

Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias

Franciele Braga Machado Tullio
(Organizadora)



Atena
Editora
Ano 2019

Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias

Franciele Braga Machado Tullio
(Organizadora)



Atena
Editora
Ano 2019

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Geraldo Alves

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 Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – 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 Internazionale delle Figlie di 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. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
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 Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
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 Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
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
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
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
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
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

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

P474 Pesquisa científica e inovação tecnológica nas engenharias [recurso eletrônico] / Organizadora Franciele Braga Machado Tullio. – Ponta Grossa PR: Atena Editora, 2019. – (Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-902-8

DOI 10.22533/at.ed.028200601

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovações tecnológicas.
3. Tecnologia. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Série.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior | CRB6/2422

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

APRESENTAÇÃO

A obra “Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 1” contempla vinte e três capítulos em que os autores abordam pesquisas científicas e inovações tecnológicas aplicadas nas diversas áreas de engenharia.

Os resultados obtidos através de pesquisas científicas trazem benefícios a sociedade e promovem inovações tecnológicas, surgindo como uma engrenagem nas engenharias.

O estudo sobre o comportamento de determinados materiais sob determinadas situações permite avaliar e otimizar seu uso, proporcionando o controle das condições ideais, bem como viabilizando a utilização de determinadas matérias primas. Por sua vez, essas matérias primas podem trazer benefícios ao meio ambiente, bem como trazer resultados econômicos satisfatórios.

A avaliação de propriedades físicas e mecânicas de materiais permite também a sua utilização em diversos segmentos da engenharia, proporcionando o desenvolvimento de novos produtos, trazendo benefícios a sociedade.

Diante do exposto, esperamos que esta obra traga ao leitor conhecimento técnico de qualidade, fazendo com que o leitor reflita sobre o uso das pesquisas científicas e as inovações tecnológicas no desenvolvimento social, e faça uso dessas ferramentas na melhoria de qualidade de vida na sociedade.

Franciele Braga Machado Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
AÇÃO CORROSIVA DE SOLOS DO SUL DO BRASIL SOBRE ESTRUTURAS METÁLICAS	
Jessica Oliveira Ayres Matthews Teixeira Coutinho Devai Luciana Machado Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.0282006011	
CAPÍTULO 2	10
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PAINÉIS AGLOMERADOS CONFECCIONADOS COM PINUS, EUCALIPTO, BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E ADESIVO POLIURETANO DERIVADO DE ÓLEO DE MAMONA	
Estéfani Suana Sugahara Ana Laura Soler Cunha Buzo Raissa Pravatta Pivetta Sérgio Augusto Mello da Silva Elen Aparecida Martines Morales	
DOI 10.22533/at.ed.0282006012	
CAPÍTULO 3	21
ANÁLISE EXPERIMENTAL EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO REFORÇADAS AO CISALHAMENTO COM LAMINADOS DE PRFC	
Nara Villanova Menon Maicon de Freitas Arcine Juliana Penélope Caldeira Soares	
DOI 10.22533/at.ed.0282006013	
CAPÍTULO 4	35
CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSA DE REVESTIMENTO DE FACHADA EM EDIFÍCIO LITORÂNEO COM EXPANSÃO, FISSURAÇÃO COM ESFARELAMENTO E BAIXA RESISTÊNCIA MECÂNICA: ESTUDO DE CASO	
Renato Freua Sahade Fabiano Ferreira Chotoli Sérgio Soares de Lima Priscila Rodrigues Melo Leal	
DOI 10.22533/at.ed.0282006014	
CAPÍTULO 5	45
CARACTERÍSTICAS E DESEMPENHO DA VERMICULITA NA CONSTRUÇÃO	
Paula Thais dos Santos Felix	
DOI 10.22533/at.ed.0282006015	
CAPÍTULO 6	55
PINUS E EUCALIPTO PARA CONSTRUÇÕES LEVES EM MADEIRA (WOODFRAME) NO BRASIL: COMPARATIVOS, POSSIBILIDADES E DESAFIOS	
Mirna Mota Martins Júlia Cruz da Silva Matheus Fernandes Lima Rita Dione Araújo Cunha	

CAPÍTULO 7 68

ANÁLISE DE COMPORTAMENTO DO DESLIZAMENTO PINO SOBRE DISCO DO AÇO ISI 4140 X H13

Eric Elian Lima Espíndola
Andrey Coelho das Neves
Beatriz Seabra Melo
Vinicius Silva dos Reis
Milena Cristina Melo Carvalho
Brenda Thayssa Figueira Daniel
Rodrigo Ribeiro Lima
Edgar Costa Cardoso
Aécio de Jesus Monteiro dos Santos
Emerson Rodrigues Prazeres
José Maria do Vale Quaresma

DOI 10.22533/at.ed.0282006017

CAPÍTULO 8 81

APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DO TIPO COSTANEIRAS DE CORYMBIA CITRIODORA PARA APLICAÇÃO EM MÓVEIS E COMPONENTES DECORATIVOS

Matheus Fernandes Lima
Mirna Mota Martins
Julia Cruz da Silva
Sandro Fábio Cesar
Rita Dione Araújo Cunha

DOI 10.22533/at.ed.0282006018

CAPÍTULO 9 94

AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE PAINÉIS EM MADEIRA PARA REVESTIMENTO DE FACHADAS: RECOMENDAÇÕES PARA O DETALHAMENTO CONSTRUTIVO

Mônica Duarte Aprilanti
Simone Fernandes Tavares
Akemi Ino

DOI 10.22533/at.ed.0282006019

CAPÍTULO 10 108

COMPARTIMENTAÇÃO HORIZONTAL UTILIZANDO PLACAS DE SILICATO DE CÁLCIO DE ALTA DENSIDADE

Lilian Cristina Ciconello
Luciana Alves de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.02820060110

CAPÍTULO 11 121

INCIDÊNCIA DE DESCOLAMENTO EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS ADERIDOS EM FACHADAS: CONTRIBUIÇÃO PARA O PROJETO E A PRODUÇÃO

Luciana Alves de Oliveira
Luciana Araújo Mauricio Varella
Renato Freua Sahade

DOI 10.22533/at.ed.02820060111

CAPÍTULO 12 133

COMPARAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO PARALELO ÀS FIBRAS DO *Eucalyptus urograndis*: CORPOS DE PROVA ISENTOS DE DEFEITOS X PEÇAS ESTRUTURAIS

Fabiana Yukiko Moritani
Carlito Calil Junior

DOI 10.22533/at.ed.02820060112

CAPÍTULO 13 145

CROSS LAMINATED TIMBER VS CONCRETO: RESISTÊNCIA MECÂNICA A COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS E DENSIDADE

Aliane Cardoso de Almeida
Rafaele Almeida Munis
Jessé Salles Lara

DOI 10.22533/at.ed.02820060113

CAPÍTULO 14 158

DUREZA JANKA COMO ESTIMADOR DA DENSIDADE APARENTE E DAS RESISTÊNCIAS À FLEXÃO E COMPRESSÃO EM EUCALIPTO

Takashi Yojo
Cassiano Oliveira de Souza
Maria José de Andrade Casimiro Miranda
Sergio Brazolin

DOI 10.22533/at.ed.02820060114

CAPÍTULO 15 167

ESTUDO COMPARATIVO DOS EFEITOS DE NANOFIBRAS DE SÍLICA, OBTIDAS VIA SBS, E ARGILA MONTMORILONÍTICA EM POLIAMIDA 66

Edvânia Trajano Teófilo
Gabriel Lucena de Oliveira
Radamés da Silva Teixeira
Cláudio Bezerra Martins Júnior
Rosiane Maria da Costa Farias
Aline Vasconcelos Duarte
Ellen Cristine Lopes da Silva Bento
Raí Batista de Sousa
Francisco Diassis Cavalcante da Silva
Francisca Maria Martins Pereira

DOI 10.22533/at.ed.02820060115

CAPÍTULO 16 178

ESTUDO DAS FORÇAS DE CORTE NO MICROFRESAMENTO DO AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO AISI 316L

Milla Caroline Gomes
Márcio Bacci da Silva

DOI 10.22533/at.ed.02820060116

CAPÍTULO 17 185

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE FORNO DIDÁTICO PARA FUNDIÇÃO DE ALUMÍNIO

Carlos Eduardo Costa
Jefferson Maiko Luiz

Ivan Rodrigues dos Santos
Emerson da Silva Seixas
Milton Luis Polli

DOI 10.22533/at.ed.02820060117

CAPÍTULO 18 194

QUANTIFICAÇÃO DE HIDROGÊNIO EM CORPOS DE PROVA DE UM AÇO ARBL
PARA ENSAIOS DE PUNÇIONAMENTO ESFÉRICO

Luiz Fernando Maia de Almeida
Rosenda Valdés Arencibia
Sinésio Domingues Franco

DOI 10.22533/at.ed.02820060118

CAPÍTULO 19 200

METODOLOGIA PARA MONITORAMENTO DA PRÉ-TRINCA POR FADIGA NO
ENSAIO SNTT

Guilherme Bernardes Rodrigues
Waldek Wladimir Bose Filho
Sinésio Domingues Franco
Rosenda Valdés Arencibia

DOI 10.22533/at.ed.02820060119

CAPÍTULO 20 206

BIOSSORÇÃO DE METAIS PESADOS UTILIZANDO A MICROALGA *Synechococcus
nidulans*

Juliana Silveira de Quadros
Paulo Fernando Marques Duarte Filho
Fernando Junges

DOI 10.22533/at.ed.02820060120

CAPÍTULO 21 216

DISTRIBUIÇÃO BIDIMENSIONAL DA PROFUNDIDADE DE MISTURA NO
RESERVATÓRIO DE LAJEADO, TOCANTINS

Marcelo Marques
Elaine Patricia Arantes
Fernando Oliveira de Andrade
Alexandre Kolodynskie Guetter
Cristhiane Michiko Passos Okawa
Isabela Arantes Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.02820060121

CAPÍTULO 22 227

ESTUDO PROSPECTIVO E TECNOLÓGICO DA GERAÇÃO DE SYNGAS
UTILIZANDO CATALISADORES

Munique Gonçalves Guimarães
Grace Ferreira Ghesti
Camila Lisdália Dantas Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.02820060122

CAPÍTULO 23 240

UTILIZAÇÃO DE PELÍCULAS COMESTÍVEIS NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MORANGOS

Tatiane Barbosa dos Santos

Matheus Luis Ferrari

Marcio Eduardo Hintz

João Paulo Brazão Gianini

Rafael Rodrigo Bombardelli

Idiana Marina Dalastra

DOI 10.22533/at.ed.02820060123

SOBRE A ORGANIZADORA..... 251

ÍNDICE REMISSIVO 252

BIOSSORÇÃO DE METAIS PESADOS UTILIZANDO A MICROALGA *Synechococcus nidulans*

Data de aceite: 25/11/2019

Juliana Silveira de Quadros

Universidade Federal do Pampa, Departamento
de Engenharia de Alimentos
Bagé – Rio Grande do Sul

Paulo Fernando Marques Duarte Filho

Universidade Federal do Pampa, Departamento
de Engenharia de Alimentos
Bagé – Rio Grande do Sul

Fernando Junges

Universidade Federal do Pampa, Departamento
de Licenciatura em Química
Bagé – Rio Grande do Sul

RESUMO: Pesquisas visando tratamentos de efluentes que sejam eficientes e de baixo custo, desenvolveram a técnica de bioissorção, esta que utiliza matérias orgânicas vivas ou mortas como bioissorventes. As microalgas apresentam esse potencial devido a sua capacidade de retenção. O presente estudo teve como objetivo avaliar o crescimento da microalga *Synechococcus nidulans* em meio de cultura contendo o metal pesado cádmio em diferentes concentrações e verificar o percentual de remoção. A microalga utilizada neste estudo foi cedida pelo Laboratório de Engenharia Bioquímica da Universidade Federal do Rio Grande e mantida em meio Zarrouk a 28°C em estufa termostatizada do

tipo BOD. As concentrações do metal pesado utilizadas nos ensaios de crescimento são 0,2; 0,4; 0,8 e 1,6 (mg.L⁻¹). Realizou-se um experimento controle para comparação. Os experimentos foram realizados em triplicata. Foram determinadas a concentração máxima de biomassa ($X_{m\acute{a}x}$), produtividade máxima de biomassa ($P_{m\acute{a}x}$) e velocidade específica máxima de crescimento ($\mu_{m\acute{a}x}$). Realizou-se a espectroscopia de absorção atômica para quantificar o metal pesado remanescente na solução e por diferença foi calculado o percentual de remoção do mesmo. Através dos resultados obtidos pode-se verificar que a presença do cádmio em baixas concentrações não influenciou negativamente o crescimento da microalga. Obteve-se o maior valor de $X_{m\acute{a}x}$ (0,41 g.L⁻¹) para os cultivos realizados com concentração do metal de 1,6 mg.L⁻¹. Contudo, os maiores percentuais de remoção (75%) foram obtidos na menor concentração do metal (0,2 mg.L⁻¹). Conclui-se que a microalga apresentou crescimento em meio de cultivo contendo o metal pesado cádmio similar ao meio padrão.

PALAVRAS-CHAVE: Metal Pesado; Bioissorção; Microalga.

HEAVY METAL BIOSORPTION USING
Synechococcus nidulans MICROALGAE

ABSTRACT: Research aimed at efficient and

low cost effluent treatments developed the biosorption technique, which uses living or dead organic matter as biosorbents. Microalgae have this potential due to their retention capacity. The objective of this study was to evaluate the growth of *Synechococcus nidulans* microalgae in culture medium containing cadmium heavy metal at different concentrations and to verify the percentage of removal. The microalgae used in this study was provided by the Biochemical Engineering Laboratory of the Federal University of Rio Grande and kept in Zarrouk medium at 28 ° C in a BOD type thermostatted greenhouse. Heavy metal concentrations used in growth assays are 0.2; 0.4; 0.8 and 1.6 (mg.L⁻¹). A control experiment was performed for comparison. The experiments were performed in triplicate. Maximum biomass concentration (X_{max}), maximum biomass productivity (P_{max}) and maximum specific growth rate (μ_{max}) were determined. Atomic absorption spectroscopy was performed to quantify the remaining heavy metal in the solution and the percentage of its removal was calculated by difference. From the obtained results it can be verified that the cadmium presence in low concentrations did not negatively influence the microalgae growth. The highest value of X_{max} (0.41 g.L⁻¹) was obtained for the cultures with metal concentration of 1.6 mg.L⁻¹. However, the highest removal percentages (75%) were obtained at the lowest metal concentration (0.2 mg.L⁻¹). It was concluded that the microalgae showed growth in culture medium containing cadmium heavy metal similar to the standard medium.

KEYWORDS: Heavy Metal; Biosorption; Microalgae.

1 | INTRODUÇÃO

O crescimento industrial e o descarte inadequado de efluentes geram a contaminação ambiental que vem agravando a situação atual do meio ambiente e, por consequência, o equilíbrio dos ecossistemas. Entre a composição destes efluentes podem ser encontrados os metais pesados. Define-se metais pesados como metais e metalóides com uma densidade atômica superiores a 4 g/cm³ e que possuem toxicidade, os quais geram problemas tanto ao meio ambiente como também à saúde humana (DIAS, 2014). Esses metais permanecem nesse meio devido ao alto tempo de permanência no meio e sua capacidade de bioacumulação.

Segundo a Resolução 430 do CONAMA:

“O lançamento de efluentes em corpos de água, com exceção daqueles enquadrados na classe especial, não poderá exceder as condições e padrões de qualidade de água estabelecidos para as respectivas classes, nas condições da vazão de referência ou volume disponível, além de atender outras exigências aplicáveis.”

O excesso de metais pesados podem causar muitas doenças para o ser humano, já que são acumulativos no corpo humano, esses problemas também atingem o meio ambiente visto que geram um alto teor de contaminação. Os efluentes industriais são

constituídos de cádmio, cromo, manganês e níquel, e quando descartados de forma inadequada atingem os lençóis freáticos ou mesmo reservatórios e rios, que são as fontes de abastecimento de água das cidades (JIMENEZ, 2004). Dentre esses padrões estabelecidos podemos encontrar para os metais cádmio (Cd) e chumbo (Pb), os valores de $0,2\text{mg.L}^{-1}$ e $0,5\text{mg.L}^{-1}$ respectivamente. Sendo assim, buscam-se utilizar alternativas viáveis economicamente e de forma que não causem mais danos ao meio ambiente para atingir esses padrões. Pesquisas visando se adequar a essas características empregam a biossorção como forma promissora para o tratamento de efluentes. Segundo Muraleedharan et al., 1991, define-se biossorção como um processo no qual sólidos de origem natural ou seus derivados são usados na retenção de metais pesados de um ambiente aquoso (apud TEDESCO, 2010). Para a realização desta, são utilizados diversos micro-organismos como bactérias, fungos e algas, devido a sua alta capacidade de biossorção de metais pesados.

Pode-se destacar então as microalgas, em especial as cianobactérias, organismos do reino monera, unicelulares, procariontes e autótrofos. Além disso, habitam vários ambientes, desde que haja umidade e possuem uma baixa exigência nutricional, sendo capazes de realizar fotossíntese e aproveitar o nitrogênio atmosférico (VIDOTTI; ROLLEMBERG, 2004). São utilizadas principalmente em tratamento de águas residuais, desintoxicação biológica e controle de metais tóxicos em águas naturais ou em águas contaminadas industrialmente. Esse destaque é através da sua capacidade de retenção e imobilização desses compostos, além de poder acumular metais na sua parede externa por meio de mecanismos físicos, químicos e biológicos (DAL MAGRO, 2013). A microalga do gênero *Synechococcus*, uma cianobactéria, unicelular, aeróbia fotossintética, presente em oceano e responsável por cerca de um quarto da produção de oxigênio. Suas células são do tipo cilíndricas a longo cilíndricas. Tem uma reprodução assexuada, ocorrendo por fissão binária (MARTINS, 2012).

Com isso, o presente estudo teve por objetivo avaliar o crescimento da microalga *Synechococcus nidulans* em meio líquido contendo os metais pesados cádmio em diferentes concentrações visando posterior aplicação em indústrias que contenham efluentes com composição destes.

2 | METODOLOGIA

A microalga utilizada neste estudo foi a *Synechococcus nidulans* cedida pelo Laboratório de Engenharia Bioquímica da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). A microalga foi mantida na Universidade Federal do Pampa – Campus Bagé em meio padrão Zarrouk (Zarrouk, 1966) a 28°C em estufa termostatizada do tipo

BOD com foto-período de 12h em Erlenmeyer de 500 mL de volume útil com aeração realizada por compressores de ar (Figura 1). Os experimentos foram realizados em meio Zarrouk acrescidos de diferentes concentrações dos metais pesados cádmio, conforme Tabela 1, nas mesmas condições de temperatura e fotoperíodo utilizadas na manutenção do inóculo, além disso foi realizado um experimento controle somente com o meio padrão Zarrouk para posterior comparação.

Cádmio (mg.L⁻¹)
0,2
0,4
0,8
1,6

Tabela 1 – Concentrações de metais pesados utilizados nos experimentos.

Fonte: Autores, 2017.



Figura 1 – Experimentos mantidos em estufas do tipo BOD.

Fonte: Autores, 2017.

Os experimentos foram realizados em triplicata e submetidos a análise de variância em *software* estatístico. Diariamente foram determinadas concentração celular através de espectrofotometria, através de curva padrão que relaciona peso seco com absorbância (Figura 2a) e pH através de pHmetro (Figura 2b).

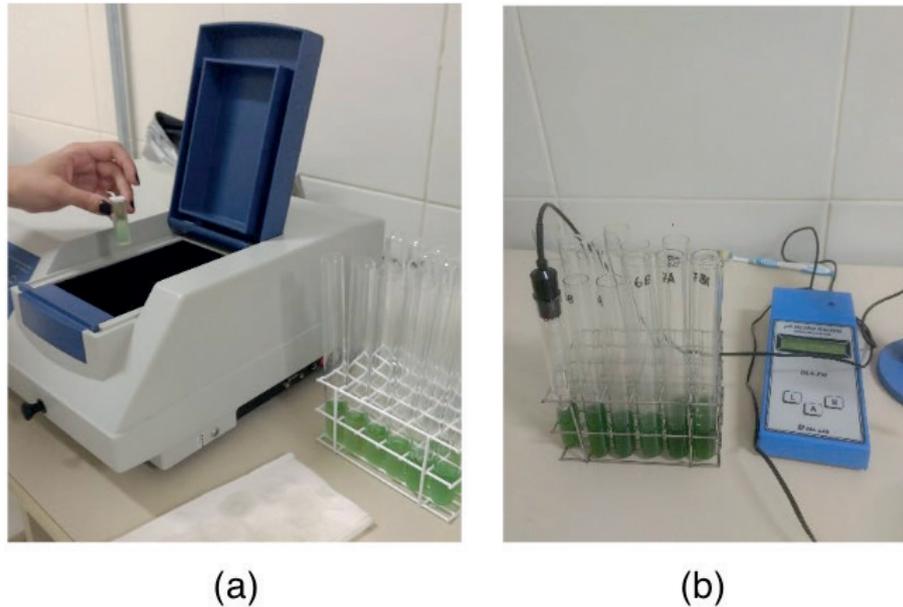


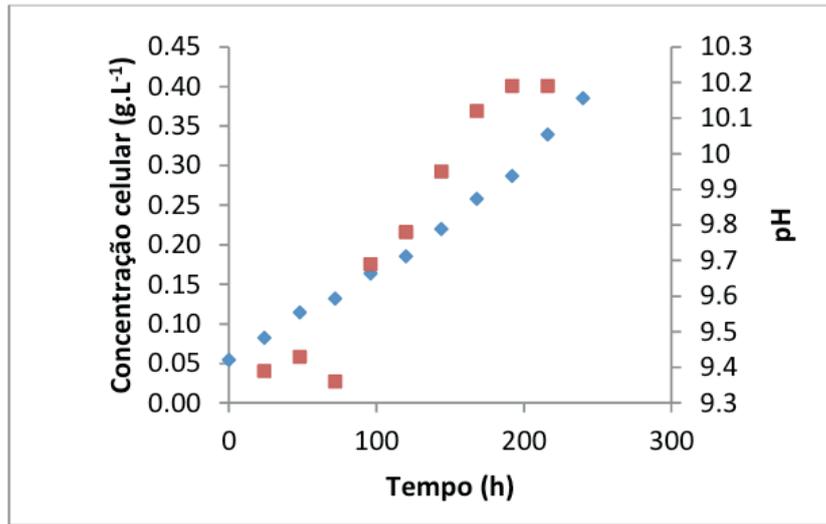
Figura 2 – Obtenção dos parâmetros, espectrofotômetro (a) e pHmetro (b).

Fonte: Autores, 2017.

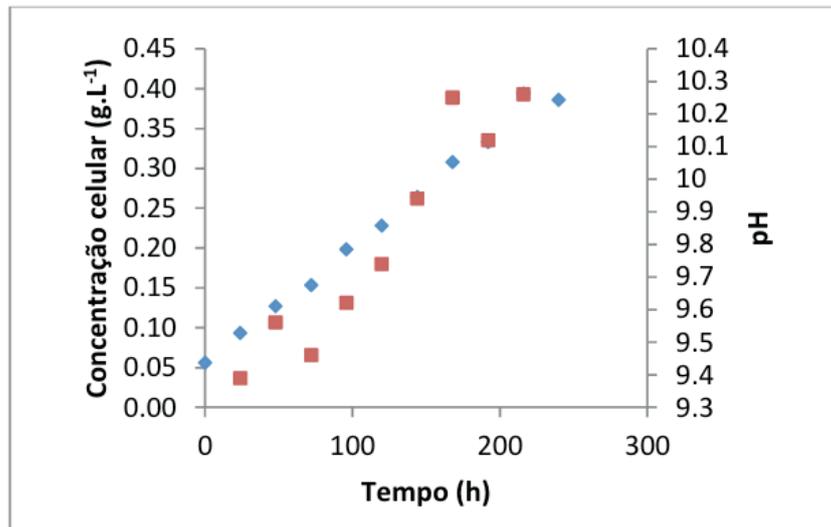
Após a realização dos experimentos, as amostras foram centrifugadas a 2000 rpm a 20 minutos, onde separou-se o sobrenadante da biomassa microalgal. Os mesmos foram acondicionados em frascos e mantidos em temperatura de -18°C até o momento das análises de quantificação do metal pesado remanescente. Para isso foi realizado a análise de espectroscopia de absorção atômica. Segundo Cienfuegos e Vaitsman (2000), o método de espectroscopia de absorção atômica se fundamenta na quantidade de radiação absorvida pelos átomos neutros no estado fundamental do elemento de interesse, os quais são produzidos no nebulizador-queimador. A absorção é proporcional à população de átomos no estado fundamental, sendo proporcionais a concentração da solução distribuída na chama. A quantidade absorvida é medida pela diferença entre o sinal transmitido na presença e na ausência do elemento a ser determinado.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

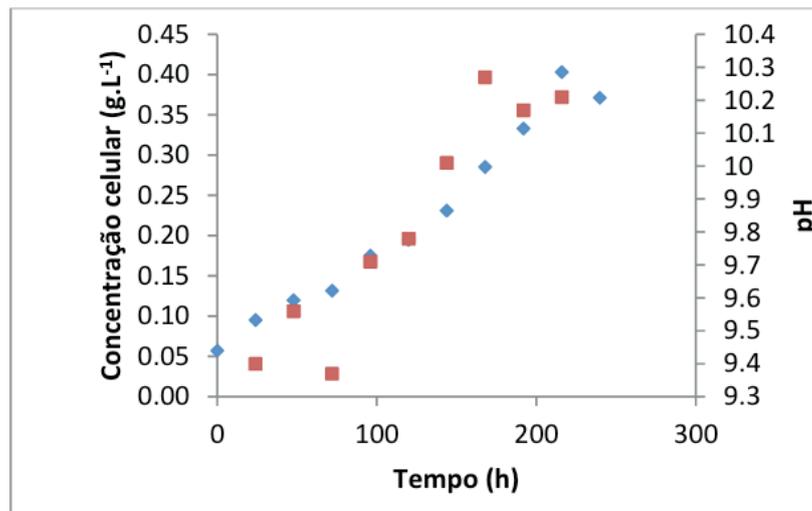
A Figura 3 mostra os gráficos de crescimento e pH da microalga *Synechococcus nidulans* nos meios de cultivo contendo o metal pesado cádmio em diferentes concentrações.



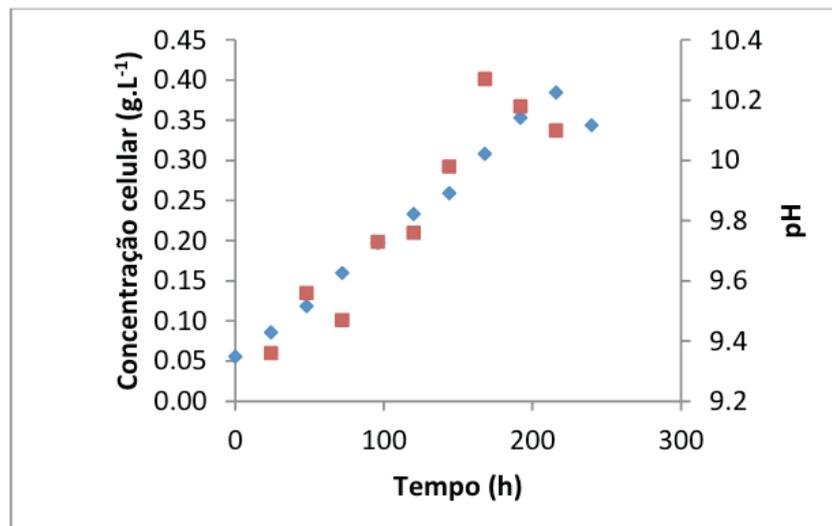
(a)



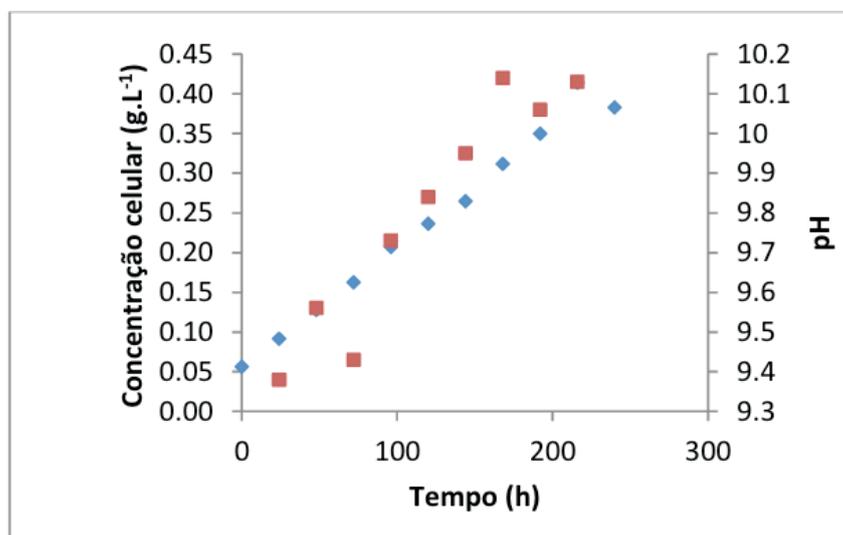
(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 3 – Curvas de crescimento celular (em azul) e pH (em vermelho) da microalga *Synechococcus nidulans*: (a); controle (b); 0,2 mg.L⁻¹ de cádmio (c); 0,4 mg.L⁻¹ de cádmio (d) 0,8 mg.L⁻¹ de cádmio e (e) 1,6 mg.L⁻¹ de cádmio.

Fonte: Autores, 2017.

Observa-se que em todos os experimentos em que foi adicionado o metal pesado, a microalga apresentou comportamento semelhante ao experimento utilizado como controle, obtendo biomassa final de aproximadamente 0,4 g.L⁻¹. Verifica-se então que, a microalga apresenta crescimento em meio contendo metal pesado cádmio semelhante ao meio com elevada concentração de cádmio (1,6 mg.L⁻¹).

No que se refere a variação de pH, no decorrer dos dez dias de crescimento celular da microalga, foi verificado que houve um aumento deste acompanhado do aumento do crescimento celular, ficando na faixa de 9 a 11. KUMAR et al. (2010) afirma que a maioria das microalgas apresenta crescimento elevado em valores de

pH neutros, entretanto possuem algumas espécies são tolerantes a valores mais elevados, como a *Synechococcus nidulans*, utilizada neste trabalho, e a *Spirulina*, que possuem um crescimento favorecido em meios com pH em torno de 9,0. Entretanto, temos espécies que mantêm um crescimento com pH baixo, como é o caso da *Chlorococcum littorale*. A Tabela 2 apresenta os dados referentes velocidade específica máxima de crescimento (μ_{\max}), produtividade máxima (P_{\max}) e concentração celular máxima (X_{\max}) para a microalga *Synechococcus nidulans* cultivada no meio Zarrouk com diferentes concentrações de cádmio.

Concentração de cádmio (mg.L ⁻¹)	X_{\max} (g.L ⁻¹)	P_{\max} (g.L ⁻¹ .dia ⁻¹)	μ_{\max} (dia ⁻¹)
Controle	0,39±0,02	0,03±0,03	0,015±0,002
0,2	0,39±0,03	0,03±0,00	0,017±0,000
0,4	0,40±0,02	0,04±0,00	0,015±0,002
0,8	0,39±0,03	0,04±0,00	0,014±0,001
1,6	0,41±0,01	0,04±0,00	0,013±0,001

Tabela 2. Velocidade específica máxima de crescimento (μ_{\max}), produtividade máxima (P_{\max}) e concentração celular máxima (X_{\max}) para a microalga *Synechococcus nidulans* cultivada no meio Zarrouk com diferentes concentrações de cádmio.

Fonte: Autores, 2017.

Os dados apresentados na Tabela 2 justificam os comportamentos observados nos gráficos de crescimento da Figura 3, ou seja, a incorporação do metal pesado no meio Zarrouk não afetou o crescimento da microalga. Esses dados permitem inferir que a microalga assimilou em seu metabolismo o metal pesado. Outra possibilidade, é que em meio alcalino o metal pesado pode não estar disponível para o metabolismo do micro-organismo e por isso não afetou o seu crescimento. Segundo Tedesco (2010), mostra que em seu experimento quanto menor a concentração de metal pesado maior o seu μ_{\max} , o que não aconteceu no presente trabalho. Podemos justificar essa diferença de resultados pela escolha do metal e da microalga, que foi cromo IV e *Spirulina platensis*.

Através da análise de variância para a resposta μ_{\max} , foi possível observar que as diferentes concentrações de cádmio influenciaram estatisticamente ($p < 0,05$) a resposta. O maior valor observado de μ_{\max} foi obtido para a concentração de 0,2 mg.L⁻¹ enquanto que, o menor valor foi para 1,6 mg.L⁻¹. Contudo, para o valor máximo de biomassa obtida (X_{\max}) não houve influência da concentração de cádmio ($p > 0,05$).

Foi observado percentual de remoção aproximadamente de 30% para a concentração de metal pesado de 1,6 mg.L⁻¹, conforme tabela 3. Contudo, para a concentração de 0,2 mg.L⁻¹ o percentual de remoção foi de 75,5%. Sendo assim, podemos inferir que a microalga metabolizou o metal pesado. Contudo, são

necessários maiores estudos acerca de como esse processo ocorre.

Concentração de cádmio (mg.L ⁻¹)	Percentual de remoção (%)
0,2	75,50±1,41
0,8	39,75±16,26
1,6	30±8,83

Tabela 3 – Percentual de remoção do metal pesado cádmio no cultivo da microalga *Synechococcus nidulans*.

Fonte: Autores, 2017.

O resultado da concentração de 0,4 mg.L⁻¹ foi omitido por problemas experimentais na amostra. Verifica-se também que o percentual de remoção do metal foi reduzindo pelo aumento gradual da concentração do mesmo no meio de cultivo.

Os dados de percentual obtidos corroboram com os de Dal Magro (2013), que realizou um experimento com menor concentração de biomassa e maior concentração de cromo (VI). Obtendo um menor índice de remoção, de 51,47%, concluindo então que a alta concentração de cromo (VI) em baixos níveis de bioissorvente pode comprometer o processo bioissorvente, reduzindo o potencial de captação do metal pela biomassa. O descuido nesse processo pode gerar a saturação da capacidade do bioissorvente em função da saturação dos sítios ativos existentes na parede celular do mesmo, e por consequência pode gerar uma quantidade grande de biomassa contaminada, necessitando de tratamento adequado para que não gere danos ao meio ambiente e aos seres vivos, comprometendo assim a relação custo-benefício do processo.

Reck (2018), que realizou a bioissorção dos metais cobre e zinco pela microalga *Spirulina platensis*, que atingiu menores índices de remoção em menores concentrações de biomassa para cobre indicando que a alta concentração deste metal em baixos níveis de bioissorvente. Assim como Dal Magro (2013), observou, no experimento em questão também pode ter ocorrido uma saturação da capacidade do bioissorvente microalgal.

4 | CONCLUSÃO

Ao final da realização dos experimentos e através da análise estatística dos dados obtidos, pode-se verificar que a presença do metal pesado cádmio nas diferentes concentrações testadas não influenciaram o crescimento da microalga *Synechococcus nidulans* no que tange a máxima biomassa obtida (X_{max}). A maior biomassa obtida de 0,41 g.L⁻¹ foi na concentração de 1,6 mg.L⁻¹ do metal. Contudo,

na concentração de 0,2 mg.L⁻¹ foi a que obteve a maior μ_{\max} , de 0,17 dia⁻¹, bem como o maior percentual de remoção que foi de 75%. Assim, a microalga *Synechococcus nidulans* apresenta-se como alternativa biotecnológica para bioissorção do metal pesado cádmio em concentrações na faixa de 0,2 mg.L⁻¹.

REFERÊNCIAS

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Resolução N° 430, de 13 de maio de 2011**. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso: julho de 2019.

CIENFUEGOS, F.; VAITSMAN, D. **Análise Instrumental**. Rio de Janeiro: Interciência, 2000.

DAL MAGRO, C. et al. **Bioissorção passiva de cromo (VI) através da microalga *Spirulina platensis***. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010040422013000800011&script=sci_arttex>. Acesso em: julho de 2019.

DIAS, C.S; **Potencial biotecnológico da microalga *Synechococcus nidulans* para tratamento de águas ácidas de drenagem da região de mineração em Candiota-RS**. Disponível em: <<http://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/riui/1228/1/POTENCIAL%20BIOTECNOLOGICO%20DA%20MICROALGA%20SYNECHOCOCCUS%20NIDULANS%20PARA%20TRATAMENTO%20DE%20%C3%81GUAS%20%C3%81CIDAS%20DE%20DRENAGEM%20DA%20REGI%C3%83O%20DE%20MIN~1.pdf>>. Acesso em: julho de 2019.

JIMENEZ, R.S.; DAL BOSCO, S.M; CARVALHO, W.A. **Remoção de metais pesados de efluentes aquosos pela zeólita escolecita – influência da temperatura e do pH na adsorção em sistemas monoelementares**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v27n5/a11v27n5.pdf>>

TEDESCO, C; *et.al.* **Remoção de cromo VI pela microalga *Spirulina platensis***. Disponível em: <<http://usuarios.upf.br/~engeamb/TCCs/2010-2/CRISTIANE%20TEDESCO.pdf>>. Acesso em: julho de 2019.

RECK, L. *et. al.* **Bioissorção dos metais cobre e zinco pela microalga *Spirulina platensis***. Disponível em:<http://scheneventos.com.br/eba/envio/files/460_arq1.pdf>. Acesso em: setembro de 2019.

VIDOTTI, E.C.; ROLLEMBERG, M.C.E. **Algas: da economia nos ambientes aquáticos à biorremediação e a química analítica**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v27n1/18822.pdf>>. Acesso em: julho de 2019.

SOBRE A ORGANIZADORA

Franciele Braga Machado Tullio - Engenheira Civil (Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG/2006), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/2009, Mestre em Ensino de Ciências e Tecnologia (Universidade Tecnológica federal do Paraná – UTFPR/2016). Trabalha como Engenheira Civil na administração pública, atuando na fiscalização e orçamento de obras públicas. Atua também como Perita Judicial em perícias de engenharia. E-mail para contato: francielebmachado@gmail.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aço inoxidável 178, 181
Aproveitamento de costaneira 81
Argamassa de revestimento 35, 36, 42, 44, 45
Argila montmorilonítica 167, 168

C

Carga normal 68, 71, 73, 74, 75, 77, 78, 79
Cisalhamento 21, 23, 24, 27, 31, 32, 33, 34, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 203, 217
CLT 97, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 155, 156, 157
Coeficiente de atrito 68, 71, 73, 74, 79
Comparação 7, 13, 14, 23, 40, 56, 57, 58, 61, 63, 73, 75, 77, 78, 79, 86, 133, 135, 140, 145, 206, 209, 244, 245, 247
Compartimentação horizontal 108, 110, 111, 118
Compressão 24, 25, 28, 29, 33, 48, 114, 115, 135, 137, 145, 147, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 158, 159, 160, 161, 164, 165, 166, 201
Concreto 21, 22, 23, 24, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 37, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 61, 97, 117, 118, 123, 145, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 190
Concreto armado 21, 22, 23, 33, 34, 37, 123, 148, 156, 157
Conforto acústico 45
Conforto térmico 45, 47, 50, 53, 122
Construção civil 12, 18, 22, 23, 36, 44, 45, 49, 50, 51, 52, 55, 56, 57, 59, 65, 96, 97, 98, 108, 110, 128, 132, 144, 145, 146, 147, 149, 150, 156, 187
Construções leves 55, 56, 60, 61, 65, 66
Corrosão 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 23, 112, 113, 181, 195
Corymbia citriodora 81, 82, 83, 84, 85, 92, 93
Cura 15, 22, 35, 43, 44, 145, 152, 156

D

Densidade 5, 10, 12, 13, 15, 16, 18, 47, 51, 63, 108, 110, 111, 113, 114, 115, 145, 149, 150, 151, 153, 155, 156, 157, 158, 160, 161, 162, 163, 165, 166, 187, 190, 191, 207
Descolamento 31, 32, 33, 38, 121, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 132
Desgaste deslizante 68, 76
Detalhe construtivo 94
Durabilidade 36, 50, 56, 57, 64, 94, 96, 97, 98, 99, 103, 106, 107, 115, 122
Dureza Janka 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166

E

Eletroquímica 1, 2, 196, 197
Ensaio de caracterização 35, 39, 40, 42

Escória 35, 41, 43, 44, 188

Eucalipto 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 82, 93, 101, 136, 144, 148, 158, 159, 160, 161

F

Fachadas de edifícios 121, 123, 132

Fachadas em madeira 94, 95, 96, 100

Fiação por sopro em solução 167, 168, 169, 170, 171, 176

Flexão 10, 13, 17, 21, 24, 31, 32, 114, 135, 136, 137, 141, 142, 143, 158, 159, 160, 161, 163, 164, 165, 166, 201

Forças de corte 178, 179, 180, 181, 183

Forno didático 185, 191, 192

M

Madeira 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 24, 52, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 81, 82, 83, 84, 85, 88, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 106, 107, 119, 129, 133, 134, 135, 139, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 156, 157, 158, 159, 160, 163, 164, 165, 166

Manifestação patológica 35

Materiais alternativos 19, 45, 47

Materiais compósitos de PRFC 21

Metal 1, 2, 5, 6, 178, 180, 181, 182, 206, 207, 210, 212, 213, 214, 215, 229

Microfresamento 178, 180, 181, 183

Microusinagem 178, 179, 180, 181

N

Nanofibras de sílica 167, 168, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 177

P

Painéis de madeira 11, 18, 19, 20, 81, 83, 97, 157

Parede corta-fogo 108, 119

Patologia 121, 123

Pinus 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 101, 143, 144, 145, 151

Poliamida 66 167, 168, 170, 173, 174, 175

Prática acadêmica 185

Processo de fundição 185

Projeto de revestimento 121

Proteção contra incêndio 108

R

Reforço estrutural 21, 22, 25

Resíduo de madeira 81, 92

Revestimento cerâmico 121, 122, 126, 128, 130, 132

Revestimento em madeira 94

S

Sistema construtivo em placas de silicato de cálcio 108

Solo 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 65, 100, 134, 231

T

Tecnologia de vedações verticais leves 108

Tubulação 1

V

Vermiculita 45, 47, 49, 50, 51, 52, 53

Vigas 21, 22, 23, 24, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 37, 114, 123

W

Wood frame 55, 56, 57, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67

