

# Estudos (Inter) Multidisciplinares nas Ciências Exatas e Tecnologias

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia  
(Organizadores)

# Estudos (Inter) Multidisciplinares nas Ciências Exatas e Tecnologias

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia  
(Organizadores)

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Lorena Prestes  
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. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto 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 Pietrobom – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. 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  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

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

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E82	<p>Estudos (inter) multidisciplinares nas ciências exatas e tecnologias [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta, Ricardo Vinicius Bubna Biscaia. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-798-7 DOI 10.22533/at.ed.987192611</p> <p>1. Ciências exatas – Pesquisa – Brasil. 2. Tecnologia. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Dallamuta, João. III. Biscaia, Ricardo Vinicius Bubna.</p> <p style="text-align: right;">CDD 509</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

Neste livro são apresentados vários trabalhos, alguns com resultados práticos, outros com métodos de desenvolvimento para o ensino de tecnologias, bem como um enfoque em energias renovais.

Um compendio de temas e abordagens que constituem a base de conhecimento de profissionais que buscam estar atualizados e alinhados com as novas tecnologias .

A obra Estudos (Inter) Multidisciplinares nas Ciências Exatas e Tecnologias aborda os mais diversos assuntos sobre a aplicação de métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação ensino aprendizado, sendo por meio de levantamentos teórico-práticos de dados referentes aos cursos ou através de propostas de melhoria nestas relações.

Outro ponto de grande destaque, são as novas ferramentas utilizadas em um compendio relacionado ao ensino-aprendizagem, como ferramentas tecnológicas que facilitem o entendimento e executem um link entre aluno-professor-conteúdo.

Desta forma temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

Ricardo Vinicius Bubna Biscaia

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A TECNOLOGIA E AS MUDANÇAS NO MERCADO DE TRABALHO	
Eduardo Bruno de Almeida Donato Amanda Moura Camilo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9871926111</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>9</b>
CIBERCULTURA: ESPAÇO DE APRENDIZAGEM COLABORATIVA À LUZ DA TEORIA ATOR-REDE	
Diane Schlieck Martha Kaschny Borges	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9871926112</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>22</b>
AUTORREGULAÇÃO DA APRENDIZAGEM: DESAFIOS E PERSPECTIVAS NA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA	
Milena Beatriz Silva Loubach Pollylian Assis Madeira Marcos Antônio Pereira Coelho Lucas Borcard Cancela	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9871926113</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>30</b>
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS METODOLOGIAS DE ENSINO PEER INSTRUCTION E LECTURING	
Felipe Barbosa Araújo Ramos Antonio Alexandre Moura Costa Ademar França de Sousa Neto Luiz Antonio Pereira Silva Dalton Cézane Gomes Valadares Andressa Bezerra Ferreira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9871926114</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>44</b>
SISTEMA DE RECOMENDAÇÃO DE RECURSOS EDUCACIONAIS DIGITAIS, TENDO EM CONTA A DIVERSIDADE DOS ESTUDANTES	
Valentina Tabares Morales Néstor Darío Duque Méndez Yorely Bryjeth Ceballos Marta Rosecler Bez Silvana Vanesa Aciar	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9871926115</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>60</b>
DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E ASTRONOMIA AMADORA NA ERA DA CONVERGÊNCIA DE MÍDIAS DIGITAIS: UMA ABORDAGEM DA EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO	
Victor Alexandre Ferreira Luiz Agner	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9871926116</b>	

<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>74</b>
FÍSICA DA ALFACE: A PROMOÇÃO DA INTERDISCIPLINARIDADE ENTRE FÍSICA, INFORMÁTICA E FRUTICULTURA	
Lázaro Luis de Lima Sousa Sammya Kele Macena de Freitas Subênia Karine de Medeiros Neo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9871926117</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>86</b>
DOMÍNIOS DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA PROMOÇÃO E ATENÇÃO PRIMÁRIA À SAÚDE	
Diego Armando de Oliveira Meneses Adicinéia Aparecida de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9871926118</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>102</b>
RASPERRY PI COMO COMPUTADOR PARA USO ACADÊMICO NO IFRO <i>CAMPUS</i> PORTO VELHO ZONA NORTE	
Jhordano Malacarne Bravim Gabriel Augusto Fernandes Gonçalves Júlio Viana Filho Juliana Braz da Costa Ricardo Lopes Viera César	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9871926119</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>115</b>
A PRIVACIDADE EM UM CENÁRIO <i>PANSENSITÍVEL</i> DE INTERNET DAS COISAS & CIDADES INTELIGENTES	
André Barbosa Ramiro Costa Maria Amália Oliveira de Arruda Câmara	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98719261110</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>129</b>
ROBÔ AUTÔNOMO SEGUIDOR DE LINHA PARA AUXÍLIO RESIDENCIAL	
Gabriel Paiva Magalhães Wesley Miguel Dos Santos Peixoto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98719261111</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>138</b>
ALGORITMOS DE MACHINE LEARNING APLICADOS NA IDENTIFICAÇÃO DE GÊNERO POR MEIO DE FREQUÊNCIA DE VOZ	
Maicon Facco Daíse dos Santos Vargas Marcos Antônio de Azevedo de Campos Cleber Bisognin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98719261112</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>151</b>
O QUE PODEM OS ALGORITMOS?	
Gabrielle Granadeiro da Silveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98719261113</b>	

**CAPÍTULO 14 ..... 163**

RECUPERAÇÃO DO ESTANHO PRESENTE EM PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO (PCI'S)  
VISANDO À PRESERVAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS

Maria do Socorro Bezerra da Silva  
Carlson Pereira Souza  
André Luis Lopes Moriyama  
Raffael Andrade Costa de Melo

**DOI 10.22533/at.ed.98719261114**

**CAPÍTULO 15 ..... 175**

INVESTIGAÇÃO DE MATERIAIS A BASE DE GRAFENO E HIDROTALCITA APLICADOS COMO  
ADSORVENTES PARA REMOÇÃO BIFUNCIONAL DE MICROPOLUENTES EM ÁGUA

Eliane Kujat Fischer  
Cintia Hisano  
Rafael Aparecido Ciola Amoresi  
Maria Aparecida Zaghete Bertochi  
Rony Gonçalves Oliveira  
Alberto Adriano Cavalheiro

**DOI 10.22533/at.ed.98719261115**

**CAPÍTULO 16 ..... 188**

A VOLTA MAIS RÁPIDA PARA OBTER REDUÇÃO DE CUSTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL  
CONSIDERANDO O CICLO DE VIDA DA EDIFICAÇÃO

Ivan Luiz Portugal Basile  
Eduardo Ioshimoto  
André Luiz Gonçalves Scabbia

**DOI 10.22533/at.ed.98719261116**

**CAPÍTULO 17 ..... 204**

DESENVOLVIMENTO E VIDA ÚTIL DE FARINHA A PARTIR DOS RESÍDUOS GERADOS NO  
PROCESSAMENTO DE MÍNIMO DE CENOURA

Rosa Maria de Deus de Sousa  
Celso Luiz Moretti  
Cristina Maria Monteiro Machado  
Leonora Mansur Mattos

**DOI 10.22533/at.ed.98719261117**

**CAPÍTULO 18 ..... 217**

VALIDAÇÃO DA TÉCNICA DE MODELAGEM COMPUTACIONAL PARAMÉTRICA BIDIMENSIONAL  
SOB CAMPO DE VENTO UNIFORME

Marcelo Marques  
Fernando Oliveira de Andrade  
Elaine Patrícia Arantes  
Isabela Arantes Ferreira  
Tobias Bleninger  
Alexandre Kolodynskie Guetter

**DOI 10.22533/at.ed.98719261118**



<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>228</b>
ANÁLISE MULTITEMPORAL DA MALHA VIÁRIA DO ESTADO DA PARAÍBA COM A UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS E PROCEDIMENTOS DA CARTOGRAFIA DIGITAL E DO SENSORIAMENTO REMOTO	
Edmilson Roque da Silva Junior	
Emanoel Ferreira Cardoso	
Gilanildo Freires de Almeida	
Marcelo Laédson Morato Ferreira	
Renan Willer Pinto de Sousa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98719261119</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>238</b>
MAPEAMENTO LITO-ESTRUTURAL DA REGIÃO DE GURJÃO-PB	
Thayná Bel Pereira Guimarães	
Natanael Felipe Lorenzi de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98719261120</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>245</b>
STUDY OF LIGHTNING BIFURCATION AND EFFECT ON RADIATION	
Fernando Júnio de Miranda	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98719261121</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>255</b>
ESTIMATIVAS DO PODER EVAPORANTE DO AR PARA OS MUNICÍPIOS DE NOVO REPARTIMENTO E SANTANA DO ARAGUAIA NO ESTADO DO PARÁ	
Jocilene Teixeira do Nascimento	
Maria do Bom Conselho Lacerda Medeiros	
Valdeides Marques Lima	
Luane Laíse Oliveira Ribeiro	
Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza	
Joaquim Alves de Lima Júnior	
Fabio Peixoto Duarte	
Helane Cristina Aguiar Santos	
Wellington Leal dos Santos	
Bianca Cavalcante da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98719261122</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>266</b>
UTILIZAÇÃO DO MODELO TOPMODEL PARA ANÁLISE TEMPORAL DO SISTEMA CHUVA-VAZÃO NA BACIA DO RIO SÃO MIGUEL	
Ciro Couto Bento	
Cristiano Christofaro Matosinhos	
Welberth Pereira Dias	
Thiago Martins da Costa	
Hernando Baggio	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98719261123</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>279</b>
STRENGTH PREDICTION OF ADHESIVELY-BONDED JOINTS WITH COHESIVE LAWS ESTIMATED BY THE DIRECT METHOD	
Ulisses Tiago Ferreira Carvalho	
Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98719261124</b>	

**CAPÍTULO 25 ..... 292**

PRINCIPAIS MATERIAIS E TÉCNICAS UTILIZADOS NA OXIDAÇÃO DE ÁLCOOL PARA USO EM CÉLULAS A COMBUSTÍVEL: UMA REVISÃO

Isaide de Araujo Rodrigues  
Ziel Dos Santos Cardoso  
Deracilde Santana da Silva Viégas  
Vinicius Tribuzi Rodrigues Pinheiro Gomes

**DOI 10.22533/at.ed.98719261125**

**CAPÍTULO 26 ..... 305**

USO DE LISTAS DINÂMICAS EM APLICATIVO MÓVEL PARA INTERPOLAÇÃO DE DADOS DE TEMPERATURA DO AR, VISANDO O CONFORTO TÉRMICO

Arlson José de Oliveira Júnior  
Silvia Regina Lucas de Souza  
Guilherme dos Santos Sousa  
William Duarte Bailo  
Daniel de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.98719261126**

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 315**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 316**

## VALIDAÇÃO DA TÉCNICA DE MODELAGEM COMPUTACIONAL PARAMÉTRICA BIDIMENSIONAL SOB CAMPO DE VENTO UNIFORME

### **Marcelo Marques**

Universidade Estadual de Maringá, Umuarama-PR, Brasil

### **Fernando Oliveira de Andrade**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba-PR, Brasil

### **Elaine Patrícia Arantes**

Universidade Estadual de Maringá, Umuarama-PR, Brasil

### **Isabela Arantes Ferreira**

Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, Brasil

### **Tobias Bleninger**

Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, Brasil

### **Alexandre Kolodynskie Guetter**

Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, Brasil

**RESUMO:** Pelo presente trabalho é validada uma inovadora técnica de modelagem computacional denominada Modelagem Paramétrica Bidimensional (MPB), aplicada pelo modelo ONDACAD, baseada no conceito geométrico de campo de fetch pela qual um modelo numérico de base física é utilizado para parametrizar uma equação capaz de transformar um campo de fetch em um campo de ondas semelhante ao gerado por um modelo numérico de base física. Essa hipótese

permite a concepção de um modelo híbrido de simulação, de modo a aproveitar o estágio atual de desenvolvimento dos modelos numéricos base física, viabilizando a concepção de um modelo paramétrico de representação bidimensional inovador por permitir resultados rápidos e condicionado por um número reduzido de variáveis, favorecendo a aplicação em sistemas de previsão confiáveis em tempo real. Essa teoria leva à hipótese que norteia este trabalho, a qual considera que a altura da onda pode ser determinada de modo confiável e ágil exclusivamente com base na geometria do reservatório e no campo de vento incidente. A modelagem numérica dos processos físicos constitui-se atualmente na técnica computacional mais avançada na simulação de fenômenos ondas geradas pelo vento em lagos e reservatórios. O modelo computacional SWAN consiste atualmente no mais difundido modelo numérico de processos físicos da atualidade. Deste modo a validação consiste em submeter uma representação do lago Superior, localizado entre o Canadá e os Estados Unidos da América, sob as mesmas condições de vento, demonstrando a estreita semelhança dos resultados. A verificação da validação dessa técnica para o Lago Superior é realizada para campos de ventos uniformes e persistentes de 10, 15 e 20 ms<sup>-1</sup>.

## VALIDATION OF THE BIDIMENSIONAL PARAMETRIC COMPUTER MODELING TECHNIQUE UNDER UNIFORM WIND FIELD

**ABSTRACT:** This work validates an innovative computational modeling technique called Bidimensional Parametric Modeling (MPB), applied by ONDACAD model, based on the geometric concept of fetch field by which a numerical model based on physics is used to parameterize an equation capable of transforming a fetch field in a wave field similar to that generated by a numerical model based on physics. This hypothesis allows the conception of a hybrid simulation model, in order to take advantage of the current stage of development of the physical base numerical models, enabling the conception of an innovative two-dimensional parametric model by allowing fast results and conditioned by a small number of variables. , favoring the application in reliable real-time forecasting systems. This theory leads to the hypothesis that guides this work, which considers that the wave height can be reliably and quickly determined solely based on the reservoir geometry and the incident wind field.

Numerical modeling of physical processes is currently the most advanced computational technique for simulating wind-wave phenomena in lakes and reservoirs. The SWAN computational model currently consists of the most widespread numerical model of physical processes today. Thus, the validation consists in submitting a representation of Lake Superior, located between Canada and the United States of America, under the same wind conditions, demonstrating the close similarity of the results. Validation of this technique for Lake Superior is verified for uniform and persistent wind fields of 10, 15 and 20 ms<sup>-1</sup>.

**KEYWORDS:** ONDACAD, SWAN, vento

### INTRODUÇÃO

A modelagem numérica dos processos físicos constitui-se atualmente na técnica computacional mais confiável de simulação de ondas geradas pelo vento. A técnica simula a transferência de energia na interface da atmosfera com a água e o impacto dos fenômenos dissipativos na amplitude das ondas. No desenvolvimento da modelagem numérica se avançou para a simulação das ondas decorrentes de campos de ventos variáveis no espaço e no tempo, além da inclusão da variabilidade dos campos de pressão e da profundidade. Também houve avanços no desenvolvimento da modelagem das ondas influenciadas pelas marés e pelas forças de Coriolis devido à rotação planetária, e dos mecanismos de interação onda-onda.

Apesar do indiscutível aumento de precisão atingido pelos modelos numéricos de base física, os modelos paramétricos continuam sendo amplamente empregados, principalmente, pela impossibilidade, técnica ou financeira, de utilização de modelos numéricos. Esse fato deve-se a duas características altamente desejáveis em qualquer método de estimativa, presente nos modelos paramétricos: a estruturação por um número reduzido de variáveis e o fornecimento de resultados de forma rápida. Apesar do aumento de robustez que torna os modelos numéricos de base

física mais lentos, requerendo maiores recursos computacionais para assimilação de dados e processamento, a predominância das atenções voltadas ao desenvolvimento desses modelos deve-se, principalmente, à possibilidade de obtenção de resultados bidimensionais confiáveis, automatizados e, dispondo-se de recursos financeiros, em tempo real.

O objetivo é demonstrar que é possível, pela aplicação de uma equação paramétrica adequada, transformar um campo de fetch em um campo de ondas semelhante aos gerados por um modelo numérico de base física, sob campo de vento uniforme. A validação dessa técnica de modelagem, denominada Paramétrica Bidimensional, é realizada pela utilização dos modelos ONDACAD e SWAN. O estudo foi aplicado ao lago Superior, entre o Canadá e os Estados Unidos da América.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Intuitivamente parece razoável afirmar que a geometria de um corpo de água influencia o campo de ondas gerado pela ação do vento. Ao observar as proximidades da margem de um corpo de água sob a ação do vento, visto do alto, percebe-se que a rugosidade que se forma na água pelo contato com o vento tende a acompanhar o formato das margens. Logo, algumas regiões do reservatório estão mais sujeitas à ação do vento e, provavelmente, estão mais sujeitas à ocorrência de ondas de maior amplitude. Em águas continentais é verificada a presença de ondas geradas pelo vento, tanto quanto em áreas oceânicas, porém com uma importante diferença de que em águas continentais verifica-se a interferência da margem, a qual afeta diretamente a transferência de energia do vento, atenuando a altura da onda. A onda recebe energia do vento e, em águas interiores de grandes espelhos de água, a conformação das margens constitui-se no principal atenuador da transferência de energia das ondas. Esta influência é quantificada na determinação do fetch pelo método de Saville (1954), um método de natureza geométrica, tratado adiante.

O fetch representa a superfície da água em contato com o vento. Pelo conceito apresentado por Marques (2005) e aperfeiçoado por Marques et al. (2013) e Marques (2013) passa a ser possível representar o fetch no espaço bidimensional. Deste modo, o método que define um campo de fetch pode, em teoria, ser utilizado para expressar o potencial de transferência de energia pelo vento e, conseqüentemente, permitir a obtenção do campo de ondas.

Pelo conceito de campo de fetch foi possível a concepção da técnica de modelagem denominada Paramétrica Bidimensional, pela qual um modelo numérico de base física é utilizado para parametrizar uma equação permitindo a simulação da altura da onda com resultados semelhantes entre os dois métodos.

Essa hipótese permitiria a concepção de um modelo híbrido de simulação, de modo a aproveitar o estágio atual de desenvolvimento computacional viabilizando a concepção de um modelo paramétrico de representação bidimensional.

O resultado de um modelo numérico de terceira geração constitui-se em elemento indispensável nesse processo de correlação da altura significativa da onda com o comprimento do fetch e a intensidade do vento. Essa teoria leva à hipótese que norteia esse trabalho, a qual considera que a altura da onda pode ser determinada de modo confiável e ágil exclusivamente com base na geometria do reservatório e no campo de vento incidente.

## ÁREA DE ESTUDO

Os Grandes Lagos são compostos por cinco corpos d'água formado pelo lagos Michigan, Huron, Erie, Ontário e Superior, sendo o último objeto desse estudo e destacado na Figura 1.

O lago Superior é o maior dos cinco Grandes Lagos, e o maior lago de água doce do mundo em extensão territorial. Localiza-se entre o Canadá (província de Ontário) e os Estados Unidos da América (estados de Michigan, Minnesota e Wisconsin).



**Figura 1.** - Representação dos Grandes Lagos com destaque para o Lago Superior

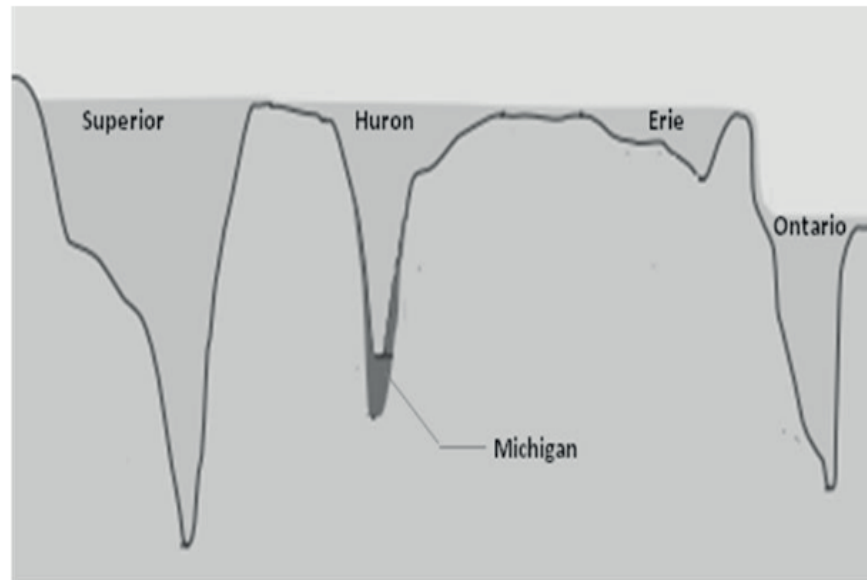
Com uma área de 82414 km<sup>2</sup>, o lago Superior situa-se na área menos densamente habitada dos cinco Grandes Lagos. Cidades importantes no litoral do Lago Superior são Sault Saint Marie e Thunder Bay, em Ontário, Sault Ste. Marie em Michigan, e Duluth, em Minnesota.

## MÉTODO

A representação gráfica do lago Superior foi submetida a simulações pelo modelo ONDACAD (Marques, 2013), permitindo a geração do campo de fetch, e pelo modelo SWAN (Holthuijsen, 2007), viabilizando a geração do campo de ondas.

No processo de simulação, as alturas de ondas foram condicionadas pela longa duração do vento, atingindo-se a condição de campo de ondas limitado pelo fetch. Desse modo a influência da duração do vento foi minimizada.

Por tratar-se de região de águas profundas, conforme Figura 2, prescindiu-se de dados de batimetria no processo de simulação.

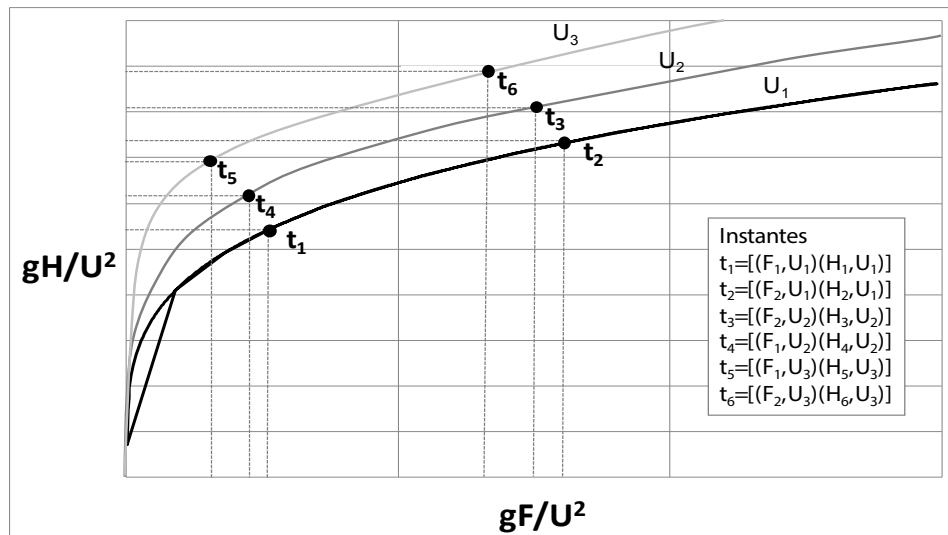


**Figura 2.** - Perfil dos grandes Lagos representando tratar-se de ambientes em águas profundas para a simulação de ondas geradas pelo vento (adaptado de Wilby, 2011)

Para o processo de validação da técnica de modelagem, decidiu-se pela normalização dos campos de onda e fetch, favorecendo comparações visuais. Após o processo de normalização dos dados é traçado um diagrama de fetch adimensional ( $gFU^2$ ) versus altura de onda adimensional ( $gHU^2$ ), conforme Figura 3, de modo que a altura de ondas e o comprimento do fetch são definidos pela seguinte equação:

$$\frac{g\left(\frac{H_s}{H_{m\acute{a}x}}\right)}{U^2} = \alpha \left[ \frac{g\left(\frac{F}{F_{m\acute{a}x}}\right)}{U^2} \right]^\beta \quad [1]$$

sendo  $F_{max}$  o maior comprimento de fetch no mapa e  $H_{max}$  é a maior altura de onda determinada pelo modelo SWAN, ambos referidos à mesma direção.



**Figura 3.** - Diagrama adimensional esquemático construído sob a hipótese de equação paramétrica com coeficientes variáveis com a intensidade do vento

Ao traçar um diagrama de fetch adimensional normalizado pela altura de onda adimensional normalizada, considerou-se a hipótese desenvolvida por Marques et al. (2014), a qual defende que uma equação paramétrica para simulação da altura de ondas deve ter coeficientes variáveis. Condicionando os coeficientes à intensidade do vento, espera-se que seja gerado o agrupamento dos pontos segundo curvas bem definidas, esquematicamente representadas pela Figura 3.

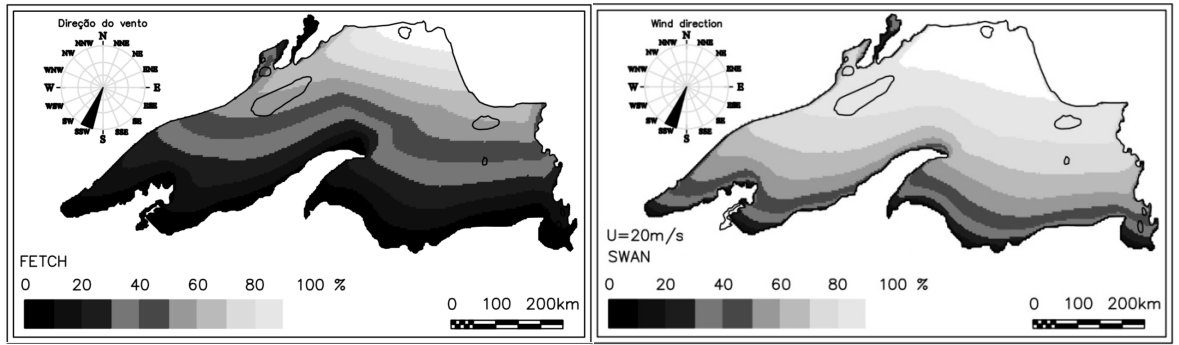
Após determinados os coeficientes, a equação paramétrica obtida é implantada no modelo ONDACAD, a qual permite a transformação do campo de fetch em campo de altura de ondas. A malha numérica dos dois modelos é a mesma, permitindo, portanto, que os quase 15 mil nós coincidam, viabilizando o traçado de um mapa de desvio entre os modelos ONDACAD e SWAN. A relação entre os desvios entre os métodos e a área atingida é feita pela geração de um histograma.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O lago Superior foi modelado com o modelo SWAN para campos de vento uniforme de 10, 15 e 20  $\text{ms}^{-1}$ . A duração do vento foi longa o suficiente para garantir que o campo de ondas fosse limitado pelo fetch.

A comparação preliminar entre um campo normalizado de ondas gerado pelo modelo SWAN e o campo de fetch gerado pelo método de Saville em alta resolução permitiu a obtenção dos mapas mostrados na Figura 4.

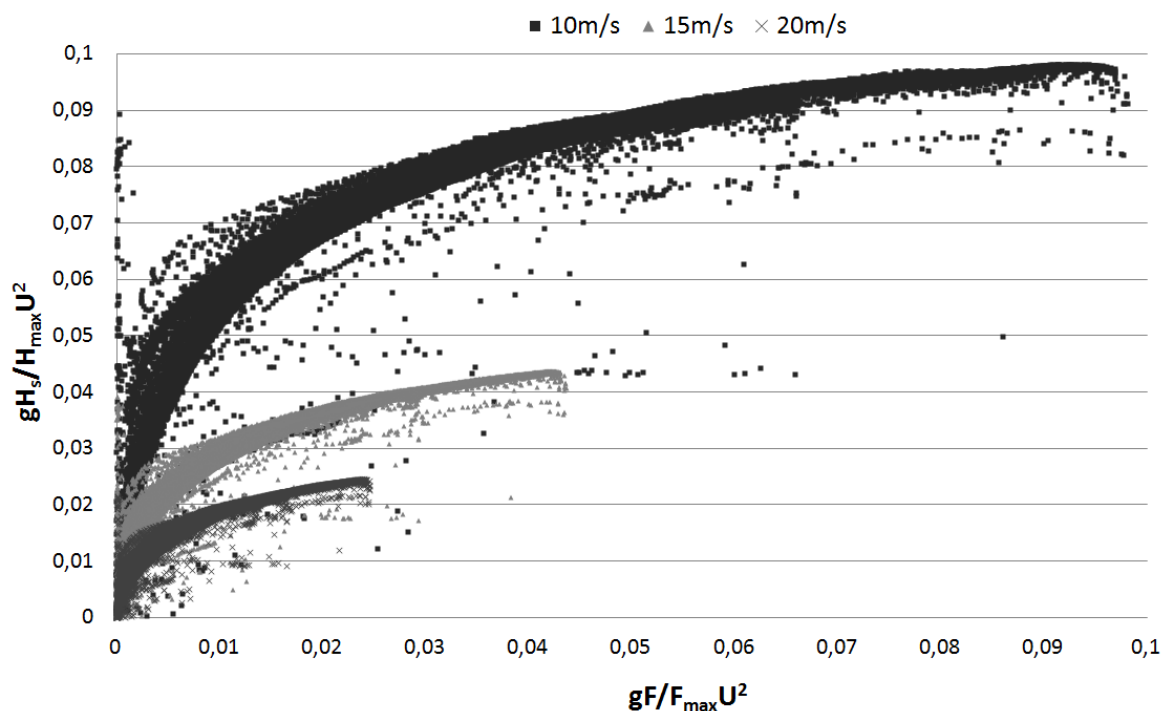




**Figura 4** - Campos normalizados de fetch e de alturas de onda para campo de vento de 20 ms<sup>-1</sup>

Admitindo-se que um campo de ondas seja limitado pelo *fetch*, ao normalizá-lo pela altura máxima da onda é de se esperar que a posição das isolinhas não seja afetada pelas variações na intensidade do vento, já que equações paramétricas desenvolvidas no decorrer dos anos são caracterizadas pela presença de coeficientes constantes. Desse modo, mantida a direção do vento, os mapas de campo de onda normalizados deveriam gerar isolinhas nas mesmas posições para diferentes intensidades de vento. Nessa situação o ajuste a uma curva do tipo potência produziria coeficientes invariáveis com a intensidade do vento.

Ao gerar o diagrama da Figura 5 é revelado um agrupamento de pontos condicionado pela intensidade do vento. Este resultado contundente contradiz a abordagem utilizada historicamente na concepção das equações paramétricas, pela adoção convencional de coeficientes constantes. Isto implica em afirmar que os coeficientes  $\alpha$  e  $\beta$  da equação [3] são funções da intensidade do vento, comprovando a hipótese de Marques et al. (2014).



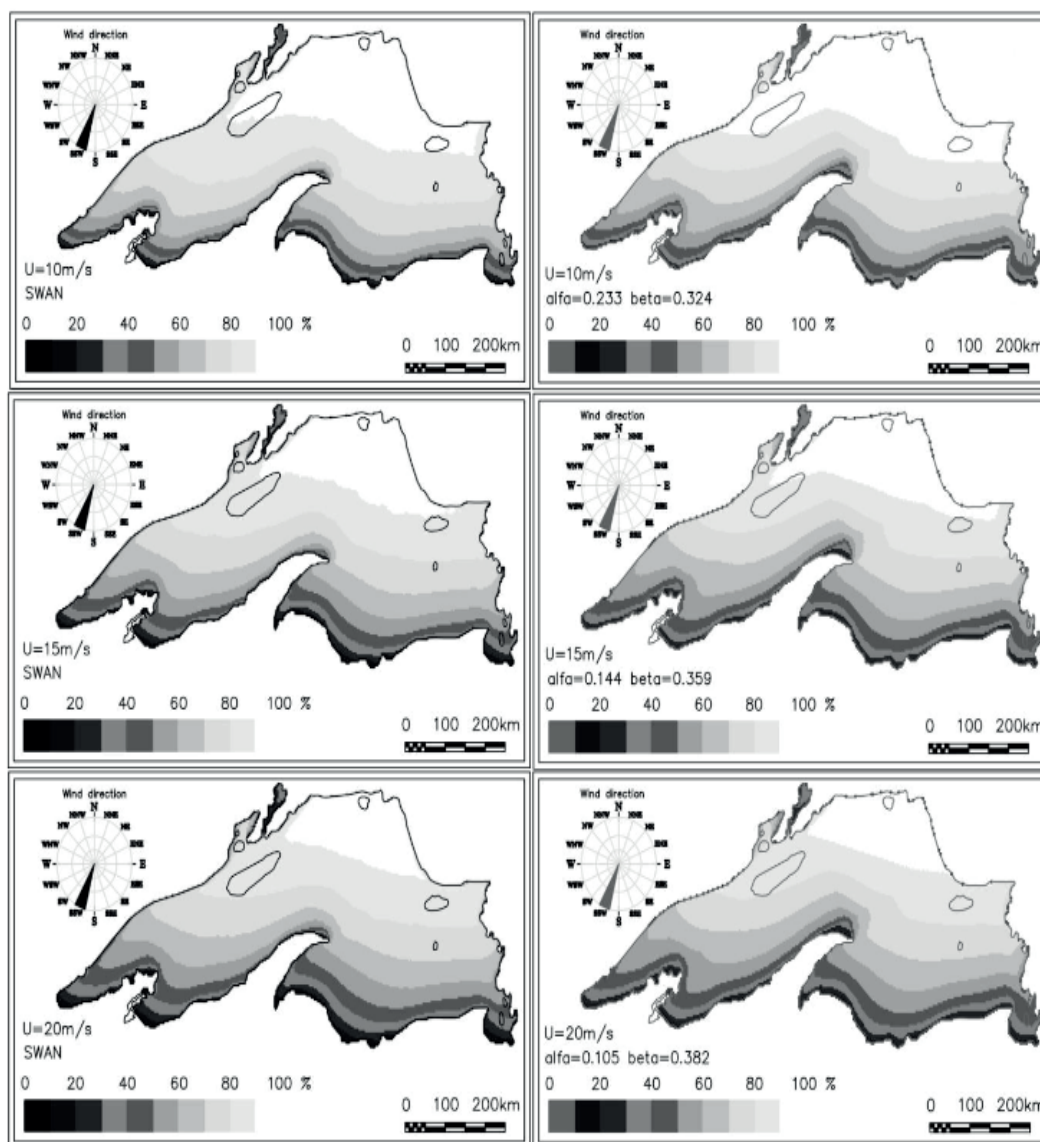
**Figura 5.** - Representação dos pontos relacionados aos mapas normalizados de fetch ondas

Na busca por uma equação que correlacione os campos de onda e de fetch, decidiu-se ajustar a nuvem de pontos a uma curva do tipo potência de modo a obter os coeficientes da equação [1], através da qual foram obtidos os coeficientes mostrados na Tabela 1. Pela referida tabela é possível notar a dependência dos coeficientes à intensidade do vento.

	U(m/s)		
	10	15	20
$\alpha$	0,233	0,144	0,105
$\beta$	0,324	0,359	0,382

**Tabela 1** - Coeficientes da relação entre onda e fetch normalizados

Com base na equação combinada com os coeficientes obtidos, foram gerados mapas normalizados de fetch e altura de ondas, mostrados lado a lado pela Figura 6.



**Figura 6.** - Mapas normalizados de altura de ondas para ventos de 10, 15 e 20 m/s obtidos pelos modelos SWAN (coluna da esquerda), ONDACAD (coluna da direita)

Pela semelhança entre as imagens da esquerda e da direita é possível perceber, em termos qualitativos, a semelhança entre os resultados gerados pelos modelos. Uma análise quantitativa é realizada através da geração de um mapa de desvios, considerando o campo de ondas gerados pelo modelo SWAN como representante da realidade física no espaço bidimensional, conforme Figura 7, os quais indicam que: (1) nos pontos mais a sotavento e, portanto, onde são esperadas as maiores alturas de onda, são verificados erros inferiores a 5%; (2) os erros tendem a ser maiores próximos da margem a barlavento. e (3) erros superiores a 50% foram identificados apenas nas regiões côncavas e convexas, próximas da margem a barlavento.

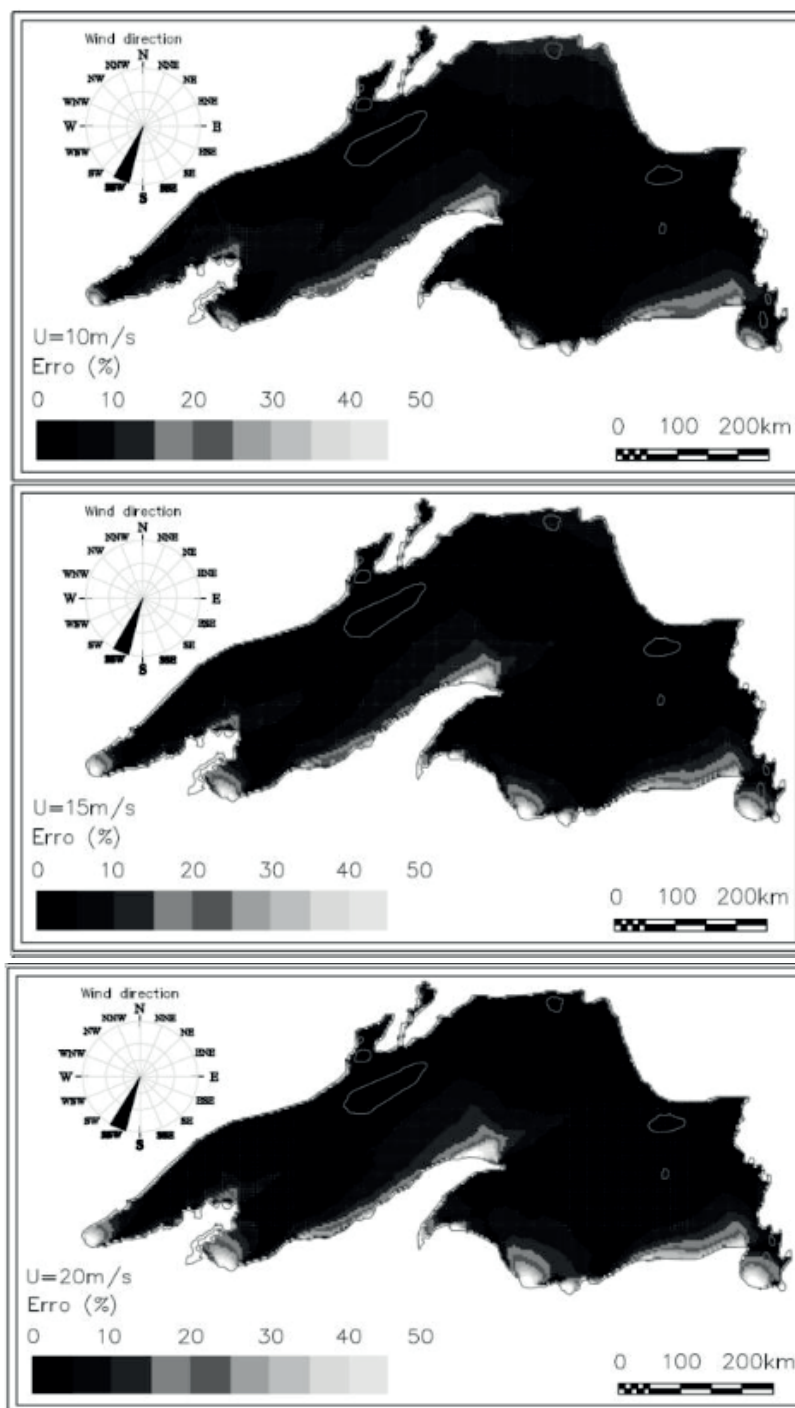
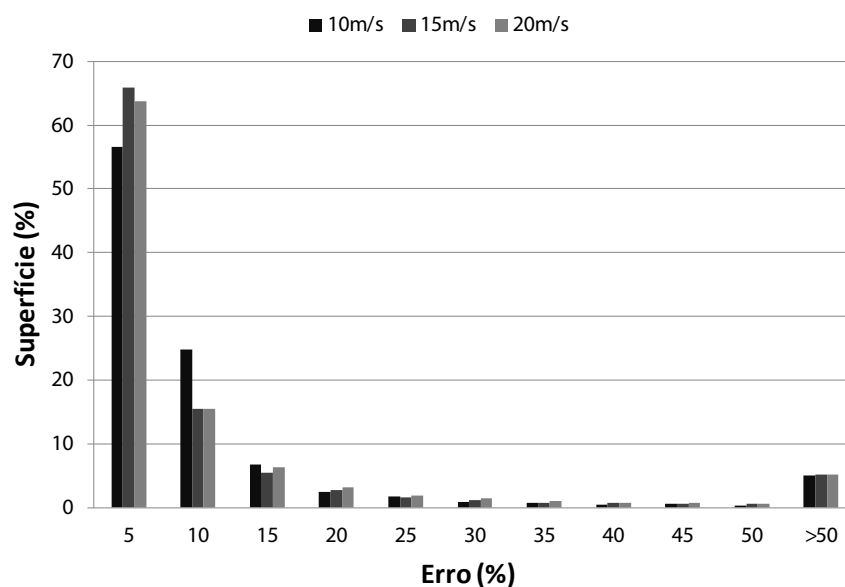


Figura 7. - Mapas de erros relativos para ventos de 10, 15 e 20 ms<sup>-1</sup>

O histograma da Figura 8 mostra a relação entre a fração da superfície e os respectivos erros, indicando que erros inferiores a 10% dominam 80% da superfície total, enquanto erros superiores a 25% ficaram restritos a 1% da superfície.



**Figura 8.** - Histograma dos erros de altura de onda em função da fração da superfície do corpo hídrico

## CONCLUSÕES

A demonstração de que é possível, pela aplicação de uma equação paramétrica, transformar um campo de fetch em um campo de ondas semelhante ao gerado por um modelo numérico de base física, valida a técnica de Modelagem Paramétrica Bidimensional para o lago Superior. Na geração do diagrama adimensional, o agrupamento de pontos condicionado à intensidade do vento contradiz a abordagem utilizada historicamente na concepção das equações paramétricas onde é comum a adoção de coeficientes constantes, contribuindo para explicar a divergência entre os resultados gerados pelas diferentes equações paramétricas desenvolvidas até os dias de hoje. Os resultados indicam que a técnica MPB, condicionada pela menor quantidade de variáveis e caracterizada ainda pelo processamento rápido, possui atributos que a candidatam para aplicações em sistemas de previsão de ondas em tempo real.

## REFERÊNCIAS

**Holthuijsen, L. H.** (2007). SWAN, User manual. Delft, U.S.A. Department of Civil Engineering. Delft University of Technology. 124p.

**Marques, M.** (2005). Sistema automatizado para estimativa de ondas geradas por vento em reservatórios de barragens. Dissertação de mestrado. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.

**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. 219p.

**Marques, M. ; Andrade, F. O. ; Botari, A. ; Guetter, A.** (2014). Proposta de topologia de uma equação paramétrica para modelagem de ondas baseada na equação do balanço de energia. In: XXVI Congreso Latinoamericano de Hidráulica. Santiago, Chile, Agosto/2014.

**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.

**Saville, T.** (1954). The effect of fetch width on wave generation. Journal Technical Memorandum, n. 70, 1954.

**Wilby, R. L.** (2011). Adaptation: Wells of wisdom, Nature Climate Change, 1(6), pp.302-303.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Henrique Ajuz Holzmann:** Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

**João Dallamuta:** Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Engenheiro de Telecomunicações pela UFPR. Especialista em Inteligência de Mercado pela FAE Business School. Mestre em Engenharia pela UEL. Trabalha com os temas: Inteligência de Mercado, Sistemas Eletrônicos e Gestão Institucional.

**Ricardo Vinicius Bubna Biscaia:** Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia de Produção pela UTFPR. Trabalha com os temas: análise microestrutural e de microdureza de ferramentas de usinagem, modelo de referência e processo de desenvolvimento de produto e gestão da manutenção.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Alface 74, 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85

Algoritmos 45, 46, 57, 119, 137, 138, 139, 148, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 306, 311

Aprendizagem colaborativa 9, 12, 13, 14, 15, 18, 20

Arduino 85, 136

Arquitetura de informação 60, 63

Astrofotografia 60, 61, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 72, 73

Ativismo de dados 151, 159

Autorregulação 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29

### B

Benchmark 102, 103, 109, 110

### C

Cibercultura 9, 10, 11, 12, 14, 17, 18, 20

Ciclo de vida da edificação 188, 189, 190, 191, 192, 196, 197, 198, 199, 201

Cidades inteligentes 115, 117, 118, 121, 122, 123, 124, 125

Comparação de metodologias de ensino 30

Comunicação digital 60

Construção civil 188, 189, 196, 201, 202

### D

Dados 2, 6, 7, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 43, 45, 46, 48, 49, 50, 63, 67, 71, 74, 77, 79, 80, 81, 86, 90, 91, 92, 93, 97, 103, 109, 112, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 151, 152, 153, 156, 158, 159, 160, 161, 179, 192, 198, 199, 200, 202, 207, 219, 221, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 236, 239, 241, 244, 255, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 266, 268, 270, 271, 272, 274, 275, 277, 295, 296, 299, 305, 306, 307, 311, 312, 313

Divulgação científica 60, 62, 65, 66, 71, 72

Domínios 18, 86, 93, 94, 95, 98, 118

### E

EaD 22, 23, 24, 25, 27, 28

Eletrodeposição 163, 164, 165, 166, 169

Engenharia do valor 188, 189, 192, 193, 196, 197, 202

Ensino 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 65, 74, 75, 76, 80, 84, 85, 103

Estanho 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 295

## **F**

Física 31, 33, 45, 65, 73, 74, 75, 76, 77, 83, 84, 85, 103, 205, 216, 217, 218, 219, 225, 226, 268, 292

## **G**

Gênero 138, 139, 147, 149

## **I**

IFRO 102, 103, 104, 105, 106, 108, 110, 112, 113

Interdisciplinaridade 24, 65, 74, 75, 84, 85

Internet das coisas 6, 113, 115, 117

## **L**

Lecturing 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43

## **M**

Machine Learning 129, 138, 139, 140, 142, 145, 147, 148, 149, 150, 153

Mudanças 1, 2, 5, 6, 7, 8, 14, 27, 91, 133, 146, 160, 190, 243, 267, 272

## **N**

Necessidades educativas especiais 44

## **O**

OpenCV 129, 130, 133, 137

## **P**

Peer Instruction 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43

Placas de circuito impresso 163, 164, 165, 166, 174

Privacidade 96, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 124, 125, 126, 128, 160

Profissões 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Proteção de dados 115, 117, 120, 121, 122, 124, 125, 126, 160

## **R**

Raspberry Pi 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 131

Recursos educacionais digitais 44, 45, 47, 49, 52, 53

Redução de custo 188, 189, 192, 196, 198, 200, 201, 202

Remoção 96, 163, 165, 166, 168, 169, 170, 171, 173, 175, 177, 182, 184, 185, 191, 205, 309, 310

Repositórios 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 57

Robô autônomo 129, 130, 137

## **S**

Saúde eletrônica 86

Seguidor de linha 129, 130, 131, 137



Sistema de recomendação 44, 52, 53, 54, 56

Sistemas 6, 12, 44, 45, 46, 65, 70, 72, 73, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 95, 98, 100, 103, 107, 109, 130, 139, 149, 152, 154, 155, 157, 165, 190, 193, 217, 226, 230, 236, 277, 302, 314, 315

## T

Tecnologia de Informação e Comunicação 86

Tecnologias digitais 9, 10, 13, 15, 16, 17, 18

Telessaúde 86, 93, 99, 100

Teoria Ator-Rede 9, 10, 11, 20

Teste de Friedman 30

Teste de Wilcoxon 30

## U

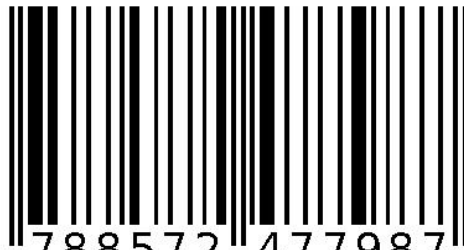
UX 60, 62

## V

Vigilância 115, 118, 120, 153

Voz 4, 129, 138, 139, 149, 160

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-798-7



9 788572 477987