



# Conteúdo Conceitual e Aspectos Práticos da Ciência da Computação

Ernane Rosa Martins  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2020



# Conteúdo Conceitual e Aspectos Práticos da Ciência da Computação

Ernane Rosa Martins  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2020

**Editora Chefe**

Profª Drª 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

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 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.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de 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  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª 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  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele 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  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

## **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
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  
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 Miranilde 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. Adailson 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  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza 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. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliariari – 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. 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  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
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 Alborno – 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/UFPA  
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 Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lívia 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. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
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. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

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

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



## Conteúdo conceitual e aspectos práticos da ciência da computação

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Vanessa Mottin de Oliveira Batista  
**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 / Organizador Ernane Rosa Martins. - Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-601-0

DOI 10.22533/at.ed.010201412

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.

## APRESENTAÇÃO

A Ciência da Computação, traz inúmeros benefícios para a sociedade moderna, tais como: a criação de empregos, o desenvolvimento de novos equipamentos, o ganho de produtividade nas empresas e o acesso à informação. Os estudos realizados nesta área são aplicados em diversas outras áreas do conhecimento, proporcionando a resolução de diferentes problemas da sociedade, trazendo avanços significativos para a vida de inúmeras pessoas, fazendo com que cada vez mais estes profissionais sejam valorizados, requisitados e prestigiados no mercado de trabalho.

As empresas enxergam atualmente a necessidade cada vez maior de profissionais bem qualificados nesta área, a fim de que possam promover cada vez mais inovação, desenvolvimento e eficiência junto as empresas. Os estudos desta área focam no estudo de técnicas, metodologias e instrumentos computacionais, visando principalmente automatizar os processos e desenvolver soluções com o uso de processamento de dados. Desta forma, este livro, vem possibilitar conhecer os elementos principais desta ciência por meio do contato com alguns dos conceitos fundamentais desta área, apresentados por meio dos resultados relevantes alcançados nos trabalhos presentes nesta obra.

Dentro deste contexto, este livro aborda diversos assuntos importantes para os profissionais e estudantes desta área, tais como: a orientação dos alunos na busca e utilização de ferramentas computacionais e tipográficas de qualidade; aplicação de uma heurística baseada em Algoritmos Genéticos; uma análise qualitativa dos principais programas computacionais utilizados em fotogrametria computadorizada; os antipadrões de restrição de autorização em serviços Web orquestrados com BPEL4People; um sistema de atendimento automatizado, que inclui chat, chatbots e gerenciamento de atendentes; o sistema PSI, um prontuário online destinado a psicólogos; a Formação de Grupos de Alto Desempenho (FGAD) em Aprendizagem Colaborativa Baseada em Projetos (CPBL) usando Metodologias ágeis; a integração do método dos elementos finitos (Finite Element Method) - FEM associado a um Algoritmo Genético (GA) combinado com Lógica Nebulosa (Fuzzy) para o desenvolvimento de um filtro óptico destinado a sistemas DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing); o desenvolvimento de ferramenta de código aberto para uso em atividades de eletrônica durante o distanciamento social; um modelo de Algoritmo Genético para otimizar os parâmetros do COCOMO Básico; discussões sobre como e por que estudar automação hoje em dia; um processo de recomendação utilizando análise de sentimento sobre scripts de filmes e agrupando filmes de sentimentos similares; um modelo de previsão, com a utilização das

ferramentas de Redes Neurais Artificiais, para estimar o volume de uma usina hidrelétrica; o desenvolvimento de um Sistema de Informação Geográfica (SIG); um mapeamento sistemático da produção do conhecimento científico e tecnológico; a utilização de um jogo sério que pode auxiliar os profissionais de educação a identificar alunos com maior probabilidade de sofrerem de discalculia; e uma revisão da literatura quanto a utilização de aplicativos em síndromes coronarianas agudas.

Assim, os trabalhos apresentados nesta obra exemplificam a abrangência e importância da área de Ciência da Computação na atualidade, permitindo aos nossos leitores analisar e discutir os resultados encontrados. A cada autor, os mais sinceros agradecimentos, por contribuir com esta importante obra, e aos leitores, desejo uma excelente leitura, repleta de boas e relevantes reflexões.

Ernane Rosa Martins

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

**AJUSTES PARA ESCREVER MONOGRAFIAS DE ACORDO COM A ABNT USANDO O LATEX**

Rafael Santos da Costa  
Lindomar Miranda Ribeiro  
Thiago Rafael da Silva Moura

**DOI 10.22533/at.ed.0102014121**

### **CAPÍTULO 2..... 12**

**ANÁLISE TÉRMICA DO PROCESSO DE SOLDAGEM TIG EM UM DUTO EM OPERAÇÃO ATRAVÉS DO MÉTODO NUMÉRICO DE VOLUMES FINITOS**

Theo Martins de Alencar Paiva  
Jakson Gomes de Oliveira Junior  
Francisco Edson Nogueira Fraga

**DOI 10.22533/at.ed.0102014122**

### **CAPÍTULO 3..... 21**

**APLICAÇÃO DE ALGORITMO GENÉTICO NA OTIMIZAÇÃO DINÂMICA DO ESPAÇO EM VEÍCULO URBANO DE CARGA**

Bruno Siqueira da Silva  
Leandro da Silva Camargo  
Marilton Sanchotene de Aguiar

**DOI 10.22533/at.ed.0102014123**

### **CAPÍTULO 4..... 40**

**AVALIAÇÃO QUALITATIVA DE SOFTWARES UTILIZADOS EM FOTOGRAMETRIA COMPUTADORIZADA**

Rodrigo Luis Ferreira da Silva  
Cassius Cley Dias Xabregas

**DOI 10.22533/at.ed.0102014124**

### **CAPÍTULO 5..... 53**

**BPEL4PEOPLE ANTI-PATTERNS: DISCOVERING AUTHORIZATION CONSTRAINT ANTI-PATTERNS IN WEB SERVICES**

Henrique Jorge Amorim Holanda  
Carla Katarina de Monteiro Marques  
Francisca Aparecida Prado Pinto  
Giovanni Cordeiro Barroso

**DOI 10.22533/at.ed.0102014125**

### **CAPÍTULO 6..... 70**

**CICLOS DE VIDA DE PESQUISA COM BASE NA CIÊNCIA ABERTA**

Larissa Mariany Freiburger Pereira  
Roberto Carlos dos Santos Pacheco

**DOI 10.22533/at.ed.0102014126**

**CAPÍTULO 7..... 80**

**DESENVOLVIMENTO DE ATENDIMENTO AUTOMATIZADO PARA AUXÍLIO NA GESTÃO DE PERMANÊNCIA DOS CURSOS EAD DA UNIUBE**

Mateus de Sousa Valente  
Rayanne Oliveira de Moura  
Maurício de Souza Campos  
José Roberto de Almeida  
André Luis Silva de Paula

**DOI 10.22533/at.ed.0102014127**

**CAPÍTULO 8..... 88**

**DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA PSI: UM PRONTUÁRIO ONLINE PARA PSICÓLOGOS**

Raphael Ramos da Silva  
Júlia de Almeida Ferreira Braga  
Evelyn Mayara Paixao do Nascimento  
Leydson Fernandes da Silva  
Diego Silveira Costa Nascimento

**DOI 10.22533/at.ed.0102014128**

**CAPÍTULO 9..... 97**

**ENTENDENDO E CONCEITUALIZANDO A FORMAÇÃO DE GRUPOS DE ALTO DESEMPENHO NA APRENDIZAGEM COLABORATIVA BASEADA EM PROJETOS E METODOLOGIA ÁGEIS**

Carla Fabiana Gomes de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.0102014129**

**CAPÍTULO 10..... 111**

**FILTROS ÓPTICOS OTIMIZADOS POR ALGORITMOS GENÉTICOS ASSOCIADOS À LÓGICA NEBULOSA**

Wilton Moreira Ferraz Junior  
Carlos Henrique da Silva Santos  
Marcos Sérgio Gonçalves

**DOI 10.22533/at.ed.01020141210**

**CAPÍTULO 11..... 125**

**FROM SYSTEMS ENGINEERING TO SYSTEM DYNAMICS: A PRELIMINARY EXPLORATION OF SYSML USAGE IN SYSTEM DYNAMIC CONTEXT**

Eduardo Ferreira Franco  
Joaquim Rocha dos Santos  
Hamilton Carvalho  
Kechi Hiramã

**DOI 10.22533/at.ed.01020141211**

**CAPÍTULO 12..... 140**

**INTRODUÇÃO DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL NO ENSINO FUNDAMENTAL II COMO FATOR MOTIVACIONAL PARA O INGRESSO NA ÁREA**



## DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

Jhonatas Israel da Costa Laurentino

Tatiane Alves dos Santos

Paulo Henrique de Azevedo Dantas

Flavius da Luz e Gorgônio

Amarildo Jeele Ferreira de Lucena

**DOI 10.22533/at.ed.01020141212**

### **CAPÍTULO 13..... 151**

#### **LABHOME: DESENVOLVIMENTO DE OSCILOSCÓPIO DE CÓDIGO ABERTO COM MÓDULO IOT PARA LABORATÓRIO RESIDENCIAL**

Victor Takashi Hayashi

Fabio Hirotsugu Hayashi

**DOI 10.22533/at.ed.01020141213**

### **CAPÍTULO 14..... 164**

#### **OS IMPACTOS CAUSADOS NAS CRIANÇAS E ADOLESCENTES NA ERA DA INFORMAÇÃO**

Jonatas Bernardes de Oliveira

Lauenia Princia Ferreira da Costa

Lucas Henrique de Castro Oliveira

Rhaellen Lorena de Jesus Gonçalves

José Roberto de Almeida

**DOI 10.22533/at.ed.01020141214**

### **CAPÍTULO 15..... 171**

#### **OTIMIZAÇÃO DO COCOMO BÁSICO UTILIZANDO ALGORITMO GENÉTICO PARA ESTIMATIVA DE ESFORÇO NO DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE**

Arielson Altino de Souza

Marco Antônio Pereira Araújo

Márcia Cristina Valle Zanetti

**DOI 10.22533/at.ed.01020141215**

### **CAPÍTULO 16..... 192**

#### **PORQUE FORMAR ENGENHEIROS OBSOLETOS - UM CASO DE ESTUDO**

Cesar da Costa

**DOI 10.22533/at.ed.01020141216**

### **CAPÍTULO 17..... 197**

#### **PREDIÇÃO PARA RECOMENDAÇÃO DE FILMES COM BASE NO AGRUPAMENTO PELO CONTEÚDO DO SCRIPT**

Henrique Matheus Ferreira da Silva

Rafael Silva Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.01020141217**

### **CAPÍTULO 18..... 206**

#### **PROXMOX: UMA PROPOSTA PARA VIABILIZAÇÃO DE LABORATÓRIO VIRTUAL PARA O CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM REDES DE COMPUTADORES**

NO IFRO *CAMPUS* PORTO VELHO ZONA NORTE

Tiago Ramos Rodrigues

Jhordano Malacarne Bravim

**DOI 10.22533/at.ed.01020141218**

**CAPÍTULO 19..... 221**

REDES NEURAIS ARTIFICIAIS: MODELAGEM COMPUTACIONAL DA PREVISÃO DE VOLUME DE UMA USINA HIDRELÉTRICA

Bárbara Raquel Mendonça Rezende

Eliane da Silva Christo

Fernando Tadeu Pereira de Medeiros

**DOI 10.22533/at.ed.01020141219**

**CAPÍTULO 20..... 233**

SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA MAPEAMENTO DE ESCOLAS: UM EXEMPLO NO LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

Ricardo de Sampaio Dagnino

Eliseu José Weber

Douglas Wesley Pires Sarmiento

Pablo Guilherme Silveira

**DOI 10.22533/at.ed.01020141220**

**CAPÍTULO 21..... 249**

SISTEMAS DE RECOMENDAÇÃO: UMA VISÃO GERAL

Maria Inês Vasconcellos Furtado

José Cláudio Garcia Damaso

Lúcio Pereira de Andrade

**DOI 10.22533/at.ed.01020141221**

**CAPÍTULO 22..... 264**

TECNOLOGIAS ASSISTIVAS DE ORIENTAÇÃO E MOBILIDADE PARA PCDV: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA BRASILEIRA

Sidney José Rodrigues Lima

Leonardo Alves de Sousa

Francisca Cynthia Moreira da Silva

Lucas Ferreira Mendes

**DOI 10.22533/at.ed.01020141222**

**CAPÍTULO 23..... 279**

TECNOLOGIAS DE PONTA: UMA PROSPECÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA NO CONTEXTO DA IMPRESSÃO 4D

Wanderson de Vasconcelos Rodrigues da Silva

Renata Silva-Mann

Mayllon Veras da Silva

Matheus dos Santos Araújo Mendes

Harlykson Soares Magalhães

**DOI 10.22533/at.ed.01020141223**

<b>CAPÍTULO 24.....</b>	<b>291</b>
<b>UMA PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO DE UM JOGO SÉRIO NO AUXÍLIO AO DIAGNÓSTICO DA DISCALCULIA VERBAL E PRACTOGNÓSTICA</b>	
Arthur Costa Gorgônio	
André Felipe Gonçalves Macedo de Medeiros	
Rodrigo Valença Cavalcante Frade	
Karlíane Medeiros Ovidio Vale	
Flavius da Luz e Gorgônio	
<b>DOI 10.22533/at.ed.01020141224</b>	
<b>CAPÍTULO 25.....</b>	<b>297</b>
<b>“UTILIZAÇÃO DE APLICATIVOS (APPS) NO CENÁRIO DE SINDROME CORONARIANAS AGUDAS: UMA REVISÃO DA LITERATURA”</b>	
Mauro Guimarães Albuquerque	
Juan Carlos Montano Pedroso	
José da Conceição Carvalho Júnior	
Matheus Rangel Marques	
Rayane Sales Roza	
Lydia Masako Ferreira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.01020141225</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>306</b>
<b>ÍNDICE REMISSÍVO.....</b>	<b>307</b>

## TECNOLOGIAS DE PONTA: UMA PROSPECÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA NO CONTEXTO DA IMPRESSÃO 4D

*Data de aceite: 01/12/2020*

*Data de submissão: 28/08/2020*

### **Wanderson de Vasconcelos Rodrigues da Silva**

Laboratório de Pesquisas e Estudos em  
Computação – LAPEC/IFPI  
Piripiri – Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/7216097918561707>

### **Renata Silva-Mann**

Departamento de Engenharia Agronômica  
DEA/UFS  
Aracaju – Sergipe  
<http://lattes.cnpq.br/5570543667939997>

### **Mayllon Veras da Silva**

Laboratório de Pesquisas e Estudos em  
Computação – LAPEC/IFPI  
Piripiri – Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/8277460240010997>

### **Matheus dos Santos Araújo Mendes**

Laboratório de Pesquisas e Estudos em  
Computação – LAPEC/IFPI  
Piripiri – Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/0607234143338806>

### **Harlynon Soares Magalhães**

Laboratório de Pesquisas e Estudos em  
Computação – LAPEC/IFPI  
Piripiri – Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/7165359953228135>

**RESUMO:** O processo de impressão 4D é uma tecnologia inovadora que consiste na fabricação

de componentes em três dimensões, utilizando materiais especiais e designs sofisticados que são “programados” para reagir de acordo com determinado estímulo ou gatilho, alterando sua forma de impressão 3D original. Aplicações potenciais incluem comportamento semelhante à robótica sem a dependência de dispositivos eletromecânicos complexos, bem como produtos adaptáveis, roupas ou mecanismos que respondam às demandas dos usuários ou do ambiente. Em virtude do enorme potencial dessa tecnologia, com o presente trabalho teve-se por objetivo realizar um mapeamento sistemático da produção do conhecimento científico e tecnológico no que diz respeito à impressão em quatro dimensões. O mapeamento realizado permitiu uma visão geral do atual estado de desenvolvimento da tecnologia abordada neste estudo. Constatou-se que a impressão 4D é uma tecnologia de ponta que ainda se encontra em fase de pesquisa e desenvolvimento. Sendo assim, os pesquisadores têm um longo caminho a percorrer para tornar essa tecnologia comercialmente viável para as empresas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Projeto 4D; manufatura aditiva; mapeamento sistemático.

### STATE-OF-THE-ART TECHNOLOGY: A SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL PROSPECTION IN THE CONTEXT OF 4D PRINTING

**ABSTRACT:** The 4D printing process is an innovative technology that consists of manufacturing three-dimensional components using special materials and sophisticated designs that are “programmed” to react

according to a given stimulus or trigger by changing their original 3D printing form. Potential applications include robotic-like behavior without reliance on complex electromechanical devices, as well as adaptive products, clothing or mechanisms that respond to user or environmental demands. Due to the enormous potential of this technology, the present work aimed to carry out a systematic mapping of the production of scientific and technological knowledge with respect to printing in four dimensions. The mapping carried out allowed an overview of the current state of development of the technology addressed in this study. It was found that 4D printing is a cutting-edge technology that is still in the research and development phase. Thus, researchers have a long way to go to make this technology commercially viable for companies.

**KEYWORDS:** 4d design; additive manufacturing; systematic mapping.

## 1 | INTRODUÇÃO

O processo de impressão em três dimensões (3D), desde que foi criado, nos anos 80, tem possibilitado a criação de diversos dispositivos extremamente úteis a diversos setores como a indústria da construção civil, engenharia espacial e até o setor médico, com a fabricação de próteses ortopédicas. A impressão 4D (em quatro dimensões) é uma tecnologia revolucionária e inovadora recém criada com base nas tecnologias da impressão 3D, que apresenta um grande potencial tecnológico e diversas aplicações relevantes. Um grupo de pesquisa do Massachusetts Institute of Technology (MIT) foi responsável pela criação e denominação desta tecnologia (TIBBITS, 2013).

O processo de impressão 4D consiste basicamente na confecção de objetos em 3 dimensões, utilizando-se de materiais ativos que reagem a algum estímulo, a exemplo a umidade ou temperatura, transformando assim suas estruturas e modificando seu formato. Neste caso, entende-se a quarta dimensão como o tempo necessário para que o objeto modifique sua estrutura e atinja a forma desejada (GE et al., 2016; PEI, 2014; KHOO et al., 2015).

Dessa forma, compreende-se a impressão 4D como uma clara evolução da estrutura de impressão 3D, no que se refere a propriedades, formato e funcionalidades, o que torna possível a construção de produtos automontantes, multifuncionais e com autorreparo. O processo de impressão 4D depende do tempo de impressão, da velocidade de reação dos materiais utilizados e do design escolhido. Por outro lado, o produto final, após a reação do material e modificação da estrutura, é previsível (MOMENI et al., 2017; CHOI et al., 2015).

Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa foi realizar um mapeamento sistemático da produção do conhecimento científico e tecnológico no contexto da impressão 4D, com base nos documentos de patentes depositados e nos artigos completos publicados nos periódicos, apresentando uma visão geral do atual estado de desenvolvimento científico e tecnológico na área.

## 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com a tecnologia de impressão 4D, sem dúvida, se cria novos campos de aplicação, onde uma estrutura pode ser projetada para que, automaticamente, se monte, se reconfigure estruturalmente e até crie uma nova aplicação, tudo isso utilizando-se de energias livres do ambiente e evitando desperdício de energia elétrica e danos ecológicos. Outras vantagens que também podem ser citadas são a redução do volume de armazenamento, uma vez que o produto poderá assumir uma forma reduzida de início, e posteriormente, assumir seu formato desejado (TIBBITS, 2014).

Na Figura 1 se representa uma simulação de florescimento apresentada por GE et al. (2016) na qual a flor multimaterial foi primeiro programada no estado de botão temporário a 20 °C. As pétalas externas abrem depois de aquecer a 50 °C e, posteriormente, a flor desabrochou a 70 °C.

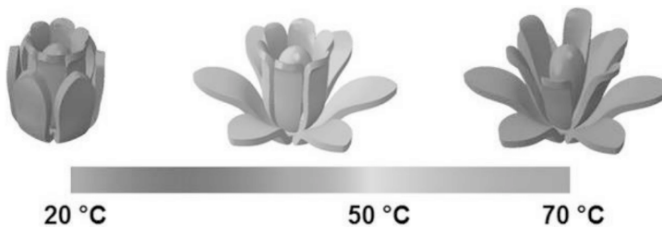


Figura 1 – A recuperação sequencial de uma flor multimaterial.

Fonte: Adaptado de GE et al. (2016)

Para Jacobsen (2016), ao se comparar impressão 3D à impressão 4D, enxergam-se inúmeras vantagens que ampliam ainda mais os setores de aplicação desta tecnologia. De acordo com Gladman (2016), os sistemas 4D, também chamados de sistemas de metamorfose, podem receber aplicações em diversas áreas, tais como engenharia de tecidos, robótica autônoma e dispositivos biomédicos. No geral, a aplicação da tecnologia de impressão 4D divide-se em três principais propriedades: automontagem, multifuncionalidade e autorreparo (MOMENI et al., 2017).

O processo de automontagem pode envolver desde a escala nanoscópica a grandes escalas. O interesse dos pesquisadores se concentra, atualmente, em aplicações de microescala. Tem-se como exemplo a transferência de partes de um equipamento para o interior do organismo humano através de um pequeno orifício. Assim, as partes podem se automontar no local proposto pelos médicos, evitando uma grande cirurgia (WHITESIDES; GRZYBOWSKI, 2002).



Mais uma aplicação futuramente possível com esta tecnologia deverá ocorrer em grande escala e em um ambiente hostil, como o espaço sideral. Dessa maneira, partes pequenas da estrutura podem ser impressas individualmente com impressoras pequenas e depois montadas em estruturas maiores, como antenas espaciais e satélites (TIBBITS et al., 2014).

Estruturas com capacidade de adaptação são outra aplicação importante da impressão 4D. Esse sistema é capaz de integrar a detecção e a atuação diretamente no material utilizado, tornando desnecessária a utilização de sistemas eletromecânicos. Dessa forma, a quantidade de peças em uma estrutura seria reduzida drasticamente, bem como o tempo de montagem, energia gasta, o custo e a quantidade de dispositivos sujeitos a falhas. Na Figura 2 apresenta uma série de fotografias mostrando a transformação de uma estrutura impressa 4D plana para um octaedro preciso (CAMPBELL; TIBBITS; GARRETT, 2014; TIBBITS et al., 2014).

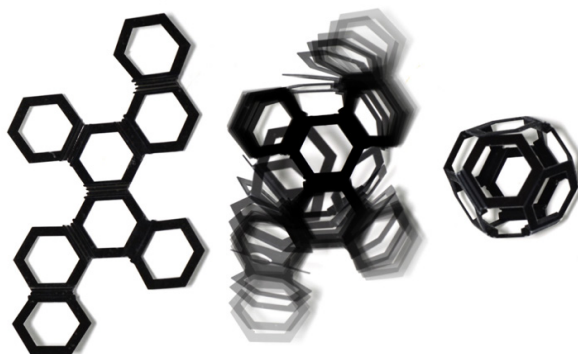


Figura 2 – Transformação de uma estrutura impressa 4D

Fonte: Tibbits et al. (2014)

O conceito de automontagem pode também ser utilizado para a auto-desmontagem. A capacidade de correção e autocorreção de possíveis falhas dos produtos impressos em 4D expõe vantagens grandiosas em relação à reutilização e reciclagem. Possíveis aplicações que podem ser citadas são tubos e hidrogéis de autocura (TAYLOR; PANHUIS, 2016; TIBBITS, 2014).

Tecidos com tecnologia 4D de multifuncionalidade e autoadaptação e dispositivos médicos personalizados impressos em 4D, como stents traqueais e próteses ortopédicas são mais algumas aplicações extraordinárias da impressão 4D (KHADEMHOSEINI; LANGER, 2016; JUNG; BHUIYAN; OGLE, 2016; ZAREK et al., 2017).

### 3 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia utilizada no desenvolvimento da pesquisa envolveu aspectos descritivos e exploratórios. Inicialmente realizou-se uma busca na literatura através de capítulos de livros e artigos publicados em periódicos para contextualização do tema, evidenciando sua relevância e justificativa para o desenvolvimento deste estudo. Realizou-se um mapeamento sistemático da produção científica e tecnológica, uma vez que esse é um método para construir esquemas de classificação e estruturar uma determinada área de interesse, neste caso a impressão 4D.

O mapeamento científico se deu com base nos artigos completos disponíveis na Web of Science, sendo utilizada uma estratégia de busca avançada que combinou por meio de operadores lógicos o termo “*4D Printing*” no título, resumo ou palavras-chave. O mapeamento tecnológico se deu a partir do levantamento de dados dos pedidos de patentes disponíveis no Patentscope, serviço de busca de patentes da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (World Intellectual Property Organization - WIPO) e nesse caso utilizou-se o mesmo termo de busca no título ou resumo da patente. As buscas pelas informações foram executadas em julho de 2019.

Os dados coletados foram submetidos a exames a fim de detectar erros. Em seguida, foram tabulados em planilhas eletrônicas do Microsoft Excel® para poderem ser processados e demonstrados em tabelas e gráficos. A seção seguinte apresenta o mapeamento da área de interesse por meio da análise quantitativa dos artigos e patentes encontrados, atribuindo aos mesmos, significados mais amplos, vinculando-os a outros conhecimentos teóricos já existentes na literatura.

### 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

No mapeamento se identificou um total de 150 artigos completos publicados e 49 processos de depósitos de Patentes de Invenção (PI) ou Modelos de Utilidade (MU). Os artigos foram analisados em relação ao ano de publicação, país, área da pesquisa, instituições e autores. Os documentos de patentes foram analisados em relação ao ano de depósito, país de origem, Classificação Internacional de Patentes (CIP), depositantes e inventores.

O primeiro artigo envolvendo o termo “*4D Printing*” foi publicado por Skylar Tibbits em janeiro de 2014 na revista “*Architectural Design*” e teve como título “*4D Printing: Multi-Material Shape Change*”. Skylar Tibbits é diretor e fundador do laboratório de automontagem do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) e no artigo, o qual foi utilizado para fundamentação teórica desta pesquisa, o mesmo descreve a parceria com a Stratasys Ltd, líder do setor de impressão 4D,

para desenvolvimento da automontagem de materiais programáveis e tecnologias adaptáveis para aplicação industrial (TIBBITS, 2014).

Coincidentemente, o primeiro depósito de patente foi realizado no ano anterior pelo MIT em parceria com a Stratasys Ltd, tendo como título “*Object of additive manufacture with encoded predicted shape change*” e inventores Skylar Tibbits, Daniel Dikovsky e Shai Hirsch. Esse fato demonstra dois aspectos essenciais para o desenvolvimento científico e tecnológico: a preocupação em proteger a invenção por meio do depósito da patente antes da publicação dos resultados das pesquisas e a parceria entre academia e empresa. Existe uma tendência de crescimento no número de artigos e patentes, impulsionado pelo avanço das pesquisas em impressão 4D e suas aplicações promissoras (Figura 3).

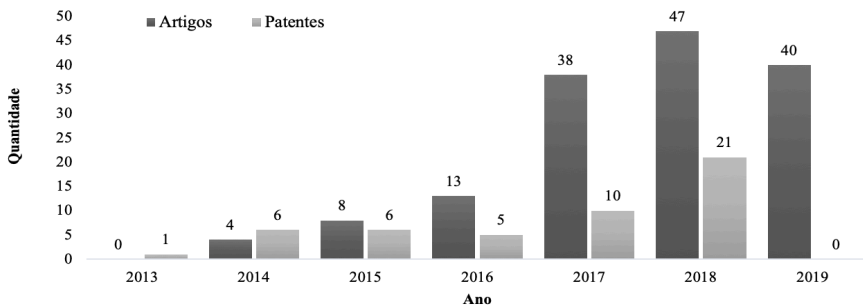


Figura 3 – Evolução anual dos artigos publicados e depósitos de patentes

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Com relação ao país de publicação, observa-se que os Estados Unidos obtiveram o maior número de artigos científicos, tendo totalizado 61 publicações (40,7%), seguidos da China com 36 (24%) e Singapura com 28 (18,7%). Porém, a China lidera na quantidade de depósitos de patentes (65,3%), seguida da Coreia do Sul (18,4%), Estados Unidos (14,3%) e Singapura com apenas uma patente (2%). Com esse comparativo, observa-se que outros países realizam pesquisas na área, mas não desenvolvem a tecnologia ou não a protegem (Figura 4).

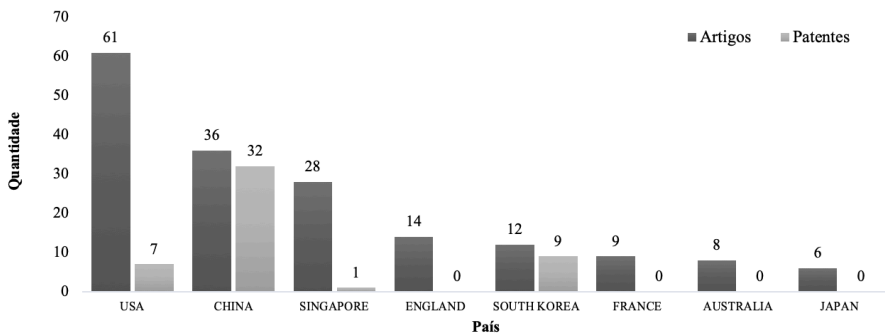


Figura 4 – Distribuição dos artigos publicados e depósitos de patentes por país sobre impressão 4D

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Quanto às áreas dos artigos publicados, verificou-se que os estudos se concentram principalmente em Ciência de Materiais (63,3%), Engenharia (29,3%), Tecnologia da Ciência e Outros Tópicos (24,7%), Instrumentação (10,7%), Ciência de Polímeros (10%), Química (7,3%), Física (6%) e outras áreas com menor participação (Figura 5). Vale destacar que os artigos não se limitam a pertencer a uma única área de pesquisa, podendo atuar em duas ou mais áreas.



Figura 5 – Nuvem de frequência das áreas de pesquisa sobre impressão 4D

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Essas áreas estão associadas diretamente às classificações mais frequentes nas patentes encontradas, uma vez que a maioria dos depósitos se concentra na subseção B33Y que envolve a fabricação de objetos tridimensionais por

fabricação aditiva, deposição, aglomeração aditiva ou camadas aditivas, seguida das subseções B29C e C08L que representam a moldagem ou união de matérias plásticas e compostos macromoleculares, respectivamente (Figura 6).

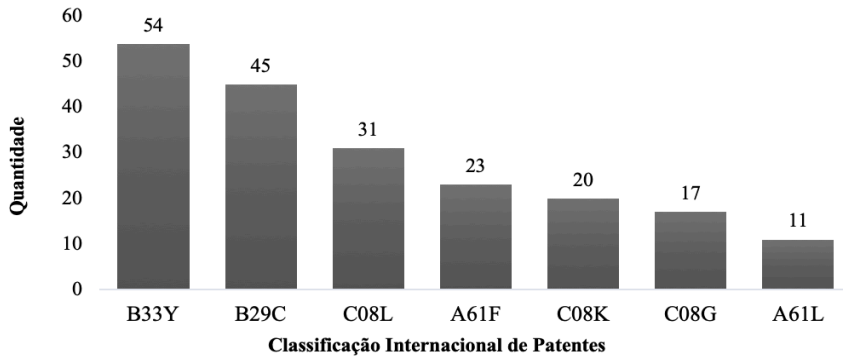


Figura 6 – Distribuição das patentes por CIP para impressão 4D

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Com relação as instituições que atuam na área, constatou-se que, apesar do MIT ser um dos pioneiros, o mesmo apresenta pouca participação nos depósitos de patentes (4,1%) e nos artigos publicados (2,7%). Entre as cinco instituições que mais publicam trabalhos na área estão o Instituto de Tecnologia da Geórgia (EUA), com participação em 12% dos artigos, seguido da Universidade de Tecnologia e Design de Singapura (9,3%), Universidade de Tecnologia de Nanyang (China) (8,7%), Universidade Jiaotong de Xi'an (China) (6,7%) e Instituto de Tecnologia de Harbin (China) (5,3%). Em relação aos depósitos, o Instituto de Tecnologia de Harbin é o maior titular das patentes (18,4%), demonstrando a participação ativa da China nessa tecnologia. Em seguida, o Instituto Gwangju de Ciência e Tecnologia da Coreia do Sul, com 10,2% das patentes, Universidade de Xi'an, Universidade de Harvard e Universidade de Illinois, com 3 patentes cada (6,1%) (Figura 7). Outras universidades, institutos de tecnologia e empresas aparecem entre os depositantes, porém com menor participação.

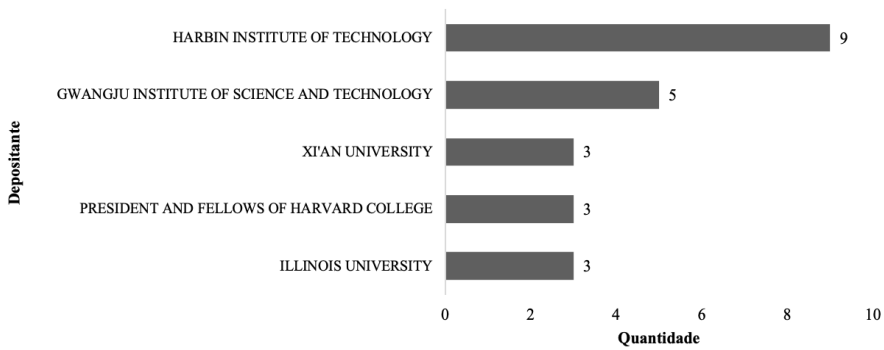


Figura 7 – Distribuição das patentes por depositante sobre impressão 4D

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Os inventores que mais participaram no desenvolvimento da tecnologia foram Yanju Liu, Jingsong Leng e Fenghua Zhang, os quais pertencem ao Instituto de Tecnologia de Harbin. Quanto à autoria/coautoria dos artigos publicados, observou-se que vários pesquisadores, ainda que pertencessem a instituições distintas, realizaram trabalhos em conjunto. Na Figura 8 se apresenta os seis principais pesquisadores que realizam estudos sobre impressão 4D.

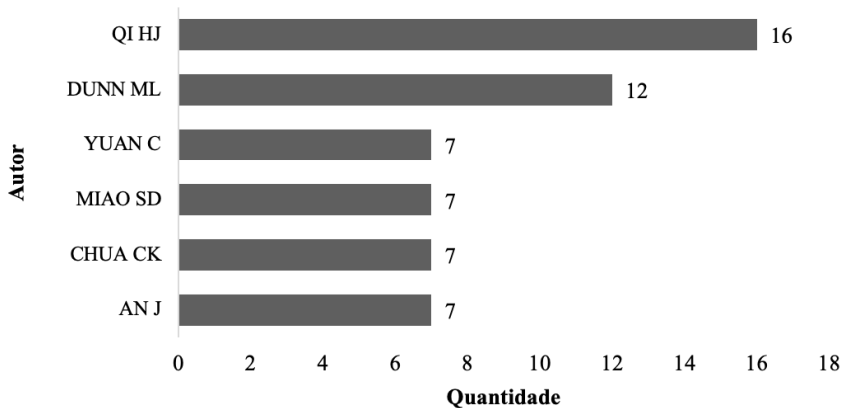


Figura 8 – Distribuição dos artigos publicados por autor sobre impressão 4D

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

H. Jerry Qi, do Instituto de Tecnologia da Geórgia, é o autor/coautor que mais publica na área (10,7% do total de artigos), corroborando com a liderança



da participação do instituto nos estudos sobre impressão 4D. Em seguida, Martin L. Dunn, da Universidade de Tecnologia e Design de Singapura, com 12 artigos (8%). O artigo “*Multimaterial 4D Printing with Tailorable Shape Memory Polymers*” de sua coautoria foi utilizado como uma das referências para fundamentação teórica desta pesquisa. Os demais autores apresentaram menores participações. Ao todo, nesta pesquisa identificou 83 autores/coautores com publicações na área, segundo a metodologia utilizada.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista que o mapeamento da produção do conhecimento científico e tecnológico constitui uma ferramenta essencial para os estudos prospectivos, principalmente no que diz respeito às tecnologias revolucionárias, as informações apresentadas nesta pesquisa permitiram identificar o atual nível de desenvolvimento da tecnologia abordada. Na pesquisa a impressão 4D é uma evolução da impressão 3D, na qual materiais especiais são utilizados para imprimir objetos que mudam sua forma após a produção, a partir de um gatilho que pode ser temperatura, umidade, radiação, correntes de ar e outras formas de energia.

A diferença entre a quantidade de depósitos de patentes e a quantidade de artigos (3 vezes maior) demonstra que a tecnologia de impressão 4D ainda está praticamente em pesquisa e desenvolvimento por universidades e empresas do setor como a Stratasys, fabricante de sistemas de produção 3D. Os produtos e as contribuições da empresa para o setor incluem uma enorme variedade de soluções, muitas das quais são conceitos inovadores de última geração dentro da indústria. No entanto, somente em 2013 iniciaram os primeiros depósitos de patentes e os primeiros trabalhos publicados na área. A partir de 2017, houve um grande crescimento no número de pesquisas e as universidades e institutos de pesquisa têm sido aliados importantes para o desenvolvimento dos estudos sobre a tecnologia de impressão 4D, principalmente na China e Estados Unidos.

A área da Ciência de Materiais tem recebido as maiores contribuições desta tecnologia, uma vez que a mesma visa a construção de modelos a partir do conceito de adição de matéria ou manufatura aditiva, podendo esta ser aplicada futuramente a várias outras áreas, em especial, as ciências médicas e arquitetura. Para tanto, é importante a difusão desse conhecimento para as diversas áreas, as quais a tecnologia tem potencial para ser utilizada. Diversos países foram identificados neste mapeamento no que se refere a publicação de artigos, porém a maioria das pesquisas encontram-se incipientes.

Acredita-se que a cooperação de esforços entre as instituições que mais publicam artigos científicos, como o Instituto de Tecnologia da Geórgia (Estados

Unidos), as instituições que mais depositam patentes, como o Instituto de Tecnologia de Harbin (China) e as empresas que são líderes no setor de produção 3D, como Stratasys e Autodesk, seja um ponto de partida essencial para acelerar o processo de desenvolvimento da tecnologia.

Contudo, espera-se que a impressão 4D leve menos tempo para se tornar comum, tornando sua aplicação viável, diferentemente da impressão 3D, que apesar de ter se popularizado recentemente, surgiu há mais de 30 anos.

## REFERÊNCIAS

CAMPBELL, T. A.; TIBBITS, S.; GARRETT, B. **The Next Wave: 4D Printing - Programming the Material World**. Washington: Atlantic Council, 2014.

CHOI, J. et al. 4D Printing Technology: A Review. **3D Printing and Additive Manufacturing**, v. 2, n. 4, p. 159-167, dez. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1089/3dp.2015.0039>>. Acesso em: 21 jul. 2019.

GE, Q. et al. Multimaterial 4D Printing with Tailorable Shape Memory Polymers. **Scientific Reports**, v. 6, ago. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/srep31110>>. Acesso em: 21 jul. 2019.

GLADMAN, A. S. et al. Biomimetic 4D printing. **Nature materials**, v. 15, p. 413-418, jan. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/nmat4544>>. Acesso em: 22 jul. 2019.

JACOBSEN, M. Clearing the Way for Pivotal 21st-Century Innovation. In: AMBROSE, D; STERNBERG, R. J. (Org.). **Giftedness and Talent in the 21st Century**. Rotterdam: SensePublishers, 2016. cap.10, p. 163-179.

JUNG, J. P.; BHUIYAN, D. B.; OGLE, B. M. Solid organ fabrication: comparison of decellularization to 3D bioprinting. **Biomaterials Research**, v. 20, n. 27, ago. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s40824-016-0074-2>>. Acesso em: 22 jul. 2019.

KHADEMHOSEINI, A.; LANGER, R. A decade of progress in tissue engineering. **Nature Protocols**, v. 11, n. 10, p. 1775-1781, set. 2016. Disponível em: <<http://doi.org/10.1038/nprot.2016.123>>. Acesso em: 23 jul. 2019.

KHOO, Z. X. *et al.* 3D printing of smart materials: A review on recent progresses in 4D printing. **Virtual and Physical Prototyping**, v. 10, n. 3, p. 103-122, out. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/17452759.2015.1097054>>. Acesso em: 22 jul. 2019.

MOMENI, F. et al. A review of 4D printing. **Materials and Design**, v. 122, p. 42-79, mai. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.matdes.2017.02.068>>. Acesso em: 21 jul. 2019.

PEI, E. 4D Printing: dawn of an emerging technology cycle. **Assembly Automation**, v. 34, n. 4, p. 310-314, set. 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/AA-07-2014-062>>. Acesso em: 21 jul. 2019.

TAYLOR, D. L.; PANHUIS, M. Self-Healing Hydrogels. **Advanced Materials**, v. 28, n. 41, p. 9060-9093, nov. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/adma.201601613>>. Acesso em: 25 jul. 2019.

TIBBITS, S. The emergence of “4D printing”. **TED conference**, fev. 2013. Disponível em: <[https://www.ted.com/talks/skylar\\_tibbits\\_the\\_emergence\\_of\\_4d\\_printing](https://www.ted.com/talks/skylar_tibbits_the_emergence_of_4d_printing)>. Acesso em: 21 jul. 2019.

TIBBITS, S. 4D Printing: Multi-Material Shape Change. **Archit Design**, v. 84, n. 1, p. 116-121, jan. 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/ad.1710>>. Acesso em: 23 jul. 2019.

TIBBITS, S. et al. 4D Printing and Universal Transformation. In: **Proceedings of the 34th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture**. Los Angeles: Acadia 2014 Design Agency, 2014. p. 539-548

WHITESIDES, G. M.; GRZYBOWSKI, B. Self-Assembly at All Scales. **Science**, v. 295, n. 5564, p. 2418-2421, mar. 2002. Disponível em: <<http://doi.org/10.1126/science.1070821>>. Acesso em: 21 jul. 2019.

ZAREK, M. et al. 4D Printing of Shape Memory-Based Personalized Endoluminal Medical Devices. **Macromolecular Rapid Communications**, v. 38, n. 2, jan. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/marc.201600628>>. Acesso em: 21 jul. 2019.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Algoritmo genético 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 38, 109, 111, 112, 171, 172, 173, 176, 179, 182, 183, 184, 187, 188, 189

Alto desempenho 12, 97, 98, 99, 102, 106, 107, 221

Análise de sentimento 197, 198, 203

Antipadrões 53

Aplicativos 144, 149, 211, 250, 297, 298, 299, 302, 303, 304

Arduino 140, 141, 144, 148, 151, 152, 153, 155, 156, 157, 158, 159, 163, 271

Atendimento 80, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 298, 301, 302

Automação 74, 192, 193, 194, 232

Automatização 80, 82, 83

Avaliação 25, 28, 29, 30, 33, 40, 41, 42, 46, 47, 48, 51, 52, 72, 77, 100, 108, 146, 156, 158, 175, 178, 214, 215, 249, 253, 256, 260, 269, 271, 272, 273, 274, 276, 301, 302

### C

Chatbot 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86

Ciência 2, 24, 26, 40, 41, 51, 52, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 83, 88, 100, 109, 111, 141, 174, 192, 207, 219, 246, 247, 264, 272, 277, 285, 286, 288, 306

Clusterização 197, 199

Código aberto 29, 72, 151, 152, 153, 156, 207

Computação 2, 21, 24, 26, 29, 38, 39, 83, 98, 99, 141, 142, 143, 144, 146, 149, 150, 174, 175, 193, 197, 223, 234, 236, 245, 272, 277, 279, 304, 306

Controle 3, 53, 88, 89, 90, 91, 93, 95, 96, 115, 116, 152, 168, 192, 194, 207, 226, 232, 266

### D

Deficiência visual 264, 265, 266, 268, 270, 271, 273, 274, 275, 276, 277, 278

Digital 52, 95, 123, 147, 149, 151, 155, 156, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 192, 193, 194, 204, 239, 240, 245, 246, 268, 269, 270, 278

Discalculia 291, 292, 293, 294, 295, 296

### E

Educação 53, 72, 82, 88, 97, 98, 102, 105, 108, 110, 111, 141, 142, 143, 145, 146, 148, 149, 150, 163, 192, 196, 207, 219, 220, 233, 236, 237, 238, 239, 241, 242, 243, 244, 245, 247, 264, 277, 291, 292, 293, 295, 296, 303, 304, 305, 306

Eletrônica 140, 144, 151, 152, 153, 156, 162, 163, 194, 195, 271, 272, 274, 277

Eletrônicos 90, 95, 147, 148, 164, 165, 167, 169, 170, 194, 195

Engenharia de software 53, 91, 98, 99, 171, 172, 173, 189, 277, 306

Ensino 1, 10, 80, 82, 100, 102, 106, 110, 140, 142, 143, 147, 148, 150, 151, 152, 163, 167, 192, 194, 207, 208, 220, 233, 236, 239, 240, 241, 245, 246, 247, 276, 295, 303

Estimativa de esforço 171, 172, 173, 175, 176, 182, 184, 185, 189

## **F**

Filtragem colaborativa 249, 250, 252, 253, 254, 255, 257

Filtro óptico 111, 113, 118, 119, 120, 121, 122

Fotogrametria 40, 41, 42, 43, 44, 47, 48, 49, 51

## **H**

Hardware 28, 151, 152, 153, 163, 193, 195, 206, 207, 208, 209, 211, 213, 214, 215, 216, 217, 219, 236, 271, 272, 273, 294

## **I**

Indústria 4.0 192, 193

Informação 26, 32, 71, 80, 81, 82, 86, 100, 140, 142, 143, 164, 165, 166, 179, 180, 183, 184, 193, 223, 227, 233, 234, 235, 236, 239, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 262, 274, 298, 303, 306

Interface 49, 50, 57, 59, 80, 81, 83, 86, 93, 133, 151, 153, 160, 161, 208, 210, 214, 215, 216, 217, 218, 270, 278, 296, 304

Internet 80, 81, 88, 89, 90, 91, 93, 95, 96, 112, 123, 142, 144, 151, 152, 153, 156, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 192, 193, 233, 234, 242, 243, 244, 249, 250, 272, 305

Internet das coisas 112, 144, 151, 156, 192, 193, 272

## **J**

Jogos sérios 291, 295, 296

## **L**

LaTeX 1, 2, 3, 4, 6, 9, 10, 11

Lógica nebulosa 111, 112, 116

Logística 21, 22, 26, 38, 232

## **M**

Manufatura aditiva 279, 288

Mapa conceitual 97, 98, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108

Mapeamento sistemático 99, 279, 280, 283  
MATLAB 221, 222, 224, 227, 228, 229, 230, 232  
Metodologia ágil 97  
Métricas de avaliação 249, 260  
Mobilidade 24, 88, 245, 264, 265, 266, 267, 268, 270, 271, 273, 275, 276, 277, 302  
Modelagem 12, 15, 16, 116, 118, 125, 221  
Modelo 3, 14, 15, 16, 18, 19, 28, 52, 70, 71, 75, 76, 77, 78, 91, 92, 96, 102, 125, 149, 171, 172, 176, 182, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 221, 223, 224, 227, 255

## O

Organização 80, 81, 83, 86, 88, 89, 95, 97, 100, 101, 144, 153, 265, 283  
Orientação 43, 75, 168, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 273, 274, 275, 276, 277, 278

## P

Pensamento computacional 140, 141, 142, 143, 144, 149  
Programação 1, 10, 17, 27, 28, 93, 96, 142, 143, 144, 146, 148, 149, 195, 207, 268, 306  
Projeto 4D 279  
Prontuários 88, 89, 90, 92, 93, 95, 96

## Q

Qualidade 1, 2, 10, 21, 22, 51, 53, 81, 82, 83, 87, 91, 152, 155, 172, 173, 178, 211, 229, 239, 245, 246, 260, 261, 265, 269, 298

## R

Redes de computadores 206, 207, 208, 209, 212, 213, 218, 220  
Redes neurais artificiais 116, 221, 222, 223, 231, 232

## S

Segurança 91, 95, 164, 168, 170, 189, 193, 208, 223, 226, 276  
Simulação 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 35, 92, 153, 213, 281  
Sistema de informação geográfica 233, 239, 247  
Sistemas baseado em conteúdo 249  
Sistemas de recomendação 197, 203, 249, 250, 252, 254, 255, 257, 260, 261, 262  
Sistemas híbridos 249  
Software 1, 2, 10, 13, 15, 17, 18, 28, 29, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 68, 69, 88, 90, 91, 92, 94, 95, 98, 99, 108, 126, 127, 128, 129, 138, 151,

152, 153, 163, 171, 172, 173, 175, 176, 177, 178, 184, 185, 189, 190, 191, 193, 204, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 213, 214, 218, 221, 222, 227, 228, 229, 230, 236, 262, 267, 271, 272, 273, 277, 294, 295, 306

## **T**

Tecnologia da informação 86, 140, 142, 143, 165, 274, 306

Tecnologias assistivas 264, 265, 266, 268, 270, 275, 277

Transtornos de aprendizagem 291, 292

## **V**

Virtualização 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 214, 220

## **W**

Web 38, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 88, 90, 153, 154, 155, 160, 161, 208, 210, 236, 240, 247, 272, 274, 277, 283

# Conteúdo Conceitual e Aspectos Práticos da Ciência da Computação

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

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

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

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



# Conteúdo Conceitual e Aspectos Práticos da Ciência da Computação

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

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

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

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