



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^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª 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

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 Hirama

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

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

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

Data de aceite: 01/12/2020

Data de submissão: 04/09/2020

Arielson Altino de Souza

IF Sudeste MG

Juiz de Fora – Minas Gerais

<http://lattes.cnpq.br/5583243283729913>

Marco Antônio Pereira Araújo

IF Sudeste MG

Juiz de Fora – Minas Gerais

<http://lattes.cnpq.br/8908009613435024>

Márcia Cristina Valle Zanetti

IF Sudeste MG

Juiz de Fora – Minas Gerais

<http://lattes.cnpq.br/9766013316378260>

RESUMO: O desenvolvimento de software tem aumentado em larga escala e ser capaz de estimar os custos se tornou uma tarefa difícil. Métricas têm sido amplamente utilizadas, bem como propostas para estimar o esforço no desenvolvimento de software. A métrica COCOMO Básico tem sido utilizada como base de pesquisas com o objetivo de otimizar seus parâmetros. Técnicas de inteligência artificial são usadas por autores para buscar melhores estimativas, entre elas o Algoritmo Genético (AG) produz bons resultados apresentados na literatura. Esta pesquisa propõe um modelo de Algoritmo Genético para otimizar os parâmetros do COCOMO Básico. O resultado mostra que o modelo proposto de algoritmo apresenta em termos de *Mean Absolute Error* (MAE) melhoria

de 93,517% comparado ao COCOMO Básico, 41,639% de melhoria comparado a outro modelo de AG proposto em 2006, 2,515% de melhoria comparado ao modelo proposto de *Particle Swarm Optimization* (PSO) e 1,594% de melhoria comparado ao modelo proposto de *Nature-Inspired Algorithm* (NIA).

PALAVRA-CHAVE: engenharia de software, algoritmo genético, COCOMO básico, estimativa de esforço.

OPTIMIZATION OF BASIC COCOMO USING GENETIC ALGORITHM TO ESTIMATE EFFORT IN SOFTWARE DEVELOPMENT

ABSTRACT: Software development has greatly increased and being able to estimate costs has become a difficult task. Metrics have been widely used and proposed to estimate the effort in software development. The Basic COCOMO metric has been used as a research base in order to optimize its parameters. Artificial intelligence techniques are used by authors to seek better estimates, among them the Genetic Algorithm (GA) produces good results presented in the literature. This research proposes a Genetic Algorithm model to optimize Basic COCOMO parameters. The result shows that the proposed algorithm model presents in terms of Mean Absolute Error (MAE) 93.517% improvement compared to Basic COCOMO, 41.639% improvement compared to another proposed GA model, 2.515% improvement compared to Particle Swarm Optimization (PSO) and 1.594% improvement compared to the proposed Nature-Inspired Algorithm (NIA) model.

KEYWORDS: Software engineering, genetic algorithm, basic COCOMO, effort estimation.

1 | INTRODUÇÃO

No início dos anos 2000, mais precisamente no ano de 2001, o manifesto sobre *Search-Based Software Engineering* foi apresentado por Mark Harman e Bryan F. Jones (Harman e Jones 2001). A natureza complexa dos problemas contidos em Engenharia de Software é ideal para utilizar algoritmos de busca. Problema de busca baseado em gerenciamento de projetos de softwares provê trabalhos em muitas áreas de Engenharia de Software como Gerenciamento de Tempo, custo, qualidade, recursos humanos e riscos (Ferrucci et al. 2014). A resolução não computacional de tais problemas não é recomendada, pois as variáveis envolvidas estão interligadas de maneira que uma afeta diretamente ou indiretamente outras.

As questões abordadas pela Engenharia de Software se assemelham a questões de outras engenharias como, por exemplo, o fato de algumas soluções requererem algo próximo do ótimo ou com algum tipo de tolerância. Meta-heurísticas são indicadas para problemas considerados de complexidade alta. Tais algoritmos como *Simulated Annealing*, algoritmos genéticos e busca tabu têm sido usados em vários trabalhos hoje encontrados na literatura. A literatura dispõe de abordagens utilizando o algoritmo genético para área de teste, estimativa de custo, entre outros (Harman e Jones 2001).

O desenvolvimento de software tem aumentado em larga escala e ser capaz de estimar os custos se tornou uma tarefa difícil (Sheta 2006). Modelos para estimativa do esforço no desenvolvimento são amplamente utilizados para otimizar o gerenciamento de recursos durante todo o desenvolvimento de software (Chirra et al. 2019). A importância de estimar o esforço no desenvolvimento de software está ligada ao fato de tornar possível a utilização dos recursos de maneira controlada e auxiliar na gerência dos projetos de software (Chirra et al. 2019, Bozhikova 2014).

Durante as últimas décadas, pesquisas apresentaram modelos algorítmicos com o objetivo de obter acurácia na Estimativa de Esforço de Software (EES) (Dhiman e Diwaker 2013). Os autores das pesquisas abordam a utilização de vários métodos como *Constructive Cost Model* (COCOMO) (Singh e Misra 2012, Sheta 2006), *Software Life Cycle Management* (SLIM), *Function Point* (FP) (Sachan e Kushwaha 2018). O COCOMO Básico é um modelo amplamente conhecido e aceito, porém não provê estimativa realística em problemas relacionados a estimativa de esforço em software complexo da atualidade (Sachan et al. 2016). Em pesquisas anteriores, técnicas que empregam meta-heurísticas como Algoritmo Genético (AG), Rede Neural (RN), Lógica Fuzzy, entre outras, foram utilizadas para proporcionar

boa estimativa na função de otimização dos parâmetros do COCOMO Básico (Sheta 2006, Kaushik 2017). Entre as meta-heurísticas abordadas na literatura, o AG proporciona resultados promissores em relação a obtenção de parâmetros que geram estimativa de esforço próximo ao esforço real, que é o esforço de fato empregado e mensurado após o desenvolvimento, denotado em termos de homem-mês (Sheta 2006, Singh e Misra 2012, Sachan et al. 2016). Esta pesquisa propõe um AG para otimizar os parâmetros A e B do COCOMO Básico. Para averiguar a acurácia por meio da comparação de resultados, é utilizada a base de dados de dezoito projetos da NASA que fornece *Kilo Lines of Code* (KLOC), que se refere a valores denotados em termos de mil linhas de código, e suas respectivas estimativas de esforço mensurado.

2 | REVISÃO SISTEMÁTICA

O escopo da pesquisa foi estabelecido para responder a seguinte pergunta: Um Algoritmo Genético pode apresentar melhores resultados na otimização dos parâmetros do COCOMO Básico em relação a outras técnicas utilizando configurações diferentes dos Algoritmos Genéticos encontradas na revisão bibliográfica efetuada?

2.1 Planejamento

Inicialmente foi selecionada a base de pesquisa do material bibliográfico. A definição de uma boa fonte de pesquisa é essencial para a revisão sistemática da literatura. Por meio da fonte de busca foi avaliado, a partir dos resultados retornados, o norteamento da lógica utilizada para criar a *string* de busca (Nakagawa et al. 2017). A qualidade da *string* de busca também é importante pois é o resumo da pergunta inicial da pesquisa, expressa em palavras chave que visam retornar material bibliográfico capaz de auxiliar o autor a desenvolver o trabalho. Foi selecionado o Google Acadêmico para efetuar as buscas, pois o mesmo detém vasto acervo de material bibliográfico favorecendo a abrangência da pesquisa. A definição do PICOC é imprescindível para estruturar o pensamento científico durante a pesquisa. O Quadro 1 descreve o PICOC.

População	Engenharia de Software, Gestão de Projetos, Estimativa de Esforço
Intervenção	COCOMO Básico
Comparação	Modelos Meta-heurísticos
Resultado	Obter estimativa precisa de esforço no desenvolvimento de software
Contexto	Projetos de Software

Quadro 1. PICOC.

Fonte: Compilação do autor.

Em seqüência, a partir da definição do PICOC, é possível usá-lo para extrair palavras chave que representam o cerne da pesquisa. As palavras chave são estruturadas em uma *string* de busca com o auxílio de operadores lógicos (AND, OR). Essa estrutura tem o objetivo de retornar como resultado um conjunto de artigos que em seu conteúdo possuam as palavras chave ligadas ao tema central. No Quadro 2 é apresentado a base de pesquisa e a *string* de busca.

Base de Pesquisa	<i>String</i> de busca
Google Acadêmico	COCOMO AND ("function point" OR "ponto de função") AND (" Meta-heurística"OR "Metaheuristic"OR "Metaheurística") OR ("heurística"OR "heuristic") AND ("Estimativa de Esforço"OR "Effort Estimation") AND (Optimization OR Otimização)

Quadro 2. Base e *String* de busca.

Fonte: Compilação do autor.

Após a definição da *string* de busca foi necessário estipular os critérios de inclusão e exclusão do material retornado a partir da *string*. Os critérios ajudam o pesquisador a selecionar de maneira mais crítica o material analisado com o objetivo de permanecer dentro do escopo do tema trabalhado.

Os critérios de inclusão definidos para esta pesquisa foram:

- Publicações do tipo artigo ou livro;
- Publicações da área de Ciência da Computação;
- Abordagem do mesmo tipo de problema.

Os critérios de exclusão definidos para esta pesquisa foram:

- Publicações que não são do tipo artigo ou livro;
- Publicações que não são da área de Ciência da Computação;
- Não abordagem do mesmo tipo de problema.

A revisão sistemática da literatura obteve um total de 188 artigos encontrados e analisados. Dos artigos analisados, 21 se mostraram aptos a fazer parte do trabalho proposto. O resumo da revisão sistemática da literatura é apresentado no Quadro 3.

Artigos encontrados	189
Artigos eliminados após a leitura do título	168
Artigos eliminados após a leitura do <i>abstract</i>	4
Artigos selecionados pela metodologia <i>Snowballing</i>	4
Artigo cedido pelo autor Rohit Kumar Sachan	1
Total de artigos selecionados	22

Quadro 3. Resumo da revisão bibliográfica.

Fonte: Compilação do autor.

3 | TRABALHOS RELACIONADOS

A busca pela otimização dos parâmetros do COCOMO Básico tem gerado muitos trabalhos nos últimos anos (Chirra et al. 2019). É importante ressaltar que o emprego de grande esforço em pesquisa reflete a importância que tal tema representa para o projeto e para o desenvolvimento de software. Muitos algoritmos genéticos com técnicas diferentes foram utilizados para superar o problema de acurácia apresentado pelo COCOMO Básico.

Em 2006, Sheta propôs um AG para otimizar os parâmetros do COCOMO Básico que obteve bons resultados para a época (Sheta 2006).

Outros bons resultados apresentados por AG em pesquisas relacionadas ao tema foram documentados nos últimos anos (Sheta 2006, Singh e Misra 2012, Dhiman e Diwaker 2013, Sachan et al. 2016).

Durante o levantamento bibliográfico foi possível observar a relevância dos resultados obtidos por AG em relação a outras técnicas como o *Particle Swarm Optimization* (PSO) (Singh e Misra 2012, Bozhikova e Stoeva 2014, Kaur 2018), cuja técnica é estocástica e inspirada no comportamento social de aves (Sehra et al. 2017, Sachan e Kushwaha 2018). (Sehra et al. 2017) aborda metodologias e técnicas de Computação Evolucionária (CE) para estimativa de esforço de *software*. Em sua pesquisa, Sehra compara o ACO, o BCO e o PSO. As equações de avaliação utilizadas foram *Mean Magnitude of Relative Error* (MMRE) e *Root Mean Square Error* (RMSE). Os resultados mostraram bons resultados utilizando MMRE em relação ao esforço real.

Pesquisas na área de estimativa de esforço exibem uma extensa gama de abordagens aplicadas aos problemas. Entre tais abordagem de pesquisa é possível citar as técnicas *Ant Colony Optimization* (ACO) (Bozhikova e Stoeva 2014, Sehra et al. 2017), *Bee Colony Optimization* (BCO) (Dizaji et al. 2014, Sehra et al. 2017) e *Bat Algorithm* (BA) (Dizaj e Gharehchopogh 2018).

No trabalho apresentado por Sachan e Kushwaha em 2018, os autores comparam os resultados obtidos por dois algoritmos, o AG (Sheta 2006) e o PSO

(Sachan e Kushwaha 2018) com o resultado alcançados pelo COCOMO Básico onde, apesar do AG deter bom resultado, o PSO expressou maior êxito na busca por estimativa de esforço em relação às demais técnicas apresentadas no trabalho (Sachan e Kushwaha 2018).

4 | COCOMO BÁSICO

O COCOMO Básico, é um modelo amplamente aceito para estimativa de esforço no desenvolvimento de software, representado na Equação (1). O modelo foi proposto por Barry W. Boehm em 1981 e foi construído baseando-se em 63 projetos de software (Sachan et al. 2016). O modelo utiliza o KLOC para fazer uma relação entre o número de linha e o esforço empregado para desenvolver tais linhas.

$$E = A * (KLOC)^B \quad (1)$$

O esforço estimado pelo modelo é dado em homem/mês. O COCOMO Básico possui três variantes, são elas: Orgânica; Semi-Destacada e Embarcada (Nandal e Sangwan 2016). No Quadro 4, é possível visualizar cada uma das variantes do COCOMO Básico assim como suas variáveis A e B com os respectivos valores propostos por Barry W. Boehm (Sachan et al. 2016).

Nome do Modelo	Tamanho do Projeto	Esforço
Modelo Orgânico	Menos que 50 KLOC	$E = 2.4 * (KLOC)^{1.05}$
Modelo Semi-Destacado	50-300 KLOC	$E = 3.0 * (KLOC)^{1.20}$
Modelo Embarcado	Acima de 300 KLOC	$E = 3.6 * (KLOC)^{1.12}$

Quadro 4. Modelo do COCOMO básico.

Fonte: Sachan et al. 2016 – traduzido pelo autor.

5 | ALGORITMO GENÉTICO

Algoritmo Genético é um algoritmo de busca evolucionária que pertence ao grupo de algoritmos inspirados na natureza. De acordo com (Chalotra et al. 2015) foi proposto por John Holland que abstraiu os conceitos da evolução das espécies (Chalotra et al. 2015, Sachan et al. 2016).

Essa Meta-Heurística utiliza procedimentos iterativos para criar “populações” formados por “indivíduos”. Os “indivíduos” são avaliados por uma função chamada “fitness” e, a partir de então, inicia-se a seleção dos melhores avaliados para que

esses possam ir para o próximo passo, o “*crossover*”, onde ocorre o cruzamento dos mais aptos gerando “filhotes” para a próxima “geração”. Os “filhotes” têm uma probabilidade de ter “mutação”, alteração na estrutura genética (Sheta 2006, Michalewicz 2013, Chalotra et al. 2015).

6 | BASE DE DADOS

Para calcular os esforços estimados por meio do KLOC foi utilizada a base de dados de projetos de software da NASA (Bailey e Basili 1981). Esta base, apresentada na Tabela 1, é amplamente utilizada em trabalhos anteriores (Sheta 2006, Maleki et al. 2014, Chalotra et al. 2015, Sachan et al. 2016) como a fonte dos dados utilizados para estimativas. A base foi proposta a partir de um estudo publicado em 1981 por J. W. Bailey (Bailey e Basili 1981) e contém o número de cada projeto, no total de 18 projetos, o KLOC, citado anteriormente.

Nº do Projeto	KLOC	Esforço Real
1	90.2000	115.8000
2	46.2000	96.0000
3	46.5000	79.0000
4	54.5000	90.8000
5	31.1000	39.6000
6	67.5000	98.4000
7	12.8000	18.9000
8	10.5000	10.3000
9	21.5000	28.5000
10	3.1000	7.0000
11	4.2000	9.0000
12	7.8000	7.3000
13	2.1000	5.0000
14	5.0000	8.4000
15	78.6000	98.7000
16	9.7000	15.6000
17	12.5000	23.9000
18	100.8000	138.3000

Tabela 1. Base de dados de Projetos de *Software* da NASA.

Fonte: Sachan et al. 2016

7 | FUNÇÃO FITNESS

A função usada para qualificar cada cromossomo, chamada de *fitness* (Harman e Jones 2001), possibilita diferenciar e escolher os mais aptos para que possam participar do processo de cruzamento durante a execução do AG.

Por envolver muitas tentativas, os algoritmos utilizados em problemas de busca podem ser lentos. Neste trabalho, foram utilizados os parâmetros do COCOMO Básico com o intuito de otimizá-los. O COCOMO Básico possui dois parâmetros: A e B. Apesar do universo de soluções se tornar grande pelo fato dos valores das variáveis A e B, quando relacionados na equação, proporcionar demasiadas soluções possíveis, esse fato não implicou em menor eficiência. O algoritmo é capaz de obter boas soluções em alguns segundos (Harman e Jones 2001).

A função de aptidão utilizada foi a *Mean Absolute Error* (MAE) mostrada na Fórmula 2. MAE é a média do somatório das diferenças entre o esforço e esforço estimado de cada projeto. A função MAE será utilizada como o parâmetro de avaliação de qualidade do indivíduo, chamado de *fitness*, para otimizar os parâmetros do COCOMO Básico a fim de estimar o esforço de software com maior eficiência. A função será calculada a partir do conjunto de esforços mensurados da base de dados de 18 projetos da NASA (Bailey e Basili 1981) com os respectivos KLOC's e esforços reais (Sachan et al. 2016).

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |EsforçoReal_i - EsforçoEstimado_i| \quad (2)$$

8 | TRABALHO PROPOSTO

O AG proposto tem o objetivo de otimizar os parâmetros A e B do COCOMO Básico. Existem muitas maneiras de implementar as configurações do AG (Sheta 2006, Maleki et al. 2014, Chalotra et al. 2015, Sachan e Kushwaha 2018). A configuração utilizada no AG proposto é demonstrada no Quadro 5.

Mecanismo de Seleção	Seleção Aleatória com Elitismo
Tipo de Cruzamento	Recombinação em quatro pontos
Tipo de Mutação	Multipontos
Tamanho da população	10
Máximo de gerações	100
Domínio de busca para A	0:10
Domínio de busca para B	0:10

Quadro 5. Configuração de AG.

Fonte: Compilação do autor.

8.1 Representação

Como representação do problema, foi utilizado um conjunto de números inteiros em cadeia. Essa representação do problema é definida nas denominações dos componentes do algoritmo genético como cromossomo. O cromossomo é a representação da solução que está sendo buscada. Indivíduos são compostos de um cromossomo e um *fitness*. Os indivíduos compõem uma população. Na abordagem do trabalho proposto foram utilizadas populações com dez indivíduos durante todas as gerações. Uma geração representa o momento atual da população onde, durante as iterações do algoritmo genético, as gerações seguintes recebem uma população com indivíduos filhos dos indivíduos melhor avaliados na geração passada.

8.2 Cruzamento

No cruzamento, os cromossomos dos indivíduos são combinados a fim de criar filhotes. O indivíduo filho possui cromossomo com características herdadas dos pais. Tais características são chamadas de genes e tornam cromossomos diferentes entre si.

No trabalho proposto os genes são representados por números inteiros que variam de 0 a 9 presentes em 14 posições consecutivas em um vetor. O cromossomo é dividido em duas partes, “A” e “B”, referentes aos dois parâmetros do COCOMO Básico. A parte “A” tem início no 1º gene e termina no 7º gene. A parte “B” tem início no 8º gene e termina no 14º gene. Dessa maneira, “A” e “B” são representados no mesmo cromossomo. A Figura 1 apresenta um cromossomo e as posições dos genes contidos nele. Cada parte se tornará um número fracionário onde o 1º gene de cada parte foi denominado como a parcela inteira e a partir do 2º gene, as parcelas fracionárias. Os pontos de troca de informação genética durante o cruzamento foram previamente estabelecidos. Tais pontos possibilitam a troca de dois genes consecutivos entre os pares cromossomos dos indivíduos pais.

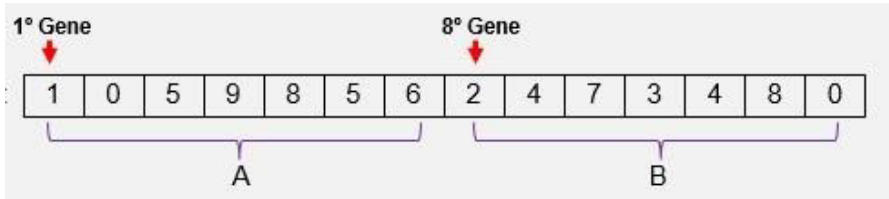


Figura 1. Cromossomo.
 Fonte: Compilação do autor.

A utilização de quatro pontos para a execução do cruzamento é baseada no fato do cromossomo possuir duas partes distintas que equivalem ao espaço de busca do parâmetro A e do parâmetro B. Para cada parte do cromossomo é atribuído dois pontos para o cruzamento. Os pontos foram dimensionados para efetuar troca genéticas de duas posições entre os cromossomos pais. Cada uma das partes, A e B, apresentam dois pontos para efetuar a troca genética. Os pontos foram criados para fazer trocas genéticas entre genes que representam os dígitos mais significativos, próximos da vírgula, e menos significativos distantes da vírgula. Na Figura 2, os pontos referentes a A e B são apresentados. Tais pontos tem o objetivo de, aleatoriamente, se mover uma posição para a direita ou para a esquerda a partir de suas respectivas posições centrais e assim permitir a troca de genes de posições diferentes em a cada cruzamento. A figura mostra os pontos de cruzamento posicionados em suas posições centrais de movimentação. Esse fato torna possível a diversificação dos genes explorando melhor o espaço de busca.

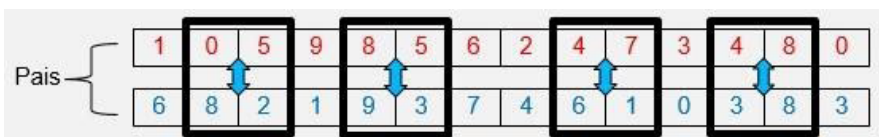


Figura 2. Indivíduos pais.
 Fonte: Compilação do autor.

Foram estipulados 4 pontos ao longo do cromossomo. Estes pontos se movimentam aleatoriamente três posições à direita ou à esquerda. Cada parte possui dois pontos onde acontecerão as trocas. Desta maneira é garantido que nem toda troca de informação genética será feita nos mesmos pontos dos cromossomos pais. Esta técnica tem como objetivo aumentar a diversidade de genes nos cromossomos do indivíduo filho. A Figura 3 apresenta dois indivíduos e os pontos de troca genética.

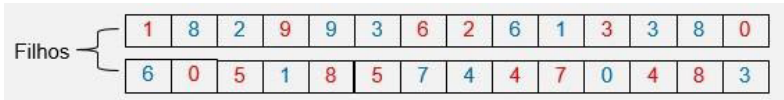


Figura 3. Indivíduos filhos.
 Fonte: Compilação do autor.

8.3 Mutação

A mutação do cromossomo consiste em adicionar um gene completamente novo em alguma posição previamente estabelecida ou aleatória no cromossomo. O gene submetido à mutação não tem relação com nenhum cruzamento entre indivíduos.

Existem maneiras diferentes de aplicar a mutação. No trabalho proposto foi aplicada a mutação em 4 faixas fixas onde cada faixa compreende 3 posições consecutivas no cromossomo. A 1ª faixa compreende o 1º gene até o 3º gene, a 2ª faixa compreende o 4º gene até o 6º gene. A 1ª e a 2ª faixa pertencem à parte “A” do cromossomo. A 3ª faixa compreende o 8º gene até o 10º gene e a 4ª faixa compreendendo o 11º até o 13º gene.

A 3ª e 4ª faixa pertencem a parte “B” do cromossomo. Um gene é escolhido aleatoriamente para sofrer mutação em cada faixa. Existe 20% de chance de um cromossomo sofrer mutação. A Figura 4 representa as faixas onde acontecem as mutações em posições aleatórias.

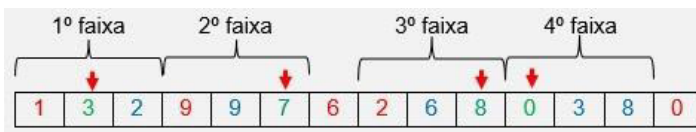


Figura 4. Faixa onde ocorrem as mutações.
 Fonte: Compilação do autor.

8.4 Algoritmo proposto

Para otimizar os parâmetros COCOMO Básico foram utilizados os seguintes passos:

Passo 1: Gerar aleatoriamente a primeira geração com Indivíduos que possuem cromossomos como na configuração da Figura 5.

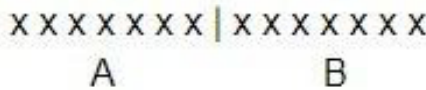


Figura 5. Partes do cromossomo relativas aos parâmetros A e B do COCOMO Básico.

Fonte: Compilação do autor.

As variáveis A e B são expressas por 7 genes cada. Onde o primeiro gene de cada variável é a parte inteira do valor representado e os genes restantes representam a parte fracionada.

Passo 2: Calcular o esforço estimado utilizando os valores de KLOC dos respectivos projetos encontrados na base de dados da NASA.

Passo 3: Calcular o *fitness* de cada Indivíduo contido na população. Nesta fase é feito o cálculo do MAE utilizando o esforço estimado no passo 2. O *fitness* do indivíduo será a média da soma do módulo das diferenças entre esforço estimado e esforço real. O valor *fitness* atribuído ao indivíduo faz parte do método de seleção utilizado nesse modelo de Algoritmo Genético proposto. A seleção é feita escolhendo-se os melhores indivíduos.

O valor do *fitness* é o erro médio do obtido pelo cálculo da estimativa de esforço utilizando os parâmetros A e B contidos no cromossomo do indivíduo. Nesse caso, considerando que o valor ideal de erro é 0, quanto menor o valor do *fitness*, melhor é o resultado proporcionado pelo cromossomo do indivíduo. A partir do cálculo dos erros é possível “guiar” as soluções obtidas em direção a resultados mais precisos.

Passo 4: A condição de cem gerações sem melhora foi escolhida como condição de parada. Existem muitas variações em relação à condição de parada, que está relacionada às configurações escolhidas para o Algoritmo Genético. As configurações do AG são responsáveis pelo desempenho do mesmo diante determinado problema. Se o método de cruzamento não for escolhido adequadamente, considerando as peculiaridades do problema abordado, pode apresentar uma melhora lenta. A melhora lenta pode implicar em não atingir bons resultados dentro do critério de parada escolhido. Esse critério foi escolhido baseado na literatura onde foi observado que 100 gerações sem melhora foram suficientes para gerar bons resultados.

Passo 5: Selecionar 50% da população cujos indivíduos tiveram as melhores classificações. No trabalho proposto, 50% dos indivíduos equivalem a cinco indivíduos.

Esta escolha empírica foi utilizada partindo do suposto que, menos que 5 indivíduos em uma população de tamanho 10, podem conter pouco material genético

variado para criar gerações distintas das anteriores. Pouco material genético implica em menos locais de busca no universo de soluções possíveis. Nesse caso, 50% de uma população de 10 indivíduos mostrou-se suficiente para manter a diversidade genética durante os cruzamentos ao longo das gerações.

Passo 6: Cruzar aleatoriamente os indivíduos selecionados no Passo 5. Foi usada a recombinação em quatro pontos não uniformes como a estratégia de cruzamento. Os filhotes, resultantes dos cruzamentos e o indivíduo melhor classificado, conforme o elitismo, foram alocados na população da geração seguinte. O indivíduo considerado melhor de sua geração segue para a próxima geração sem chances de sofrer mutação, contudo, antes de seguir para próxima geração, o mesmo participa do processo de cruzamento aleatório com os indivíduos considerados mais “aptos” como descrito no passo 5 onde, os filhos resultantes dessa etapa têm a possibilidade de sofrer mutações.

O cruzamento aleatório pode ocasionar, durante as gerações, a perda de cromossomos que contêm genes potencialmente bons em relação à posição onde se encontra no cromossomo. Pelo fato do cruzamento aleatório possibilitar que indivíduos não tão aptos cruzem com indivíduos bem classificados, há o risco de que haja uma demora na melhora das soluções encontradas pelo Algoritmo Genético. A solução encontrada para tal fato foi combinar o elitismo como o cruzamento aleatório. O elitismo envia os indivíduos mais aptos para a próxima geração fazendo com que a perda de genes bons não aconteça. Mesmo que os cruzamentos da geração atual não sejam tão bons a ponto de gerar filhos mais aptos, o elitismo garante que os resultados bons não se percam e na próxima geração ainda existe a possibilidade de melhorar.

Passo 7: Um indivíduo na população tem 20% de chances de ser selecionado para sofrer mutação. A mutação é configurada em 4 pontos no cromossomo. A mutação se torna importante pelo fato de que apenas o cruzamento entre indivíduos não possibilita busca por um amplo universo de soluções.

Durante o cruzamento, uma parte da informação genética de um indivíduo é transferido para outro com o objetivo de gerar novos filhos. O cromossomo dos filhos é fruto dessa transferência, portanto contém os mesmos genes dos pais. Quando a mutação ocorre, um gene é inserido em uma posição, que neste trabalho é aleatória, onde esse gene não tem nenhuma relação com o cruzamento entre os pais do novo indivíduo. Esse novo gene proporciona uma nova perspectiva de soluções pois, se esse novo gene impactar positivamente nas soluções obtidas até o momento, o cromossomo que o carrega será selecionado para o cruzamento e passará o gene promissor para frente ou se for considerado o indivíduo mais apto, pela ação do elitismo, seguirá imediatamente para a próxima geração. A mutação é um dos fatores responsáveis pela obtenção de bons resultados no Algoritmo Genético.

Passo 8: A nova população está formada nesse passo. Em seguida é iniciado o processo a partir do passo 2 repetidas vezes até que a condição de parada seja atingida e assim encerrar a execução algoritmo.

9 | RESULTADOS

A implementação do Algoritmo Genético utilizando o conjunto de estratégias como elitismo, seleção aleatória e mutação em quatro pontos foi o modelo proposto neste trabalho. O modelo proposto apresenta estimativa de esforço mais próximas ao esforço real que o COCOMO Básico como pode ser observado na Figura 6.

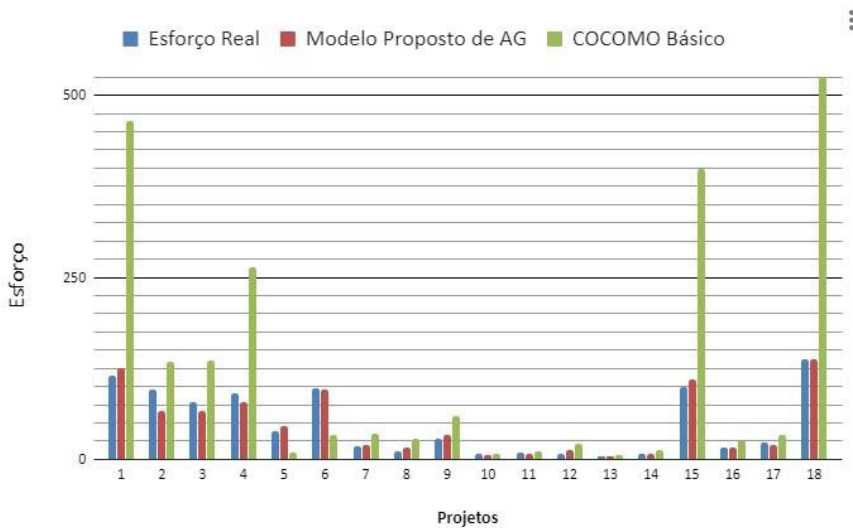


Figura 6. Comparação entre o COCOMO Básico e o Modelo Proposto de AG.

Fonte: Compilação do autor.

Os artigos obtidos por meio da revisão bibliográfica trouxeram informação sobre resultados relevantes para esta pesquisa. Alguns trabalhos com metodologia parecida foram selecionados e serviram de base para este trabalho.

Em outras abordagens, os autores apresentaram modelos para otimizar os parâmetros do COCOMO Básico (Harman e Jones 2001). A complexidade existente em projetos de software faz com que o modelo do COCOMO Básico proposto por (Barry et al. 1981) apresente deficiência em estimar o esforço no desenvolvimento de software atualmente (Sachan et al. 2016). A utilização de AG e outras técnicas algorítmicas são temas de diversos trabalhos nas últimas décadas.

Em 2006 foi apresentado por (Sheta 2006) um trabalho que testa o AG

aplicado a três modelos do COCOMO para otimizar os parâmetros A e B no primeiro modelo, A, B e C no segundo modelo e A, B, C e D no terceiro modelo. Em 2011 (HARI e PVGD 2011) também utilizam *Particle Swarm Optimisation* (PSO) aplicado a três modelos do COCOMO para otimizar os parâmetros A e B no primeiro modelo; A, B e C no segundo modelo e A, B, C e D no terceiro modelo. (Sachan e Kushwaha 2018) utilizou um NIA, algoritmo inspirado na natureza que abstrai o comportamento anti-predador dos sapos para a otimizar os parâmetros A e B do COCOMO Básico. Nas Tabelas 2 e 3 são apresentados os resultados dos modelos apresentados pelos autores citados acima e inclusive os resultados do AG proposto neste trabalho. Na Tabela 4 é possível observar detalhes sobre a solução produzida pelo AG. Na Tabela 5 é apresentado os resultados A e B dos respectivos modelos comparados neste trabalho. Os erros obtidos por cada modelo em relação a estimativa de esforço de cada projeto de *software* da NASA são apresentados na Tabela 6.

Nº do Projeto	KLOC	Esforço Real	Modelo Proposto
1	90.2000	115.8000	124.713
2	46.2000	96.0000	66.9144
3	46.5000	79.0000	67.3186
4	54.5000	90.8000	78.0355
5	31.1000	39.6000	46.2989
6	67.5000	98.4000	95.2247
7	12.8000	18.9000	20.2669
8	10.5000	10.3000	16.8553
9	21.5000	28.5000	32.8381
10	3.1000	7.0000	5.41618
11	4.2000	9.0000	7.18496
12	7.8000	7.3000	12.7822
13	2.1000	5.0000	3.76958
14	5.0000	8.4000	8.45061
15	78.6000	98.7000	109.718
16	9.7000	15.6000	15.657
17	12.5000	23.9000	19.8245
18	100.8000	138.3000	138.298

Tabela 2. Resultado de Estimativa de Esforço do modelo proposto

Fonte: Compilação do autor.

Nº do Projeto	Esforço Real	Modelo Proposto 2019	NIA 2018	PSO 2011	AG 2006	COCOMO básico
1	115.8000	124.713	125.4714	125.7302	131.9154	464.4646
2	96.0000	66.9144	69.5447	70.8350	80.8827	134.3029
3	79.0000	67.3186	69.9428	71.2293	81.2663	135.2187
4	90.8000	78.0355	80.4548	81.6179	91.2677	264.1711
5	39.6000	46.2989	49.0527	50.4476	60.5603	88.6359
6	98.4000	95.2247	97.1622	98.0537	106.7196	335.6924
7	18.9000	20.2669	22.4183	23.5607	31.6447	34.8965
8	10.3000	16.8553	18.8249	19.8799	27.3785	28.3439
9	28.5000	32.8381	35.4207	36.7575	46.2352	60.155
10	7.0000	5.41618	6.4183	6.9828	11.2212	7.873
11	9.0000	7.18496	8.3897	9.0602	14.0108	10.8299
12	7.3000	12.7822	14.4834	15.4064	22.0305	20.7449
13	5.0000	3.76958	4.5523	5.0000	8.4406	5.2305
14	8.4000	8.45061	9.7843	10.5215	15.9157	13.0056
15	98.7000	109.718	111.1258	111.7296	119.2850	398.1021
16	15.6000	15.657	17.554	18.5737	25.8372	26.0808
17	23.9000	19.8245	21.9543	23.0863	31.1008	34.0382
18	138.3000	138.298	138.3902	138.3002	143.0788	526.0137

Tabela 3. Comparação entre esforços estimados.

Fonte: Compilação do autor.

Operadores	Saídas
A	1.889920
B	0.930576
Cromossomo mais apto	188992009305761
MAE	6.10519
Total de Gerações	446

Tabela 4. Resultados do AG proposto

Fonte: Compilação do autor.

Modelo	A	B
AG	4.9067	0.7311
PSO <i>With Inertia Weight</i>	2.6463	0.8576
NIA	2.3661	0.88201
AG Proposto	1.889920	0.930576

Tabela 5. Representações de soluções de A e B apresentadas pelos modelos

Fonte: Compilação do autor.

Nº do Projeto	Modelo Proposto 2019	NIA 2018	PSO 2011	AG 2006	COCOMO básico 1981
1	8.913	9.6714	9.9302	16.1154	348.6646
2	29.0856	26.4553	25.165	15.1173	38.3029
3	11.6814	9.0572	7.7707	2.2663	56.2187
4	12.7645	10.3452	9.1821	0.4677	173.3711
5	6.6989	9.4527	10.8476	20.9603	49.0359
6	3.1753	1.2378	0.3463	8.3196	237.2924
7	1.3669	3.5183	4.6607	12.7447	15.9965
8	6.5553	8.5249	9.5799	17.0785	18.0439
9	4.3381	6.9207	8.2575	17.7352	31.655
10	1.58382	0.5817	0.0172	4.2212	0.873
11	1.81504	0.6103	0.0602	5.0108	1.8299
12	5.4822	7.1834	8.1064	14.7305	13.4449
13	1.23042	0.4477	0	3.4406	0.2305
14	0.05061	1.3843	2.1215	7.5157	4.6056
15	11.018	12.4258	13.0296	20.585	299.4021
16	0.057	1.954	2.9737	10.2372	10.4808
17	4.0755	1.9457	0.8137	7.2008	10.1382
18	0.002	0.0902	0.0002	4.7788	387.7137

Tabela 6. Comparação entre os erros das estimativas de esforço de cada modelo

Fonte: Compilação do autor.

A função MAE usada como função fitness pelo AG, é utilizada para classificar o cromossomo. Cromossomo é uma representação da solução encontrada pelo AG, ou seja, os valores de A e B. MAE prova a média absoluta dos erros apresentados entre o esforço estimado e o esforço real. Um valor fornecido por MAE mais próximo de zero representa uma solução mais precisa em relação ao objetivo real. A Figura 7 apresenta a relação de gerações e os respectivos melhores *fitness* associados, expressos em um gráfico da curva de convergência fornecida pelo Algoritmo Genético proposto.

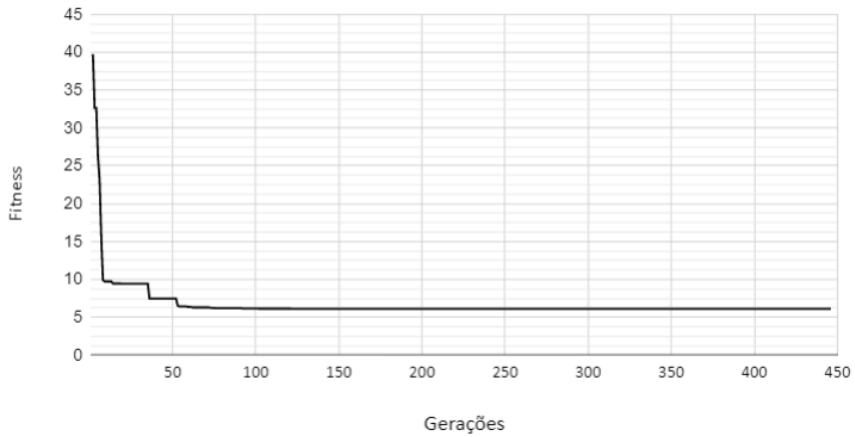


Figura 7. Curva de convergência apresentado pelo Algoritmo Genético proposto.

Fonte: Compilação do autor.

A Figura 8 mostra os resultados em termos de MAE dos modelos abordados. O modelo proposto obteve o valor de 6.105199444 de erro médio absoluto, demonstrando maior acurácia em relação aos modelos comparados.

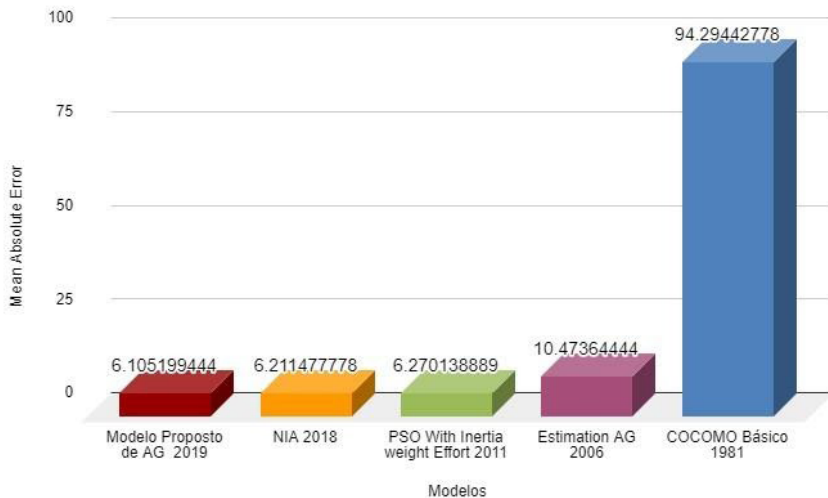


Figura 8. Resultado em termos de MAE apresentados pelos modelos apresentados

Fonte: Compilação do autor.

10 | CONCLUSÃO

Durante a construção deste trabalho, foi possível observar a ampla variedade de empregabilidade de técnicas de busca e otimização em problemas clássicos de Engenharia de Software. *Search-Based Software Engineering* é a área de estudo que aplica técnicas de otimização a problemas de Engenharia de Software. Essa é uma área que expande significativamente, juntamente com necessidade de gerenciar projetos de desenvolvimento de software cada vez mais complexos.

Neste estudo foi proposto um AG para otimizar os parâmetros A e B do COCOMO Básico. Muitos trabalhos na área foram desenvolvidos nas últimas décadas utilizando técnicas algorítmicas variadas (Chirra et al. 2019). Precisão na estimativa de esforço no desenvolvimento de software fornece segurança e melhor gerenciamento dos recursos relacionados ao projeto de software (Harman e Jones 2001). O AG proposto fornece resultados mais precisos em relação aos modelos apresentados. A acurácia demonstrada pode ser relacionada à configuração apresentada pelo AG.

O resultado mostra que o AG proposto apresenta em termos de MAE melhoria de 93.5253% comparado ao COCOMO Básico (Barry et al. 1981), 41.7089% de melhoria comparado a outro modelo de AG proposto por (Sheta 2006), 2.6305% de melhoria comparado ao modelo proposto por (HARI e PVGD 2011) de PSO e 1.7109% de melhoria comparado ao modelo proposto por (Sachan e Kushwaha 2018) de *Nature-Inspired Algorithm* (NIA).

Em trabalhos futuros a aplicação de outras técnicas como Rede Neural e *Simulated Annealing* podem ser abordadas com o objetivo de ampliar o conhecimento relacionado ao tema. Outra possibilidade de abordagem pode ser a utilização de meta-heurísticas como o Algoritmo Genético para otimizar os parâmetros do COCOMO II (Dhiman e Diwaker 2013). A construção de uma ferramenta que auxilia na estimativa de esforço no desenvolvimento de software utilizando o modelo proposto é um exemplo de trabalho futuro, onde podem ser aplicados na prática os conceitos apresentados e discutidos neste trabalho.

REFERÊNCIAS

ASGHARI Agcheh Dizaj, S. and SOLEIMANIAN Gharehchopogh, F. **A new approach in software cost estimation by improving genetic algorithm with bat algorithm.** Journal of Computer & Robotics, pages 31–44, 2018.

BAILEY, J. W. and BASILI, V. R. **A meta-model for software development resource expenditures.** In Proceedings of the 5th international conference on Software engineering, IEEE Press, pages 107–116., 1981.

BARRY, B. et al. **Software engineering economics.** New York, 197, 1981.

- BOZHIKOVA, V. T. and STOIEVA, M. T. **Search-based approach for software cost estimation.** ANNUAL JOURNAL OF ELECTRONICS, 2014.
- CHALOTRA, S., Sehra, S., Brar, Y., and Kaur, N. **Tuning of cocomo model parameters by using bee colony optimization.** Indian Journal of Science and Technology, 8:1, 2015.
- CHIRRA, S. M. R., REZA, H., et al. **A survey on software cost estimation techniques.** Journal of Software Engineering and Applications, 12:226, 2019.
- DHIMAN, A. and DIWAKER, C. **Optimization of cocomo ii effort estimation using genetic algorithm.** American International Journal of Research in Science, Technology, Engineering & Mathematics, 3, 2013.
- DIZAJI, Z. A., AHMADI, R., GHOLIZADEH, H., and GHAREHCHOPOGH, F. S. **A bee colony optimization algorithm approach for software cost estimation.** International Journal of Computer Applications, 104, 2014.
- FERRUCCI, F., HARMAN, M., and SARRO, F. **Search-based software project management.** In Software Project Management in a Changing World, pages 373–399. Springer, 2014.
- HARI, C. and PVGD, P. R. **Software effort estimation using particle swarm optimization with inertia weight.** International Journal of Software Engineering (IJSE), 2(4):87–96, 2011.
- HARMAN, M. and JONES, B. F. **Search-based software engineering.** Information and software Technology, 43(14):833–839, 2001.
- KAUR, M. **Estimation of effort using nature inspired optimization techniques.** International Journal of Academic Research and Development, 3(1), 2018.
- KAUSHIK, A., VERMA, S., SINGH, H. J., and CHHABRA, G. **Software cost optimization integrating fuzzy system and coa-cuckoo optimization algorithm.** International Journal of System Assurance Engineering and Management, 8:1461–1471, 2017.
- MALEKI, I., GHAREHCHOPOGH, F. S., AYAT, Z., and EBRAHIMI, L. **A novel hybrid model of scatter search and genetic algorithms for software cost estimation.** Magnt Research Report, 2(6):359–371. 2014.
- MICHALEWICZ, Z. **Genetic algorithms+ data structures = evolution programs.** Springer Science & Business Media, 2013.
- NAKAGAWA, E., Scannavino, K., Fabbri, S., and Ferrari, F. **Revisão Sistemática da Literatura em Engenharia de Software: Teoria e Prática.** Elsevier Brasil, 2017.
- NANDAL, D. and SANGWAN, O. P. **A survey report on various software estimation techniques and practices.** International Science Press, 2016.
- SACHAN, R. K. and KUSHWAHA, D. S. **New nia based approach for optimizing basic COCOMO model.** 5th International Conference on Computing for Sustainable Global Development, INDIACOM, pages 1242–1247, 2018.

SACHAN, R. K., NIGAM, A., SINGH, A., SINGH, S., CHOUDHARY, M., TIWARI, A., and KUSHWAHA, D. S. **Optimizing basic cocomo model using simplified genetic algorithm.** Procedia Computer Science, 89:492–498, 2016.

SEHRA, S. K., BRAR, Y. S., and KAUR, N. **Evolutionary computing techniques for software effort estimation.** International Journal of Computer Science & Information Technology, 2017.

SHETA, A. F. **Estimation of the cocomo model parameters using genetic algorithms for NASA software projects.** Journal of Computer Science, 2:118–123, 2006.

SINGH, B. K. and MISRA, A. **Software effort estimation by genetic algorithm tuned parameters of modified constructive cost model for nasa software projects.** International Journal of Computer Applications, 59, 2012.

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 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Conteúdo Conceitual e Aspectos Práticos da Ciência da Computação

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 