadas duas variáveis do processo, sendo elas: pH inicial da solução (X_1) e intensidade de corrente (X_2) e como variável dependente (resposta) a eficiência de remoção dos corantes. Os valores das variáveis independentes foram definidos com base em estudos encontrados na literatura (CHANG et al., 2007; SECULA; CRETESCU; PRETESCU, 2011).

No DCCR foram utilizados quatro ensaios com pontos fatoriais (+1 e -1), quatro ensaios com os pontos axiais (+1,41 e -1,41) e quatro ensaios com os pontos centrais (0), totalizando 12 ensaios (executados em duplicata). A matriz do delineamento experimental da eletrocoagulação está representada na Tabela 2. O tempo de eletrólise foi determinado em função da remoção dos corantes no efluente através de ensaios preliminares que demonstraram remoção dos corantes na ordem de 80% após 30 minutos. Após a aplicação do processo de eletrocoagulação, as amostras foram mantidas em repouso por 60 minutos para sedimentação dos flocos, sendo posteriormente analisadas.

	Ensaio	X_1	Intensidade de corrente (A)	X_2	pH
Pontos Fatoriais	1	1	43	1	3,5
	2	1	43	-1	2,5
	3	-1	23	1	3,5
	4	-1	23	-1	2,5
Pontos Centrais	5	0	33	0	3,0
	6	0	33	0	3,0
	7	0	33	0	3,0
	8	0	33	0	3,0
Pontos Axiais	9	1,41	53	0	3,0
	10	-1,41	13	0	3,0
	11	0	33	-1,41	4,0
	12	0	33	-1,41	2,0

Tabela 2: Matriz do Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR).

Como variável dependente do planejamento, a concentração dos corantes no efluente foi avaliada por espectrofotometria através da leitura da absorbância, utilizando espectrofotômetro (Hach, modelo DR/5000) no comprimento de onda de maior absorção do efluente na faixa do visível. Nas condições experimentais pode-se aplicar a lei de Lambert-Beer entre as concentrações dos corantes e a absorbância das soluções.

Posteriormente, a análise estatística dos resultados de todos os ensaios da matriz foi realizada por meio do programa *Statistica*® (*Statsoft, Inc.*), que possibilitou

a obtenção do modelo matemático quadrático relacionando à remoção dos corantes com as variáveis testadas: intensidade de corrente e pH. A representação gráfica do modelo, com auxílio do gráfico de superfície de resposta, orientou a determinação da região ótima de operação da eletrocoagulação.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O efluente sintético utilizado no experimento apresentou pH inicial de 7,0 e condutividade de $5,0 \text{ mS.cm}^{-1}$, sendo essas características semelhantes às de um efluente têxtil real após tratamento biológico. Na Figura 3 são apresentados os espectros de absorção do efluente sintético e de seus corantes constituintes. Pode-se observar que o espectro do efluente sintético é a soma dos espectros dos corantes *Levafix Brilliant Red* e *Remazol Preto B 133%*, formando assim uma curva com superposição de bandas de absorção.

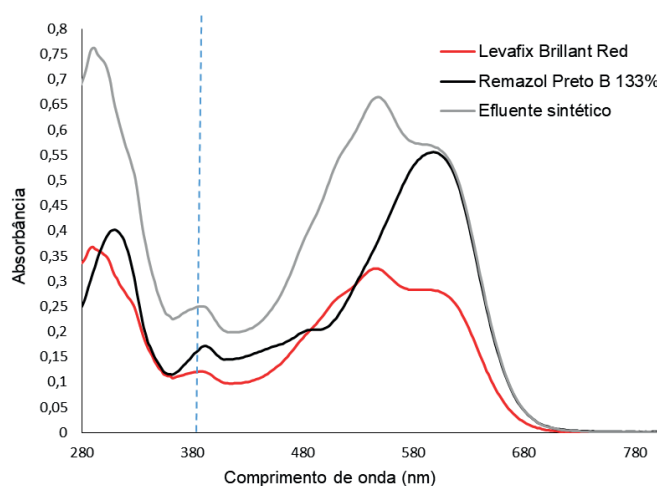


Figura 3: Espectros de absorção dos corantes e efluente sintético.

As absorções nos comprimentos de onda na região UV, correspondem aos grupos azo conjugados com anéis de benzeno e naftaleno. Já as absorções nos comprimentos de onda na região visível, correspondem aos grupos cromóforos hiperconjugados, responsáveis pela cor dos corantes (SILVERSTEIN, WEBER, KIEMLE, 2007). A absorbância máxima na região do visível encontrada na varredura foi alcançada em 548 nm e esta foi utilizada para leitura da concentração dos corantes no efluente.

As respostas de remoção dos corantes obtidas por meio do delineamento composto central rotacional e suas interações são apresentadas na Tabela 3.

	Variáveis independentes		Variável dependente
	Intensidade de corrente (A)	pH	Remoção dos corantes (%)
Ensaio 1	43	3,5	72,0 ± 1,7
Ensaio 2	43	2,5	75,1 ± 1,5
Ensaio 3	23	3,5	70,7 ± 1,6
Ensaio 4	23	2,5	73,9 ± 0,9
Ensaio 5	33	3,0	81,8 ± 1,5
Ensaio 6	33	3,0	83,6 ± 0,3
Ensaio 7	33	3,0	85,3 ± 0,7
Ensaio 8	33	3,0	83,9 ± 0,9
Ensaio 9	53	3,0	78,5 ± 1,2
Ensaio 10	13	3,0	64,6 ± 0,9
Ensaio 11	33	4,0	72,4 ± 2,3
Ensaio 12	33	2,0	71,7 ± 1,8

Tabela 3: Matriz de resultados do DCCR do processo de eletrocoagulação.

Observa-se pela Tabela 3, que as melhores configurações para remoção dos corantes ocorreram nos ensaios 6, 7 e 8, com intensidade de corrente de 33 A e pH inicial de 3,0. Já o pior desempenho foi observado nos ensaios 3 e 10, onde a aplicação da intensidade de corrente foi de 23 e 13 A e o pH inicial de 3,5 e 3,0, respectivamente. Can e colaboradores (2003) obtiveram uma taxa de remoção da cor de aproximadamente 97%, com pH ótimo igual a 3, concluindo que valores de pH entre 3 e 5 estimulam a formação de hidróxidos, porém valores de pH abaixo de 3 acabam retardando a formação dos flocos. O mesmo comportamento foi observado com a intensidade de corrente, em que valores altos deste parâmetro aumentam a velocidade de dissolução do ânodo, aumentando o número de flocos e, conseqüentemente, fornecendo maior remoção de poluentes.

Para validar o ajuste do modelo proposto com os resultados obtidos, realizou-se o teste da análise de variância (ANOVA) do modelo previsto para a remoção dos corantes (%), por meio do gráfico de Pareto, ilustrado na Figura 4. O gráfico de Pareto apresenta a significância dos resultados, com 95% de confiança, representado pela linha vermelha ($p = 0,05$). A extensão horizontal das barras fornece os resultados dos efeitos das variáveis lineares (L), quadráticas (Q) e da interação linear entre as variáveis independentes.

Nota-se, na Figura 4, que os termos quadráticos das variáveis analisadas, pH inicial e intensidade de corrente, apresentaram, respectivamente, maior significância estatística, com sinal do efeito negativo para remoção dos corantes. Ou seja, à medida que houve um incremento nos valores de pH observou-se um decréscimo na eficiência de remoção dos corantes no efluente. Já a variável intensidade de corrente, em termos lineares, mostrou-se significativa para o mesmo intervalo e com sinal do efeito positivo, indicando aumento na remoção da concentração dos corantes. A interação entre as variáveis (1L by 2L) e pH (L), não apontaram significância

estatística.

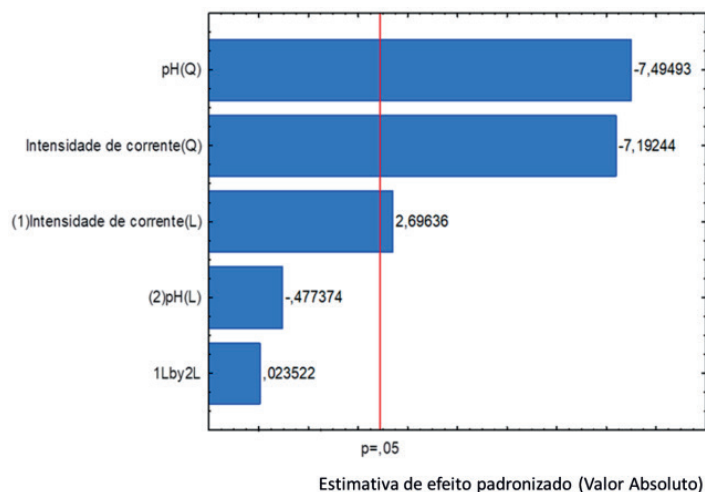


Figura 4: Gráfico de Pareto para remoção dos corantes do efluente têxtil sintético. L - Termos Lineares; Q- Termos Quadráticos; 1L by 2L- Interação entre intensidade de corrente e pH em termos lineares.

No estudo realizado por Secula et al. (2011) na remoção do corante índigo carmim a partir de solução aquosa por eletrocoagulação, os autores obtiveram um aumento da descoloração do efluente de 49,2% para 98,9% após a aplicação do dobro da intensidade de corrente de 5,46 A para 10 A com 3 horas de eletrocoagulação. Isso se deve ao fato de que, com valores maiores de intensidade de corrente, a taxa de dissolução anódica aumenta de acordo com a lei de Faraday e os hidróxidos de alumínio resultantes produzem mais flocos, aumentando assim o processo de coagulação. Entretanto, a aplicação de corrente acima da intensidade ótima não resulta no aumento na eficiência de remoção, pois existe uma quantidade suficiente de flocos de hidróxidos metálicos disponíveis para sedimentação (KHANDEGAR; SAROHA, 2013).

Com base no gráfico de Pareto, realizou-se novamente o teste ANOVA (conforme Tabela 4), mantendo as variáveis significativas, a fim de averiguar sua significância na remoção dos corantes.

Efluente têxtil Sintético ($\lambda = 548 \text{ nm}$)	SM	GL	QM	F (Cal)
Regressão	1.404,5	9	156,0	-
Resíduos	106,4	1	106,4	0,68
Total	1.514,3	11	-	-
	CR	Erro	Valor (t)	p-valor
Média	95,50	1,91	49,91	0,00
Intensidade de corrente (A) (L)	-7,29	2,70	-2,69	0,03
Intensidade de corrente (A) (Q)	-21,75	3,02	-7,19	0,00

pH (L)	1,29	2,70	-0,47	0,64
pH (Q)	-22,67	3,02	-7,49	0,00

Tabela 4: Teste da análise de variância e coeficiente de regressão do modelo previsto para remoção dos corantes ao nível de significância de 95% ($p < 0,05$). SM- Soma Quadrática; GL- Grau de Liberdade; QM – Quadrados Médios; CR- Coeficiente de Regressão; L- Termos Lineares; Q- Termos Quadráticos.

Os p-valores das variáveis, intensidade de corrente e pH, mostraram-se significativos ao nível de 95% de confiança nos termos lineares e quadráticos para intensidade de corrente e apenas quadráticos para pH. O teste F foi utilizado para investigar se o modelo proposto indica evidência estatística suficiente da relação dependente entre as variáveis de entrada e a resposta em % de remoção dos corantes. O valor do teste F calculado deve ser maior que o valor do teste F tabelado para que o modelo seja significativo, ou seja, válido estatisticamente. O valor obtido para F_{cal} foi de 13,19, valor este maior que $F_{Tab}(2; 9; 0,05)$ de 5,71. Isto é, a regressão obtida ajustou os pontos experimentais de forma satisfatória, validando o modelo para o intervalo de confiança de 95%.

Considerando apenas os termos significativos, o modelo de remoção dos corantes no comprimento de onda em que ocorre a maior absorção (548 nm) pode ser escrito de acordo com a equação 1. Os valores dos coeficientes foram arredondados na segunda casa decimal.

$$\% \text{ Remoção dos corantes (em 548 nm)} = 95,50 - 7,29 x_1 - 21,76 x_1^2 - 22,67 x_2^2 \quad \text{Equação (1)}$$

Onde: x_1 é a intensidade de corrente (A); e x_2 é o valor de pH.

De acordo com a equação 1, verificou-se que as duas variáveis independentes foram consideradas significativas de algum modo, sendo favorável ou não na remoção dos corantes. Nota-se que as variáveis intensidade de corrente e pH quadráticas (Q), influenciam os parâmetros em proporções inversas (valor negativo do coeficiente de regressão), ou seja, quanto maior o seu nível, menor é a eficiência de remoção. O gráfico de superfície de resposta e o perfil de contorno obtidos pela equação 1 podem ser observados na Figura 5.

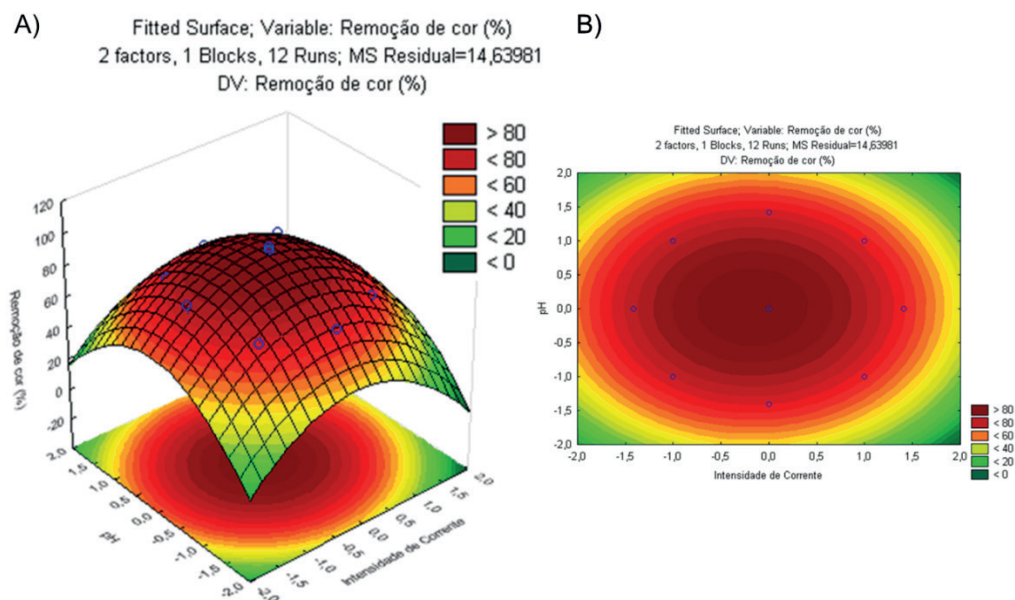


Figura 5: (A) Perfil de contorno e (B) superfície de resposta em relação à remoção dos corantes do efluente têxtil sintético por eletrocoagulação.

A partir do modelo obtido no planejamento de experimentos, possibilitou-se o entendimento de que as maiores eficiências na remoção dos corantes são observadas quando a solução é submetida às intensidades de corrente elétrica e valores de pH inicial próximos ao ponto central, ou seja, intensidades de corrente próximas a 33 A e de pH inicial de 3,0.

Os resultados obtidos apontam o processo de eletrocoagulação como promissor no tratamento de efluentes da indústria têxtil, podendo contribuir para o tratamento do efluente industrial sem causar agressão ou destruição do meio ambiente. A eficiência máxima de remoção dos corantes foi de 85% com valor de cor verdadeira no efluente final de 71 mg Pt.L⁻¹. A partir da otimização dos parâmetros operacionais investigados no planejamento fatorial experimental utilizado (DCCR) percebeu-se adequação das condições e padrões de lançamento de efluentes para cor verdadeira em até 75 mg Pt.L⁻¹, valor base exigido na legislação pertinente Resolução n° 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (2005).

5 | CONCLUSÃO

A eletrocoagulação se mostrou um processo eficiente para descoloração de efluentes têxteis. O pH inicial da solução, a intensidade de corrente e o tempo de eletrólise são variáveis importantes que afetam a eficiência de descoloração. Desta maneira, estes parâmetros devem ser levados em consideração na definição das condições operacionais ótimas do processo.

A efetividade do processo de eletrocoagulação para remoção dos corantes em efluente têxtil é comprovada pelos bons índices de remoção dos corantes. As melhores condições operacionais com intensidade de corrente de 33 A e pH inicial

3, promoveram remoção dos corantes em até 85,3%, se adequando as condições e padrões de lançamento de efluentes para cor (Resolução CONAMA 357/2005). Além disso, a ausência da necessidade de correção do pH das amostras eletrocoaguladas para posterior descarte constitui-se como fator positivo do processo, já que no final da eletrocoagulação o pH do efluente ficou próximo da neutralidade.

O DCCR mostrou-se uma ferramenta simples e prática para planejar os experimentos e possibilitou a avaliação do efeito das variáveis independentes (intensidade de corrente e pH) e suas interações, na remoção dos corantes do efluente. Além disso, também proporcionou o desenvolvimento do modelo matemático que poderá ser útil para a realização de previsões quanto à remoção dos corantes do efluente têxtil no intervalo de valores das variáveis independentes estudadas.

Os resultados obtidos apontam o processo de eletrocoagulação como promissor no tratamento de efluentes da indústria têxtil, evidenciado que a aplicação da eletrocoagulação é apta ao tratamento de efluentes com corantes tipos azo, comprovando ter grande potencial em promover a remoção da cor. Deste modo a eletrocoagulação pode contribuir para o tratamento do efluente industrial sem causar agressão ou destruição do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- AOUDJ, S., KHELIFA, A., DROUCHE, N., HECINI, M., HAMITOUCHE, H. **Electrocoagulation process applied to wastewater containig dyes from textile industry**. Chemical Engineering and Processing, n.49, p.1176-1182, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E CONFECÇÃO (ABIT). **Perfil do Setor – Dados Gerais do setor referentes a 2017**. São Paulo. ABIT, 2018.
- CAN, O.T., BAYRAMOGLU, M., KOBYA, M. **Decolorization of reactive dye solutions by electrocoagulation using aluminum electrodes**. Industrial e Engineering Chemistry Research, v.42, p. 3391-3396, 2003.
- CAN, O.T., KOBYA, M., DEMIRBAS, E., BAYRAMOGLU, M. **Treatment of the textile wastewater by combined electrocoagulation**. Chemosphere, v.62, p.181–187, 2006.
- CHANG, E.E., HSING, H.J., KO, C.S., CHIANG, P.C. **Decolorization, mineralization and toxicity reduction of acid orange 6 by iron-sacrificed plates in the electrocoagulation process**. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, v.82, p.488-495, 2007.
- CARDOSO, N. F. **Adsorção de corantes têxteis utilizando biossorvente alternativos**. Porto Alegre, 2012. Tese de doutorado-Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resoluções do CONAMA: nº.357, de 17/08/2005**, Brasília, SEMA, 2005.
- DANESHVAR, N., OLADEGARAGOZE, A., DJAFARZADEH, N. **Decolorization of basic dye solutions by electrocoagulation: An investigation of the effect of operational parameters**. Journal of Hazardous Materials, v.129, p.116-122, 2006.

- GARCIA, A.G., MIRANDA, V.M., CIENFUEGOS, I.G.M., SANCHEZ, P.T.A., JUAREZ, M.C., HERNANDEZ, I.L. **Industrial wastewater treatment by electrocoagulation-electrooxidation process powered by solar cells**. *Fuel*, v.149, p.46-54, 2015.
- GOLDER, A.K., CHANDA, A.K., SAMANTA, A.N., RAY, S. **Removal of hexavalent chromium by electrochemical reduction-precipitation: Investigation of process performance and reaction stoichiometry**. *Separation and Purification Technology*, v.76, n.3, p.345-350, 2011.
- HOLKAR, C.R., JADHAV, A.J., PINJARI, D.V., MAHAMUNI, N.M., PANDIT, A.B. **A critical review on textile wastewater treatments: Possible approaches**. *Journal of Environmental Management*, v.182, p.351-366, 2016.
- HAQUE, M.M., SMITH, W., WONG, D.K.Y. **Conducting polypyrrole films as a potential tool for electrochemical treatment of azo dyes in textile wastewaters**. *Journal of Hazardous Materials*, v.283, p.164-170, 2015.
- KARTHIKEYAN, N., SIVARANJANI, T., DHANAVEL, S., GUPTA, V.K., NARAYANAN, V., STEPHEN, A. **Visible light degradation of textile effluent by electrodeposited multiphase CuInSe_2 semiconductor photocatalysts**. *Journal of Molecular Liquids*, v.227, p.194-201, 2017.
- KHANDEGAR, V., SAROHA, A.K. **Electrocoagulation for the treatment of textile industry effluent – A review**. *Journal of Environmental Management*, v.128, p.949-963, 2013.
- KOBYA, M., CAN, O., BAYRAMOGLU, M. **Treatment of textile wastewaters by electrocoagulation using iron and aluminum electrodes**. *Journal of Hazardous Materials*, p.163-178, 2003.
- KUMAR, M.A., VIGNESHWARAN, G., PRIYA, M.E., SEENUVASAN, M., KUMAR, V.V., ANURADHA, D., SIVANESAN, S. **Concocted bacterial consortium for the detoxification and mineralization of azoic-cum-sulfonic textile mill effluente**. *Journal of Water Process Engineering*, v.16, p.199-205, 2017.
- MO, J., HWANG, J.E., JEGAL, J., KIM, J. **Pretreatment of a dyeing wastewater using chemical coagulants**. *Dyes and Pigments*, v.72, p.240-245, 2007.
- MOLLAH, M.Y.A., SCHENNACH, R., PARGA, J.R., COCKE, D.L. **Electrocoagulation (EC)-Science and applications**. *Journal of Hazardous Materials*, v.84, p.29-41, 2001.
- SANTOS, E.G., ALSINA, O.L.S., SILVA, F.L.H.S. **Desempenho de biomassas na adsorção de hidrocarbonetos leves em efluentes aquosos**. *Química Nova*, v.30, n.2, 2007.
- SECULA, M.S., CRETESCU, I., PRETESCU, S. **An experimental study of indigo carmine removal from aqueous solution by electrocoagulation**. *Desalination*, v.277, p.277-235, 2011.
- SEIFRTOVÁ, M., NOVÁKOVÁ, L., LINO, C., PENA, A., SOLICH, P. **An overview of analytical methodologies for the determination of antibiotics in environmental Waters**. *Analytica Chimica Acta*, v.649, p.158-179, 2009.
- SILVERSTEIN, R.M., WEBER, F.X., KIEMLE, D.J. **Identificação espectrométrica de compostos orgânicos**. Tradução: Ricardo Bicca de Alencastro. Rio de Janeiro: LTC, 2007.
- SONG, P., YANG, Z., ZENG, G., YANG, X., XU, H., WANG, C., XU, R., XIONG, W., AHMAD, K. **Electrocoagulation treatment of arsenic in wastewaters: A comprehensive review**. *Chemical Engineering Journal*, 2017.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ação antrópica 131, 139, 161, 165
Acompanhamento 1, 2, 3, 6, 14, 15, 70, 133, 291, 294, 295, 335, 391
Adensamento por gravidade 92, 93, 94, 95, 99, 100, 103, 104
Água clarificada 92, 93, 94, 96, 97, 99, 100, 102, 103, 127, 128, 129, 182
Água pluvial 168, 172, 176, 247
Água salina 118, 119
Águas subterrâneas 50, 74, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 140, 386, 390
Água subterrânea 37, 383, 384, 390
Alagamento 168, 169, 170, 176, 177, 178, 179
Análise ambiental 141
Análise envoltória de dados 194, 196

B

Belém do Pará 29, 30, 31
Benchmarking métrico 194, 196
Blumenau 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167

C

Carbono orgânico total 92, 93, 94, 95, 97, 98, 100, 102, 365, 369, 370, 372, 373, 375
Coagulação 94, 98, 118, 119, 120, 121, 123, 127, 128, 129, 239, 363, 366, 369, 371, 372
Coliformes 74, 75, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 90, 131, 135, 136, 138, 139, 246, 252, 288
Contaminação 55, 74, 75, 76, 81, 83, 84, 87, 89, 111, 232, 333, 334, 359
Crise hídrica 51, 52, 53, 54, 58, 59, 60

D

Desaguamento por centrifugação 92, 93, 94, 96, 100, 101, 102, 103, 104
Disponibilidade hídrica subterrânea 37, 39, 46, 48

E

Eficiência de operadoras 194
Enchentes 141, 146, 147, 150, 151, 152, 156, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 179

F

Floculação 94, 118, 119, 120, 121, 123, 125, 127, 128, 129

G

Geopolímero 180, 181, 183, 192

Geoprocessamento 141, 143, 153, 259, 261, 266, 330, 331

Gestão da demanda 51, 52, 56

Gestão da oferta 51, 52, 55, 56

J

Jica 156, 163, 164, 165, 167

L

Lodo de ETA 180, 192, 193

M

Microfiltração 118, 120, 122, 127, 128, 129

O

Obras de saneamento 25, 29

Osmose inversa 105, 106, 107, 108, 109, 110, 113, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 127, 128, 129

P

Parcerias público-privadas 61, 62, 65, 71, 72, 73

Parque Lagoas do Norte 131, 132, 134

Planejamento 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 15, 17, 19, 20, 22, 23, 24, 26, 27, 30, 52, 53, 64, 73, 117, 133, 141, 143, 152, 154, 166, 167, 195, 236, 241, 256, 302, 303, 305, 310, 355, 356, 361, 391

Planejamento regional 141, 356

Plano municipal de saneamento básico 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 13, 14, 17, 19, 20, 21, 27, 140

Potencial hídrico subterrâneo 37

PPP 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72

Projeção populacional 29, 30, 31, 33, 36

Projetos de saneamento 29, 31, 36

Q

Qualidade da água 76, 91, 103, 106, 118, 119, 120, 131, 133, 134, 135, 139, 140, 216, 264, 320, 327, 330, 335, 346, 349, 353, 355, 382, 383, 384, 387

R

Recursos hídricos 18, 20, 21, 25, 28, 37, 38, 41, 42, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 75, 106, 131, 132, 140, 141, 142, 152, 153, 162, 166, 167, 179, 181, 208, 218, 229, 254, 325, 327, 329, 330,

339, 340, 341, 350, 353, 355, 360, 361, 379, 382, 384, 385, 388, 389

Regulação 10, 19, 20, 22, 51, 59, 60, 63, 70, 72, 202, 313

Reserva ativa 37

Resíduos de ETA 92

Reúso 105, 106, 108, 111, 112, 116, 117, 218, 219, 220, 228, 229, 230, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389

Revisão 1, 2, 3, 5, 6, 10, 11, 12, 15, 27, 52, 54, 59, 60, 156, 162, 208, 311, 314, 362

S

Saneamento 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 35, 36, 37, 38, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 69, 70, 71, 72, 131, 133, 135, 140, 168, 179, 198, 208, 218, 221, 244, 311, 313, 314, 318, 321, 322, 323, 328, 330, 339, 340, 341, 350, 351, 358, 380

T

Teto jardim 168, 169, 170, 171, 172, 173, 176, 177, 178, 179

Torre de resfriamento 105, 108, 111, 112, 113

U

Ultrafiltração 105, 109, 110, 113, 114, 116, 120, 359

Urbano 76, 134, 143, 158, 160, 165, 166, 167, 168, 169, 179, 181, 339, 341, 350, 351, 353, 356, 381, 391

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-694-2



9 788572 476942