



# Conteúdo conceitual e aspectos práticos da ciência da computação

# 2

**ERNANE ROSA MARTINS**  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021



# Conteúdo conceitual e aspectos práticos da ciência da computação

# 2

**ERNANE ROSA MARTINS**  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

**Editora Chefe**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Capa**

Daphynny Pamplona

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>a</sup> Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
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. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>a</sup> Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

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

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

#### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,  
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miraniide Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

#### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenología & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lúvia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Ernane Rosa Martins

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

C761 Conteúdo conceitual e aspectos práticos da ciência da computação 2 / Organizador Ernane Rosa Martins. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-212-5

<https://doi.org/10.22533/at.ed.125212506>

1. Computação. I. Martins, Ernane Rosa (Organizador).  
II. Título.

CDD 004

**Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166**

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

A Ciência da Computação, tem como foco principal as técnicas, metodologias e instrumentos computacionais, que buscam uma maior automatização dos processos e o desenvolvimento de soluções computacionais. É notório a necessidade atual por profissionais cada vez mais qualificados nesta área, de forma a trazer benefícios significativos para as empresas, tais como: maior inovação, desenvolvimento e eficiência. Desta forma, este livro, possibilita conhecer melhor os principais conceitos desta área, apresentados por meio dos resultados alcançados nos trabalhos que a compõem.

Dentro deste contexto, este livro aborda assuntos importantes, tais como: o desenvolvimento de um protótipo de aplicativo móvel para auxiliar pessoas com depressão ou sintomas depressivos; uma proposta de atrelar o desenvolvimento de jogos com o aperfeiçoamento da lógica-matemática; contextualizar as temáticas relacionadas ao desenvolvimento de um aplicativo mediante os princípios da governança da informação mediante ao uso da análise multicritério; Um aplicativo desenvolvido para uso de profissionais da saúde e idosos que testaram positivo para o Covid-19; proposta do Maxima/wxMaxima, como um substituto emergencial, já que os estudantes ficaram incapazes de realizar simulações e experimentos nos laboratórios com o lockdown; uma análise dos problemas enfrentados por programadores cegos, no ato de programar; Uma análise comparativa de um conjunto de plataformas IoT com arquitetura baseada na nuvem através de um método consistente e bem definido; Uma proposta de aplicação que permite criar e utilizar um dicionário reverso.

Desejamos a cada autor que contribuiu com esta presente obra, os nossos mais sinceros agradecimentos, e aos leitores, desejamos uma excelente leitura, repleta de boas e relevantes reflexões.

Ernane Rosa Martins

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **PROTÓTIPO DE APLICATIVO PARA AUXILIAR PESSOAS COM DEPRESSÃO OU SINTOMAS DEPRESSIVOS**

Samuel Veloso de Amorim

Nemório Rodrigues Alves

Walker Araújo Ataíde

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1252125061>

### **CAPÍTULO 2..... 17**

#### **ENSINO DE LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO ATRAVÉS DO DESENVOLVIMENTO DE JOGOS UTILIZANDO A PLATAFORMA DE PROGRAMAÇÃO *SCRATCH***

Lucas Eduardo Silva de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1252125062>

### **CAPÍTULO 3..... 31**

#### **ASPECTOS CONCEITUAIS DA GOVERNANÇA E DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO MULTICRITÉRIO PARA USO EM COMUNIDADES RURAIS**

Ricardo de Oliveira Brasil Costa

Bernat Viñolas Prat

Rosana Passos Cambraia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1252125063>

### **CAPÍTULO 4..... 46**

#### **APP COVIDOSOS UM APLICATIVO PARA AUXILIAR NO TRATAMENTO DE IDOSOS COM COVID-19**

Cecir Barbosa de Almeida Farias

Alisson Clementino da Silva

Ana Maria Silva Paiva

João Vítor da Silva Alves

Pedro Florêncio Almeida Lima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1252125064>

### **CAPÍTULO 5..... 56**

#### **APLICAÇÃO PRÁTICA DO PROGRAMA Wxmaxima NO ESTUDO DO MODELO *PULSE FORMING NETWORK***

Gilson Maekawa Kanashiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1252125065>

### **CAPÍTULO 6..... 68**

#### **ANÁLISE DOS DESAFIOS PARA PROGRAMAR SEM ENXERGAR: ESTUDO DE CASO NA DISCIPLINA LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO**

Naiara Silva dos Santos

Raul Santos Gonçalves

Francisco Anacreonte Bezerra de Souza Neto

Saullo Cruz Benevides  
Robson Santos Santana

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1252125066>

**CAPÍTULO 7..... 73**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE PLATAFORMAS BASEADAS EM CLOUD PARA O DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÕES IOT**

Lara Carolina Luciana e Oliveira

Flávio de Oliveira Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1252125067>

**CAPÍTULO 8..... 83**

**AN APPLICATION FOR CREATING INVERSE DICTIONARIES SPECIALIZED**

Antonio Sarasa Cabezuelo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1252125068>

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 98**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 99**

## APLICAÇÃO PRÁTICA DO PROGRAMA Wxmaxima NO ESTUDO DO MODELO *PULSE FORMING NETWORK*

Data de aceite: 23/06/2021

Data de submissão: 03/05/2021

**Gilson Maekawa Kanashiro**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Paraná – IFPR  
Paranavaí – PR

**RESUMO:** Para prevenir a disseminação de COVID-19, ficar em casa se tornou um dos melhores conselhos. Com isso, o acesso aos laboratórios institucionais se tornaram restritos ou proibidos. Os estudantes ficaram incapazes de realizar simulações e experimentos nos laboratórios. Em tempos de lockdown, propõe-se o Maxima/wxMaxima, como um substituto emergencial considerando uma utilização individual. Objetivo: instalar e executar Maxima/wxMaxima para avaliar suas ferramentas. Método: experimentação, foi utilizada em uma aplicação prática sobre Rayleigh PFN. Resultados: Maxima/wxMaxima não apenas tem boas ferramentas, mas percebe-se que sua interface permite uma edição livre em qualquer ponto (copiar, colar, reeditar) como folhas de cálculo. Conclusão: trata-se de uma boa opção, considerando o uso individual, mas, a despeito dos excelentes resultados, esse experimento não deve ser comparado com programas comerciais como MathWorks Matlab.

**PALAVRAS-CHAVE:** CAS, álgebra simbólica, sistema de computação algébrica, Rayleigh, PFN.

### A PRACTICAL APPLICATION OF Wxmaxima SOFTWARE ON THE STUDY OF PULSE-FORMING NETWORK MODEL

**ABSTRACT:** In order to prevent the spread of COVID-19, stay home has become one of the best advice. So, the access to the laboratories was restricted or prohibited. Students was unable to operate simulations and experiments on labs. At times of lockdown, we propose Maxima/wxMaxima, as emergency substitute considering individual use. Objective: install and run Maxima/wxMaxima to assess its tools. Method: experimentation, in a practical application about Rayleigh PFN was used. Results: Maxima/wxMaxima not only has good tools, but we realize its interface allows elsewhere free edition (copy, paste, reedition) like spreadsheets. Conclusion: its a good option considering individual use, but despite of excellent results, this experiment must not be compared with commercial softwares like MathWorks Matlab.

**KEYWORDS:** CAS, symbolic algebra, computer algebra system, Rayleigh, PFN.

## 1 | INTRODUÇÃO

Com a suspensão das aulas presenciais no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná (IFPR) (Brasil, 2020; IFPR, 2020a; IFPR, 2020b; IFPR, 2020c), o uso de laboratórios foi restringido e proibido durante a pandemia. Se evitar a aglomeração de pessoas – como em laboratórios – é eficaz na prevenção à contaminação, por outro lado,

trouxe desafios, motivando assim a busca por alternativas para o ensino.

Sabe-se que o uso de Sistemas de Computação Algébrica (SCA) ou *Computer Algebra Systems* (CAS) auxiliam no desenvolvimento cognitivo dos alunos. De fato, os CAS precisam de abordagens muito bem planejadas pelo professor, já que permite desenvolver rapidamente algumas habilidades cognitivas mais avançadas.

Essas evidências no uso de CAS ainda se mostram em trabalhos muito recentes, tais como:

- Investigação das habilidades relacionadas a equações diferenciais, com aumento de autonomia criativa, motivação e um grande diferencial nas habilidades de pesquisa (Eyrikh et al., 2020).
- Vantagens obtidas com a visualização gráfica, em atividades com gráficos, mostrando os passos de algoritmos de programação linear e não-linear (Wojas e Krupa, 2020).
- Progressos no desenvolvimento da visualização espacial, decorrentes de exercícios com rotações no espaço (Karakus e Aydin, 2017).

Entre outros fatores, como será evidenciado na seção 2, a escolha do Maxima (*List of computer algebra systems*, 2020), usando em particular uma de suas interfaces gráficas – o wxMaxima (wxmaxima, 2020), deve-se principalmente à restrição no uso do Matlab (Matlab, 2020) presente nos laboratórios do Campus.

O Maxima é um programa oriundo do Macsyma (*MAC's SYmbolic MANipulator*), criado em 1982, dentro de um projeto de desenvolvimento que durou vários anos no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) (Moses, 2012). A computação simbólica permite a resolução analítica ou literal de expressões matemáticas. Nesse trabalho, o objetivo é detalhar alguns dos principais recursos da dupla Maxima/wxMaxima – que doravante chamaremos somente de wxMaxima.

A seção 2 detalha o processo de escolha que levou ao wxMaxima. A seção 3 traz uma ambientação em que se insere o tema, mostrando a utilidade em um sistema de desinfecção para alimentos termossensíveis. Na seção 4, alguns recursos do programa são aplicados em um modelo conhecido como *Pulse-Forming Network* (PFN). Na seção 5, são elencadas algumas das percepções obtidas com o uso do wxMaxima e, por fim, na seção 6, discutem-se sucintamente algumas observações.

## 2 | SELEÇÃO DE UM SISTEMA DE COMPUTAÇÃO ALGÉBRICA

Genericamente, a seleção de um sistema computacional exige a consideração de fatores característicos daqueles que o utilizarão e farão sua manutenção.

Levou-se em consideração os seguintes critérios:

- Propósito geral – sistema para uso geral, não restrito a um determinado assunto ou área.

- Facilidade de instalação e manutenção – considerando inexistência de apoio de uma seção de Tecnologia da Informação (TI).
- Custo zero – em geral, a fragilidade financeira agravada pela pandemia levou a considerar somente os programas livres.
- Existência de documentação – priorizou-se vasto acervo, disponível de forma on-line e gratuita.
- Suporte – entendido como a existência de recursos audiovisuais ou interativos (fóruns) aos quais se possa recorrer.

Buscou-se uma lista aleatória de CAS (*List of computer algebra systems*, 2020) e, como mostra a Tabela 1, são várias as opções. Apesar de extensa, a lista não se esgota e não tem o intuito de mapear todos os programas existentes.

Axiom	KANT/KASH	MATLAB	SMath Studio
Cadabra	LiveMath	Maxima <sup>1</sup>	SymPy
CoCoA	Macaulay2	MuMATH	TI-Nspire CAS
Derive	Macysma	MuPAD	Wolfram Alpha
Erable (ALGB)	Magma	OpenAxiom	Xcas/Giac
Fermat	Magnus	PARI/GP	Yacas
FORM	Maple	Reduce	Creator
FriCAS	Mathcad	Scilab	-
GAP	Mathematica	SageMath	-
GiNaC	Mathomatic	SINGULAR	-

<sup>1</sup>wxMaxima

Tabela I: Lista dos principais CAS

Os três primeiros critérios serviram como triagem inicial. Eliminaram-se os programas para aplicações específicas, os que não possuem instaladores e os programas pagos. Chegou-se ao rol de programas da Tabela 2. Observa-se ainda que todos possuem *release* em 2020, à exceção de um programa, o que indica ciclo de desenvolvimento lento ou estagnado.

Sistema CAS	Descrição		
	Versão	Licença	SO <sup>a</sup>
Axiom	2020	BSD	multiplataforma
FriCAS	2020	BSD	multiplataforma
OpenAxiom	2013	BSD	multiplataforma
Reduce	2020	BSD	multiplataforma
SageMath	2020	GNU GPL	multiplataforma
SymPy	2020	BSD	multiplataforma
wxMaxima	2020	GNU GPL	multiplataforma
Xcas/Giac	2020	GPL	multiplataforma
Yacas	2020	GNU GPL	multiplataforma

<sup>a</sup>Sistema Operacional.

Tabela II: Tabela comparativa de CAS

As características que se tornaram diferenciais foram a existência de documentação e o suporte. Ambas tem a ver com o usuário. Observa-se que, em termos de recursos audiovisuais na língua portuguesa, o wxMaxima se destaca fortemente. Para a aprendizagem, em um contexto de migração ou de adaptação, considerou-se essa característica imprescindível para sua adoção.

### 3 I SOBRE A DESINFECÇÃO DE ALIMENTOS LÍQUIDOS

O *pulse-forming network* (PFN) é um circuito componente de um sistema gerador de campo elétrico pulsado (CEP). Essa tecnologia emite um campo elétrico suficientemente forte que destrói as estruturas da membrana ou da parede celular dos patógenos, presentes em alimentos líquidos e bebidas.

O diagrama em blocos da Figura 1 mostra um sistema composto pelo transformador, um retificador, o PFN e um *spark gap switch* (SGS), componente este que direciona as descargas elétricas sobre um alvo.

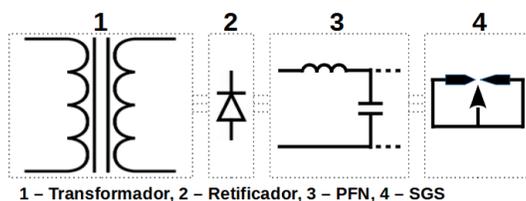


Figura 1: PEF - diagrama de blocos

Essa tecnologia é usada na desinfecção de bebidas (Zhong et al., 2019) contra o *Fusarium oxysporum*. Esse fungo acomete pessoas imunocomprometidas, causando sintomas como febre, dores musculares até lesões na pele; pode ainda levar a problemas respiratórios, cardíacos, hepáticos, renais ou neurológicos (Lockhart e Guarner, 2019).

O esboço de um sistema como o descrito é mostrado na Figura 1 (Zhong et al., 2019). A alimentação do PFN é feita por um transformador e um circuito retificador. O PFN entrega suas descargas elétricas ao alimento através de um SGS. Os campos elétricos pulsados levam vantagem quando os alimentos não podem ser submetidos a tratamentos térmicos ou químicos, que causam degradação nutricional. Usando o sistema proposto, o nível de desinfecção atingiu 99,84%, com uma exposição máxima de 10 segundos e campos elétricos em torno de 5kV/cm.

Feitas essas observações, consideram-se essas noções suficientes para ambientar o propósito geral em que se insere a aplicação prática. A seguir, abordam-se alguns dos recursos do wxMaxima aplicados em um modelo circuital.

## Aplicação dos recursos do wxMaxima

Apesar de inúmeros recursos, o wxMaxima é uma interface bastante enxuta, como mostra a Figura 2. Há uma barra de ferramentas na parte superior, painéis instrumentais nas laterais e uma folha de cálculo ao centro.

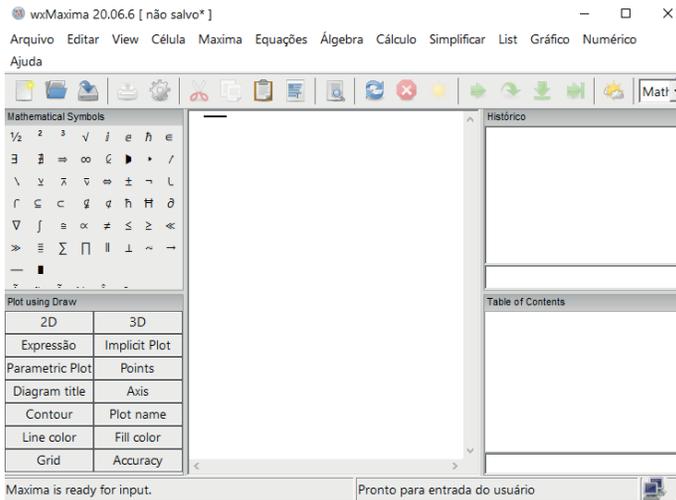


Figura 2: wxMaxima - visão da janela principal

A capacidade de resolução simbólica no wxMaxima pode ser vista em um exemplo simples. Em calculadoras e programas comuns, a expressão  $(3 - 2)/3$  resulta 0.333... No wxMaxima, por exemplo, essa entrada – expressa como (%i1)  $(3-2)/3$  – teria como saída (%o1)  $\frac{1}{3}$ .

O wxMaxima possui recursos que auxiliam na manipulação algébrica ou simbólica, tais como: operações de substituição, expansão racional ou trigonométrica, derivações e integrações.

Como aplicação prática, tem-se um modelo circuitual ressonante com etapas sucessivas de indutores e capacitores, também conhecido como Rayleigh PFN. Há vários tipos de redes geradoras de pulsos como esta e são melhor detalhadas em (Glasoe et al., 1965).

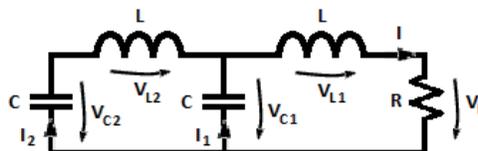


Figura 3: Rayleigh PFN a 2 malhas

Neste artigo, aborda-se apenas o bloco 3 da Figura 1. O modelo (simplificado) será o da Figura 3, com capacitâncias C e indutâncias L, formando as malhas 1 (à direita) e 2 (à esquerda). Considera-se o circuito energizado e a carga R é puramente resistiva. As tensões V e as correntes I são indicadas com índices representando cada malha e cada componente.

$$\left. \begin{array}{l}
 R : \quad V_R = R \cdot (I_1 + I_2) \\
 C_1 : \quad V_{C1} = V_{C1}(0) - \frac{1}{C} \int_{\tau=0}^{\tau=t} I_1(\tau) d\tau \\
 C_2 : \quad V_{C2} = V_{C2}(0) - \frac{1}{C} \int_{\tau=0}^{\tau=t} I_2(\tau) d\tau \\
 \\
 L_1 : \quad V_{L1} = L \frac{d(I_1(t)+I_2(t))}{dt} \\
 L_2 : \quad V_{L2} = L \frac{dI_2}{dt} \\
 \text{Malha1} : \quad V_{C1}(t) = V_R(t) + V_{L1}(t) \\
 \text{Malha2} : \quad V_{C2}(t) = V_{C1}(t) + V_{L2}(t)
 \end{array} \right\} (1)$$

Por simplicidade, desprezam-se indutâncias mútuas entre as bobinas e as capacitâncias e indutâncias se mantêm como estão. A partir da Figura 3 e das leis de Kirchhoff, obtém-se (1). Após algumas manipulações algébricas dessas equações, pode-se chegar à equação diferencial:

$$L^2 C^2 \cdot \frac{d^4 I_2}{dt^4} + RLC^2 \cdot \frac{d^3 I_2}{dt^3} + 3LC \cdot \frac{d^2 I_2}{dt^2} + 2RC \cdot \frac{dI_2}{dt} + I_2 = 0 \quad (2)$$

Para mostrar os recursos do wxMaxima, transpõe-se (1) para o programa. A Figura 4 mostra como ficam essas entradas, na mesma ordem em que apareceram. Definem-se as variáveis com um “:” como sinal de atribuição, como feito nas cinco primeiras expressões da Figura 4.

```

V_R: R*(I_1(t) + I_2(t));
V_C1: V_C10 - (1/C) * integrate(I_1(t), t);
V_C2: V_C20 - (1/C) * integrate(I_2(t), t);
V_L1 : L * diff(I_1(t) + I_2(t), t);
V_L2 : L * diff(I_2(t), t);
V_C1 = V_L1 + V_R;
V_C2 = V_C1 + V_L2;

```

Figura 4: Transcrição de (1) no wxMaxima

Essa Figura 4 foi editada: o wxMaxima mostraria as saídas de cada linha de comando. Para evitá-las, cada linha deveria terminar com “\$”, ao invés de “;”.

Após digitar V\_C1=V\_L1+V\_R; e V\_C2=V\_C1+V\_L2;, teclando SHIFT+ENTER em cada uma, as definições feitas são substituídas nessas duas expressões (Figura 5).

$$V_{C10} - \frac{\int I_1(t)}{C} = L \left( \frac{d}{dt} I_2(t) + \frac{d}{dt} I_1(t) \right) + R (I_2(t) + I_1(t)) \quad (a)$$

$$V_{C20} - \frac{\int I_2(t)}{C} = L \left( \frac{d}{dt} I_2(t) \right) - \frac{\int I_1(t)}{C} + V_{C10} \quad (b)$$

Figura 5: Equações diferenciais obtidas após substituições. Em 5a para a Malha 1 e 5b para a Malha 2.

Seja “%o16” a linha em que está a equação da Figura (5a) e sejam dados os comandos a seguir:

```
expand(C*(rhs(diff(%o16,t))-lhs(diff(%o16,t)))=0);
```

```
collectterms(lhs(%),C,L,R)=0;
```

Observa-se que:

- `diff(%o16,t)` – deriva a saída “%o16” em relação a `t`.
- `rhs()` – *right hand side*, termos à direita da igualdade.
- `lhs()` – *left hand side*, termos à esquerda da igualdade.
- `expand()` – expande, aplicando a propriedade distributiva.
- `collectterms()` – evidencia `C`, `L`, `R` na expressão `lhs(%)`.
- `%` – refere-se ao último resultado computado.

Como resultado dos comandos acima, é exibida a equação da Figura 6.

$$C L \left( \frac{d^2}{dt^2} I_2(t) + \frac{d^2}{dt^2} I_1(t) \right) + C R \left( \frac{d}{dt} I_2(t) + \frac{d}{dt} I_1(t) \right) + I_1(t) = 0$$

Figura 6: Equação 5a rearranjada no wxMaxima

Com o intuito de eliminar os termos em  $I_1$ , usam-se as derivadas explicitadas pelo programa (Figura 5b). Aplicando-se os comandos:

```
expand(C*(rhs(diff(% ,t))-lhs(diff(% ,t))=0))$
produzindo-se o resultado da Figura 7a.
```

$$C L \left( \frac{d^2}{d t^2} I_2 (t) \right) + I_2 (t) - I_1 (t) = 0 \quad (a)$$

$$\%t157 - I_1 (t) = 0 \quad (b)$$

Figura 7: Em 7a, derivada e rearranjo da equação 5b. Em 7b, resultado da função isolate().

Para continuar, será isolado  $I_1$ , o que, no wxMaxima, significa atribuir uma variável temporária a tudo que não interessa, permitindo a manipulação (Figura 7b). Com os comandos:

```
I_1(t) = ev(lhs(%)+I_1(t));
diff(% ,t);
diff(% ,t);
obtém-se  $I_1(t)$  e suas 1ª e 2ª derivadas (Figura 8).
```

$$\frac{d}{d t} I_1 (t) = C L \left( \frac{d^3}{d t^3} I_2 (t) \right) + \frac{d}{d t} I_2 (t)$$

$$\frac{d^2}{d t^2} I_1 (t) = C L \left( \frac{d^4}{d t^4} I_2 (t) \right) + \frac{d^2}{d t^2} I_2 (t)$$

Figura 8: As 1ª e 2ª derivadas de  $I_1(t)$  exibidas no wxMaxima.

Para substituir a expressão de  $I_1(t)$  e suas derivadas, considere que “%o106” seja a linha da equação da Figura 6 e seja dado o comando (de uma única linha) a seguir:

```
%o106,
diff(I_1(t),t,1)=C*L*(diff(I_2(t),t,3))+diff(I_2(t),t,1),
diff(I_1(t),t,2)=C*L*(diff(I_2(t),t,4))+diff(I_2(t),t,2),
I_1(t)=C*L*(diff(I_2(t),t,2))+I_2(t)$.
```

Nas linhas acima, percebe-se que o comando se compõe de 4 expressões separadas por “,”. A primeira delas é “%o106”, a segunda e a terceira são as derivadas 1ª e 2ª de  $I_1(t)$  e a última, o próprio  $I_1(t)$ . Por fim, com um comando `expand(%)`, explicita o resultado (Figura 9) - que é o mesmo em (2).

$$\begin{aligned}
& C^2 L^2 \left( \frac{d^4}{dt^4} I_2(t) \right) + C^2 L R \left( \frac{d^3}{dt^3} I_2(t) \right) \\
& + 3 C L \left( \frac{d^2}{dt^2} I_2(t) \right) + 2 C R \left( \frac{d}{dt} I_2(t) \right) \\
& + I_2(t) = 0
\end{aligned}$$

Figura 9: Equação diferencial de 4ª ordem obtida no wxMaxima para resolver o circuito da Figura 3.

Para obter a solução, sabe-se que:  $C = T/2R$  e  $L = RT/2$  e  $I_2(t) = A \cdot e^{at}$ , onde  $A$  e  $a$  são constantes declaradas com `declare(A,constant)` e `declare(a,constant)`.

Supondo que  $I_2(t) = A \cdot \exp(a \cdot t)$ ; esteja em “%o116”:

`diff(%o116,t,1),diff(%o116,t,2),`

`diff(%o116,t,3),diff(%o116,t,4)`

para se obter as derivadas de  $I_2(t)$ .

Então, substituem-se os valores de  $C$ ,  $L$ ,  $I_2(t)$  e suas derivadas, na equação diferencial (Figura 9), para obter a equação característica:

$$\frac{1}{16} x^4 + \frac{1}{8} x^3 + \frac{3}{4} x^2 + x + 1 = 0 \quad (3)$$

onde  $x = a\tau = a \frac{T}{2}$ .

Com o comando `allroots(%)`, obtêm-se as raízes imaginárias:

$$x_1 = a_1 \tau \approx -0.7902487 \pm j1.013688 \Rightarrow a_1 = \frac{1}{2\tau} \cdot (-0.7902487 \pm 1.013688)$$

$$x_2 = a_2 \tau \approx -0.209753 \pm j3.104984 \Rightarrow a_2 = \frac{1}{2\tau} \cdot (-0.209753 \pm j3.104984)$$

Sabendo-se da existência de complexos, explicitam-se com índices as partes real (R) e imaginária (I) e com “\*” os conjugados:  $a_1 = (1/2\tau) \cdot (a_{1R} + j a_{1I})$ ,  $a_1^* = (1/2\tau) \cdot (a_{1R} - j a_{1I})$ ,  $a_2 = (1/2\tau) \cdot (a_{2R} + j a_{2I})$  e  $a_2^* = (1/2\tau) \cdot (a_{2R} - j a_{2I})$ .

Uma possível solução para a equação diferencial (Figura 9) é dada por:

$$I_2(t) = A_1 e^{a_1 t} + A_2 e^{a_1^* t} + A_3 e^{a_2 t} + A_4 e^{a_2^* t} \quad (5)$$

Substituem-se as raízes  $a_1$  e  $a_2$  em (5), que toma a forma de Euler ( $e^{z/j\theta} = \cos\theta \pm j\sin\theta$ ) (Figura 10), depois do comando `j*imagpart(rhs())+realpart(rhs())`.

O leitor pode perceber um bloco superior e inferior, que são, respectivamente, as partes imaginária e real. Além disso, pode-se ter uma noção do quanto o apoio do programa economizou em esforço.

$$\begin{aligned}
I_2(t) = & j \left( A_3 e^{-\frac{0.1048766177403502 t}{\tau}} \sin\left(\frac{1.55249182006188 t}{\tau}\right) \right. \\
& - A_2 e^{-\frac{0.3951233822596498 t}{\tau}} \sin\left(\frac{0.5068439018059835 t}{\tau}\right) \\
& + A_1 e^{-\frac{0.3951233822596498 t}{\tau}} \sin\left(\frac{0.5068439018059835 t}{\tau}\right) \\
& \left. - \frac{1.55249182006188 A_4 t}{\tau} \right) \\
& + A_3 e^{-\frac{0.1048766177403502 t}{\tau}} \cos\left(\frac{1.55249182006188 t}{\tau}\right) \\
& + A_2 e^{-\frac{0.3951233822596498 t}{\tau}} \cos\left(\frac{0.5068439018059835 t}{\tau}\right) \\
& + A_1 e^{-\frac{0.3951233822596498 t}{\tau}} \cos\left(\frac{0.5068439018059835 t}{\tau}\right) \\
& - \frac{0.1048766177403502 A_4 t}{\tau}
\end{aligned}$$

Figura 10: Solução geral explícita da equação da Figura 9.

As manipulações algébricas continuariam para encontrar  $I_1(t)$  e as soluções particulares, usando as condições de contorno, parâmetros estes inferidos das condições físicas das malhas PFN.

No entanto, finaliza-se essa exposição aqui, pois por questões de espaço e objetividade, considera-se que o escopo e os objetivos do presente trabalho foram atingidos.

## 4 | RESULTADOS

Nas seções anteriores, mostraram-se diversos recursos do programa Maxima e de sua interface wxMaxima.

Sem dúvida, fazer manipulações algébricas é uma importante habilidade para Engenheiros. Mas, mesmo para proficientes, os cálculos demonstrados na seção 4 demandariam horas valiosas.

Verificou-se na seção 2 que o Maxima/wxMaxima é livre e gratuito; permite refazer os cálculos, numérica ou simbolicamente, examinar e conferir resultados.

Como resultado da experimentação (seção 4), podem-se listar algumas das

características mais úteis:

- Recursos para manipular expressões numérica e simbolicamente.
- Interface fluída, que permite rapidez e precisão nos cálculos.
- Folha de cálculo, que permite correção para recalcular.
- Notação simbólica, que facilita uma análise visual.
- Pode servir de apoio didático no ensino da Engenharia.
- Instalação fácil, nos sistemas operacionais Microsoft Windows e Linux.

## 5 | CONCLUSÕES

Os resultados listados ao final da seção 5 demonstram que o Maxima/wxMaxima pode ser uma boa escolha para uso individual, sobretudo se alinhada com critérios elencados na seção 2.

Além disso, o wxMaxima mostra potencial para ser adotado – se já não o foi – nos laboratórios do IFPR, arriscando-se a estender esta percepção para a grande maioria das faculdades e universidades, no que tange ao ensino até o nível de graduação.

Há vários outros recursos que não fizeram parte do escopo do presente trabalho, como teoria dos números ou álgebra tensorial, somente para citar alguns. Mas, os curiosos podem se deleitar com o manual eletrônico do Maxima na web<sup>1</sup>.

É importante ressaltar que, embora tenha sido abordado como substituto, não se deve comparar o wxMaxima a programas comerciais como o Matlab (*The MathWorks, Inc.*). Pode-se perceber rapidamente que muitas das operações não existem ou são menos práticas no Maxima/wxMaxima.

## AGRADECIMENTOS

Aos alunos do IFPR, cujas dúvidas e necessidades ensejaram o presente trabalho.

## REFERÊNCIAS

Brasil, **Lei federal nº 14.040, de 18 de agosto de 2020**. Diário Oficial da União - DOU, Seção 1, Atos do Poder Legislativo, 2020. [Online]. Available: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.040-de-18-de-agosto-de-2020-272981525>.

Eyrikh, N.; Bazhenov, R.; Gorbunova, T.; Markova, N. and Zhunusakunova, A. **The advantages of using computer algebra system maple in learning differential equation**, in 2020 V International Conference on Information Technologies in Engineering Education (Inforino), 2020, pp. 1–5.

Glasoe, G., Lebacqz, J. and MIT **Radiation Laboratory, Pulse Generators**, Edited by G.N. Glasoe [and] J.V. Lebacqz. Office of Scientific Research and Development, National Defense Research Committee. Dover Publications, 1965. [Online]. Available: <https://books.google.com.br/books?id=FfLitAECAAJ>.

<sup>1</sup> <http://maxima.sourceforge.net/documentation.html>

IFPR, **Resolução nº 25, de 30 de julho de 2020**. Boletim de Serviço Eletrônico [do] Sistema Eletrônico de Informações - SEI, 2020a. [Online]. Available: <https://reitoria.ifpr.edu.br/documentos-institucionais-sobre-o-covid-19/>.

\_\_\_\_, **Portaria nº 849, de 25 de setembro de 2020**. Boletim de Serviço Eletrônico [do] Sistema Eletrônico de Informações – SEI, 2020b. [Online]. Available: [https://sei.ifpr.edu.br/sei/publicacoes/controlador\\_publicacoes.php?acao=publicacao\\_visualizar&id\\_documento=950328&id\\_orgao\\_publicacao=0](https://sei.ifpr.edu.br/sei/publicacoes/controlador_publicacoes.php?acao=publicacao_visualizar&id_documento=950328&id_orgao_publicacao=0).

\_\_\_\_, **Resolução nº 29, de 28 de setembro de 2020**. Boletim de Serviço Eletrônico [do] Sistema Eletrônico de Informações – SEI, 2020c. [Online]. Available: <https://reitoria.ifpr.edu.br/wp-content/uploads/2020/09/RDE.pdf>.

Karakus, F. and Aydin, B. **The effects of computer algebra system on undergraduate students' spatial visualization skills in a calculus course**, Malaysian Online Journal of Educational Technology, vol. 5, no. 3, pp. 54–69, 2017. [Online]. Available: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1150411>.

**List of computer algebra systems**, 2020. [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_computer\\_algebra\\_systems](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_computer_algebra_systems).

Lockhart, S. R. and Guarner, J. **Emerging and reemerging fungal infections**, Seminars in Diagnostic Pathology, vol. 36, no. 3, pp. 177 – 181, 2019, emerging infections issue. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0740257019300425>.

**Matlab (R2020b)**, 2020. [Online]. Available: <https://www.mathworks.com/>.

**Maxima (version 5.44.0)**, 2020. [Online]. Available: <http://maxima.sourceforge.net/>.

Moses, J. **Macsyma: A personal history**, Journal of Symbolic Computation, vol. 47, no. 2, pp. 123 – 130, 2012. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0747717110001483>.

Wojas, W. and Krupa, J. **Supporting education in algorithms of computational mathematics by dynamic visualizations using computer algebra system**, in Computational Science – ICCS 2020, V. V. Krzhizhanovskaya, G. Zavodszky, M. H. Lees, J. J. Dongarra, P. M. A. Sloot, S. Brissos, and J. Teixeira, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 634–647.

**wxmaxima (version 20.09.0)**, 2020. [Online]. Available: <https://github.com/wxMaxima-developers/wxmaxima/releases>.

Zhong, C.; Guan, X.; Fan, Z.; Song, W.; Chen, R.; Wang, Y.; Sun, X. and He, S. **Pulsed electric field disinfection treatment of Fusarium oxysporum in nutrient solution**, Water Supply, vol. 19, no. 7, pp. 2116–2122, 06 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.2166/ws.2019.090>.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acessibilidade 13, 68, 69, 71, 72

Álgebra simbólica 56

Análise comparativa 73, 74, 75, 76, 77, 80, 81

Análise multicritério 31, 33, 34, 35, 43, 44

Aplicativo 1, 3, 4, 6, 7, 9, 13, 16, 31, 33, 34, 36, 37, 38, 40, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 83

App inventor 48, 55

### C

Computação em nuvem 73, 74

Covid-19 46, 47, 48, 53, 55, 56, 67

### D

Deficiência visual 13, 68, 70, 71

Depressão 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 16

### E

Educação 3, 17, 18, 19, 20, 27, 28, 29, 30, 31, 42, 45, 56, 69, 72, 98

Ensino 17, 18, 19, 21, 22, 29, 30, 42, 43, 44, 57, 66, 70, 71

### F

Ferramentas 17, 19, 29, 34, 35, 55, 56, 60, 69, 70, 74, 76

### G

Governança 31, 32, 33, 43, 44

### I

Idosos 2, 14, 46, 47, 49, 53, 54

Informação 1, 3, 12, 18, 19, 24, 25, 31, 32, 33, 34, 35, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 58, 98

Informática 1, 19, 21, 29, 31, 33, 36, 42, 43, 98

Internet das coisas 73, 75, 82

### J

Jogos 17, 18, 20, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29

## **L**

Lógica 17, 21, 23, 24, 27, 28, 39, 40

## **M**

Modelo 4, 23, 37, 38, 39, 41, 44, 45, 55, 56, 57, 59, 60, 61

Móveis 1, 3, 7, 8, 12, 13, 29

## **O**

Open-source 75, 80, 81, 97

## **P**

Pesquisa 4, 12, 15, 18, 21, 22, 23, 28, 29, 32, 37, 42, 43, 57, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 81

Plataformas IoT 73, 74, 75, 77, 81

Programação 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 35, 39, 40, 42, 49, 57, 68, 69, 70, 71, 98

Programadores 18, 27, 28, 40, 68, 69, 71

## **S**

Saúde 1, 2, 3, 4, 7, 12, 13, 14, 15, 16, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 52, 53, 55

Scratch 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 28, 29, 30, 70

Sistema 4, 6, 7, 20, 24, 25, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 47, 49, 56, 57, 59, 67, 69, 72

Software 1, 2, 4, 6, 7, 13, 15, 16, 20, 30, 32, 38, 39, 40, 41, 44, 56, 69, 70, 72, 85, 98

## **T**

Tecnologia da informação 31, 32, 58, 98

## **W**

WxMaxima 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67



# Conteúdo conceitual e aspectos práticos da ciência da computação

# 2

**ERNANE ROSA MARTINS**  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021



[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)



[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



[facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# Conteúdo conceitual e aspectos práticos da ciência da computação

# 2

**Atena**  
Editora

Ano 2021