

CIÊNCIAS SOCIALMENTE APLICÁVEIS:

INTEGRANDO SABERES E
ABRINDO CAMINHOS

JORGE JOSÉ MARTINS RODRIGUES
MARIA AMÉLIA MARQUES

(Organizadores)

VOL VIII



EDITORA
ARTEMIS

2023

CIÊNCIAS SOCIALMENTE APLICÁVEIS:

INTEGRANDO SABERES E
ABRINDO CAMINHOS

JORGE JOSÉ MARTINS RODRIGUES
MARIA AMÉLIA MARQUES
(Organizadores)

VOL VIII



EDITORA
ARTEMIS

2023



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). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

Editora Chefe	Prof. ^a Dr. ^a Antonella Carvalho de Oliveira
Editora Executiva	M. ^a Viviane Carvalho Mocellin
Direção de Arte	M. ^a Bruna Bejarano
Diagramação	Elisangela Abreu
Organizadores	Prof. Dr. Jorge José Martins Rodrigues Prof. ^a Dr. ^a Maria Amélia Marques
Imagem da Capa	ciempies
Bibliotecário	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Conselho Editorial

Prof.^a Dr.^a Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”*, Cuba
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof. Dr. Agustín Olmos Cruz, *Universidad Autónoma del Estado de México*, México
Prof.^a Dr.^a Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba, Brasil
Prof.^a Dr.^a Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof.^a Dr.^a Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru
Prof.^a Dr.^a Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
Prof.^a Dr.^a Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.^a Dr.^a Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.^a Dr.^a Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuato*, México
Prof.^a Dr.^a Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal
Prof.^a Dr.^a Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF, Brasil
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
Prof.^a Dr.^a Dina Maria Martins Ferreira, Universidade Estadual do Ceará, Brasil
Prof.^a Dr.^a Edith Luévano-Hipólito, *Universidad Autónoma de Nuevo León*, México
Prof.^a Dr.^a Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, Universidade de São Paulo (USP), Brasil
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima, Brasil
Prof.^a Dr.^a Elvira Laura Hernández Carballedo, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México

Prof.ª Dr.ª Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca, Espanha*
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República, Uruguay*
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara, México*
Prof. Dr. Fernando Hitt, *Université du Québec à Montréal, Canadá*
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Gabriela Gonçalves, *Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal*
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, *Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil*
Prof.ª Dr.ª Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, *Instituto Politécnico da Guarda, Portugal*
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca, Argentina*
Prof. Dr. Håkan Karlsson, *University of Gothenburg, Suécia*
Prof.ª Dr.ª Iara Lúcia Tescarollo Dias, *Universidade São Francisco, Brasil*
Prof.ª Dr.ª Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura, Peru*
Prof.ª Dr.ª Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof. Dr. Ivan Amaro, *Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil*
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío, Chile*
Prof.ª Dr.ª Ivânia Maria Carneiro Vieira, *Universidade Federal do Amazonas, Brasil*
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz, *University of Miami and Miami Dade College, Estados Unidos*
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha, Espanha*
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, *Universidade de Évora, Portugal*
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, *UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros, Brasil*
Prof. Dr. Jorge Ernesto Bartolucci, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
Prof. Dr. José Cortez Godínez, *Universidad Autónoma de Baja California, México*
Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Díaz, *Instituto Politécnico Nacional, México*
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid, Espanha*
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, Colômbia*
Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yáñez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México*
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, *Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil*
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, *Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil*
Prof.ª Dr.ª Livia do Carmo, *Universidade Federal de Goiás, Brasil*
Prof.ª Dr.ª Luciane Spanhol Bordignon, *Universidade de Passo Fundo, Brasil*
Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodríguez, *Universidad Santiago de Compostela, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Márcia de Souza Luz Freitas, *Universidade Federal de Itajubá, Brasil*
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, *Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil*
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, *Universidade Federal de Sergipe, Brasil*
Prof.ª Dr.ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Margarida Márcia Fernandes Lima, *Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil*
Prof.ª Dr.ª María Alejandra Arecco, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, *Universidade Federal da Bahia, Brasil*
Prof.ª Dr.ª Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Maria do Céu Caetano, *Universidade Nova de Lisboa, Portugal*
Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, *Universidade Federal do Maranhão, Brasil*
Prof.ª Dr.ª Maria Gracinda Carvalho Teixeira, *Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil*



Prof.^a Dr.^a Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal
Prof.^a Dr.^a Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana*, Cuba
Prof.^a Dr.^a Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof.^a Dr.^a Ninfa María Rosas-García, Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional, México
Prof.^a Dr.^a Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense, Brasil
Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru
Prof.^a Dr.^a Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof.^a Dr.^a Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof.^a Dr.^a Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina
Prof.^a Dr.^a Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil
Prof.^a Dr.^a Stanislava Kashtanova, *Saint Petersburg State University*, Russia
Prof.^a Dr.^a Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal
Prof.^a Dr.^a Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil
Prof.^a Dr.^a Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
Prof.^a Dr.^a Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca*, Colômbia
Prof. Dr. Xosé Somoza Medina, *Universidad de León*, Espanha

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

C569 Ciências socialmente aplicáveis [livro eletrônico] : integrando saberes e abrindo caminhos: vol. VIII / Organizadores Jorge Rodrigues, Maria Amélia Marques. – Curitiba, PR: Artemis, 2023.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilingue

ISBN 978-65-87396-81-1

DOI 10.37572/EdArt_300523811

1. Ciências sociais aplicadas – Pesquisa – Brasil. 2. Abordagem interdisciplinar do conhecimento. I. Rodrigues, Jorge José Martins. II. Marques, Maria Amélia.

CDD 307

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



APRESENTAÇÃO

O oitavo volume desta coleção segue a lógica dos livros anteriores. Procura apresentar ao leitor uma coletânea de artigos sobre problemáticas que são transversais ao campo das ciências sociais aplicadas.

Sendo discutível, na metodologia seguida na organização dos vários volumes procurou-se privilegiar artigos que abordassem novas tendências e/ou problemáticas transversais relevantes, adotassem metodologias mais holísticas e/ou modelos de investigação aplicada, apresentassem estudos de caso nacionais e/ou internacionais e procurassem ser reflexivos. Nesse contexto, o presente volume está organizado em três grandes eixos – Programação, Sustentabilidade, Educação e redes sociais.

Na construção da estrutura de cada eixo procurou-se seguir uma lógica em que cada artigo possa contribuir para uma melhor compreensão do artigo seguinte, gerando-se um fluxo de conhecimento acumulado que se pretende fluido e em espiral crescente.

Assim, o eixo Programação é constituído por um conjunto de oito artigos. A programação pode ser entendida como um conjunto de actividades que visam transformar tarefas repetitivas e monótonas em rotinas cooperativas e colaborativas. Estas rotinas são algoritmos e modelos matemáticos geradores de informação estruturada e eficiente que, apesar da sua racionalidade limitada, é útil para a tomada de decisões, sejam individuais ou de grupo.

O eixo Sustentabilidade junta um conjunto de sete artigos que, em comum, contribuem para a construção da responsabilidade social. As mudanças climáticas estão a perturbar a vida de milhões de pessoas no planeta, com especial ênfase nas regiões rurais mais pobres e com impacto negativo na economia. Assim, exigem-se políticas públicas inclusivas que incentivem o uso de materiais multíusos, amigos do ambiente. Os resíduos sólidos urbanos necessitam de ser melhor geridos e as empresas deverão ser incentivadas a incorporar aquelas políticas nas suas estratégias, para reforço dos seus valores, conforto e bem-estar dos seus constituintes.

O eixo Educação e redes sociais tem seis artigos. As principais teorias de liderança parecem apontar para que esta seja contingencial, podendo ser ensinada e as respectivas competências treinadas e melhoradas. Todo o ensino, presencial ou a distância, tem os seus pontos fortes e pontos fracos. Exigem-se comportamentos éticos, nomeadamente em ambiente de redes sociais, para evitar fraudes quer com os conteúdos quer com a respectiva avaliação, com eventuais traumas psicológicos em quem é visado.

Com a disponibilização deste livro e seus artigos esperamos que os mesmos gerem inquietude intelectual e curiosidade científica, procurando a satisfação de novas necessidades e descobertas, motor de todas as fontes de inovação.

Jorge Rodrigues, ISCAL/IPL, Portugal
Maria Amélia Marques, IPS/ESCE, Portugal

SUMÁRIO

PROGRAMAÇÃO

CAPÍTULO 1..... 1

NUMERICAL CALCULATION BASED ON AGILE PROGRAMMING DEVELOPMENT TRAINING

Ángel Rubén Barberis

Lorena Elizabeth Del Moral Sachetti

Jorge Alberto Silvera

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3005238111


CAPÍTULO 2..... 11

DISEÑO DE UN ROBOT MÓVIL PARA LA VALIDACION EXPERIMENTAL DE CONTROLADORES EN EL SEGUIMIENTO DE PARED

Jaime Franco Gutiérrez

Moisés García Villanueva

Salvador Ramírez Zavala

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3005238112

CAPÍTULO 3..... 23

FAMÍLIAS ESTRUTURADAS DE MATRIZES ESTOCÁSTICAS SIMÉTRICAS

Cristina Paula da Silva Dias

Carla Maria Lopes da Silva Afonso dos Santos

João Tiago Praça Nunes Mexia

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3005238113

CAPÍTULO 4..... 35

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE LOS ALGORITMOS MEDIANTE EL USO DE LAS FUNCIONES DE LANDAU

José Francisco Villalpando Becerra

María José Aceves Sepúlveda

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3005238114

CAPÍTULO 5..... 46

ANÁLISIS DE FTIR EN BREAS DE ALQUITRÁN DE HULLA

Juanita Yazmín Guevara Chávez

Fátima Pamela Lara Castillo

Griselda Berenice Escalante Ibarra

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3005238115

CAPÍTULO 6.....52

DE LA RACIONALIDAD LIMITADA A LA RACIONALIDAD FINANCIERA EN LOS ESTUDIANTES DE LA UAEMEX (UNIDAD ACADÉMICA PROFESIONAL CUAUTITLÁN IZCALLI)

Marco Antonio Piña Sandoval

Fermin Leonel Reyes

Montserrat Piña Cárdenas

Jorge Rogelio Zenteno Domínguez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3005238116

CAPÍTULO 7 63

SLIDING MODE CONTROLLER-OBSERVER EXPERIMENTAL DESIGN FOR THE TWO-TANK HYDRAULIC SYSTEM TAKAGI-SUGENO MODELING

Ángel Garibo

Marco A. Rodríguez

Juan M. de la Torre

Marisela Y. Hernández

Juan Anzures Marín

Salvador Ramírez Zavala

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3005238117

CAPÍTULO 8.....77

ESTUDO DE TERMINOLOGIA CONTROLADA PARA TRADUÇÃO AUTOMÁTICA COM BASE EM CORPORA DE MANUAIS DE INSTRUÇÕES DE ELECTRODOMÉSTICOS

尹雪璐 Xuelu Yin

甄钊 Zhao Zhen

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3005238118

SUSTENTABILIDADE

CAPÍTULO 9.....92

CLIMATE SHOCKS AND THE US ECONOMY

Dejan Romih

Arne Baruca

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3005238119

CAPÍTULO 10.....107

EMPODERAMIENTO DETONADOR DE CRECIMIENTO ECONÓMICO ANTE
LOS PROBLEMAS SOCIALES QUE ENFRENTAN LAS MUJERES RURALES
EMPREENDEDORAS QUE VENDEN PESCADO EN LA PERIFERIA DEL MERCADO
PÚBLICO MANUEL LARRAINZAR EN TONALÁ, CHIAPAS

Isabel Pérez Pérez

Graciela de Paz

 https://doi.org/10.37572/EdArt_30052381110

CAPÍTULO 11..... 120

PERSONAL FACTORS INFLUENCING SINGLE-USE PLASTIC PACKAGING
CONSUMPTION: A QUALITATIVE APPROACH

María del Carmen Franco Gómez

Kristel Rojas Campoverde

Javier Solano Solano

 https://doi.org/10.37572/EdArt_30052381111

CAPÍTULO 12 141

LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS: UNA VISIÓN DE ESTUDIANTES Y
CIUDADANOS DE CHILPANCINGO, GUERRERO, MÉXICO

Ciro Andraca Sánchez

Justiniano González González

Alejandra Hitahii Muñoz García

María Cristina Santiago Dionisio

Paulino Bueno Domínguez

Manuel Mendoza Mojica

 https://doi.org/10.37572/EdArt_30052381112

CAPÍTULO 13.....152

LA RESPONSABILIDAD SOCIAL CORPORATIVA EN LAS EMPRESAS ECUATORIANAS

Alexandra Auxiliadora Mendoza Vera

Pablo Edison Ávila Ramírez

Angélica María Indacochea Vásquez

Martha Margarita Minaya Macías

Gina Gabriela Loor Moreira

Janeth Virginia Intriago Vera

Jorge Luis Loor Tello

Fernando José Veloz Párraga

Maritza Alexandra Ávila Ramírez

Jhonny Antonio Ávila Ramírez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_30052381113

CAPÍTULO 14..... 167

LAS EMPRESAS FAMILIARES DEL MEDIO RURAL Y SU FORTALEZA EN LA RELACIÓN CON SUS EMPLEADOS

Alma Delia Inda

Gloria Muñoz del Real

Jackeline Hernández Bejarano

Olga Lidia Gutiérrez Gutiérrez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_30052381114

CAPÍTULO 15..... 178

HUARACHES KWARACHI-INNOVA: CAMINANDO HACIA UN FUTURO ECO-AMIGABLE

Adriana Calderón Gutiérrez

José Roberto Jiménez Echeverría

Liliana Venegas Michel

Armando García Echeverría

Alejandra Delgado Urbina

 https://doi.org/10.37572/EdArt_30052381115

EDUCAÇÃO E REDES SOCIAIS

CAPÍTULO 16..... 189

MODELO DE CARACTERIZACIÓN DE LIDERAZGO

Omar Alejandro Guirette Barbosa

Claudia Guadalupe Lara Torres

Emanuel Magallanes Ulloa

Beatriz Adriana Rodríguez González

Selene Castañeda Burciaga

 https://doi.org/10.37572/EdArt_30052381116

CAPÍTULO 17 200

CHIAKI ISHII – UMA PESQUISA NARRATIVA SOBRE O ATLETA QUE ALAVANCOU O JUDÔ NO BRASIL A PARTIR DAS COMPETÊNCIAS DO ESPORTISMO

Rodrigo Guimarães Motta

Neusa Maria Bastos Fernandes dos Santos

Wagner Castropil

 https://doi.org/10.37572/EdArt_30052381117

CAPÍTULO 18219

TRANSFORMING TRADITIONAL PROFESSIONAL DEVELOPMENT INTO BLENDED LEARNING COMMUNITIES

Cristo Ernesto Yáñez León

James M. Lipuma

 https://doi.org/10.37572/EdArt_30052381118

CAPÍTULO 19230

IMPACTO FINANCIERO Y PSICOLÓGICO DEL FRAUDE INFORMÁTICO EN LOS MIEMBROS DE LAS COMUNIDADES EDUCATIVAS DE GUAYAQUIL

Yesenia Karina Alcívar Rendón

Diana Carolina Arriaga León

Damián Enrique Dattus Torres

Douglas Daniel Díaz Torres

Susana Mirella Gómez Cabrera

Alexandra Elizabeth Tituaña Montoya

Eraldo Voltaire Vargas Sánchez

María Yolanda Vera Vera

María Eufemia Villao Ordoñez

Olga Angélica Viteri Campoverde

 https://doi.org/10.37572/EdArt_30052381119

CAPÍTULO 20249

LAS REDES SOCIALES COMO MEDIO DE DIFUSIÓN DE LA COMUNIDAD LGBTQ+ EN VERACRUZ

Rossy Lorena Laurencio Meza

María del Pilar Anaya Avila

Carlos Eduardo Anaya Avila

Kevin Eloy Cué Rosales

 https://doi.org/10.37572/EdArt_30052381120

CAPÍTULO 21261

A TEORIA HIPODÉRMICA E A OPERACIONALIDADE DO MODELO DE COMUNICAÇÃO DE LASSWELL EM TEMPO DE REDES SOCIAIS: O CASO DE CHARLOTTESVILLE (EUA, 2017)

Paulo Bruno Alves

 https://doi.org/10.37572/EdArt_30052381121

SOBRE OS ORGANIZADORES296

ÍNDICE REMISSIVO 297

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE LOS ALGORITMOS MEDIANTE EL USO DE LAS FUNCIONES DE LANDAU

Data de submissão: 04/04/2023

Data de aceite: 18/04/2023

José Francisco Villalpando Becerra

Departamento de Matemáticas

Universidad de Guadalajara

México

<https://orcid.org/0000-0003-3226-7247>

María José Aceves Sepúlveda

Departamento de Ciencias

Exactas y Terrestres

Universidad Autónoma de Guadalajara

México

<https://orcid.org/0000-0002-1474-6247>

RESUMEN: El Análisis de Algoritmos trata, en términos generales, el determinar si un algoritmo es eficiente o no, así como la comparación de algoritmos, es decir, dados dos algoritmos que resuelvan el mismo problema, cuál de ellos es más eficiente. Si se pretende realizar el análisis de un algoritmo se debe elegir entre los diversos procedimientos que existen, siendo algunos más complicados que otros. El analizar algoritmos utilizando las funciones de Landau tiene diversas ventajas sobre otros procedimientos, esto se debe principalmente a que es posible

la comparación de algoritmos aun cuando estos se enfoquen en solucionar el mismo problema, esto independientemente del lenguaje de programación seleccionado, de la computadora donde se pretende ejecutar o del paradigma de programación elegido.

PALABRAS CLAVE: Análisis de algoritmos. Complejidad computacional. Eficiencia computacional. Funciones de Landau.

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF ALGORITHMS THROUGH THE USE OF LANDAU FUNCTIONS

ABSTRACT: Algorithm Analysis treats, in general terms, determining if an algorithm is efficient or not, as well as algorithm comparison, that is, given two algorithms that solve the same problem, which one is more efficient. If you intend to perform the analysis of an algorithm, you must choose between the various procedures that exist, some being more complicated than others. Analyzing algorithms using Landau functions has various advantages over other procedures, this is mainly due to the fact that it is possible to compare algorithms even when they focus on solving the same problem, regardless of the selected programming language, of the computer where is to be executed or the programming paradigm chosen.

KEYWORDS: Algorithm analysis. Computational complexity. Computational efficiency. Landau functions.

1 INTRODUCCIÓN

Actualmente las computadoras son cada día más rápidas y con mayor capacidad de almacenamiento, lo que origina que sea necesario contar con algoritmos que puedan trabajar cada vez con una cantidad mayor de datos de entrada. Contrariamente a lo que se piensa, esto demanda mayor cuidado en la eficiencia del algoritmo utilizado, debido a que su ineficiencia es más notoria cuando la cantidad de datos a procesar crece considerablemente (Weiss, 1995).

De acuerdo con Abellanas y Lodaes (1991) “para que una computadora sea capaz de resolver un determinado problema se necesita indicarle las acciones que debe realizar, es decir, se le debe señalar cómo tiene que resolverlo, esta descripción se conoce como algoritmo”, sin embargo, ¿este será eficiente? Uno de los procedimientos más utilizados por los expertos para este fin consiste en determinar su tiempo de ejecución. El Análisis de Algoritmos es muy útil para determinarlo, debido a que su principal función es comprobar la eficiencia de los algoritmos, apoyado precisamente en el tiempo de ejecución que tarda en resolver un problema en particular (Galve & González, 1997).

Además, el tiempo requerido para la solución del problema no solo depende del algoritmo utilizado, también es necesario considerar el conjunto de procedimientos utilizados por el programador. El resultado obtenido por el algoritmo puede adaptarse para funcionar de forma correcta con un conjunto determinado de datos de prueba. Esta situación suele ser más notoria si se utiliza otra computadora, un compilador diferente u otros datos entrada (Brassard & Bratley, 1997).

Para franquear esos conflictos, los especialistas en el tema, han adquirido como la principal medida para determinar la eficiencia de los algoritmos la denominada complejidad de tiempo asintótico. De acuerdo a Brassard y Bratley (1997) el concepto de eficiencia debe de referirse a este tipo de medida y particularmente a la complejidad de tiempo en el peor caso $T(n)$. La metodología para calcularlo se conoce como Análisis Asintótico. Si se desea obtener $T(n)$ durante el análisis asintótico es necesario calcular la cantidad de operaciones elementales que se efectúan durante la ejecución del algoritmo, lo que también es conocido simplemente como tiempo. En ocasiones encontrarlo no es fácil ya que este depende de la naturaleza del algoritmo.

Cuando se pretende determinar $T(n)$ de forma explícita es necesario emplear algunas reglas generales, las cuales son aplicadas de forma directa al algoritmo que se quiere analizar. Ya que se obtuvo $T(n)$ se procede a utilizar el Análisis Asintótico para determinar qué tan eficiente es el algoritmo. Existen diferentes formas para calcular $T(n)$, las cuales se basan en notaciones asintóticas, las más utilizadas son O , θ y Ω . La notación

O existe desde hace tiempo, en cambio θ y Ω son más recientes, estas fueron creadas para el análisis de algoritmos (Baase & Van Gelder, 2002).

Si no importa determinar de forma explícita el tiempo de un algoritmo se pueden utilizar las Funciones de Landau, creadas por Edmund Landau (1877-1938), las cuales utilizan notaciones y conceptos relacionados para determinar la complejidad computacional y el análisis de algoritmos de tipo asintótico, utilizando reglas análogas a las que existen para determinar $T(n)$. Particularmente se utiliza la notación $o(f)$ conocida como función de orden cuya magnitud es menor que Y , también es denotada como $X=o(Y)$ ó $(x_n)=o(y_n)$, la cual ofrece ciertas ventajas sobre otras notaciones de tipo asintótico cuando se comparan entre ellas.

2 COMPLEJIDAD COMPUTACIONAL EN RELACIÓN AL TIEMPO

Los programas son la representación de los algoritmos en un lenguaje de programación específico, los mismos pueden ser interpretados y ejecutados por una computadora. Así mismo, la forma de representar los algoritmos como programas no es única. También existen diversos algoritmos que se pueden utilizar para solucionar el mismo problema y cabe hacerse la pregunta ¿cuál de esos algoritmos es más eficiente?

Una opción para contestar dicho cuestionamiento es la de representar estos algoritmos mediante programas, luego ejecutar cada uno en la misma computadora y medir el tiempo requerido para conseguir la respuesta al problema. Dicho tiempo es un parámetro importante para considerar qué tan eficiente es el algoritmo, ya que este equivale al tiempo real utilizado por la computadora (Abellanas & Lodaes, 1990).

El tiempo que requiere una computadora está en relación directa con la cantidad de operaciones básicas que la computadora tiene que ejecutar en la solución del problema. Es decir, calcular el tiempo es equivalente a contar la cantidad de operaciones básicas que se tienen que realizar, también el tiempo equivale al utilizado por la computadora. Si este es muy grande, ocurre que, en la práctica, el algoritmo utilizado sea inútil, ya que según Abellanas y Lodaes (1990) “el tiempo que se necesita para la solución del problema puede superar el utilizable para el empleo de la computadora”. Desde ahora se considerará que cualquier operación básica se ejecutará en una unidad de tiempo. Este es el motivo por el cual se llama tiempo no al real físico, sino a la cantidad de operaciones básicas que se deben de realizar durante la solución del problema.

Como no es única la manera para representar los algoritmos mediante programas, ni la computadora que los ejecuta, resulta que el tiempo puede variar dependiendo del lenguaje de programación que se haya seleccionado, los programas que representan o la

computadora que los va a ejecutar. Debido a esto, nace la necesidad de calcular el tiempo que requiere cada algoritmo de forma independiente de dichos factores.

2.1 TIEMPO EN EL PEOR CASO $T(n)$

$T(n)$ es el tiempo que tarda algún algoritmo en obtener la respuesta a un problema en el caso en que el tiempo requerido sea el mayor de todos los posibles casos que se puedan presentar, también es denominado complejidad en el peor caso y formalmente se define como se enuncia a continuación:

Sea D_n el conjunto de todas aquellas entradas cuyo tamaño es n para un determinado problema, I una entrada que pertenezca a D_n y $t(I)$ la cantidad de operaciones elementales las cuales el algoritmo debe ejecutar con la entrada I , entonces $T(n)$ se define como $T(n) = \max\{t(I) \mid I \in D_n\}$

Si se sabe que un algoritmo cuyo $T(n)$ se comporta de determinada forma, entonces se puede estar seguro, que sin importar la cantidad de los datos de entrada, el tiempo que tardará en resolver el problema nunca será mayor que el tiempo que se conoce en el peor caso. Sin embargo, la posible ventaja que se obtiene con $T(n)$, puede verse afectada si ocurre que algún algoritmo que en el peor caso tenga un comportamiento desastroso pueda utilizarse en muchos casos si este se ocurre con poca frecuencia (Baase & Van Gelder, 2002).

En algunos algoritmos no es tarea sencilla el determinar el valor exacto de $T(n)$. Para ello es necesario calcular de forma exacta la cantidad de operaciones elementales en la cual su solución requiere un tiempo fijo previamente conocido (Abellanas & Lodaes, 1990).

3 ANÁLISIS DE ALGORITMOS

El análisis de algoritmos tiene como enfoque principal el obtener la cantidad de tiempo que es requerido por el algoritmo para obtener la respuesta a un problema determinado, dicho parámetro puede ser analizado respecto al peor caso, en este trabajo el enfoque será solamente al análisis de dicho tiempo.

Es necesario recordar que el tiempo que se obtendrá no corresponde al físico sino a la cantidad de operaciones básicas realizadas, además es necesario suponer que las estas operaciones se deben de ejecutar en una misma unidad de tiempo. Cabe señalar que el estudio que se hará de $T(n)$ será de tipo asintótico, esto es, se analizará el su comportamiento cuando la cantidad de datos de entrada crece considerablemente.

Existen diferentes maneras para obtener $T(n)$ en un algoritmo, todas se basan en ciertas reglas, las cuales pueden facilitar el poder calcular la cantidad de operaciones elementales que se deben realizar, estas hacen que sea más rápido y fácil calcular $T(n)$.

3.1 REGLAS PARA CALCULAR $T(n)$

Al analizar un algoritmo, el cálculo de las operaciones básicas se efectúa de dentro hacia afuera. Lo primero que se debe hacer, es calcular el tiempo de las instrucciones de forma individual, este está acotado generalmente por un valor constante; luego hay que combinar cada uno de los tiempos asociados a cada estructura de control la cual se debe de conectar con algunas instrucciones del algoritmo. Hay estructuras de control que tienen un análisis fácil, como las secuenciales, en cambio las repetitivas, suelen ser más refinadas. Las reglas y su descripción para calcular $T(n)$ se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Descripción de las reglas para calcular $T(n)$.

Regla	Estructura de Control	Descripción
1	Secuencial	Sólo es necesario sumar la cantidad de operaciones, esto significa lo único que se toma en cuenta es el valor máximo obtenido.
2	Condicional	El tiempo de una estructura condicional no es mayor que el tiempo de la condicional sumado al mayor de los tiempos de las instrucciones internas, sin importar que la condición tome el valor de verdadero o falso.
3	Repetitiva	El tiempo de una estructura repetitiva es cuando mucho el tiempo de las instrucciones que se encuentran dentro de la estructura (esto incluye las condicionales) multiplicado por la cantidad de repeticiones.
4	Repetitiva anidada	Se analizan de dentro hacia afuera. El tiempo total de proposición dentro de conjunto de estructuras repetitivas anidadas es el tiempo de las instrucciones multiplicado por cada tamaño de entrada en cada una de las estructuras.

Las reglas 1 y 2 son las más sencillas de aplicar, sin embargo, las 3 y 4, aunque también es fácil su aplicación, puede ocurrir que no se conozca con exactitud el total de repeticiones que se tienen que ejecutar para resolver el problema, en esta situación primeramente es necesario determinar la aparente cantidad de repeticiones y posteriormente aplicar las reglas 3 o 4 según sea el caso.

3.1.1 Ejemplo de la obtención de $T(n)$

A continuación se verá un ejemplo de un algoritmo del cual se obtendrá $T(n)$. El algoritmo en cuestión resuelve el problema de dada una lista de números naturales, determinar cuál es el máximo de todos los números que están en dicha lista. Cabe

mencionar que la forma en que se presenta el algoritmo es muy común en ciencias de la computación.

Entrada: Una lista $L = \{l_1, l_2, l_3, \dots, l_n\}$ donde $l_i \in \mathbb{N}$.

Paso 1: $m \leftarrow l_1, i \leftarrow 2$.

Paso 2: Si $m < l_i$ entonces $m \leftarrow l_i$.

Paso 3: $i \leftarrow i + 1$.

Paso 4: Si $i > n$ FIN. En otro caso ir al paso 2.

Salida: El máximo es m .

Utilizando las reglas que se presentaron para obtener $T(n)$ en cada uno de los pasos del algoritmo se tiene que para el paso 1 es necesario realizar 2 operaciones: 2 asignaciones (regla 1). Para el paso 2 es necesario realizar, en el peor caso, 2 operaciones: una asignación en la parte verdadera (regla 2) y una comparación. Para el paso 3 es necesario realizar 2 operaciones: una asignación y una adición (regla 1). Para el paso 4 es necesario realizar en el peor caso 2 operaciones: una acción ya sea en la parte verdadera o falsa (regla 2) y una comparación. Además, el ciclo principal del algoritmo va del paso 2 al paso 4 y son necesarias en el peor caso 6 operaciones. Luego de haber aplicado el primer paso, por única ocasión, se requieren de $n - 1$ repeticiones para llegar al final del algoritmo. Por tanto, la cantidad de operaciones que necesitan en el peor caso son $T(n) = 2 + 6(n-1) = 6n - 4$. El valor obtenido para $T(n)$ también se suele llamar función tiempo en el peor caso.

Si se utilizará la nomenclatura asintótica O , se tendría que $T(n) = O(n)$, lo que significa que $T(n)$ crecen por lo menos tan rápidamente como n y se dice que el algoritmo tiene complejidad lineal, ya que entre otras cosas $T(n)$ es un polinomio de grado 1. Esto es debido a las propiedades de la notación O . Por la naturaleza de este trabajo no es posible mencionar a más detalle esta notación además de que el enfoque del mismo es con respecto a las funciones de Landau, las cuales se verán a continuación.

4 ANÁLISIS DE ALGORITMOS APLICANDO FUNCIONES DE LANDAU

Si se quiere determinar directamente la complejidad para algún algoritmo, se pueden emplear las propiedades y definiciones de las funciones de Landau, principalmente el concepto de orden de magnitud menor, además de utilizar de forma análoga, varios de los criterios que se utilizan al obtener $T(n)$.

4.1 FUNCIONES DE LANDAU

Primeramente, es necesario definir el concepto de acotación.

Si se tiene un conjunto S tal que $S \subset \mathbb{R}$ entonces $u \in \mathbb{R}$ es cota superior si $s \leq u \forall s \in S$ y $w \in \mathbb{R}$ es cota inferior si $w \leq s \forall s \in S$. Cuando S posee cota superior es acotado por arriba y cuando posee cota inferior es acotado por abajo. Cuando posee tanto cota superior como inferior es acotado y cuando no cuenta con cota superior o inferior es no acotado (Bartle, 1997).

Para obtener el orden de magnitud de una sucesión o comparar dos sucesiones con respecto a su magnitud se deben descartar los términos que no aportan ninguna contribución (Bartle, 1997). A manera de ejemplos se tiene que cuando $y_n = n^2 - 5$, entonces si $n \in \mathbb{N}$ crece de forma considerable, la contribución dominante, se deriva del término n^2 y cuando $x_n = 4n^5 - \frac{n(n+1)(n+2)}{3} + 3n^2 - 12$, entonces si $n \in \mathbb{N}$ es muy grande, la contribución dominante se deriva del término $4n^5$.

Con la finalidad de dar mayor precisión a esta idea se mencionarán algunas notaciones y términos de Landau que a menudos son muy útiles (Bartle, 1997).

Sean $X = (x_n)$ y $Y = (y_n)$ sucesiones en \mathbb{R} y sea $y_n \neq 0, \forall n \in \mathbb{N}$ lo suficientemente grande, es decir, cuando n tiende al infinito.

- a) Si $\lim \frac{x_n}{y_n} = c$, se dice que X y Y son equivalentes y se escribe $X \sim Y$ o $(x_n) \sim (y_n)$.
- b) Si $\lim \frac{x_n}{y_n} = 0$, se dice que X es de un orden de magnitud menor que Y y se escribe $X = o(Y)$ o $(x_n) = o(y_n)$.
- c) Si la sucesión $\left(\frac{x_n}{y_n}\right)$ está acotada, se dice que X está dominado por Y y se escribe $X = O(Y)$ o $(x_n) = O(y_n)$.

La expresión anterior significa que $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{X}{Y} = c$, donde $c < \infty$, incluido el caso en el que el límite es cero, es decir, el límite del cociente de X y Y existe y no es infinito, entonces X no crecerá más rápidamente que Y . Si el límite es ∞ , entonces X sí crece más rápidamente que Y .

4.1.1 Regla del máximo

Es una regla muy utilizada al demostrar que una función es del orden de magnitud de otra y se define como sigue: sean f y g son dos funciones de \mathbb{N} en \mathbb{R} , es decir, $f: \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{R}$ y $g: \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{R}$, la regla del máximo afirma que:

$$o(f(n) + g(n)) = o(\max(f(n), g(n)))$$

4.2 ANÁLISIS ASINTÓTICO Y FUNCIONES DE LANDAU

Las notaciones asintóticas $O(f)$ y $o(f)$ provienen de las funciones de Landau, más sin embargo la notación $O(f)$ es la única que se utiliza, esto quizá es debido a que es la

primera que se utilizó en las ciencias de la computación para el análisis de algoritmos y el estudio de la complejidad computacional y de hecho, casi en cualquier libro que se tenga de Algoritmia, Análisis de Algoritmos, Estructuras de Datos o Matemáticas Discretas, se podrá encontrar información de dicha notación y de manera de usarla y aplicarla. No ocurre lo mismo con la notación $o(f)$, ya que es sumamente difícil encontrar información sobre la misma, y no se diga la manera de utilizarla y aplicarla.

Si se pasa a la notación asintótica dada por Landau se tiene que si f y g son dos funciones de \mathbb{N} en \mathbb{R} , es decir, $f: \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{R}$ y $g: \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{R}$, se dice que $f(n)$ es $o(g)$ siempre y cuando

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{f(x)}{g(x)} = 0.$$

Si una función $f(n) \in o(n)$, se dice que “ f es o minúscula de g ”. En la nomenclatura de Landau se diría que “ f es de orden de magnitud menor que g ”.

Antes de continuar se verán tres ejemplos de cómo una función es de orden menor que otra, es decir, es $o(n)$.

- Sea $f(n) = \sqrt{n}$. Entonces $f(n) = o(n)$. Para comprobar esta afirmación se tiene que

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{n}}{n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{\sqrt{n}} = 0$$

con lo cual se comprueba que $f(n) = o(n)$, además de indicar que la raíz cuadrada de un número crece mucho más lentamente que el número dado.

- Si $f(n) = 3n + 4$, entonces $f(n) = o(n^2)$. Primeramente, se tiene que la contribución dominante está dada por $3n$, por lo que se tiene que

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{3n}{n^2} = \lim_{n \rightarrow \infty} 3 \left(\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n}{n^2} \right) = 3 \left(\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \right) = (3)(0) = 0$$

con lo que efectivamente $f(n) = o(n^2)$, además de indicar que $f(n)$ crece mucho más lentamente que una función cuadrática.

- Ahora sea $f(n) = 4n^5 - \frac{n(n+1)(n+2)}{3} + 3n^2 - 12$, y se quiere obtener el orden asintótico de dicha función en base a la notación $o(n)$. La contribución dominante la hace el término $4n^5$, pero como el orden de magnitud debe ser menor, entonces se deberá tomar el conjunto de orden inmediato superior, de acuerdo a los conjuntos $o(n)$, y así obtener el orden de la función deseada, utilizando la notación que estamos empleando en este punto. En este caso será $o(n^6)$, por lo que se deduce que $f(n) = o(n^6)$. Lo siguiente que se tiene que hacer es aplicar la definición y comprobar que se ha elegido el orden magnitud menor correcto, esto es

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{4n^5}{n^6} = \lim_{n \rightarrow \infty} 4 \left(\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n^5}{n^6} \right) = 4 \left(\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \right) = (4)(0) = 0$$

por lo que efectivamente $o(n^6)$, además de indicar que la complejidad computacional de dicha función no es considerada como buena.

4.3 OBTENCIÓN DE $o(n)$

Hasta el momento se ha visto como obtener el orden de magnitud menor utilizando funciones preestablecidas, pero qué pasará si se quiere encontrar directamente el orden de un algoritmo sin necesidad de encontrar explícitamente la función tiempo del mismo.

Lo que se tiene que hacer es aplicar las propiedades de las funciones de Landau y algunas de las reglas para obtener $T(n)$. Por ejemplo, se determinará $o(n)$ del algoritmo de la burbuja descrito a continuación:

Algoritmo de la burbuja

Entrada: Una lista $L = \{l_1, l_2, l_3, \dots, l_n\}$ donde $l_i \in \mathbb{N}$.

Paso 1. Asignar $j \leftarrow n, i \leftarrow 1$.

Paso 2. Si $j < n$ entonces si $l_i > l_{i+1}$ intercambiar l_i con l_{i+1} . En caso contrario, es decir, $i \geq j$, ir al paso 4.

Paso 3. $i \leftarrow i+1$ y volver al paso 2.

Paso 4. Si $j > 2$ asignar $j \leftarrow j-1$ y $j-1$ y volver al paso 2.

Paso 5. FIN.

Salida: La lista L ordenada.

Analizando el algoritmo se tiene que en el paso 1, se realiza un número constante de operaciones, por lo que existe una complejidad constante, es decir, $O(1)$, pero hay una propiedad que relaciona a $o(1)$ y $O(1)$, es indistinto en este caso poner cualquiera de las dos, ya que además $o(n) \subset O(n)$.

El control principal del algoritmo está dado entre los pasos 2 al 4, y este se ejecuta hasta que j toma el valor de 2 y, en cada paso i va siendo menor que j , además se observa que en cada iteración se va ordenando un elemento, por tanto, el número de iteraciones para llegar al término de algoritmo en el peor caso es

$$n + (n - 1) + \dots + 3 + 2 + 1 = \frac{n(n+1)}{2}.$$

La expresión anterior tiene complejidad $o(n^3)$, esto es fácil de comprobar aplicando la definición de orden de magnitud menor. Dentro del ciclo principal se tiene que en el paso 2 hay una condición que realiza un número constante de operaciones, es decir, es $o(1)$. En la parte verdadera se tiene otra condición con un número constante de

operaciones, en la parte falsa se tiene también un número constante de operaciones. En este paso se da que $o(1) + o(1) + o(1)$ da como resultado precisamente $o(1)$, por las propiedades de $o(1)$.

En el paso 3 nuevamente se realiza un número constante de operaciones, por lo nuevamente tenemos $o(1)$. Y por último, en el paso 4, se tiene una condición con un número constante de operaciones, $o(1)$ vuelve a aparecer. Ahora, si se suman los valores de complejidad encontrados, se tiene que

$$o(1) + o(1) + o(1) + o(1) + o(n^3) = o(1) + o(n^3) = \max(o(1), o(n^3)) = o(n^3)$$

lo que nos da como resultado que $T(n) = o(n^3)$.

El resultado anterior indica que la función tiempo del algoritmo de la burbuja tiene una complejidad computacional $o(n^3)$, esto es, dicha función crece mucho más lento que una función cúbica, o lo que sería lo mismo, que por más que n crezca nunca llegará a tener valores iguales a una función cúbica.

Entonces $o(f)$ nos asegura que la cota superior obtenida lo es para todos los valores de $f(n)$, lo que no ocurría con $O(f)$, pues la cota superior obtenida lo era para todos los valores de $f(n)$ salvo una cantidad finita de excepciones, siendo dichas excepciones donde se tienen valores comunes de ambas funciones. Con esto se muestra que se puede obtener la complejidad computacional de un algoritmo, sin necesario encontrar explícitamente su función tiempo si se utilizan las funciones de Landau.

5 CONSIDERACIONES FINALES

Comprobar la eficiencia de un algoritmo equivale a medir la complejidad del tiempo asintótico en el peor caso $T(n)$ de este, o lo que es lo mismo, de qué orden es el número de operaciones elementales que requiere el algoritmo cuando el tamaño de la entrada de datos es suficientemente grande, en el peor caso, lo cual no es tarea complicada si se utilizan Funciones de Landau.

El aplicar Funciones de Landau cuando se analizan algoritmos, da como resultado un método basado en la notación asintótica $o(n)$, la cual ofrece mayores ventajas que otras notaciones asintóticas. Entre las principales ventajas se tiene que:

- a) Se puede obtener directamente la complejidad del tiempo asintótico en el peor caso $T(n)$.
- b) No es necesario encontrar explícitamente la función tiempo.
- c) Se aplican reglas similares a las que se requieren para obtener $T(n)$.
- d) Es fácil de comprender y de utilizar.
- e) Se puede interpretar rápidamente el resultado (comportamiento del algoritmo).

La única desventaja que se tiene es que se requieren algunos conocimientos elementales de Análisis Matemático.

Al ser claramente más ventajoso el utilizar Funciones de Landau se está en la posibilidad de saber que tan eficiente es un algoritmo o de elegir de entre varios algoritmos que resuelvan el mismo problema, cuál es el más eficiente de ellos, esto de una manera rápida y confiable, ya que se puede conocer cómo se comportará el algoritmo aún antes de codificarlo y programarlo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abellanas, M. y Lodaes, D. (1991). *Matemáticas discretas* (1a. ed.). México: Macrobit / RA-MA.

Abellanas, M. y Lodaes, D. (1990). *Algoritmos y teoría de grafos* (1a. ed.). México: Macrobit / RA-MA.

Baase, S. y Van Gelder, A. (2002). *Algoritmos computacionales. Introducción al análisis y diseño* (3a. ed.). México: Addison Wesley.

Bartle, G. (1987). *Introducción al análisis matemático* (2a. reim.). México: Limusa.

Brassard, G. y Bratley, P. (1997). *Fundamentos de algoritmia* (1a. reim.). España: Prentice Hall.

Galve, G., y González, J. (1997). *Algorítmica. Diseño y análisis de algoritmos funcionales e imperativos* (1a. ed.). Estados Unidos: Addison- Wesley Iberoamericana/ RA-MA.

Weiss, M. A. (2014). *Data Structures and Algorithm Analysis in C++* (4a ed). Pearson.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Jorge Rodrigues é economista. Licenciado, mestre e doutor em Gestão (ISCTE-IUL), com Agregação (UEuropeia). Mestre e pós-doutorado em Sociologia – ramo sociologia económica das organizações (FCSH NOVA). Professor coordenador com agregação no ISCAL – *Lisbon Accounting and Business School* / Instituto Politécnico de Lisboa, Portugal. Exerceu funções de direção em gestão (planeamento, marketing, comercial, finanças) no setor privado, público e cooperativo. Contabilista certificado. É investigador integrado no Instituto Jurídico Portucalense. Ensina e publica nas áreas de empresa familiar e família empresária, estratégia e finanças empresariais, gestão global, governabilidade organizacional, marketing, planeamento e controlo de gestão, responsabilidade social e ética das organizações.

<https://orcid.org/0000-0001-7904-0061>

Maria Amélia Marques, Doutora em Sociologia Económica das Organizações (ISEG/ULisboa), Mestre em Sistemas sócio-organizacionais da atividade económica - Sociologia da Empresa (ISEG/ULisboa), Licenciada (FPCE/UCoimbra), Professora Coordenadora no Departamento de Comportamento Organizacional e Gestão de Recursos Humanos (DCOGRH) da Escola Superior de Ciências Empresariais, do Instituto Politécnico de Setúbal (IPS/ESCE), Portugal. Membro efetivo do CICE/IPS – Centro Interdisciplinar em Ciências Empresariais da ESCE/IPS. Membro e Chairman (desde 2019 da ISO-TC260 HRM Portugal. Tem várias publicações sobre a problemática da gestão de recursos humanos, a conciliação da vida pessoal, familiar e profissional, os novos modelos de organização do trabalho, as motivações e expectativas dos estudantes Erasmus e a configuração e dinâmica das empresas familiares. Pertence a vários grupos de trabalho nas suas áreas de interesses.

<https://orcid.org/0000-0002-7196-3838>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agile programming 1, 6
Agile training 1, 6
Alquitrán 46, 47, 48, 49, 50, 51
Alternatives to plastic 120, 132, 133, 135
Análisis de algoritmos 35, 36, 37, 38, 40, 42, 45

B

Base design 23, 24
Blended Learning 219, 220, 222, 223, 224, 226, 227, 228

C

Caracterización 51, 147, 189, 192, 193
Charlottesville 261, 262, 263, 273, 277, 278, 279, 281, 282, 283, 284, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295
Ciber espacio 231
Climate 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 226
Climate change 92, 93, 94, 95, 98, 99, 100, 101, 102, 103
Climate crisis 92, 98
Climate shock 92, 93, 94, 95, 98, 99, 100, 101, 102
Competências 61, 176, 194, 200, 201, 202, 203, 205, 206, 207, 210, 215, 216, 217, 218
Complejidad computacional 35, 37, 42, 43, 44
Compuestos aromáticos 46, 49
Comunicación 15, 64, 93, 158, 160, 169, 171, 175, 184, 190, 193, 194, 231, 232, 235, 248, 249, 252, 254, 255, 256, 257, 259, 260
Comunidad LGBTTTTIQ+ 249, 251, 252, 255, 258
Consumer behavior 120, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 136, 137, 140
Control clásico 11, 18
Control difuso 11, 16, 17
Convivencia 167, 172, 173, 175, 231, 232, 245, 259
Corpora 77, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88

E

Eco-amigables 179, 180, 185, 186

Economía 53, 54, 61, 62, 89, 92, 93, 107, 136, 164, 186, 206
Economy 92, 93, 94, 95, 96, 98, 99, 100, 101, 108, 124, 128, 132, 136, 138
Education 10, 122, 124, 126, 139, 151, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229
Effective instruction 219, 225
Eficiencia computacional 35
Empoderamiento 107, 112, 113, 114, 115, 117, 118, 119, 256
Empresa familiar 167, 168, 169, 170, 172, 173, 174, 175, 177
Empresas ecuatorianas 152, 153, 154, 163, 164
Entrevista focalizada 249, 252, 255
Esportismo 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 210, 216, 217, 218
Estándares internacionales 153, 158

F

Famílias estruturadas 23, 25, 28, 32
Fraude 195, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 237, 238, 240, 241, 244, 245
Funciones de Landau 35, 37, 40, 41, 43, 44, 45
Fuzzy logic control 22, 64

G

Grupos de intereses 153

H

Huaraches cómodos 178, 179, 182, 186, 187
Hulla 46, 47, 48, 49, 50, 51

I

Incertidumbre 52, 53, 55, 58, 60
Infrarojo 46
Instrumento 53, 107, 146, 172, 189, 193, 205, 217, 233, 263, 264, 265

J

Jornalismo 261, 262, 292, 293
Judô 200, 201, 202, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 218

K

K-12 219, 225
Kwarachi-Innova 178, 179, 180, 186, 187

L

Lasswell 261, 262, 263, 264, 265, 266, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 277, 281, 282, 284, 285, 288, 289, 292, 293, 294, 295

Liderazgo 112, 176, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196

LMI sliding modes observer 64

M

Manuais de instruções dos eletrodomésticos 77, 80, 81

Materiales sustentables 178, 179, 182, 184, 186, 187

Matrizes estocásticas simétricas 23, 25, 29, 32

Mercados públicos 107, 108, 113

Modelo 16, 23, 25, 28, 32, 56, 57, 64, 139, 144, 151, 160, 164, 167, 168, 169, 172, 173, 175, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 213, 216, 217, 218, 261, 262, 263, 264, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 277, 278, 281, 282, 284, 285, 288, 289, 292, 293, 294

Modelos 23, 25, 28, 29, 32, 33, 173, 174, 189, 190, 191, 259, 265, 294

Mujeres rurales 107, 109, 110, 111, 113, 114, 117, 118, 119

O

Online learning 219, 220, 222, 226, 227, 228

Online professional learning community 219, 221, 222, 228

Operaciones 36, 37, 38, 39, 40, 43, 44, 108, 154, 165, 167, 168, 171, 172, 173, 174, 175

P

Perspectiva de género 113, 118, 249, 252, 253, 255, 257, 259

Pesquisa narrativa 200, 201, 205, 216, 217

Phishing 231, 234, 235, 236, 237, 238, 241, 245, 246, 247

Población 53, 54, 109, 110, 111, 141, 142, 143, 145, 146, 147, 148, 150, 163, 236, 240, 246, 258, 260

Professional development 219, 220, 221, 222, 228, 229

Professional learning and training methods 219

Programming training 1, 6

Programming with scrum 1

Propiedad 15, 43, 161, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175

Q

Qualitative approach 120, 122, 153

R

Racionalidade financeira 52, 55

Racionalidade limitada 52, 53, 55, 56, 57, 60, 61

Redes sociais 239, 243, 244, 249, 251, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260

Relleno sanitario 141, 142, 144, 145, 148, 149

Resíduos sólidos urbanos 141, 142, 144, 147, 149, 150, 151

Responsabilidade social 152, 153, 154, 156, 158, 159, 160, 161, 163, 164, 165, 166

Robot móvel 11, 13, 14, 18, 22

S

Satisfação de gostos y necessidades 179

Scrum 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10

Single-use plastic packaging 120, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 133, 134, 135, 136

Sistemas de control 11, 12, 13, 22

Subproduto 46, 47, 50, 143

Sustainable consumption 120, 125, 126, 129, 130, 136

T

Takagi Sugeno fuzzy model 64, 65, 76

Teoria hipodérmica 261, 262, 263, 267, 268, 271, 272, 273, 293

Terminologia controlada 77

Toma de decisiones 15, 52, 53, 55, 56, 57, 59, 60, 115, 157, 169, 172, 192, 196

Tradução automática 77, 78, 79, 80, 82, 83, 85, 88, 89

U

United States 22, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 143, 151, 219, 262, 275, 286, 294

V

Variables 17, 33, 64, 65, 66, 67, 141, 142, 144, 146, 147, 148, 149, 163, 172, 173, 177

Virtualidade 231, 255