



**Vanessa Bordin Viera
Natiéli Piovesan
(Organizadoras)**

Avanços e Desafios da Nutrição 4

Atena
Editora
Ano 2019

Vanessa Bordin Viera
Natiéli Piovesan
(Organizadoras)

Avanços e Desafios da Nutrição 4

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
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
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof^a Dr^a Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
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. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof.^a Dr.^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof.^a Dr.^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof.^a Dr.^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.^a Dr.^a 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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof.^a Dr.^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof.^a Dr.^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof.^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará

| Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG) | |
|---|---|
| A946 | Avanços e desafios de nutrição 4 [recurso eletrônico] / Organizadoras Vanessa Bordin Viera, Natiéli Piovesan. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Avanços e Desafios da Nutrição no Brasil; v. 4) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-343-9 DOI 10.22533/at.ed.439192405 1. Nutrição – Pesquisa – Brasil. I. Viera, Vanessa Bordin. II. Piovesan, Natiéli. III. Série. CDD 613.2 |
| Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422 | |

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

APRESENTAÇÃO

O *e-book* *Avanços e Desafios da Nutrição no Brasil 4*, traz um olhar multidisciplinar e integrado da nutrição com a Ciência e Tecnologia de Alimentos. A presente obra é composta de 66 artigos científicos que abordam assuntos de extrema importância relacionados à nutrição e a tecnologia de alimentos. O leitor irá encontrar assuntos que abordam temas como as boas práticas de manipulação e condições higiênico-sanitária e qualidade de alimentos; avaliações físico-químicas e sensoriais de alimentos; rotulagem de alimentos, determinação e caracterização de compostos bioativos; atividade antioxidante, antimicrobiana e antifúngica; desenvolvimento de novos produtos alimentícios; insetos comestíveis; corantes naturais; tratamento de resíduos, entre outros.

O *e-book* também apresenta artigos que abrangem análises de documentos como patentes, avaliação e orientação de boas práticas de manipulação de alimentos, hábitos de consumo de frutos, consumo de alimentos do tipo lanches rápidos, programa de aquisição de alimentos e programa de capacitação em boas práticas no âmbito escolar.

Levando-se em consideração a importância de discutir a nutrição aliada à Ciência e Tecnologia de Alimentos, os artigos deste *e-book*, visam promover reflexões e aprofundar conhecimentos acerca dos temas apresentados. Por fim, *desejamos a todos uma excelente leitura!*

Natiéli Piovesan e Vanessa Bordin Viera

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 1

EFEITO DAS COBERTURAS COMESTÍVEIS E O TEMPO DE SECAGEM NA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE MAÇÃS 'ROYAL GALA' MINIMAMENTE PROCESSADAS

Rufino Fernando Flores Cantillano
Jardel Araujo Ribeiro
Mauricio Seifert
Carla Ferreira Silveira
Daiane Nogueira
Leonardo Nora

DOI 10.22533/at.ed.4391924051

CAPÍTULO 2 17

EFEITO DO PROCESSAMENTO EM ALTAS PRESSÕES HIDROSTÁTICAS NAS PROPRIEDADES DOS ALIMENTOS: UMA BREVE REVISÃO

Christian Alley de Aragão Almeida
Lucas Almeida Leite Costa Lima
Patrícia Beltrão Lessa Constant
Maria Terezinha Santos Leite Neta
Narendra Narain

DOI 10.22533/at.ed.4391924052

CAPÍTULO 3 32

EFICIÊNCIA DE DIFERENTES TIPOS DE COAGULANTES NO TRATAMENTO DE ÁGUAS DO RIO NEGRO

Wenderson Gomes Dos Santos
Ana Flávia Amâncio de Oliveira
Carolina Lima dos Santos
Jaqueline Araújo Cavalcante
Jocélia Pinheiro Santos
Larissa Fernanda Rodrigues
Lucas Martins Girão
Rachel de Melo Verçosa
Talissa Luzia Vieira da Silva
Victor Nogueira Galvão

DOI 10.22533/at.ed.4391924053

CAPÍTULO 4 38

ELABORAÇÃO DE PRODUTOS CÁRNEOS BOVINOS UTILIZANDO EXTRATOS DE ESPECIARIAS AROMÁTICAS COMO ADITIVO ALIMENTAR NATURAL

Silvana Maria Michelin Bertagnolli
Aline de Oliveira Fogaça
Luana da Silva Portella

DOI 10.22533/at.ed.4391924054

CAPÍTULO 5 49

ELABORAÇÃO E ANÁLISE SENSORIAL DE PRODUTO CÁRNEO TIPO HAMBÚRGUER DE PEITO DE PERU ACRESCIDO DE FARELO DE AVEIA

Patrícia Aparecida Testa
Dayane Sandri Stellato
Krishna Rodrigues de Rosa
Márcia Helena Scabora
Xisto Rodrigues de Souza

DOI 10.22533/at.ed.4391924055

CAPÍTULO 6 55

ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA AGUARDENTE MISTA DE CALDO DE CANA E CAJÁ (*Spondias mombin* L)

Alexandre da Silva Lúcio
Mércia Melo de Almeida Mota
Ângela Maria Santiago
Deyzi Santos Gouveia
Rebeca de Lima Dantas

DOI 10.22533/at.ed.4391924056

CAPÍTULO 7 66

ELABORAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DO MANUAL DE BOAS PRÁTICAS EM COZINHAS DE ESCOLAS DA REDE ESTADUAL DE ENSINO DE TRÊS PASSOS – RS

Glaciela Cristina Rodrigues da Silva Scherer
Fernanda Hart Weber
Josiane Pasini

DOI 10.22533/at.ed.4391924057

CAPÍTULO 8 75

EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS POR ULTRASSOM DAS SEMENTES DE INGÁ (*Inga marginata* Willd)

Déborah Cristina Barcelos Flores
Caroline Pagnossim Boeira
Bruna Nichelle Lucas
Jamila dos Santos Alves
Natiéli Piovesan
Vanessa Bordin Viera
Marcela Bromberger Soquetta
Jéssica Righi da Rosa
Grazielle Castagna Cezimbra Weis
Claudia Severo da Rosa

DOI 10.22533/at.ed.4391924058

CAPÍTULO 9 87

ESTABILIDADE DE ESPUMA DE OVOS DE SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO AO LONGO DA SUA VIDA DE PRATELEIRA

Bruna Poletti
Maitê de Moraes Vieira
Daniela Maia

DOI 10.22533/at.ed.4391924059

CAPÍTULO 10 94

FATORES ANTINUTRICIONAIS EM GRÃOS DE QUINOA

Antonio Manoel Maradini Filho
João Tomaz da Silva Borges
Mônica Ribeiro Pirozi
Helena Maria Pinheiro Sant'Ana
José Benício Paes Chaves
Eber Antonio Alves Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.43919240510

CAPÍTULO 11 107

IDENTIFICAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO, QUANTIFICAÇÃO E TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM INDÚSTRIA DE BENEFICIAMENTO DE ARROZ LOCALIZADA EM BARREIRAS - BA

Rafael Fernandes Almeida
Miriam Stephanie Nunes de Souza
Patrícia de Magalhães Prado
Camila Filgueira de Souza
Frederick Coutinho de Barros

DOI 10.22533/at.ed.43919240511

CAPÍTULO 12 116

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE SECAGEM DE UMBU (*Spondias tuberosa*) EM CAMADA DE ESPUMA

Cesar Vinicius Toniciolli Riguetto
Loraine Micheletti Evaristo
Maiara Vieira Brandão
Claudineia Aparecida Queli Geraldi
Lara Covre
Raquel Aparecida Loss

DOI 10.22533/at.ed.43919240512

CAPÍTULO 13 126

INSETOS COMESTÍVEIS: PERCEPÇÃO DO CONSUMIDOR

Igor Sulzbacher Schardong
Joice Aline Freiberg
Alexandre Arthur Gregoski Kazmirski
Natielo Almeida Santana
Neila Silvia Pereira dos Santos Richards

DOI 10.22533/at.ed.43919240513

CAPÍTULO 14 134

KEFIR INTEGRAL ADOÇADO COM ADIÇÃO DE GELEIA DE MORANGO E AVEIA EM FLOCOS

Natasha Sékula
Andressa Aparecida Surek
Andressa Ferreira da Silva
Carla Patrícia Boeing de Medeiros
Natalia Schmitz Ribeiro da Silva
Herta Stutz
Katielle Rosalva Voncik Córdova

DOI 10.22533/at.ed.43919240514

CAPÍTULO 15 143

MICROENCAPSULAÇÃO DE D-LIMONENO E APLICAÇÃO EM FILMES BIODEGRADÁVEIS DE QUITOSANA E GELATINA

Marcella Vitoria Galindo
João Augusto Salviano de Medeiros
Lyssa Setsuko Sakanaka
Carlos Raimundo Ferreira Grosso
Marianne Ayumi Shirai

DOI 10.22533/at.ed.43919240515

CAPÍTULO 16 149

OBTENÇÃO DE GELATINA E CMS DE TILÁPIA E SEU EFEITO COMBINADO NA QUALIDADE DE NUGGETS

Rayanne Priscilla França de Melo
Sthelio Braga da Fonseca
Rayssa do Espírito Santo Silva
Bruno Raniere Lins de Albuquerque Meireles

DOI 10.22533/at.ed.43919240516

CAPÍTULO 17 161

OCORRÊNCIA DE MICOTOXINAS EM FARELO DE SOJA, FARELO DE TRIGO, MILHO E SORGO NO BRASIL NOS ANOS DE 2016 E 2017

Vivian Feddern
Indianara Fabíola Weber
Ana Júlia Neis
Oneida Francisca de Vasconcelos Vieira
José Clóvis Vieira
Gustavo Julio Mello Monteiro de Lima

DOI 10.22533/at.ed.43919240517

CAPÍTULO 18 172

PHYSICAL-CHEMICAL, MICROBIOLOGICAL AND SENSORY CHARACTERISTICS OF JELLIES PREPARED WITH PETALS OF ROSES

Felipe de Lima Franzen
Mari Silvia Rodrigues de Oliveira
Ana Paula Gusso
Janine Farias Menegaes
Maritiele Naissinger da Silva
Neila Silvia Pereira dos Santos Richards

DOI 10.22533/at.ed.43919240518

CAPÍTULO 19 184

PLANT-BASED ANTIMICROBIAL PACKAGING

Tuany Gabriela Hoffmann
Daniel Peters Amaral
Betina Louise Angioletti
Matheus Rover Barbieri
Sávio Leandro Bertoli
Carolina Krebs de Souza

DOI 10.22533/at.ed.43919240519

CAPÍTULO 20 192

POLPA E GELEIA DE FRUTOS DE UMBUZEIRO: ANÁLISES COMPARATIVAS DA CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE

Cristina Xavier dos Santos Leite
Márcia Soares Gonçalves
Ingrid Alves Santos
Márjorie Castro Pinto Porfirio
Marília Viana Borges
Marcondes Viana Silva

DOI 10.22533/at.ed.43919240520

CAPÍTULO 21 199

POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE AVEIA PRODUZIDA EM CULTIVO CONVENCIONAL E ORGÂNICO

Cintia Cassia Tonieto Gris
Valéria Hartmann
Luiz Carlos Gutkoski
Matheus Tumelero Crestani

DOI 10.22533/at.ed.43919240521

CAPÍTULO 22 204

PROCESSO OXIDATIVO AVANÇADO FOTO-FENTON PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA

Magda Maria Oliveira Inô
Tatielly de Jesus Costa
Vanessa Regina Kunz
Frederick Coutinho de Barros

DOI 10.22533/at.ed.43919240522

CAPÍTULO 23 213

PROGRAMA DE AQUISIÇÃO DE ALIMENTOS: PROMOÇÃO DA SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL E HÁBITOS ALIMENTARES SAUDÁVEIS A VULNERÁVEIS

Daniele Custódio Gonçalves das Neves
Kátia Cilene Tabai

DOI 10.22533/at.ed.43919240523

CAPÍTULO 24 223

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO EM BOAS PRÁTICAS NO ÂMBITO ESCOLAR

Simone de Castro Giacomelli
Ana Lúcia de Freitas Saccol
Maritiele Naissinger da Silva
Adriane Rosa Costódio
Claudia Cristina Winter
Luisa Helena Hecktheuer

DOI 10.22533/at.ed.43919240524

CAPÍTULO 25 239

PRODUÇÃO DE LINGUIÇA FRESCAL E DEFUMADA DE CARPA CAPIM (*Ctenopharyngodon idella*)

Danieli Ludwig
José Mario Angler Franco
Camila Jeleski Carlini
Mariana Costa Ferraz
Gislaine Hermanns
Melissa dos Santos Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.43919240525

CAPÍTULO 26 246

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MICROPARTÍCULAS DE *Spirulina*

Cíntia Guarienti
Leticia Eduarda Bender
Telma Elita Bertolin
Neila Silvia Pereira dos Santos Richards

DOI 10.22533/at.ed.43919240526

CAPÍTULO 27 255

PROMOÇÃO DA SAÚDE NA ESCOLA: DESCOBRINDO OS ALIMENTOS

Ana Paula Daniel
Priscilla Cardoso Martins Nunes
Jackson Rodrigo Flores da Silva
Andréia Cirolini
Leonardo Germano Krüger
Vanessa Pires da Rosa

DOI 10.22533/at.ed.43919240527

CAPÍTULO 28 262

QUALIDADE DE ALBÚMEN DE OVOS DE POEDEIRAS COM IDADE DE POSTURA AVANÇADA EM SISTEMA DE PRODUÇÃO ORGÂNICO

Bruna Poletti
Maitê de Moraes Vieira
Daniela Maia

DOI 10.22533/at.ed.43919240528

CAPÍTULO 29 269

REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA INDÚSTRIA CERVEJEIRA: BAGAÇO DE MALTE EXTRUSADO PARA A PRODUÇÃO DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS

Tatielly de Jesus Costa
Magda Maria Oliveira Inô
Vanessa Regina Kunz
Frederick Coutinho de Barros

DOI 10.22533/at.ed.43919240529

CAPÍTULO 30 279

RESISTÊNCIA AO TRATO GASTROINTESTINAL DE MICROCAPSULAS PROBIÓTICAS OBTIDAS POR COACERVAÇÃO COMPLEXA ASSOCIADA À RETICULAÇÃO ENZIMÁTICA

Thaiane Marques da Silva
Vandré Sonza Pinto
Carlos Raimundo Ferreira Grosso
Cristiane de Bona da Silva
Cristiano Ragagnin de Menezes

DOI 10.22533/at.ed.43919240530

CAPÍTULO 31 287

SEGURANÇA ALIMENTAR E ESCOLHAS ALIMENTARES DAS FAMÍLIAS BENEFICIADAS PELO PROGRAMA BOLSA FAMÍLIA NO MUNICÍPIO DE CAXIAS DO SUL-RS

Janaína Cristina da Silva
Juliana Rombaldi Bernardi
Francisco Stefani Amaro

DOI 10.22533/at.ed.43919240531

CAPÍTULO 32 301

TEOR E RENDIMENTO DE EXTRATOS DE FLORES MEDICINAIS E AROMÁTICAS OBTIDOS POR DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRAÇÃO

Felipe de Lima Franzen
Henrique Fernando Lidório
Janine Farias Menegaes
Giane Magrini Pigatto
Mari Silvia Rodrigues de Oliveira
Leadir Lucy Martins Fries

DOI 10.22533/at.ed.43919240532

CAPÍTULO 33 315

VAZÃO DE ÁGUA EM CHILLER INDUSTRIAL: ESTUDO DA INFLUÊNCIA NA TEMPERATURA DA CARÇA DE FRANGO

Krishna Rodrigues de Rosa
Elaine de Arruda Oliveira Coringa
Xisto Rodrigues de Souza

DOI 10.22533/at.ed.43919240533

SOBRE AS ORGANIZADORAS 322

PROCESSO OXIDATIVO AVANÇADO FOTO-FENTON PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA

Magda Maria Oliveira Inô

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia
Barreiras - Bahia

Tatielly de Jesus Costa

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia
Barreiras - Bahia

Vanessa Regina Kunz

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia
Barreiras - Bahia

Frederick Coutinho de Barros

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia
Barreiras - Bahia

RESUMO: Muitas indústrias geram efluentes contaminados, o que acarreta na preocupação em relação aos padrões de lançamentos desses efluentes em corpos hídricos. Dentre as novas alternativas de tratamento estudadas, estão os Processos Oxidativos Avançados (POA). Entre os POA's um dos que mais se destaca é o processo foto-Fenton, que tem atraído grande interesse no tratamento de diversos tipos de efluentes devido ao seu alto poder oxidante que, gerando radicais hidroxila, é capaz de oxidar uma grande variedade de compostos orgânicos. Logo, a eficiência deste

reagente é altamente dependente do pH, que deve apresentar-se mais ácido, em torno de 2 a 5. Contudo, a potencialidade do uso desse processo para o tratamento de efluentes se deve principalmente à sua simplicidade, uma vez que a reação ocorre a temperatura e pressão ambientes e se aplica a uma grande variedade de compostos. Diante do contexto apresentado, o presente trabalho teve como objetivo realizar um levantamento bibliográfico sobre o Processo Oxidativo Avançado foto-Fenton, abordando sua metodologia de funcionamento e aplicações.

PALAVRAS-CHAVE: processos, oxidativos, efluente, tratamento, foto-Fenton

ABSTRACT: Many industries generate contaminated effluents, which causes concern about the release patterns of these effluents into water bodies. Among the new treatment alternatives studied are Advanced Oxidative Processes (AOP). Among the AOPs, one of the most outstanding is the photo-Fenton process, which has attracted great interest in the treatment of several types of effluents due to its high oxidizing power, which, generating hydroxyl radicals, is capable of oxidizing a great variety of organic compounds. Therefore, the efficiency of this reagent is highly dependent on the pH, which must be more acidic, around 2 to 5. However, the potentiality of using this process for the treatment of effluents is mainly due to its

simplicity, since the reaction occurs at ambient temperature and pressure and applies to a wide variety of compounds. In view of the presented context, the present work had as objective to carry out a bibliographic survey on the Advanced Oxidative photo-Fenton Process, addressing its methodology of operation and applications.

KEYWORDS: processes, oxidatives, effluent, treatment, Photo-Fenton

1 | INTRODUÇÃO

A humanidade possui o importante dilema de reduzir ao máximo a sua produção de resíduos, bem como instaurar o desenvolvimento sustentável; a disposição dos resíduos gerados pela mesma, assim como os padrões de lançamentos desses efluentes em corpos hídricos tem sido motivo de preocupação mundial (ROSA, et al. 2018).

Segundo Nogueira et al. (2007), os processos convencionais de tratamento de efluentes possuem uma eficiência limitada devido ao fato de os efluentes apresentarem composição diversificada, sendo portanto necessária a aplicação de tratamentos complementares para a remoção de compostos. Assim, esse tipo de tratamento já não é considerado tão eficiente no tratamento de efluentes, induzindo pesquisas em busca de soluções técnicas que garantam a qualidade dos efluentes para o reuso, dentro de preceitos éticos e legais (RAMOS et al., 2018) Nesta situação, nas duas últimas décadas os Processos Oxidativos Avançados (POA's) têm surgido como uma notável alternativa na remediação de efluentes contaminados, mostrando-se muito eficazes no tratamento de águas superficiais e subterrâneas, bem como de solos contaminados (GUIMARÃES, 2012).

Segundo Fioreze e colaboradores (2014), os POA's são processos que se baseiam na geração de radicais livres, principalmente o radical hidroxila ($\text{OH}\cdot$), que possui alto poder oxidante e pode promover a degradação de uma grande variedade de compostos orgânicos, levando à formação de compostos intermediários biodegradáveis, ou até mesmo gerando substâncias inócuas, tais como dióxido de carbono, água e íons inorgânicos oriundos de heteroátomos, que podem então ser tratados por métodos convencionais ou biológicos.

O radical OH pode ser gerado através de diversas reações envolvendo oxidante fortes, como ozônio (O_3) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2), semicondutores como dióxido de titânio (TiO_2) e o óxido de zinco (ZnO) e a irradiação ultravioleta (UV). Os processos podem ser classificados como sistemas heterogêneos ou homogêneos, conforme a presença ou não de um catalisador sobre a forma sólida (TEIXEIRA e JARDIM, 2004).

Araújo et al. (2014), explicitou vários pontos positivos que os PAO's apresentam, tais como: a possibilidade de combinação com outros processos para pré ou pós-tratamento, o que reduz o custo do tratamento; possuem forte poder oxidante; promovem a mineralização total dos poluentes e oxidação total de espécies

inorgânicas; apresentam versatilidade e eficiência, pois diversas classes de poluentes podem ser completamente mineralizadas, incluindo compostos refratários; realizam a decomposição dos reagentes utilizados como, oxidantes em produtos de menor impacto ao meio ambiente; podem ser operados sob condições de temperatura e pressão ambiente.

Em contrapartida, apesar de alguns estudos mostrarem que o consumo energético pode ser reduzido, estes processos têm como principal desvantagem a limitação econômica, que está diretamente relacionada ao alto custo da fonte de radiação UV, implicando em consumo de energia elétrica e custo de manutenção, além do custo do agente oxidante; contudo, tais inconvenientes podem ser solucionados mediante o uso de energia solar, catalisadores de baixo custo e combinação com outros processos de tratamento, desde que não haja interferência no desempenho do processo (ARAÚJO et al. 2016).

Diante do contexto apresentado, o presente trabalho objetivou realizar um levantamento bibliográfico sobre o Processo Oxidativo Avançado foto-Fenton, abordando sua metodologia de funcionamento e aplicações e verificando a sua eficiência.

2 | MÉTODOS

Este estudo reporta um levantamento bibliográfico que teve como objetivo conhecer o Processo Oxidativo Avançado foto-Fenton, no qual foi abordando a sua metodologia de funcionamento e aplicações. As buscas foram realizadas em artigos publicados no período entre 1992 e 2018. As publicações foram em língua portuguesa, empregando as seguintes palavras-chave: processo oxidativo, foto-Fenton e tratamento de efluentes.

3 | REVISÃO DA LITERATURA

Os principais Processos Oxidativos Avançados são: Químicos (processo Fenton), Fotoquímicos (incluindo H₂O₂/UV, O₃/UV, O₃/ H₂O₂/UV, Foto-Fenton, Fotocatálise heterogênea), Sonoquímicos (incluindo US, O₃/US, H₂O₂/US, Fotocatálise/US, Sono-Fenton), e Eletroquímicos (incluindo Oxidação Anódica, Eletro-Fenton, Fotoeletro-Fenton, Sonoeletroquímico, Sonoeletro-Fenton) (Araújo et al. 2014).

Os POA's fotoquímicos consistem em tecnologias relativamente simples, mas que possuem alta eficácia se comparada a outros métodos de tratamento, podem desinfetar águas e destruir uma alta porcentagem dos poluentes presentes. O processo ocorre devido à associação da irradiação UV com agentes oxidantes fortes como peróxido de hidrogênio, ozônio e catálise com dióxido de titânio, o que origina diversos tipos de POA's fotoquímicos capazes de degradar ou destruir uma vasta quantidade de poluentes, através de três reações principais: foto-decomposição (baseada na

irradiação UV, excitação e degradação de moléculas de poluentes), oxidação por ação direta de H₂O₂ e O₃, e oxidação por fotocatalise com TiO₂, levando à formação de radicais hidroxila (Araújo et al. 2016).

De acordo com Silveira (2017), esses processos possuem como maior vantagem o fato de serem tratamentos destrutivos, ou seja, o contaminante não é apenas transferido de fase, mas sim degradado através de uma série de reações químicas.

Dentre os POA's fotoquímicos citados, o processo foto-Fenton vem ganhando destaque em vários estudos, devido a sua elevada capacidade de degradação de inúmeros poluentes ambientais, isso se deve ao fato da fotólise de peróxido de hidrogênio contribuir para aceleração na produção de OH (TEIXEIRA e JARDIM, 2004).

Segundo Brito e Silva (2012), o processo foto-Fenton foi descoberto na década de 80, onde foi observado, que a irradiação do Reagente de Fenton provocava a fotorredução dos íons Fe³⁺ previamente formados, com geração de mais de um mol do íon hidroxila. Esta técnica produz uma quantidade superior de radicais hidroxila se comparado ao processo Fenton convencional. Sendo que, a potencialidade do uso desse processo para o tratamento de efluentes se deve principalmente à sua simplicidade, uma vez que a reação ocorre à temperatura e pressão ambientes e se aplica a uma grande variedade de compostos, além de o ferro ser um elemento bastante abundante (SILVA et al., 2007).

De acordo com Vieira et al. (2017), devido a sua alta eficiência na oxidação de contaminantes orgânicos, o processo reativo Foto-Fenton apresenta maior potencial aplicado no tratamento de águas e efluentes. Conforme Gogate e Pandit (2004), o processo foto-Fenton é realizado através do uso combinado de peróxido de hidrogênio (H₂O₂), radiação UV-Vis e íons oxalato de Fe³⁺ ou íons Fe²⁺.

4 | DESENVOLVIMENTO

Segundo Pignatello (1992), os processos Fenton se iniciam com o íon Fe²⁺, que irá catalisar e decompor o H₂O₂, em meio ácido, resultando na geração de radicais hidroxila (HO•). Esse processo pode ser observado na Equação 1:



De acordo com Rodrigues (2015), pelo fato de o radical hidroxila possuir alta reatividade e não-seletividade na degradação de compostos, a reação de Fenton apresenta-se como uma reação rápida e eficaz.

O processo foto-Fenton, de forma análoga, aumenta a formação de radicais hidroxila e se difere do processo Fenton pois na sua reação há a presença da radiação ultravioleta (UV), que induz a redução catalítica em soluções aquosas de H₂O₂ e de Fe³⁺ (íons férricos) a Fe²⁺ (íons ferrosos) (MARTINS et al., 2011; ARAÚJO et al.,

2016). A incidência de radiação UV permite uma nova reação com o H₂O₂ disponível (MOTA et al., 2014). Segundo Gogate e Pandit (2004), a reação primária do processo foto-Fenton é a Equação 2:



Consoante Martins et al. (2011), nesse caso $h\nu$ representa a radiação ultravioleta. Nogueira et al. (2007) salienta que foi realizada uma omissão das águas de hidratação que são utilizadas na reação, uma vez que as espécies de ferro em solução aquosa (Fe²⁺, Fe³⁺) existem como aquo-complexos, para tornar o texto mais simples.

Durigan et al. (2012) afirma que a reação de foto-Fenton pode ser caracterizada pela Equação 3:



A Figura 1 mostra a representação esquemática de um equipamento para tratamento contínuo por processos foto-Fenton.

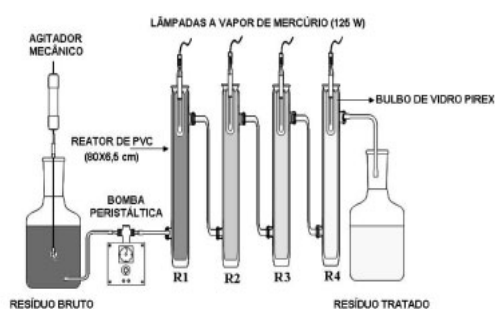


Figura 1 - Representação esquemática da unidade de tratamento contínuo por processos foto-Fenton em escala de bancada.

Fonte: DURIGAN et al. (2012).

Essa unidade de tratamento é formada por 4 reatores (R1 a R4) fotoquímicos de PVC com volume útil de 2,6 L, cada um dos quais é equipado em sua parte superior por uma lâmpada a vapor de mercúrio de 125 W ($3,93 \times 10^{-5} \text{ E s}^{-1}$) protegida por um bulbo de vidro Pirex. Os reagentes são adicionados no recipiente inicial que contém o resíduo bruto, com capacidade total de 20 L, onde um agitador mecânico é utilizado para homogeneização. O resíduo flui em fluxo ascendente pelos 4 reatores conectados em linha, com ajuda de uma bomba peristáltica, sendo finalmente recebido no recipiente de amostra tratada (DURIGAN et al., 2012).

O processo foto-Fenton se destaca por sua facilidade de operação, podendo ser realizado em condições normais de temperatura e pressão, além de ser possível

a utilização de energia solar, gerando uma redução de custos no processo, sobretudo quando se opera em larga escala (NOGUEIRA, et al., 2007; SHEMER, et al., 2006). Contudo apresenta algumas desvantagens, como o alto custo relacionado aos reagentes químicos e o alto consumo de energia elétrica, usada como fonte artificial de radiação UV, que pode ser superada pelo uso de luz solar (MORAES, 2003).

Os fatores que irão influenciar no tempo de reação do processo foto-Fenton são os valores de pH, operação e concentrações de H₂O₂ e de ferro a serem adicionados, além da estrutura química do contaminante (NOGUEIRA et al., 2007).

Para se obter uma maior taxa de remoção de poluentes deve-se realizar o aumento da concentração de ferro, contudo, uma quantidade de ferro muito elevada pode levar ao aumento do teor de sólidos dissolvidos e diminuição da translucidez do efluente, o que é prejudicial ao processo foto-assistido (DIAS, 2015).

De acordo com COELHO (2004), o aumento da concentração de Fe²⁺ pode provocar, além do aumento da velocidade das reações, um aumento da conversão final do poluente específico, em termos de Carbono Orgânico Dissolvido (COD) ou de sua concentração.

Segundo Neyens e Baeyens (2003), o processo Fenton pode apresentar diferentes tratamentos dependendo da relação CH₂O₂ / CFe²⁺. Quando a quantidade de H₂O₂ excede a de Fe²⁺, o tratamento assume efeito oxidante, e quando ocorre o contrário, o tratamento assume caráter de coagulação química. De acordo com EPA (1998), a taxa de reação iniciada com Fe²⁺ é bem superior àquela reação iniciada com Fe³⁺/H₂O₂, devido à baixa reatividade do íon férrico com o peróxido.

A concentração de peróxido de hidrogênio inicial é um fator importante para se obter a melhor eficiência de degradação, sendo possível observar um aumento na degradação de poluentes com o aumento da sua dosagem (GOGATE e PANDIT, 2004). Por outro lado, o excesso de peróxido de hidrogênio leva a sua reação com HO•, promovendo uma redução nas taxas de oxidação (RODRIGUEZ et al., 2002).

O processo com reagente Fenton é influenciado ainda pelo Ph, onde os melhores resultados obtidos se encontram na faixa de 2 a 5 (SCHRANK, 2003).

A taxa de reação Fenton possui efeito mais pronunciado a temperaturas maiores do que 20 °C, apresentando aumento da taxa de reação com o aumento da temperatura. Contudo, devido a acelerada decomposição do peróxido de hidrogênio em oxigênio e água, a eficiência do H₂O₂ diminui com o uso de temperaturas acima de 40 – 50 °C (TAKASHINA, 2013).

É neste contexto que os processos Fenton e foto-Fenton surgem como uma alternativa viável ao tratamento de diversos tipos de efluentes em indústrias, entre elas as de alimentos, como por exemplo, as indústrias de beneficiamento de azeite e processamento de batata.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo foto-Fenton se destaca entre os POA's que utilizam a luz em sua reação, pois tem a vantagem de ser sensível à luz UV-visível, uma vez que as espécies foto-reativas deste processo absorvem luz, possibilitando o aproveitamento da luz solar, já que o consumo de energia pelas lâmpadas trariam grandes gastos. Além disso, se destaca também pela sua facilidade de operação, podendo ser realizado em condições normais de temperatura e pressão.

Contudo, a eficiência do processo com reagente Fenton depende do pH do meio, que deve estar mais ácido, em torno de 2 a 5, para que a remoção da DQO seja eficaz, como também depende da temperatura, que deve ser entre 20 e 40° C, já que temperaturas acima disso reduzem a eficiência do peróxido de hidrogênio. Logo, após a remoção da DQO é necessário à neutralização do efluente quando se tem um posterior tratamento biológico, ou até mesmo para o descarte do efluente tratado em matrizes ambientais.

Portanto, a eficiência deste processo é bem significativa para o tratamento de efluentes, sobretudo ao seu custo com o consumo da energia de lâmpadas que podem ser substituídas pela luz de placas solares, com o tempo se pagam, reduzindo assim os custos posteriores com a energia.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, K. S. et al. **Processos oxidativos avançados: uma revisão de fundamentos e aplicações no tratamento de águas residuais urbanas e efluentes industriais**. Rev. Ambiente e Água, vol. 11 n. 2. Taubaté – Apr. / Jun. 2016.
- ARAÚJO, K. S. et al. **Processos oxidativos avançados: Fundamentos e aplicações no tratamento de águas residuais e efluentes industriais**. V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Belo Horizonte/MG – 24 a 27/11/2014.
- BRITO, N. N. de; SILVA, V. B. M. **Processos Oxidativos Avançados e sua aplicação ambiental**. Rev. Eletrônica de Engenharia Civil, n.3, v.1, p.36-47. 2012.
- COELHO, A. D. **Tratamento das Águas Ácidas de Refinaria de Petróleo pelos processos Fenton e foto-Fenton**. Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2004.
- DIAS, I. do N. **Degradação de Fluoreno, Sulfametoxazol e Trimetoprima por Fotocatálise, Foto-Fenton e FotoFenton mediado por Complexos de Ferrioxalato Utilizando Radiação Solar Natural e Artificial**. 2015. Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Química, XVII, 139 p.: il.; 29,7 cm. 2015.
- DURIGAN, M. A. B.; VAZ, S. R.; PERALTA-ZAMORA, P. **Degradação de poluentes emergentes por processos Fenton e foto-Fenton**. Quím. Nova [online], vol.35, n.7, p.1381-1387. ISSN 0100-4042. 2012.
- EPA (Environmental Protection Agency). **Advanced Photochemical Oxidation Processes**, 1998.
- FIOREZE, M., SANTOS, E. P., SCHMACHTENBERG, N. **Processos oxidativos avançados: fundamentos e aplicação ambiental**. Rev. Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental,

GOGATE, P.; PANDIT, A. **A review of imperative technologies for wastewater treatment II: hybrid methods**. *Advances in Environmental Research*. v.8, p. 553–597, 2004.

GUIMARÃES, B. S. **Desenvolvimento de Processos Oxidativos Avançados para degradação de agrotóxicos em meio aquoso**. 139 p. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio Grande, Programa de Pós-Graduação em Química Tecnológica e Ambiental. Rio Grande do Sul. 2012.

MARTINS, L. M.; SILVA, C. E. da; MOITA NETO, J. M. M.; LIMA, Á. S.; MOREIRA, R. de F. P. M. **Aplicação de Fenton, foto-Fenton e UV/H₂O₂ no tratamento de efluente têxtil sintético contendo o corante Preto Biozol UC**. *Eng. Sanit. Ambient.* Vol.16, n.3, p. 261-270. 2011.

MORAES, J. E. F. **Aplicação do Processo Foto-Fenton na Degradação de Efluentes Industriais contendo Poluentes Orgânicos**. 2003. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Química. São Paulo, 2003.

MOTA, A. L. N.; CHIAVONE-FILHO, O.; PROCÓPIO, Z. S. D.; CARVALHO, G. K. G.; TEIXEIRA, M. L. M. **Otimização da área irradiada e do arranjo de um reator fotoquímico tubular na degradação do fenol pelo processo Foto-Fenton**. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. 2014.

NEYENS, E.; BAEYENS, J. **A review of classic Fenton's peroxidation as an advanced oxidation technique**. *Journal of Hazardous Materials*, v. B98, p. 33-50, 2003.

NOGUEIRA, R. F. P.; TROVÓ, A. G.; SILVA, M. R. A. da; VILLA, R. D.; OLIVEIRA, M. C. de. **Fundamentos e aplicações ambientais dos processos Fenton e foto-Fenton**. *Quim. Nova*, Vol. 30, No. 2, p. 400-408. 2007.

OLIVEIRA, M. C.; NOGUEIRA, R. F. P.; GOMES NETO, J. A.; JARDIM, W. F.; ROHWEDDER, J. J. R. **Sistema de injeção em fluxo espectrofotométrico para monitorar peróxido de hidrogênio em processo de fotodegradação por reação foto-Fenton**. *Quim. Nova*, vol. 24, nº 2, p.188-190. 2001.

PIGNATELLO, J. J. **Dark and photoassisted iron(3+)-catalyzed degradation of chlorophenoxy herbicides by hydrogen peroxide**. *Environ. Sci. Technol.* 26 (5), pp 944–951; 1992.

RAMOS, J. M. P.; CARVALHO, C. M. de; PAIVA E SILVA, C. L. de; TONHOLO, J. **Processos oxidativos avançados no tratamento de efluente contendo verde malaquita: estudo prospectivo**. *Cad. Prospec.*, Salvador, v. 11, Edição Especial, p.509-520, abr./jun. 2018.

RODRIGUES, C. A. **Tratamento de efluente do tingimento de ágatas por processo oxidativo avançado – técnica Fenton para degradação de Rodamina B**. 2015. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Ambiental – Instituto de Pesquisas Hidráulicas e Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2015.

RODRIGUEZ, M.; ABDERRAZIK, N.B.; CONTRERAS, S.; CHAMARRO, E.; GIMENEZ, J.; ESPLUGAS, S. **Iron (III) photoxidation of organic compounds in aqueous solutions**. *Applied Catalysis B: Environmental*, v. 37, p. 131-137, 2002.

ROSA, R. R., et al. **Processos Oxidativos Avançados em águas superficiais**. Disponível em: < <http://www.asmec.br/biblioteca/anais2013/Qu%C3%ADmica%20V.pdf> >. Acesso em 24 de abril, 2018.

SHEMER, H.; KUNUKCU, Y.; LINDEN, K. **Degradation of the pharmaceutical Metronidazole via UV, Fenton and photo-Fenton process**. *Chemosphere*, v. 63, p.269 – 276, 2006.

SCHRANK, S.G. **Tratamento de efluentes da indústria de couro através de processos avançados de oxidação**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Química), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 207f. 2003.

SILVA, M. R. A.; TROVÓ, A. G.; NOGUEIRA, R. F. P. **Degradation of the herbicide tebuthiuron using solar photo-Fenton process and ferric citrate complex at circumneutral pH.** Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, v. 191, p. 187-192. 2007.

SILVEIRA, J. G. **Avaliação de Processos Oxidativos Avançados (POAs) no tratamento de efluentes contendo biodiesel gerados no laboratório de pesquisa do NUCBIO/FEQUI.** Monografia (graduação) - Universidade Federal de Uberlândia. 2017.

TAKASHINA, T. A. **Tratamento da água ácida retificada utilizando processos oxidativo avançados.** 2013. 74 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. Curitiba. 2013.

TEIXEIRA, C. P. A. B., JARDIM, W. F. **Processos Oxidativos Avançados: Conceitos Teóricos.** 2004.

VIEIRA, S. M. M.; COSTA, T. B.; NAVES, F. L. **Utilização de processo oxidativo avançado (Foto-Fenton) no tratamento de efluente à base de gasolina comercial.** The Journal of Engineering and Exact Sciences, [S.l.], v. 4, n. 1, p. 0014-0018, dez. 2017.

VILLA, R. D.; SILVA, M. R. A. da; NOGUEIRA, R. F. P. **Potencial de aplicação do processo foto-Fenton/solar como pré-tratamento de efluente da indústria de laticínios.** Quim. Nova, Vol. 30, No. 8, p. 1799-1803. 2007.

SOBRE AS ORGANIZADORAS

VANESSA BORDIN VIERA bacharel e licenciada em Nutrição pelo Centro Universitário Franciscano (UNIFRA). Mestre e Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Docente no Instituto Federal do Amapá (IFAP). Editora da subárea de Ciência e Tecnologia de Alimentos do Journal of bioenergy and food science. Líder do Grupo de Pesquisa em Ciência e Tecnologia de Alimentos do IFAP. Possui experiência com o desenvolvimento de pesquisas na área de antioxidantes, desenvolvimento de novos produtos, análise sensorial e utilização de tecnologia limpas.

NATIÉLI PIOVESAN Docente no Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), graduada em Química Industrial e Tecnologia em Alimentos, pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Possui graduação no Programa Especial de Formação de Professores para a Educação Profissional. Mestre e Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Atua principalmente com o desenvolvimento de pesquisas na área de antioxidantes naturais, desenvolvimento de novos produtos e análise sensorial.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-343-9

