

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

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

Data de aceite: 25/11/2019

Marcelo Marques

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Meio Ambiente
Umuarama, Paraná

Elaine Patricia Arantes

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Meio Ambiente
Umuarama, Paraná

Fernando Oliveira de Andrade

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Curitiba, Paraná

Alexandre Kolodynskie Guetter

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Hidráulica e Saneamento
Curitiba, Paraná

Cristhiane Michiko Passos Okawa

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Civil
Maringá, Paraná

Isabela Arantes Ferreira

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Civil
Maringá, Paraná

RESUMO: O termo profundidade de mistura é definido como a profundidade máxima perturbada pela onda de vento ao propagar. No presente trabalho esse conceito é aplicado

ao Reservatório de Lajeado, localizado no estado do Tocantins. As profundidades são determinadas com base em representações bidimensionais da superfície do corpo hídrico, obtidas pela aplicação da técnica de simulação denominada paramétrica bidimensional (MPB), recentemente desenvolvida. Conclui-se tratar-se de local que dificilmente atinge uma condição de estratificação térmica, devendo ser comum a ressuspensão de sedimentos do fundo.

BIDIMENSIONAL DISTRIBUTION OF MIXING DEPTH IN LAJEADO RESERVOIR, TOCANTINS

ABSTRACT: The term mixing depth is defined as the maximum depth disturbed by the wind wave when propagating. In the present work this concept is applied to the Lajeado Reservoir, located in the state of Tocantins. Depths are determined based on two-dimensional representations of the water body surface, obtained by the simulation technique named parametric two-dimensional simulation method (MPB). It is concluded that this study area is a site that hardly reaches a thermal stratification condition, and resuspension of bottom sediments should be common.

1 | INTRODUÇÃO

Lagos e reservatórios constituem-se em componentes indissociáveis da paisagem brasileira, presentes em todas as grandes bacias hidrográficas. A opção do Brasil pela hidroeletricidade e a crescente demanda de energia permitem antever que a ocupação de novas bacias hidrográficas ou sub-bacias por reservatórios será inevitável (Marques, 2013).

O fundo destes corpos hídricos são, em grande parte, cobertos por sedimentos. Devido à grande superfície dos reservatórios exposta ao vento, verifica-se a geração de ondas. Quanto maior o comprimento da onda e menor a profundidade, maiores as tensões de cisalhamento geradas no fundo e a consequente ressuspensão de sedimentos.

Grande parte destes sedimentos são depositados devido interferências antrópicas, favorecendo a ocorrência de erosão, voçorocas, transporte de sedimentos nos rios, depósitos em locais inadequados e assoreamento de reservatórios artificiais.

A deposição de sedimentos em reservatórios bem como o seu transporte e ressuspensão constituem-se em problemas de alcance nacional haja visto que somente em território brasileiro existem pouco mais de 23 mil lagos e reservatórios com mais de 20 hectares (Mello et al., 2007).

A ação do vento nestes locais pode ser importante principalmente quando o eixo longitudinal do reservatório é orientado na sua direção predominante. A profundidade média destes corpos hídricos também é um fator extremamente importante, pois, corpos de água rasos têm uma resposta mais rápida a processos de aquecimento e resfriamento ou a ressuspensão de sedimentos devido a ondas de vento (Arantes et al., 2015). Estas ondas podem induzir processos de mistura em toda coluna d'água tendendo a destruir a estratificação vertical favorecendo a criação de gradientes longitudinais e transversais mais intensos (Smith, 1994). Estudos em corpos hídricos desse tipo frequentemente demandam informações relacionadas à dinâmica da massa hídrica.

O termo profundidade de mistura é definido como a profundidade máxima afetada pela onda ao se propagar. O efeito da dispersão longitudinal provocado por ondas geradas pela ação do vento constitui-se em um processo de importante impacto no ambiente podendo provocar ressuspensão de sedimentos e desestratificação térmica do corpo hídrico.

O conceito foi apresentado por Marques (2013) e se baseia na constatação de que uma onda de determinado comprimento, propagando-se, perturba a massa líquida a uma profundidade máxima equivalente à metade de seu comprimento. Desse modo, ao determinar a metade do comprimento da onda em um ponto se está determinando a profundidade de mistura, como mostrado pela Figura 1.

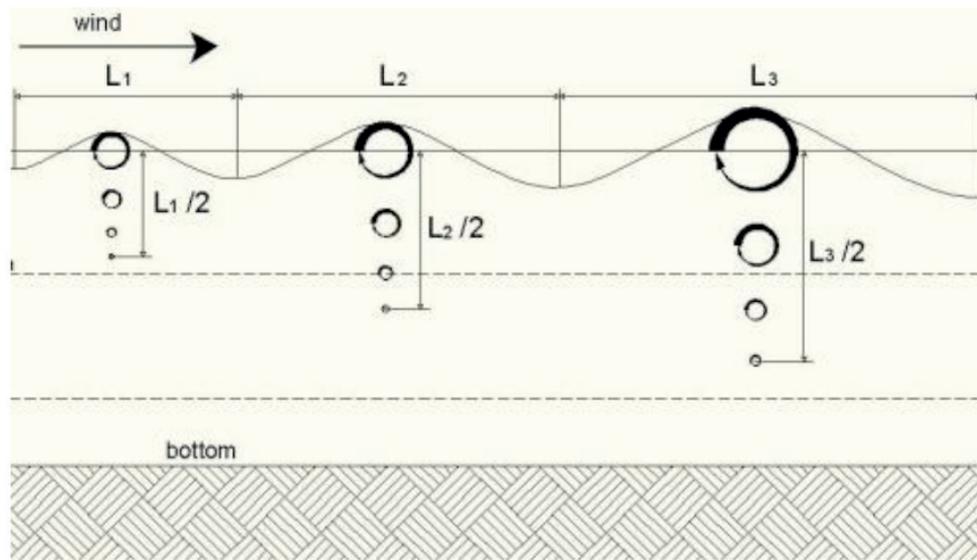


Figura 1: Representação da profundidade de mistura para ondas de comprimento L_i

No presente trabalho esse conceito foi aplicado ao reservatório de Lajeado de maneira a obter a representação da profundidade de mistura em toda a superfície livre para 16 direções de ventos e para intensidades de 5, 10, 15 e 20ms⁻¹. A técnica de modelagem computacional empregada foi a paramétrica bidimensional (MPB) desenvolvida por Marques (2013).

2 | ÁREA DE ESTUDOS

A usina hidrelétrica Luis Eduardo Magalhães, também conhecida como Hidrelétrica de Lajeado se situa no Estado do Tocantins entre os municípios de Miracema do Tocantins e Lajeado. Constitui-se em uma das maiores obras civis no país construída com recursos da iniciativa privada. Sua localização está representada pela Figura 2. A barragem apresenta 2.100 m de comprimento e vertedouros com 14 vãos e capacidade para escoar 49.870 m³/s de água. De acordo com Pereira (2002), o reservatório encontra-se em área de cerrado com baixo tempo de retenção (24 dias) e morfometria pouco complexa. O reservatório possui profundidade média de 3m, uma superfície de 626 km², área de drenagem de 184.219,0 km² e a velocidade média do rio Tocantins de 300m/h (Pereira, 2002).



Figura 2: Localização do reservatório da UHE de Lajeado

3 | MODELO ONDACAD

A determinação da distribuição do *fetch* foi realizada com base no método geométrico de Saville (1954), pelo traçado apresentado esquematicamente para vento nordeste, conforme Figura 3a. De acordo com o método, o *fetch* em cada ponto e para determinada direção é definido pela equação (1).

$$F = \sum_i x_i \cos \alpha_i / \sum_i \cos \alpha_i \quad (1)$$

Onde F é o *fetch*, α_i é o ângulo entre a direção do vento e a direção secundária; e x_i é o comprimento na direção secundária.

No presente trabalho foi introduzido um importante aperfeiçoamento. O *fetch* passa a ser determinado por um método integral, ao invés de um somatório, conforme Figura 3b e as equações (2) e (3).

$$F = \int_{-\alpha}^{\alpha} F \cos\varphi d\varphi / \int_{-\alpha}^{\alpha} \cos\varphi d\varphi \quad (2)$$

$$0 \leq \alpha \leq \pi/4 \quad (3)$$

A distribuição do *fetch* de modo automatizado é realizada por um programa concebido em linguagem LISP denominado ONDACAD podendo ser interpretado por programas de projeto assistido por computador, como o AutoCAD, zwcAD e CorelCAD.

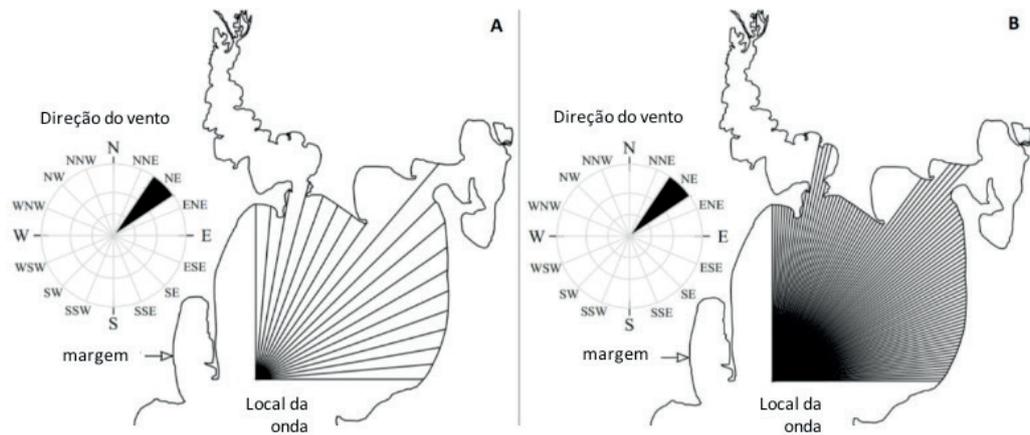


Figura 3: traçado esquemático para determinação do *fetch*: (a) pelo método de Saville (1954); (b) pelo aumento da resolução angular entre linhas radiais (Marques, 2013)

Um dos módulos do modelo ONDACAD gera a distribuição do *fetch* com base na discretização da superfície do corpo de água pela geração de uma malha estruturada quadrangular (Figura 4a). Os nós da malha são percorridos respeitando-se a direção do vento fornecida e aplicando o método de Saville (1954) em alta resolução (Figura 4b e Figura 4c).

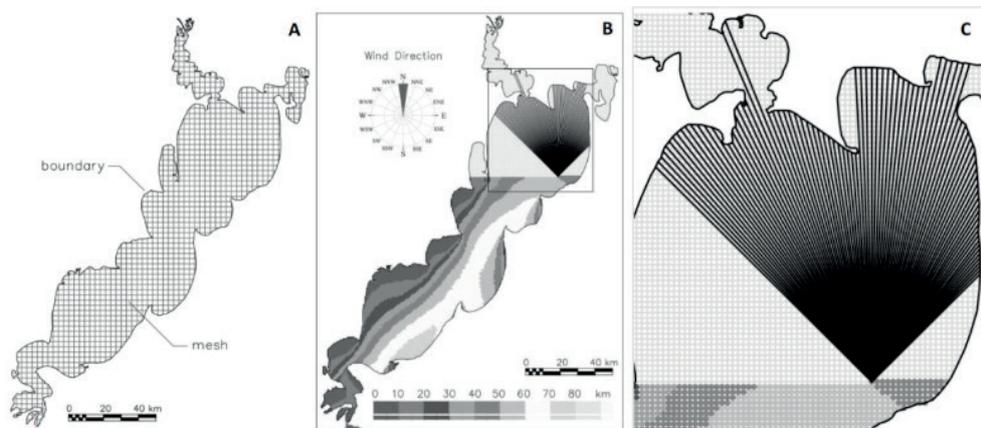


Figura 4 - (a) Geração de uma malha estruturada quadrangular; (b) Processamento propositalmente interrompido para mostrar os nós da malha sendo percorridos; (c) Ampliação de parte da Figura 4b.

4 | PROFUNDIDADE DE MISTURA

Pela técnica de modelagem adotada, um campo de *fetch* é convertido em um campo de profundidade de mistura através de uma equação paramétrica. A equação paramétrica é obtida com base em conceitos físicos tratados pela teoria linear de ondas, para a qual o comprimento da onda em águas profundas é definido pela equação (4).

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \quad (4)$$

Onde L é o comprimento da onda, g a aceleração gravitacional e T o período da onda.

Para a determinação do período da onda é adotado o modelo SMB. Trata-se de uma equação paramétrica amplamente difundida no meio técnico e tratada com profundidade por Marques (2013). O período da onda é condicionado pela aceleração da gravidade (g), pelo comprimento do fetch (F) e pela intensidade do vento (U), conforme a equação (5).

$$T = 7,54 \frac{U_{10}}{g} \tanh \left[0,077 \left(\frac{gF}{U_{10}^2} \right)^{0,25} \right] \quad (5)$$

Segundo Bretschneider (1966), o método referido como SMB foi inicialmente proposto por Sverdrup e Munk (1947) e posteriormente modificado pelo autor, recebendo as letras iniciais do sobrenome de seus idealizadores. O método SMB foi objeto de inúmeras revisões e é um dos mais importantes modelos paramétricos de previsão de ondas (Cardone e Ross, 1979). É bastante empregado em função de sua simplicidade e eficiência (Kinsman, 1965; Wiegel, 1970).

Substituindo a equação (5) na equação (4) e assumindo que a profundidade de mistura (pfm) é a metade do comprimento da onda (L) se obtém a equação seguinte.

$$pfm = \frac{4,52U_{10}^2}{g} \left\{ \tanh \left[0,077 \left(\frac{gF}{U_{10}^2} \right)^{0,25} \right] \right\}^2 \quad (6)$$

Pela condição assumida de campo de ondas que são limitadas pelo *fetch*, as informações sobre a duração do vento tornam-se prescindíveis. Foi através da equação (6) que o campo de *fetch* foi transformado em um campo de profundidade de mistura pela utilização do modelo ONDACAD.

5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do modelo computacional ONDACAD permitiu a geração de 16

mapas, um para cada direção, para cada uma das quatro intensidades de campo de vento adotadas, totalizando 64 mapas. As profundidades máximas perturbadas pela onda ao se propagar foram atingidas para vento sul. Foram adotadas quatro direções para representar os resultados de modo ilustrativo: Norte, Sul, Leste e Oeste. As profundidades máximas atingidas para todas as direções e intensidades de vento das simulações são apresentadas pelas Tabelas 1 e 2.

U (m/s)	Direção	E	ENE	NE	NNE	N	NNW	NW	WNW
	Fetch máx (km)		8,5	9,60	14,10	14,90	15,20	14,90	13,10
5	PFM máx (m)	3,2	3,35	3,89	3,97	4,00	3,97	3,78	3,31
10		4,5	4,62	4,95	5,00	5,01	5,00	4,89	4,59
15		8,2	8,26	8,53	8,57	8,58	8,57	8,48	8,23
20		14,6	14,71	14,94	14,98	14,99	14,98	14,90	14,69

Tabela 1: Profundidades máximas (unidade em metros) atingidas pela onda para direções E a WNW

U (m/s)	Direção	W	WSW	SW	SSW	S	SSE	SE	ESE
	Fetch máx (km)		8,30	10,10	14,30	15,80	15,90	15,40	13,60
5	PFM máx (m)	3,16	3,42	3,91	4,06	4,07	4,02	3,84	3,29
10		4,49	4,66	4,96	5,05	5,05	5,03	4,92	4,58
15		8,15	8,29	8,54	8,61	8,61	8,59	8,50	8,22
20		14,62	14,74	14,95	15,01	15,01	14,99	14,92	14,69

Tabela 2: Profundidades máximas (unidade em metros) atingidas pela onda para direções W a ESE

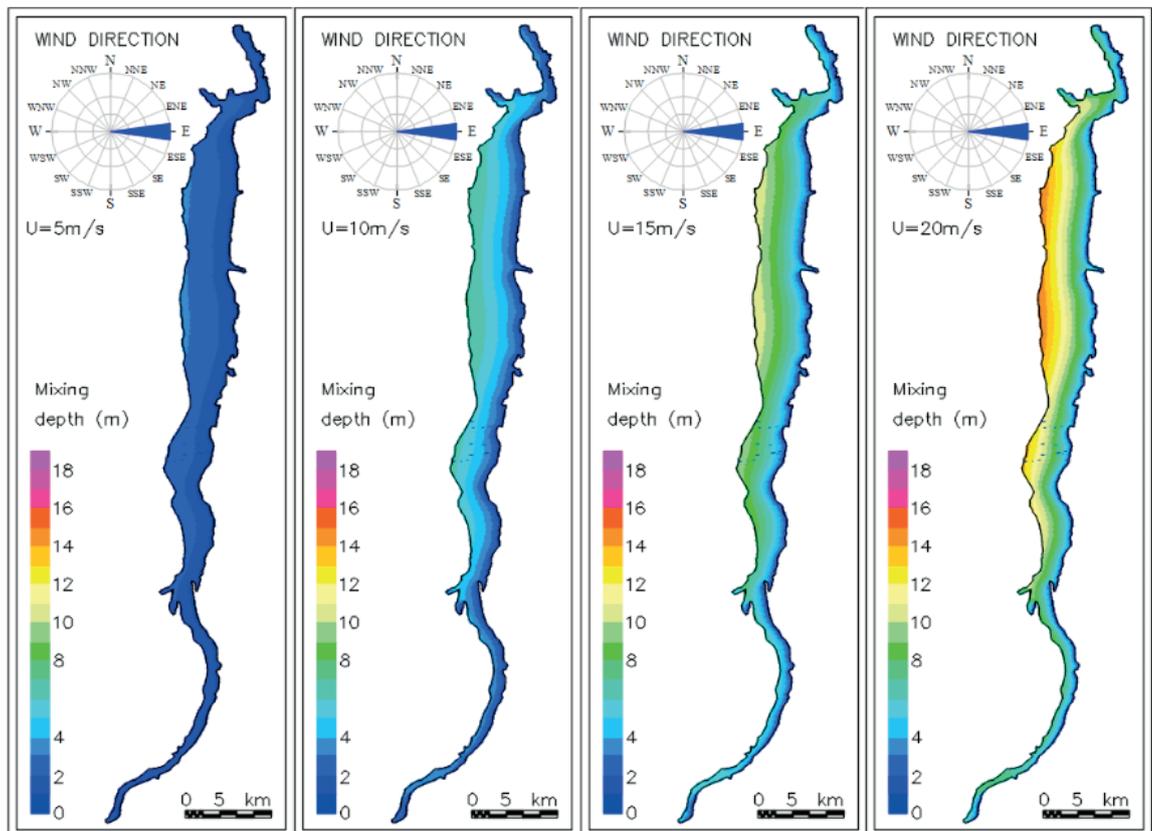


Figura 5: Distribuição das profundidades atingidas pelas ondas geradas por vento E

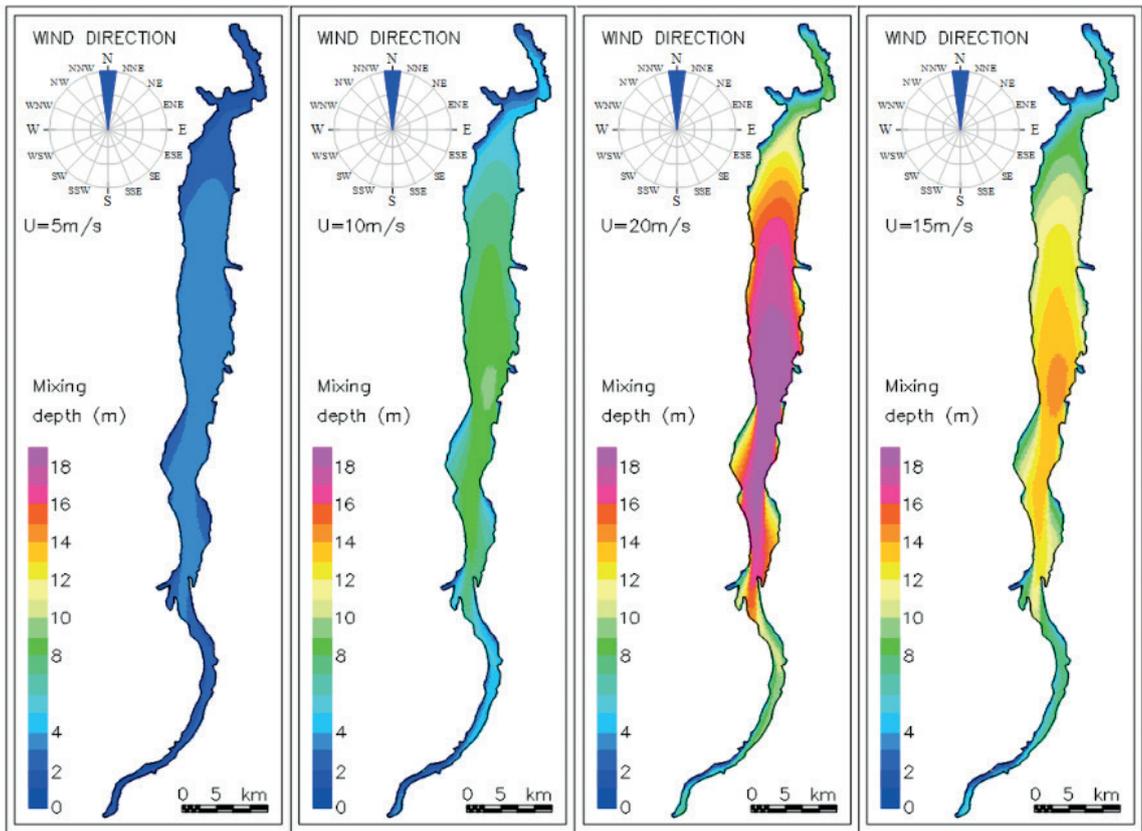


Figura 6: Distribuição das profundidades atingidas pelas ondas geradas por vento N

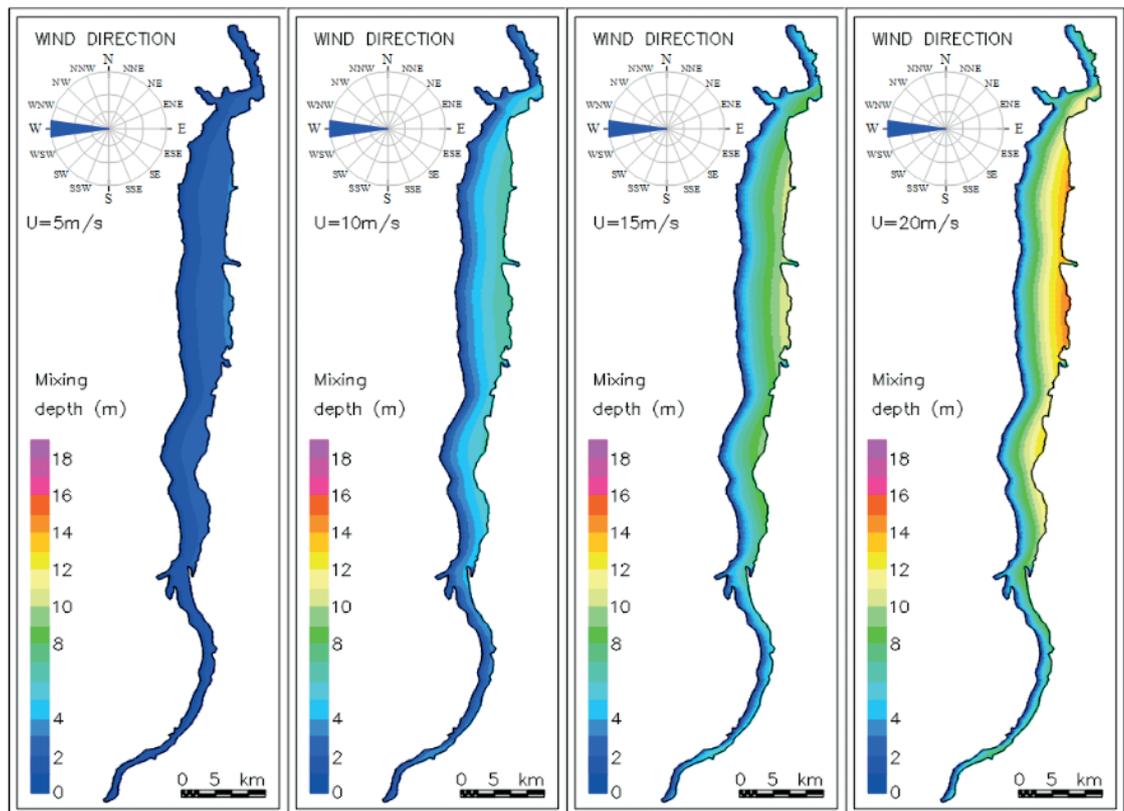


Figura 7: Distribuição das profundidades atingidas pelas ondas geradas por vento W

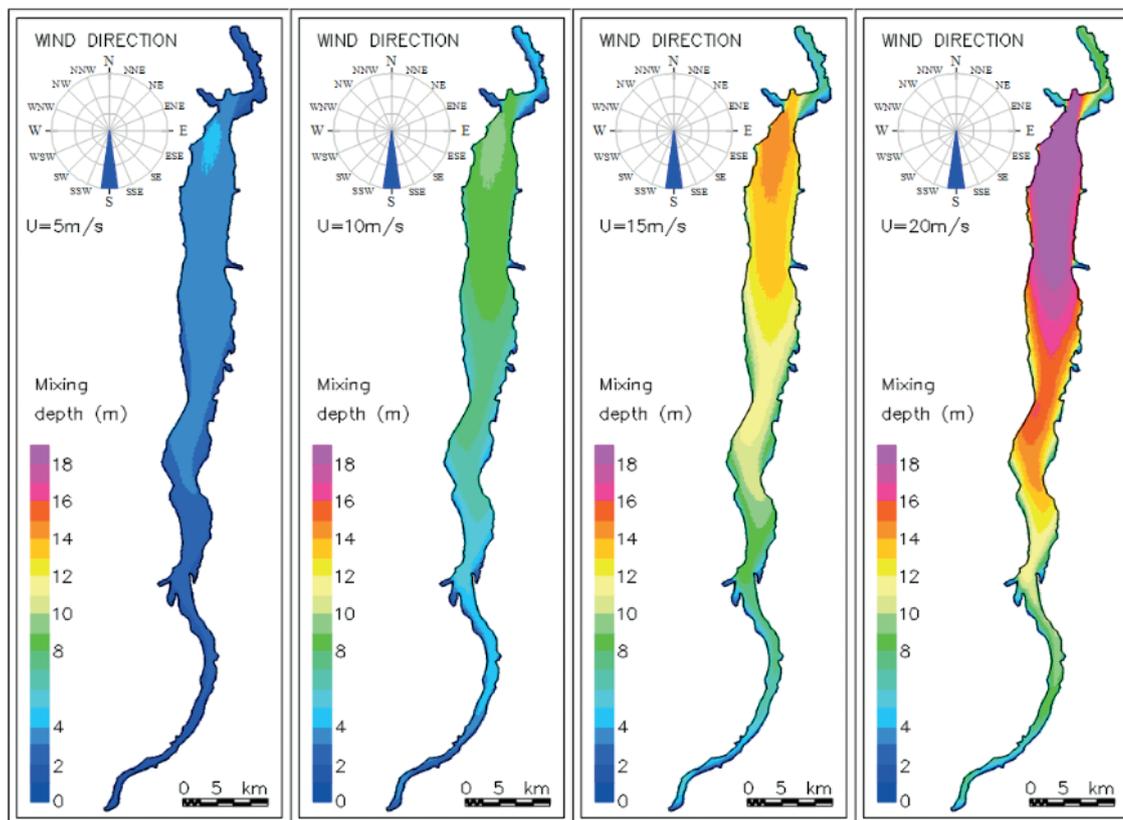


Figura 8: Distribuição das profundidades atingidas pelas ondas geradas por vento S

Com base na tabela 2, observa-se que a menor profundidade perturbada pelas ondas foi de 3,2 metros, atingida pelo vento de 5m/s no sentido leste, transversal ao reservatório. Ventos provenientes da direção sul permitem a combinação aos maiores comprimentos de fetch, gerando ondas que atingem as maiores profundidades. Por meio da Tabela 2 pode-se verificar que ventos soprando a 20 ms^{-1} geraria ondas que, ao se propagar, atingiriam 15 metros de profundidade caso as condições batimétricas assim permitissem.

A profundidade média do reservatório é de 3m e um vento que sopra na direção do maior comprimento livre atinge esta profundidade, mesmo soprando com intensidade de 5 ms^{-1} . Esta intensidade do vento é considerada de pequena intensidade e grande probabilidade de ocorrência. Portanto, estima-se que na área de estudo seja bastante comum que as perturbações geradas pela propagação das ondas atinjam o fundo. Deste modo, através dos resultados obtidos é possível constatar que se trata de um reservatório que dificilmente atinge uma condição de estratificação térmica, devendo ser comum a ressuspensão de sedimentos do fundo.

Através dos mapas gerados para as quatro intensidades do vento foi elaborado um mapa de localização das maiores profundidades atingidas, conforme Figura 9.

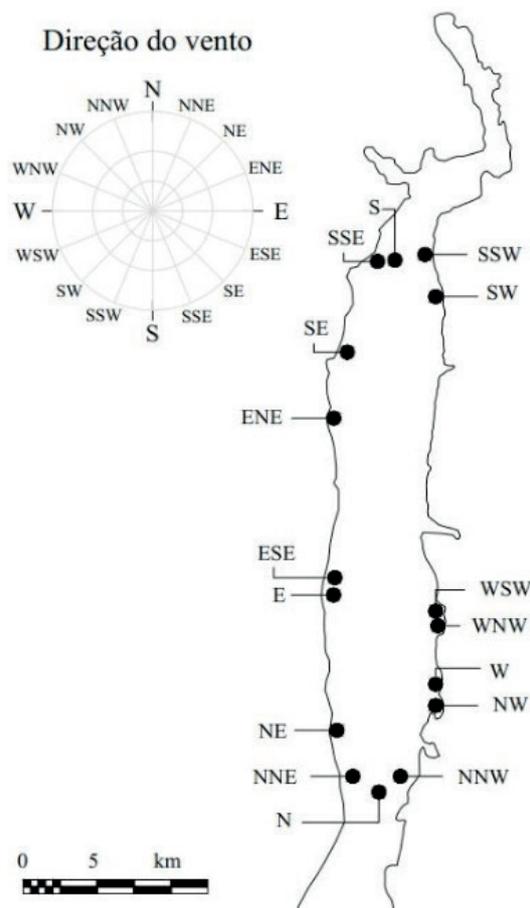


Figura 9: Localização das maiores profundidades atingidas para cada direção

Pela Figura 9 observa-se que a intensidade do vento não interfere na localização da maior profundidade atingida. Ventos de diferentes intensidades soprando da mesma direção não alteraram a posição da profundidade máxima atingida pela onda. Outro aspecto a destacar é que esta localização coincide com a localização do maior comprimento de *fetch* tornando os mapas de distribuição do *fetch* valiosas ferramentas na localização de profundidades extremas atingidas pelas ondas de vento ao se propagar.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método gráfico de determinação do *fetch*, de aplicação trabalhosa pelo projetista, por exigir uma excessiva quantidade de operações gráficas, pôde ser aprimorado e aplicado com sucesso pela utilização de processamento computacional viabilizando a aplicação do conceito de campo de *fetch* e sua transformação para campo de profundidade de mistura. A técnica foi validada para altura de ondas, tornando oportuna a validação da profundidade de mistura por estudos futuros.

Pelas conclusões do estudo, o reservatório de Lajeado dificilmente atinge uma condição de estratificação térmica, devendo ser comum a ressuspensão de

sedimentos do fundo. As maiores profundidades foram atingidas para ventos orientados na direção do comprimento predominante do reservatório. A aplicação do conceito de profundidade de mistura via modelagem paramétrica bidimensional mostrou-se viável. O reduzido tempo de processamento na geração dos mapas e a demanda somente das informações sobre o vento (intensidade e direção) pode tornar oportuna a incorporação do modelo em sistemas de previsão em tempo real.

Um importante desdobramento que pode ser empreendido por trabalhos futuros é a incorporação da batimetria do lago no processo de modelagem, de modo a permitir o mapeamento das tensões no fundo geradas pela onda ao se propagar.

REFERÊNCIAS

- Bretschneider, C. L.. 1966. **Wave generation by wind, deep and shallow water**. In: A.T. Ippen (Editor), *Estuary and Coastline Hydrodynamics*. McGraw-Hill, New York, pp. 744.
- Cardone, V. J.; Ross, D. B.. 1979. **Wave Prediction Methods and Data Requirements**, Ocean Wave Climate, edited by M. D. Earle and A. Malahoff, Plenum Publishing Corp.
- Fernandez, R. L. ; Bonansea, M. ; Marques, M. . 2014. **Monitoring Turbid Plume Behavior from Landsat Imagery**. *Water Resources Management*, v. 28, p. 3255-3269, 2014.
- Kinsman, B. 1965. **Wind Waves; Their Generation and Propagation on the Ocean Surface**. Prentice Hall, Inc., 676 pp.
- Marques, M.. 2013. **Modelagem paramétrica bidimensional para simulação de ondas em águas continentais**. Tese de doutorado - Programa de Pós-Graduação Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 219 pp.
- Marques, M.; Andrade, F. O. 2017. **Automated computation of two-dimensional fetch fields: case study of the Salto Caxias reservoir** in southern Brazil. *Lake and Reservoir Management*, v. 32, p. 1-12, 2017.
- Marques, M.; Andrade, F. O. ; Guetter, A. K. 2013. **Conceito do Campo de Fetch e sua Aplicação ao Reservatório de Itaipu**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 18, p. 243-253, 2013.
- Marques, M.; Maciel, G. F. ; Dall’Aglio Sobrinho, M. 2007. **Estimativa das máximas pistas de vento no reservatório da barragem de Ilha Solteira - Estado de São Paulo** -. *Acta Scientiarum. Technology (Impresso)*, v. v. 29, p. 79-84, 2007.
- Melo, M. S.; Carvalho, M. S. B. S.; Soares, A. M. L.; Barreto, R. N. C.. 2007. **Mapeamento dos Espelhos D’água do Brasil**. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Ministério da Integração Nacional, Agência Nacional das Águas. Mapeamento dos espelhos d’água do Brasil. Fortaleza: Funceme, 108p.
- Pereira, V. L. R.. 2002. **A Limnologia e o gerenciamento integrado do reservatório da Usina Hidrelétrica Luis Eduardo Magalhães - UHE Lajeado Tocantins**. Tesis Doctoral de La Universidade Estadual de São Paulo, CRHEA-EESC-USP, Brasil: 262 p
- Saville, T.. 1954. **The effect of fetch width on wave generation**. *Technical Memorandum No. 70*, U.S. Army, Corps of Engineers, Beach Erosion Board, 9 pp
- Sverdrup, H.U.; Munk, W.H.. 1947. **Wind, sea and swell: Theory of relations for forecasting**. Publication 601, *Hydrographic Office*, U.S. Navy, pp. 50

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

