

# ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO:

Docência, pesquisa e inovação tecnológica

2

Lilian Coelho de Freitas  
(Organizadora)



# ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO:

Docência, pesquisa e inovação tecnológica

2

Lilian Coelho de Freitas  
(Organizadora)

  
Atena  
Editora  
Ano 2023

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

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

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

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof<sup>o</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof<sup>o</sup> Dr Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Regina Célia da Silva Barros Allil – Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

# Engenharia elétrica e de computação: docência, pesquisa e inovação tecnológica 2

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadora:** Lilian Coelho de Freitas

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b>	
E57	Engenharia elétrica e de computação: docência, pesquisa e inovação tecnológica 2 / Organizadora Lilian Coelho de Freitas. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-1194-9 DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.949233103">https://doi.org/10.22533/at.ed.949233103</a>  1. Energia elétrica. 2. Computação. I. Freitas, Lilian Coelho de (Organizadora). II. Título.  CDD 623.3
<b>Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166</b>	

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

O e-book intitulado “*Engenharia elétrica e de computação: Docência, pesquisa e inovação tecnológica 2*” está organizado em 07 capítulos, os quais abordam temáticas como robótica, modelagem matemática para resolução de problemas, desenvolvimento de aplicativos e redes de computadores.

O Capítulo I apresenta um protótipo de um robô móvel autônomo terrestre para auxílio de pessoas com dificuldade de transporte de carga.

O Capítulo II mostra aplicações e tendências tecnológicas em robótica empregando sistemas computacionais inteligentes.

O Capítulo III propõe o uso de uma aplicação Android para ajudar idosos, visando simplificar o acesso de algumas funções, como gerenciamento de contatos, gerenciamento de aplicativos e gerenciamento de medicamentos.

O Capítulo IV consiste em uma revisão sistemática de meta-heurísticas para problemas de escalonamento do tipo *flexible job shop* e destaca a utilização de algoritmos genéticos como uma solução amplamente utilizada neste tipo de problema.

O Capítulo V demonstra a configuração de *switches* em uma rede utilizando um computador de placa única (*single-board computer* – SBC) com gerência remota e sistema Web.

O Capítulo VI discute a modelagem e análise do crescimento populacional de uma cidade inteligente usando a técnica de mapas cognitivos *fuzzy* (FCM).

O Capítulo VII analisa a proposta de uso de placas piezoelétricas na estação de metrô Sé, em São Paulo, como uma forma inovadora de gerar energia limpa, convertendo energia cinética em energia elétrica.

Cada capítulo apresenta um relato único, com resultados práticos, consistentes e didáticos. Dessa forma, o leitor poderá aprofundar seus conhecimentos em diferentes assuntos relacionados à engenharia elétrica e de computação.

Finalizo, expressando meus sinceros agradecimentos aos autores deste *e-book*, pelas contribuições e pela parceria com a Atena Editora.


Aos nossos leitores, desejo um ótimo estudo!

Lilian Coelho de Freitas



**CAPÍTULO 1 ..... 1****ROBÔ MÓVEL AUTÔNOMO TERRESTRE PARA AUXÍLIO DE PESSOAS COM DIFICULDADE DE TRANSPORTE DE CARGA**

Márcio Mendonça  
 Emanuel Ignacio Garcia  
 Vera Adriana Huang Azevedo Hypólito  
 André Luis Shiguemoto  
 João Maurício Hypólito  
 Michelle Eliza Casagrande Rocha  
 Fabio Rodrigo Milanez  
 Luiz Francisco Sanches Buzachero  
 Matheus Gil Bovolenta  
 Celso Alves Correa  
 Rodrigo Rodrigues Sumar  
 André Luis Shiguemoto  
 Vicente de Lima Gongora  
 Marcio Aurélio Furtado Montezuma  
 Andressa Haiduk  
 Francisco de Assis Scannavino Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9492331031>


**CAPÍTULO 2 ..... 12****APLICAÇÕES E TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS EM ROBÓTICA EMPREGANDO SISTEMAS COMPUTACIONAIS INTELIGENTES**

Márcio Mendonça  
 Emerson Ravazzi Pires da Silva  
 Kazuyochi Ota Junior  
 João Maurício Hypólito  
 Andressa Hayduk  
 Fabio Rodrigo Milanez  
 Vicente de Lima Gongora  
 Matheus Gil Bovolenta  
 Rodrigo Rodrigues Sumar  
 Luiz Francisco Sanches Buzachero  
 Francisco de Assis Scannavino Junior  
 Nikolas Catib Boranelli  
 Luiz Henrique Geromel  
 Edinei Aparecido Furquim dos Santos  
 Rodrigo Henrique Cunha Palácios  
 Carlos Alberto Paschoalino  
 Marcio Aurélio Furtado Montezuma

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9492331032>

**CAPÍTULO 3 .....25****AN ANDROID APP TO HELP THE ELDERLY**

Antonio Sarasa Cabezuelo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9492331033>

<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>40</b>
REVISÃO SISTEMÁTICA DE META-HEURÍSTICAS PARA FLEXIBLE JOB SHOP SCHEDULING PROBLEM (FJSSP)	
Rebeca Emi Ito	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.9492331034">https://doi.org/10.22533/at.ed.9492331034</a>	
<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>60</b>
CONFIGURAÇÃO DE SWITCHES EM UMA REDE UTILIZANDO UMA SBC COM GERÊNCIA REMOTA E SISTEMA WEB	
André Luís Maldonado Daniel	
Paulo Denis Garcez da Luz	
Roberto Wilhelm Krauss Martinez	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.9492331035">https://doi.org/10.22533/at.ed.9492331035</a>	
<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>67</b>
CRESCIMENTO POPULACIONAL DE UMA CIDADE INTELIGENTE USANDO TÉCNICAS COGNITIVAS MOLEDOS MENTAIS FUZZY	
Márcio Mendonça	
Henrique Cavalieri Agonilha	
Vicente de Lima Gongora	
Marco Antônio Ferreira Finocchio	
Marcio Aurélio Furtado Montezuma	
Matheus Gil Bovolenta	
Wesley Candido da Silva	
Ricardo Breganon	
Rogério Breganon	
Rodrigo Rodrigues Sumar	
Gabriela Helena Bauab Shiguemoto	
João Maurício Hypólito	
Fábio Rodrigo Milanez	
Kazuyochi Ota Junior	
Luiz Henrique Geromel	
Vicente de Lima Gongora	
Francisco de Assis Scannavino Junior	
Carlos Alberto Paschoalino	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.9492331036">https://doi.org/10.22533/at.ed.9492331036</a>	
<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>85</b>
O USO DE PLACAS PIEZOELÉTRICAS NA ESTAÇÃO DE METRÔ SÉ	
Silas Gabriel Leonel de Oliveira	
Sabino Lapenna Júnior	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.9492331037">https://doi.org/10.22533/at.ed.9492331037</a>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA .....</b>	<b>97</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>98</b>

# CAPÍTULO 1

## ROBÔ MÓVEL AUTÔNOMO TERRESTRE PARA AUXÍLIO DE PESSOAS COM DIFICULDADE DE TRANSPORTE DE CARGA

*Data de aceite: 01/03/2023*

### **Márcio Mendonça**

Departamento Acadêmico de Engenharia  
Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/5415046018018708>

### **Emanuel Ignacio Garcia**

Acadêmico do Departamento Acadêmico  
de Engenharia Elétrica (DAELE)  
Departamento Acadêmico de Engenharia  
Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/8501809850590859>

### **Vera Adriana Huang Azevedo Hypólito**

Departamento Computação-E TEC Estácio  
de Sá  
Ourinhos-SP  
<http://lattes.cnpq.br/6169590836932698>

### **André Luis Shiguemoto**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná  
Departamento Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/9243656534211182>

### **João Maurício Hypólito**

Departamento Computação-FATEC  
Ourinhos-SP  
<http://lattes.cnpq.br/5499911577564060>

### **Michelle Eliza Casagrande Rocha**

Universidade Norte do Paraná – Unopar  
– Kroton  
Londrina-PR  
<http://lattes.cnpq.br/4411484670091641>

### **Fabio Rodrigo Milanez**

Faculdade da Industria Senai  
Londrina-PR  
<http://lattes.cnpq.br/3808981195212391>

### **Luiz Francisco Sanches Buzachero**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná  
Departamento Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/1747856636744006>

### **Matheus Gil Bovolenta**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná  
Acadêmico do Departamento Acadêmico  
de Engenharia Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/7114274011978868>

### **Celso Alves Correa**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia  
Mecânica (Damec)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/8547137298279961>

**Rodrigo Rodrigues Sumar**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/1461760661483683>

**André Luis Shiguemoto**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/9243656534211182>

**Vicente de Lima Gongora**

Faculdade da Industria Senai  
Londrina-PR  
<http://lattes.cnpq.br/6169590836932698>

**Marcio Aurélio Furtado Montezuma**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná –  
Departamento Engenharia Mecânica (DAMEC)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/2487283169795744>

**Andressa Haiduk**

Dimension Engenharia  
Ponta Grossa - Pr  
<http://lattes.cnpq.br/2786786167224165>

**Francisco de Assis Scannavino Junior**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)

**RESUMO:** A robótica é uma crescente área de estudo, que busca realizar tarefas comumente realizadas pelo homem através do uso de máquinas. A robótica móvel trata-se de uma área da robótica, que utiliza da dinâmica de sistemas mecânicos para a realização de tarefas. Para a realização das mesmas, os robôs móveis utilizam de sensores, que são responsáveis pela obtenção de informação do ambiente no qual o robô está inserido. A robótica assistiva, por sua vez, trata-se de uma área da robótica responsável pela utilização de robôs autônomos para ajudar, sobretudo, pessoas acometidas por deficiências ou limitações, como por exemplo, o uso de robôs para o transporte de cargas para gestantes e idosos. O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um robô móvel autônomo de baixo custo, capaz de realizar o transporte de carga para seu usuário, perseguindo o mesmo e desviando de obstáculos, situação análoga à um robô seguidor de líder. Para isto, feito uso de um controlador *Fuzzy*, juntamente à uma máquina de estados. Foi desenvolvido uma simulação e um protótipo, ambos capazes de seguir o alvo desejado e desviar de obstáculos em tempo real. Esse trabalho se encerra com uma conclusão e sugestão para futuros trabalhos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aplicações tecnológicas em meio social; Robótica assistiva; Robótica autônoma.

## AUTONOMOUS LAND MOBILE ROBOT TO HELP PEOPLE WITH DIFFICULTY CARRYING WEIGHT

**ABSTRACT:** Robotics is a growing area of study, which seeks to perform tasks commonly performed by man using machines. Mobile robotics is an area of robotics, which uses the dynamics of mechanical systems to perform tasks. To carry out the same, mobile robots use sensors, which are responsible for obtaining information from the environment in which the robot is inserted. Assistive robotics, in turn, is an area of robotics responsible for the use of autonomous robots to help, above all, people with disabilities or limitations, such as the use of robots to transport loads for pregnant women and/or the old people. The objective of this work is the development of an autonomous low-cost mobile robot, capable of carrying cargo to its user, chasing it and avoiding obstacles, a situation analogous to a leader-following robot. For this, a fuzzy controller was used, together with a state machine. A simulation and a prototype were developed, both capable of following the desired target and dodging obstacles in real-time. This work ends with a conclusion and suggestion of future works.

**KEYWORDS:** Technological applications in social environment; Service robotics; Autonomous robotics.

### 1 | INTRODUÇÃO

A robótica surgiu como maneira de automatizar o trabalho humano perigoso e repetitivo presente nas fábricas através do uso de máquinas. Durante os últimos 70 anos, o estudo da robótica teve seu foco na busca pelas soluções técnicas das aplicações da robótica (E. Garcia *et al*, 2007). Com o passar do tempo, a modernização da sociedade trouxe uma nova demanda de serviços, com maior grau de autonomia e robustez, de forma que os robôs agora não são necessários apenas na indústria, mas também na prestação de serviços aos seres humanos. O avanço da robótica, nas suas mais diferentes áreas, acabou aproximando a mesma ao ser humano, através da robótica de serviços e de campo (E. Garcia *et al*, 2007).

Para muitos pesquisadores a robótica é dividida em um duas áreas, robótica programada e robótica inteligente, ou seja na programada se houver alguma alteração na atividade do robô, o mesmo terá que ser reprogramado (MENDONÇA et al., 2020). Já na robótica autônoma, o robô deve ser capaz de aprender e de se adaptar (duas premissas da inteligência artificial, de forma especifica sistemas computacionais inteligentes) (Semi-Unknown Environments Exploration Inspired by (Swarm Robotics using Fuzzy Cognitive Maps). Alias a imitação do comportamento humano sempre foi motivo de inspiração da robótica inteligente Alias essas duas Áreas devem trabalhar juntar e atualmente é quase impossível separar um da outra. Porém para esse objetivo algumas considerações devem ser feitas a seguir.

Como ramo da ciência da computação, a Inteligência Artificial (IA) busca incutir em dispositivos eletrônicos capacidades similares ao raciocínio humano, como a análise e a tomada de decisões. Em outras palavras, o objetivo da IA é imitar (talvez, até mesmo superar) a inteligência humana (MAJA J. MATARIC, 2008).

Diferentemente dos primeiros robôs desenvolvidos, utilizados para realizar operações repetitivas, a aplicação de robôs na medicina tem direta relação com o ser humano e tem proporcionado grandes benefícios aos seus pacientes. O uso de robôs em cirurgias possibilita maior precisão ao cirurgião que o opera, evitando movimentos bruscos, proporcionado menor evasão ao paciente, e servindo como uma extensão da limitação humana do cirurgião (A. M. Okamura, M. J. Mataric and H. I. Christensen, 2010).

Não só dentro das salas de cirurgias, o uso de robôs na medicina faz presente robôs enfermeiros, como no trabalho de J. Pineau *et al* (2003), onde um robô móvel foi desenvolvido para ajudar idosos portadores de pequenas limitações físicas e cognitivas, fornecendo informações e guiando os idosos, auxiliando ainda o trabalho dos enfermeiros.

A robótica móvel, por sua vez, teve início juntamente com a aplicação de robôs nas linhas de produção, sendo utilizados de maneira guiada para o transporte de objetos, através de trajetos pré-definidos dentro das fábricas. Atualmente, os robôs móveis atuam de maneira autônoma, não só dentro de fábricas, mas assim como em ambientes abertos, através da arquitetura: percepção, auto localização, planejamento de trajetória e execução do movimento (E. Garcia *et al*, 2007).

Dentre as mais diversas tarefas desempenhadas pelos robôs móveis, como transporte de carga e exploração, por exemplo, destaca-se a necessidade de que estes robôs, por vezes, busquem e sigam alvos em ambientes presentes de obstáculos (Y. Meng, X. Liu e Z. Liang, 2007). Esta tarefa pode ser realizada fazendo uso de sensores ultrassônicos ou câmeras, como na maior parte dos casos, onde estes sensores são capazes de fornecer a posição ou distância entre o alvo a ser perseguido e o robô, dados posteriormente utilizados para realizar o planejamento da trajetória do robô.

A motivação deste trabalho está em realizar o desenvolvimento de um robô capaz de realizar o transporte de pequenas cargas, similares à pequenas malas de viagem, para pessoas acometidas por limitações físicas, como idosos e gestantes, por exemplo, poupando-os do esforço físico. Aplicações de robôs na área de robótica de serviços e robótica assistiva relacionam-se diretamente com este estudo.

Outra possível motivação desse trabalho está na ergonomia. A ergonomia ou engenharia humana é uma ciência relativamente recente que estuda as relações entre o homem e seu ambiente de trabalho e definida pela Organização Internacional do Trabalho - OIT como “A aplicação das ciências biológicas humanas em conjunto com os recursos e técnicas da engenharia para alcançar o ajustamento mútuo, ideal entre o homem e o seu trabalho, e cujos resultados se medem em termos de eficiência humana e bem-estar no trabalho”. Os riscos ergonômicos são os fatores que podem afetar a integridade física ou

mental do trabalhador, proporcionando-lhe desconforto ou doença.

São considerados riscos ergonômicos: esforço físico, levantamento de peso, postura inadequada, controle rígido de produtividade, situação de estresse, trabalhos em período noturno, jornada de trabalho prolongada, monotonia e repetitividade, imposição de rotina intensa.

Os riscos ergonômicos podem gerar distúrbios psicológicos e fisiológicos e provocar sérios danos à saúde do trabalhador porque produzem alterações no organismo e estado emocional, comprometendo sua produtividade, saúde e segurança, tais como: LER/DORT, cansaço físico, dores musculares, hipertensão arterial, alteração do sono, diabetes, doenças nervosas, taquicardia, doenças do aparelho digestivo (gastrite e úlcera), tensão, ansiedade, problemas de coluna etc.

Desse modo, para evitar que estes riscos comprometam as atividades e a saúde do trabalhador, é necessário um ajuste entre as condições de trabalho ou mesmo no caso de transporte de carga em um ambiente comum, e o homem sob os aspectos de praticidade, conforto físico e psíquico por meio de: melhoria no processo de trabalho, melhores condições no local de trabalho, modernização de máquinas e equipamentos, melhoria no relacionamento entre as pessoas, alteração no ritmo de trabalho, ferramentas adequadas, postura adequada, etc. O que se espera auxiliar pessoas com mobilidades e forças reduzidas como por exemplo de mulheres grávidas e idosos possam ter o auxílio de um robô para melhoria ergonômica dele.

Este trabalho está dividido da seguinte forma. Na seção 2 aspectos de desenvolvimento do robô são abordados. Já a seção 3 apresenta aspectos do desenvolvimento do controlador *Fuzzy* e discute resultados ainda que iniciais, bem como aspectos da prototipagem (próxima etapa da pesquisa). E finalmente a seção 4 conclui e sugere futuros trabalhos

## 2 | DESENVOLVIMENTO

O objetivo do presente trabalho é realizar o desenvolvimento de um robô móvel de baixo custo, capaz de realizar o transporte de cargas de até 10 quilogramas para pessoas acometidas por limitações físicas, como gestantes e idosos. O robô desenvolvido deve ser capaz de seguir o usuário do robô, desviando de obstáculos e evitando colisões em tempo real. Para isto, deverá ser desenvolvido a estrutura do robô, sendo esta composta por: chassis, rodas e motores; eletrônica do robô, sendo esta: ponte-h, microcontrolador ou computador e sensores (sensor ultrassônico ou câmera), parte responsável pela obtenção de dados e integração do sistema; assim como uma programação, responsável pela interpretação dos dados dos sensores e tomada de decisão.

Inicialmente, o sistema deve ser capaz de identificar a distância entre o robô e o alvo. Para isto, será feito o uso de sensores ultrassônicos ou uma câmera capaz de determinar tal distância. A distância obtida será utilizada para determinar o pulso enviado aos motores

do robô, que por sua vez, determinará a velocidade deste, onde: caso o alvo esteja longe, maior deverá ser a velocidade do robô, e caso o alvo esteja perto, menor deverá ser a velocidade do robô.

A saída fornecida às rodas do robô poderá ser feita utilizando de lógica multivalorada, ou ainda lógica *Fuzzy*, atentando-se à capacidade computacional do sistema embarcado escolhido. O uso destes controladores facilitará a modelagem do sistema de controle quando comparado à modelagem matemática necessária para controladores PID, principalmente caso as variáveis de entrada não sejam apenas uma, visto que controladores PID apresentam alta complexidade em sua modelagem para sistemas multivariáveis (SIMÕES, M. G.; SHAW, I. S., 2007). Um exemplo seria a modelagem utilizando as variáveis distância entre robô e alvo e ângulo entre robô e alvo.

Para identificação do alvo que deve ser seguido, poderá ser utilizado de um sistema análogo ao trabalho de M. N. A. Bakar *et al* (2011), onde foi feito o uso de marcadores para identificação do usuário do robô. Os parâmetros utilizados para identificação do marcador foram cor e formato, apresentando resultados satisfatórios mesmo para condições adversas de iluminação do ambiente.

Posteriormente, deverá ser realizado o desenvolvimento de um sistema de segurança capaz de evitar a colisão do robô com obstáculos que apareçam entre o alvo e o robô, evitando ainda colisões com o próprio usuário. O desvio dos obstáculos poderá ser interpretado de duas formas: na primeira, o robô deverá ser capaz de executar uma manobra de desvio do obstáculo à sua frente, quando o obstáculo se encontrar estático no ambiente. Para obstáculos dinâmicos, o robô deverá apenas esperar o alvo sair de sua frente para seguir em diante; na segunda, o robô deverá manter-se o mais próximo ao usuário possível, evitando com que obstáculos interfiram no espaço robô-usuário, sem comprometer a segurança do usuário.

O sistema embarcado deverá ser capaz de suportar a complexidade computacional do software utilizado. O uso de microcontrolador de baixo custo, como por exemplo o Arduino, proporcionará maior facilidade de implementação, menor custo, porém menor capacidade computacional, enquanto o uso de um computador de aproximada dimensão e maior força computacional, como por exemplo o Raspberry Pi, fornecerá menor facilidade de implementação, maior custo, mas em compensação, maior capacidade computacional do sistema, viabilizando, por exemplo, o uso de um sistema de visão computacional e controle via lógica *Fuzzy* de maneira conjunta.

Os materiais utilizados, desta forma, serão: chassi, duas rodas, uma ou duas rodas bobas, dois motores, um microcontrolador (Arduino) ou um computador (Raspberry Pi), um a três sensores ultrassônicos, uma câmera, uma ponte-h ou dois controladores de corrente alta, *jumpers* variados e fios variados.



## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Simulação

Para validação do modelo de controle a ser aferido ao protótipo foram realizadas simulações de um robô móvel na ferramenta computacional MATLAB. Foram comparadas simulações utilizando controlador *Fuzzy* e controlador através de lógica multivalorada. Para isto, foi feito uso de um controlador *Fuzzy*, utilizado para obtenção dos pulsos enviados às rodas do robô, a partir da distância euclidiana entre robô e alvo. A Tabela 1 apresenta as funções utilizadas como base de regras para o controlador *Fuzzy* desenvolvido, sendo  $h_i$  a distância euclidiana entre robô e alvo, e  $const$  o acréscimo dado ao pulso enviado às rodas do robô. A Figura 1 mostra a estrutura do sistema *Fuzzy*. A Figura 2, por sua vez, apresenta a superfície gerada pelo controlador *Fuzzy* desenvolvido.

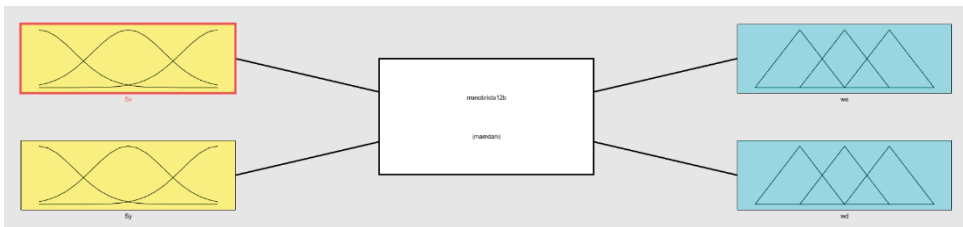


Figura 1: Estrutura do sistema *Fuzzy*.

Fonte: Autores, 2023.

Nessa figura é possível identificar as variáveis *Fuzzy* de entrada e saída, as entradas são a priori a distância da pessoa, e as saídas os pulsos nas rodas do modelo cinemático, e a posteriori do protótipo.

- 
1. Se ( $h_i$  é perto) então ( $const$  é pouco)
  2. Se ( $h_i$  é médio) então ( $const$  é médio)
  3. Se ( $h_i$  é médio\_longe) então ( $const$  é médio\_muito)
  4. Se ( $h_i$  é longe) então ( $const$  é médio)
- 

Tabela 1: Base de regras do controlador *Fuzzy*

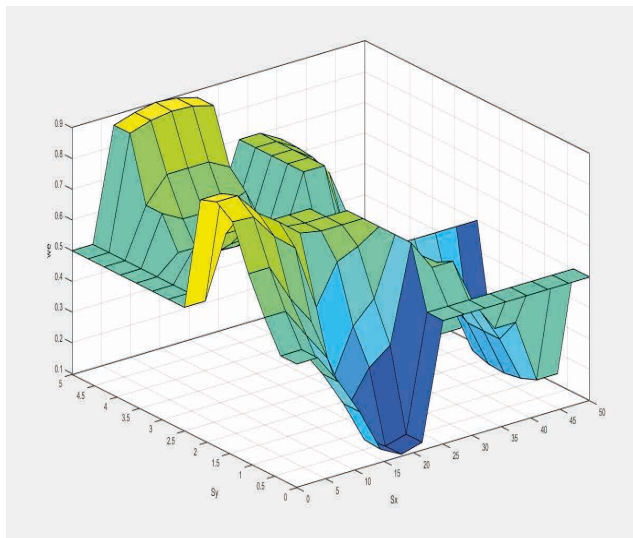


Figura 2: Superfície *Fuzzy* do controlador.

Fonte: Autores, 2023.

O robô inicia na origem do plano cartesiano, enquanto o alvo, por sua vez, inicia na posição [15,15] do plano. Conforme o robô se aproxima do alvo, este passa a se distanciar do robô, tendo sua posição horizontal e vertical alterada. A Figura 3 apresenta o resultado obtido da primeira simulação do robô móvel. A Figura 4, por sua vez, apresenta o resultado obtido da segunda simulação. O robô é exibido pela figura amarela, enquanto o alvo é representado pela estrela vermelha. O trajeto realizado pelo robô é a linha preta presente no gráfico, a estrela azul, por sua vez, é a posição inicial do robô móvel.

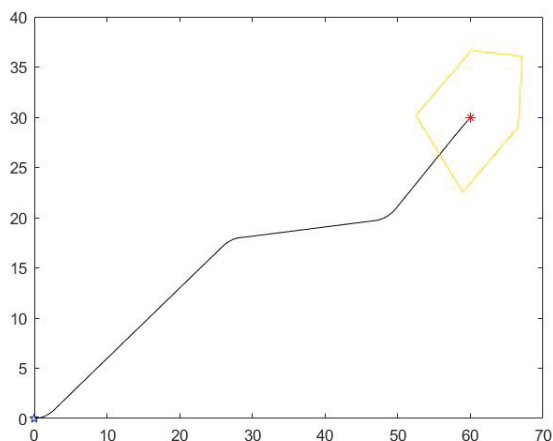


Figura 3: Simulação do robô móvel.

Fonte: Autores, 2023.

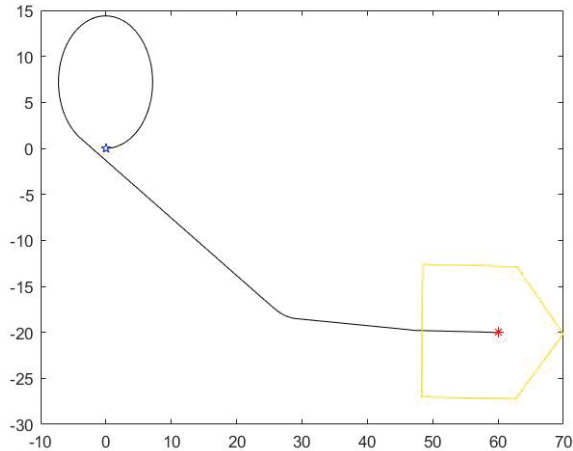


Figura 4: Simulação do robô móvel.

Fonte: Autores, 2023.

Os resultados obtidos, ainda que iniciais, apresentaram resultado satisfatório para a realização da perseguição de alvo. Para pequenos valores de erro estipulados, a complexidade computacional não foi comprometida.

### 3.2 Prototipagem

Para validação do sistema de perseguição do alvo escolhido em mundo real, foi desenvolvido o protótipo de um robô móvel apresentado na Figura 5. Para desenvolvimento do protótipo foi feito o uso do microcontrolador Arduino UNO R3 assim como uma câmera ESP-32.

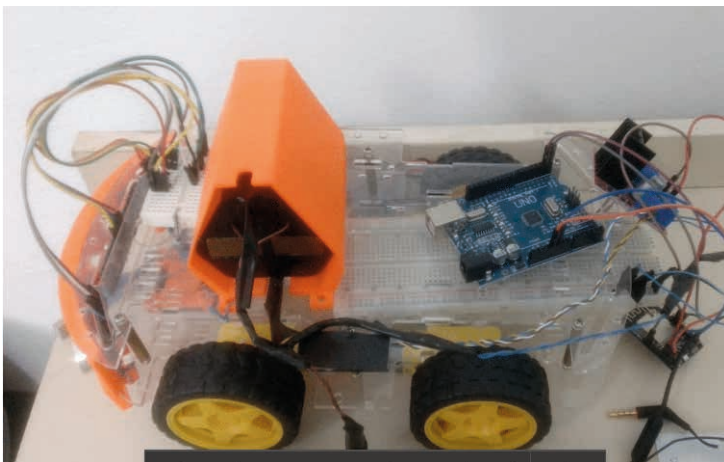


Figura 5: Robô móvel desenvolvido.

Fonte: Autores, 2023.

O teste realizado para detecção dos marcadores é apresentado na Figura 6.

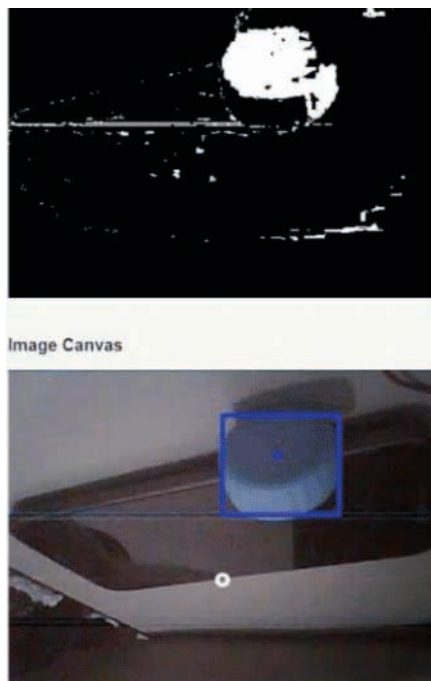


Figura 6: Identificação dos marcadores.

Fonte: Autores, 2023.

Os resultados ainda são iniciais. O sistema detector de alvo através das imagens da câmera apresentou resultados satisfatórios na detecção dos marcadores utilizados. Entretanto, o sistema apresentou instabilidade durante seu uso, sendo presente congelamentos do *software* mesmo durante breves períodos de operação do protótipo.

## 4 | CONCLUSÃO

Neste artigo, foi proposto o desenvolvimento de um robô capaz de realizar o transporte de carga de maneira autônoma. A combinação do uso de uma câmera e sensores ultrassônicos se mostrou eficaz na identificação do alvo, o protótipo, por sua vez, mostrou ser capaz de responder aos comandos de controle necessários para a perseguição.

Os resultados experimentais, ainda que iniciais, mostram-se promissores, sendo cogitado para trabalhos futuros, a implementação de sistemas embarcados com maior poder de processamento, para melhorar a robustez da proposta.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimento à Fundação Araucária pela bolsa de iniciação científica concedida ao primeiro autor deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

A. M. Okamura, M. J. Mataric and H. I. Christensen, “**Medical and Health-Care Robotics**,” in *IEEE Robotics & Automation Magazine*, vol. 17, no. 3, pp. 26-37, Sept. 2010.

E. Garcia, M. A. Jimenez, P. G. De Santos, and M. Armada, “**The evolution of robotics research**,” in *IEEE Robotics & Automation Magazine*, vol. 14, no. 1, pp. 90-103, March 2007.

J. Pineau, M. Montemerlo, M. Pollack, N. Roy, and S. Thrun, “**Towards robotic assistants in nursing homes: challenges and results**,” *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 42, pp. 271 – 281, 2003.

M. N. A. Bakar, R. Nagarajan and A. R. M. Saad, “**Development of a doctor following mobile robot with Mono-vision based marker detection**,” 2011 IEEE Applied Power Electronics Colloquium (IAPEC), 2011, pp. 86-91, doi: 10.1109/IAPEC.2011.5779843.

MAJA J. MATARIC. The robotics primer. **Choice Reviews Online**, v. 45, n. 06, p. 45-3222-45-3222, 1 fev. 2008.

Mendonça, M. et al. **multi-robot exploration using Dynamic Fuzzy Cognitive Maps and Ant Colony Optimization**. IEEE International Conference on Fuzzy Systems. **Anais...**Glasgow, UK: IEEE, 2020

Oda, Leila, Ávila, Suzana et al. **Biossegurança em Laboratórios de Saúde Pública**. Brasília. Ministério da Saúde, 1998.

Simões, Marcelo Godoy; Shaw, Ian S. **Controle e Modelagem Fuzzy**. 2ª ed. São Paulo: Blücher, 2007. p. 10.

Y. Meng, X. Liu, and Z. Liang, “**A Robust Method for Mobile Robot Tracking Object on Behaviour-Based Robotics**,” 2007 First IEEE International Symposium on Information Technologies and Applications in Education, 2007, pp. 468-472.

## CAPÍTULO 2

# APLICAÇÕES E TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS EM ROBÓTICA EMPREGANDO SISTEMAS COMPUTACIONAIS INTELIGENTES

---

*Data de aceite: 01/03/2023*

### **Márcio Mendonça**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Mecânica (PPGEM)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/5415046018018708>

### **Emerson Ravazzi Pires da Silva**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento de Engenharia Elétrica Daele  
Cornelio Procopio  
<http://lattes.cnpq.br/0797649979829091>

### **Kazuyochi Ota Junior**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Mestrando Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia Mecânica (PPGEM)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/3845751794448092>

### **João Maurício Hypólito**

Fatec – Centro Paula Souza  
Ciencia da Computação  
Ourinhos – SP  
<http://lattes.cnpq.br/5499911577564060>

### **Andressa Hayduk**

Dimensoin Engenharia  
Ponta Grossa - Pr  
<http://lattes.cnpq.br/2786786167224165>

### **Fabio Rodrigo Milanez**

Faculdades da Indústria - Senai Londrina  
Departamento Engenharia Elétrica  
Londrina \_ PR  
<http://lattes.cnpq.br/3808981195212391>

### **Vicente de Lima Gongora**

Faculdades da Indústria - Senai Londrina  
Departamento Engenharia Elétrica  
<http://lattes.cnpq.br/6784595388183195>

### **Matheus Gil Bovolenta**

Acadêmico - Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia  
Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/1518815195539638>

### **Rodrigo Rodrigues Sumar**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia  
Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/1461760661483683>

### **Luiz Francisco Sanches Buzachero**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia  
Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/1747856636744006>

**Francisco de Assis Scannavino Junior**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/4513330681918118>

**Nikolas Catib Boranelli**

Acadêmico - Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/4632175422834777>

**Luiz Henrique Geromel**

IFSP Instituto Federal de São Paulo  
Piracicaba-SP  
Lattes <http://lattes.cnpq.br/3945660888230811>

**Edinei Aparecido Furquim dos Santos**

Centro universitário Uningá  
Maringá-PR  
<http://lattes.cnpq.br/8706436030621473>

**Rodrigo Henrique Cunha Palácios**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Computação (DACOM)

**Carlos Alberto Paschoalino**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)

**Marcio Aurélio Furtado Montezuma**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)

**RESUMO:** O escopo desse trabalho está em apresentar algumas das áreas relevantes da robótica. Não é escopo explorar todas as áreas, porque senão seria necessária a escrita de um livro. O diferencial desse artigo está na abordagem de diversas áreas crescentes da robótica, apesar da robótica ser uma área crescente. Acredita-se até que da mesma forma que empresas dominaram da área de Tecnologia da informação dominaram o desenvolvimento tecnológico já há algumas décadas. De agora em diante a tecnologia e pesquisa tomarão outro rumo, ou seja, empresas que dominarem a robótica irão atuar de modo similar ao que aconteceu no passado recente. Uma motivação para a pesquisa é a de que robôs autônomos, os quais não precisam de intervenção humana, talvez somente na análise dos dados tem necessidade da inclusão de sistemas computacionais inteligentes, seja para reconhecimento de padrões, seja para um braço ou veículo autônomo entre outras áreas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Robôs Autônomos, Robótica na educação, Robótica humanoide,

## APPLICATIONS AND TRENDS IN ROBOTICS TECHNOLOGY EMPLOYING INTELLIGENT COMPUTING SYSTEMS

**ABSTRACT:** This scop work to present some of the relevant areas of robotics. It is no scope to explore all areas because otherwise, it would be necessary to write a book. The difference in this article is in the approach of several growing areas of robotics, despite robotics being a growing area. It is even believed that in the same way that companies dominated the area of Information Technology, they dominated technological development a few decades ago. From now on, technology and research will take another direction, that is, companies that dominate robotics will act in a similar way to what happened in the recent past. One motivation for the research is that autonomous robots, which do not need human intervention, perhaps only in data analysis, need the inclusion of intelligent computational systems, whether for pattern recognition or for an autonomous arm or vehicle, among others.

**KEYWORDS:** Autonomous Robots, Robotics in education, Humanoid robotics, Data prediction, Robotic vision.

### 1 | INTRODUÇÃO

Para muitos pesquisadores a robótica é dividida em um duas areas, robótica programada e robótica inteligente, ou seja na programada se houver alguma alteração na atividade do robô, o mesmo terá que ser reprogramado (MENDONÇA et al., 2020). Já na robótica autonoma, o robô deve ser capaz de aprender e de se adaptar (duas premissas da inteligencia artificial, de forma especificica sistemas computacionais inteligentes) (Semi-Unknown Environments Exploration Inspired by (Swarm Robotics using Fuzzy Cognitive Maps). Alias a imitação do comportamento humano sempre foi motivo de inspiração da robótica inteligente Alias essas duas Áreas devem trabalhar juntar e atualmente é quase impossivel separar um da outra. Porém para esse objetivo algumas considerações devem ser feitas a seguir.

Como ramo da ciência da computação, a Inteligência Artificial (IA) busca incutir em dispositivos eletrônicos capacidades similares ao raciocínio humano, como a análise e a tomada de decisões. Em outras palavras, o objetivo da IA é imitar (talvez, até mesmo superar) a inteligência humana (MAJA J. MATARIC, 2008).

A prática de robótica e visão de máquina envolve a aplicação de algoritmos computacionais aos dados. Os dados são provenientes de sensores que medem a velocidade de uma roda, o ângulo da articulação de um braço de robô ou as intensidades de milhões de pixels que compõem uma imagem do mundo que no robô está observando. Para muitas aplicações robóticas, a quantidade de dados que precisa ser processada, em tempo real, é enorme . Para visão, pode ser da ordem de dezenas a centenas de megabytes por segundo. O progresso na visão de robôs e máquinas foi e continua sendo impulsionado por maneiras mais eficazes de processar dados. Isso é alcançado por meio



de algoritmos novos e mais eficientes, e pelo aumento dramático no poder computacional que segue a lei de Moore. No início da robótica, anos 80 a robótica e a visão, em meados dessa década, o poder computacional era muito fraco, especialmente comparados ao de hoje em dia,. Dados os muitos algoritmos entre os quais escolher a pergunta óbvia, é: Qual é o algoritmo certo para esse problema em particular? (SICILIANO, 2012) .

A sequência deste trabalho aborda algumas das principais áreas do vasto universo da robótica.

## 2 | MANIPULADORES ROBÓTICOS

O avanço na produção de peças mais complexas e maiores trouxe como consequência o aumento significativo do uso de manipuladores robóticos na indústria. Tais robôs são utilizados para realizar operações que dispense muita força, e que seria desvantajoso realizá-las por humanos, como também tarefas complexas e insalubres como soldagem, montagem de peças, pintura e transporte de peças. [1]



Figura 1 – (a) Manipulador Yumi, (b) Manipulador IRB 140

Atualmente, manipuladores como o Yumi, Figura 1 (a), do Grupo ABB (derivado de: You and Me), trabalham de forma colaborativa com seres humanos, que é a tecnologia que impulsiona a flexibilização na produção automatizada. Entretanto, robôs como o IRB 140 ABB, Figura 1 (b) ainda são os mais utilizados no âmbito de instalações fabris, pois possuem características conservadoras de manipuladores robóticos industriais .

O planejamento de trajetórias pode ser desenvolvido a partir de interpolações no espaço articular, para tal emprega-se uma função polinomial de 5ª Ordem, essa função é desenvolvida por meio das condições de contorno iniciais e finais que correspondem as posições cartesianas já calculadas pela cinemática inversa do manipulador (NIKU, 2011).

Posto isso, utilizar um manipulador robótico educacional em pequena escala, seria possível realizar a experimentação de trajetórias simples, como o posicionamento de um atuador em um ponto cartesiano em um tempo desejado.

### 3 | ROBÓTICA AUTÔNOMA

Outra área promissora da robótica autônoma é a da indústria 4.0 que agregada a big data, I&T, realidade aumentada, computação nas nuvens entre outras (MARIANI; BORGHI, 2019), as quais são pilares desse novo conceito de indústria autônoma e com a capacidade de adaptação e aprendizado e manipulação com uma grande massa de dados, áreas de sistemas computacionais inteligentes, como mostra a figura 2 .

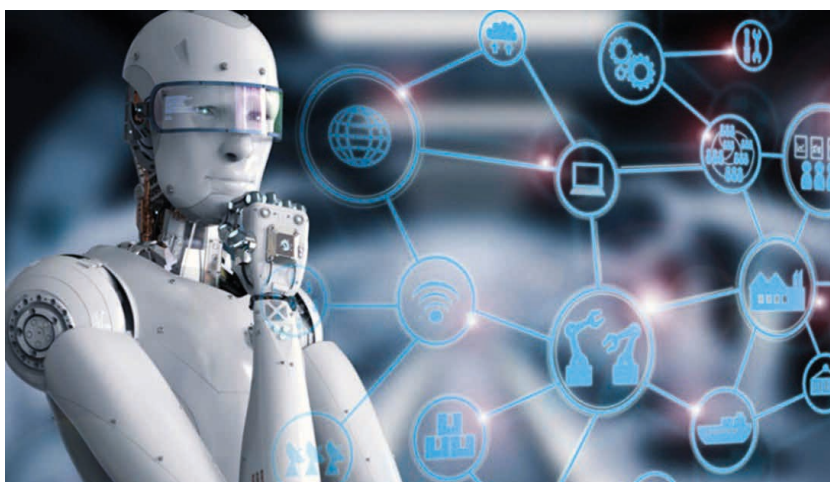


Figura 2 – Pilares da Indústria 4.0

Um dos pilares supracitados é a robótica autônoma. Entretanto, não se restringe somente a veículos não tripulados. É uma área extensa da robótica que pode ser aplicada inclusive em sondas espaciais, como por exemplo a sonda Insight da Nasa. Nesse caso a nave não poderia ser tripulada por vários fatores, como aumento de peso e sobrevivência de um astronauta por tanto tempo de viagem. Também não pode ser teleguiada porque um sinal leva cerca de 8 minutos pra chegar de Marte a Terra, nesse caso a detecção de um objeto na trajetória da sonda e suas respectivas ações de controle levariam mais de 15 minutos. Tempo muito grande que inviabiliza totalmente a teoria da controlabilidade (OGATA, 2011).

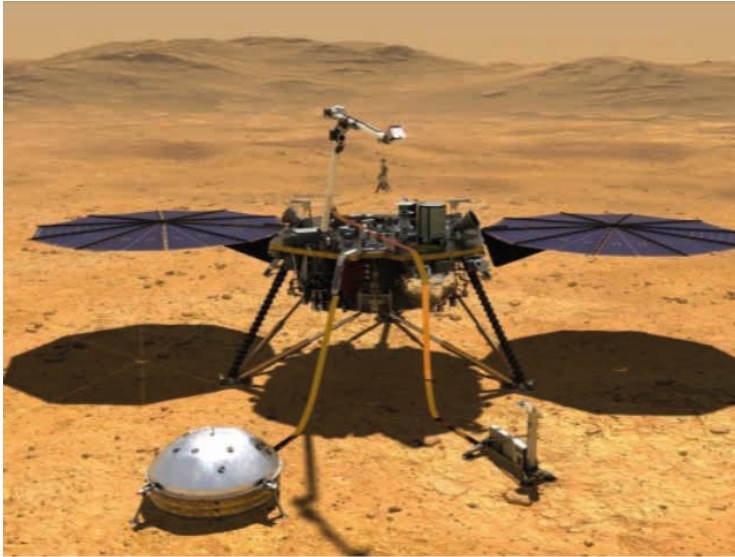


Figura 3 – InSight Rover

## 4 | VISÃO ROBÓTICA

Outra área crescente assim como praticamente todas áreas circunscritas robótica, até mesmo devido a ferramentas como deep learning que pode prender com uma quantidade massiva de dados, por exemplo reconhecimento de faces em um aeroporto. Uma das primeiras etapas da visao robótica esta na calibração das cameras (JIN; RUI, 2011). Uma das aplicações da visão robótica que exemplificam a introdução da necessidade de velocidade de algoritmos a quantidade de informação é o exemplo de auxiliar no gerenciamento de fluxo de carros com aplicação de filtros como mostram as figuras na sequência do texto.



Figura 4 – (a) Imagem do trânsito normal, (b) imagem filtrada

Já a figura 4.b mostra a imagem filtrada para ressaltar detalhes importantes. Entretanto, mesmo com a aplicação de filtros, no caso exemplo de binarização da imagem a quantidade de informação ainda é grande e precisa ser rápida para não ferir o princípio da controlabilidade, ou seja, a ação se controle fica tão lenta que não tem mais efeito.

O principal desafio dos desastres é o tempo de resposta: as taxas de sobrevivência diminuem significativamente após 48h (SOARES et al., 2018).

## 5 | ROBÓTICA DE ENXAME

A robótica de enxame se utiliza dos conceitos da inteligência de enxame, inspirada por fenômenos naturais como os comportamentos coletivos vistos em insetos sociais, peixes, aves e morcegos (YANG et al., 2013). Uma característica comum aos comportamentos inteligentes é a produção de algo ordenado, improvável de ocorrer e que apresente resultados imprevisíveis. A principal motivação para o emprego de técnicas de inteligência de enxame, como a robótica de enxame, é sua capacidade de resolução de problemas tipicamente desafiadores para as técnicas computacionais convencionais (DE ALMEIDA et al., 2019).

Nesse sentido, pode-se definir a robótica de enxame como o estudo de como um amplo grupo de agentes (robôs) relativamente simples em hardware pode ser construído para realizar tarefas que estão além das capacidades de apenas um único agente [4]. Assim, há necessidade da utilização de um enxame de robôs apenas se as tarefas desejadas puderem ser executadas a nível de equipe, ou também se o tempo de conclusão for um fator determinante para o cumprimento dos objetivos. Em outras palavras, o aumento no número de robôs em um grupo pode reduzir significativamente o tempo de conclusão dessas tarefas [5].

A utilização da robótica de enxame possui três benefícios principais. O primeiro é a robustez, ou seja, a perda de alguns robôs não causará falhas no sistema e não interromperá a execução das tarefas propostas [4]. O segundo benefício é a flexibilidade, uma vez que o hardware desses robôs não é necessariamente personalizado para uma determinada tarefa. Ao cooperar e agrupar de maneira diferente, o enxame de robôs também pode realizar outras tarefas, enquanto que um robô complexo precisaria de uma reconfiguração ou reformulação de sua estrutura. Por fim tem-se a escalabilidade. Um algoritmo robótico de enxame pode ser aplicado inalterado a um grupo de qualquer tamanho razoável devido à dependência apenas de informações locais. Qualquer comunicação global proibiria a escalabilidade e é evitada nesse tipo de sistema [6].

Embora um enxame de robôs (exemplificado na Fig. 5 [7]) não possua um controle centralizado, o sistema no nível do enxame (ou população) revela comportamentos notáveis complexos e auto-organizáveis, geralmente como resultado de interações locais entre indivíduos no enxame e indivíduos com o ambiente, com base em regras de interação

simples [3].

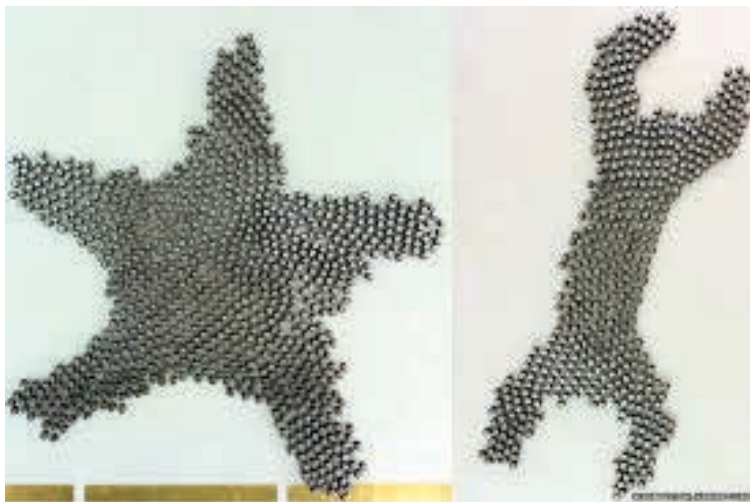


Figura 5 – Exemplo de um enxame de robôs.

Os robôs de um enxame podem apresentar diferentes comportamentos, como agrupamento, encadeamento, busca, agregação e forrageamento (SOUZA et al., 2017). Esses comportamentos são classificados em coletivo, cooperativo, colaborativo e coordenativo. Talvez o tipo mais simples de interação seja a coletiva, na qual as entidades não conhecem outras entidades da equipe, mas compartilham os objetivos e suas ações são benéficas para os demais agentes da equipe. Na interação cooperativa, os agentes também compartilham objetivos e suas ações são benéficas para outros agentes, entretanto, possuem conhecimento das demais entidades presentes no grupo.

A interação colaborativa é caracterizada por agentes que se ajudam a atingir seus objetivos individuais, mas compatíveis. Ela ocorre quando os robôs têm objetivos individuais, estão cientes dos demais da equipe e suas ações ajudam a completar os objetivos de outros. Por fim tem-se a interação coordenativa. Nela, as entidades estão cientes umas das outras, mas não compartilham um objetivo comum e suas ações não são úteis para outros membros da equipe. Em sistemas multirrobo, essas situações geralmente ocorrem quando os robôs compartilham um espaço de trabalho comum. Os robôs devem trabalhar para coordenar suas ações para minimizar a quantidade de interferência entre eles e outros robôs (PAYTON; ESTKOWSKI; HOWARD, 2003).

## 6 | ROBOS HUMANÓIDES

Por sua vez, humanoides são robôs com característica complexas, como por exemplo, movimentação guiada por visão artificial, interação com o ambiente, identificação

do próprio movimento, reflexos auto protetores, estratégias para pegar objetos que não possuem modelagem geométrica, e por fim, planejamento de trajetórias (LUCENTINI; GUDWIN, 2015). Essas características contemplam diversas áreas de estudo, e implementadas em um único robô, necessita de um desenvolvimento de alto nível. A seguir alguns desses exemplos de forma resumida

## 6.1 COG MIT

O COG robô autônomo desenvolvido por Brooks há mais de 15 anos já mostrou dois importantes conceitos da inteligência artificial, capacidade de aprendizado e adaptação nessa famosa imagem de uma das demonstrações desse robô que se utiliza de visão robótica e sistemas computacionais inteligentes o robô a aprender a jogar sem conhecimento prévio e desse modo demonstrou capacidade de aprendizado e adaptação por o atuador do mesmo não é nem similar a uma mão humana, como mostra a figura.



Figura 6 – Robô COG-MIT

Na época isso foi uma importante demonstração do que os robôs já poderiam ter capacidade fazer.

## 6.2 Asimo (Honda)

Dito pela Honda como o robô humanoide mais avançado do mundo, A Figura 7 mostra o Asimo também é um humanoide, e seu desenvolvimento começou na década de 80. O seu nome é derivado do seguinte Acrônimo 'Advanced Step in Innovate Mobility', que em português pode ser interpretado como 'Passo de Avanço em mobilidade inovadora'.

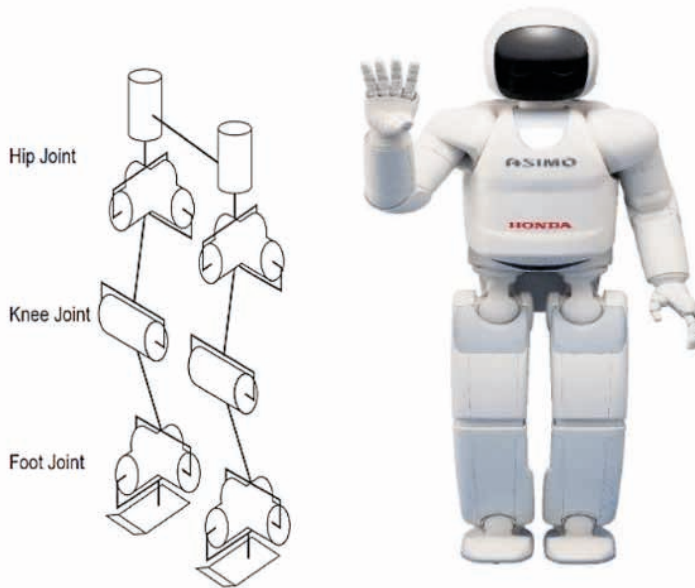


Figura 7 – (a) Modelo Cinemático, (b) Robô Asimo

O sistema de locomoção do Asimo foi modelado segundo o andar humano, onde ficou definido que seria necessário a utilização de 12 juntas para experimentá-lo - Figura 8.a. Asimo já há alguns anos tem sido considerado o robô humanoide mais próximo de habilidades humanas (HEXMOOR, 2013). Devido a habilidades como cair e se levantar, nada trivial na robótica, reconhecimento de imagens e voz entre outras.

O robô apresenta diversas funções, como por exemplo o reconhecimento de faces, postura e gestos, assim como de ambiente, este possui também um sistema de giroscópio para correção de irregularidades no solo durante o caminhar, e tecnologia i-Walk.

O i-Walk é um avanço significativo nas teorias de bipedal, uma vez que essa tecnologia apresenta um controle de movimento previamente adicionado á tecnologia de controle de caminhada anterior, permitindo assim um andar em duas pernas mais flexível. Como resultado, o Asimo pode caminhar de forma mais suave e natural.

O robô tem uma altura de 1,30m e apresenta um peso total de 50kg, sua velocidade de caminhada é de 2.7 km/h, e consegue alcançar uma velocidade de 7 km/h na corrida. Os atuadores do robô são servo motores com caixas de redução harmônicas, este também possui sensores de 6 eixos nos pés, além de giroscópio e acelerômetro, seu tempo de operação é de aproximadamente 1 hora, e sua bateria é de 51.8V.

### 6.3 R5 - Valkyrie (NASA)

Outro exemplo de robô humanoide é o robô Valkyrie, figura 8 ou R5, é um robô humanoide, desenvolvido pela NASA. O robô foi projetado e construído pelo Centro Espacial

Johnson para participar do DARPA *Robotics Challenge* (DRC) em 2013. O robô pesa cerca de 140 kg, tem 44 graus de liberdade, 1,88 m de altura e tem dois processadores Intel Core i7 a bordo. Esse robô pode vir a ser em um futuro breve o robô humanoide mais completo.



Figura 8 – Robô R5 VALKYRIE

Segundo a agência, as capacidades de mobilidade e destreza do Valkyrie são grandes o suficiente para permitir que ele entre em áreas de desastre para realizar operações de busca e resgate. Suas pernas fortalecidas permitem que ele se desloque por ambientes degradados, e as câmeras instaladas na sua cabeça, corpo, antebraços, joelhos e pés fornecem informações visuais para seus operadores.

#### **6.4 R5 - Optimus (Tesla)**

Já O robô Optimus, da Tesla é mais um recente robô humanoide lançado pela gigante em tecnologia, em especial carros autônomos. A figura 9 mostra esse robô no seu recente lançamento





Figura 8 – Robô Optimus Tesla

O robô imita um corpo humano de 73 kg, mas sem rosto e com fios e sistemas à mostra, capaz de realizar tarefas simples cotidianas. No evento anual de tecnologia da empresa, dois protótipos entraram no palco totalmente sozinhos, desconectados de qualquer fonte de energia ou controle (POLO FRIZ, 2021).

Um deles deu alguns passos lentos até à plateia, acenou e fez movimentos simples com os braços. O corpo do humanoide da Tesla é formado por um chip que aciona sistemas de pés e mãos, bateria de 2,3 kWh em seu torso, câmeras nos olhos, microfones nas orelhas e é capaz de falar.

Entretanto, aspectos negativos foram observados por especialistas, “olhando para o Tesla Bot como um roboticista, estou impressionado com o que os engenheiros conseguiram para este protótipo em um ano. No entanto, os comportamentos demonstrados são menos impressionantes do que o Asimo da Honda de 20 anos atrás”.

## 7 | CONCLUSÃO

Esse trabalho tem um teor motivacional, e desse modo procurou de forma resumida mostrar o avanço da robótica e a correlação com sistemas inteligentes. Como uma área crescente em diversas áreas, em especial robótica. Aliás já se convive com isso com algumas das funcionalidades da Google oferece por exemplo, melhor trajetória, tradução idiomas, reconhecimento de voz e face entre outras. Espera-se ter contribuído com discentes e profissionais para o crescimento dessa área que cada vez mais fara parte das nossas vidas.

Futuros trabalhos pretendem incluir novas áreas e discorrer com maior profundidades os sistemas computacionais inteligentes, os quais como foi dito são empregados nos robôs supracitados.

## REFERÊNCIAS

- DE ALMEIDA, J. P. L. S. et al. Bio-inspired on-line path planner for cooperative exploration of unknown environment by a Multi-Robot System. **Robotics and Autonomous Systems**, v. 112, p. 32–48, 2019.
- HEXMOOR, H. Essential Principles for Autonomous Robotics. **Synthesis Lectures on Artificial Intelligence and Machine Learning**, v. 7, n. 2, p. 1–155, 30 jun. 2013.
- JIN, L. G.; RUI, L. G. **Camera calibration for monocular vision system based on Harris corner extraction and neural network**. 2011 International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet). **Anais...XianNing, China: IEEE**, 2011
- LUCENTINI, D. F.; GUDWIN, R. R. A Comparison among Cognitive Architectures: A Theoretical Analysis. **Procedia Computer Science**, v. 71, p. 56–61, 2015.
- MAJA J. MATARIC. The robotics primer. **Choice Reviews Online**, v. 45, n. 06, p. 45-3222-45-3222, 1 fev. 2008.
- MARIANI, M.; BORGHI, M. Industry 4.0: A bibliometric review of its managerial intellectual structure and potential evolution in the service industries. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 149, n. December 2019, p. 1–24, 2019.
- MENDONÇA, M. et al. **Multi-robot exploration using Dynamic Fuzzy Cognitive Maps and Ant Colony Optimization**. IEEE International Conference on Fuzzy Systems. **Anais...Glasgow, UK: IEEE**, 2020
- NIKU, S. B. **Introduction to Robotics: Analysis, Control, Applications**. 2. ed. Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons, 2011. v. 53
- OGATA, K. **Engenharia de controle moderno**. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
- PAYTON, D.; ESTKOWSKI, R.; HOWARD, M. Compound behaviors in pheromone robotics. **Robotics and Autonomous Systems**, v. 44, n. 3–4, p. 229–240, 2003.
- POLO FRIZ, A. Applying the TAIL Framework on Tesla Bot. **Researchgate**, n. December, p. 0–4, 2021.
- SICILIANO, B. **Springer Tracts in Advanced Robotics: Foreword**. [s.l.: s.n.]. v. 83 STAR
- SOARES, P. P. et al. **Group of Robots Inspired by Swarm Robotics Exploring Unknown Environments**. 2018 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE). **Anais...Rio de Janeiro, Brazil: IEEE**, 2018
- SOUZA, L. B. DE et al. Dynamic Fuzzy Cognitive Maps and Fuzzy Logic Controllers Applied in Industrial Mixer. **International Journal on Advances in Systems and Measurements**, v. 10, n. 3, p. 222–233, 2017.
- YANG, X.-S. et al. (EDS.). **Swarm Intelligence and Bio-Inspired Computation Theory and Applications**. 1. ed. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 2013.

# AN ANDROID APP TO HELP THE ELDERLY

*Data de submissão: 08/02/2023*

*Data de aceite: 01/03/2023*

**Antonio Sarasa Cabezuelo**

Dpto. de Sistemas Informáticos y  
Computación  
Universidad Complutense de Madrid  
Madrid, España  
Orcid: 0000-0003-3698-7954

**ABSTRACT:** In general, older people have basic computer skills so they have limitations to take advantage of technological advances. In particular, many people do not know how to use some mobile functions, since they are not prepared to adapt to people with little knowledge, such as the elderly. This article describes an Android app made up of several functional modules that aims to simplify access to some of the functions most used by older people, making it simple and intuitive. Specifically, the functions of contact management, application management and management of medicines that people must take have been selected. In this way, a person with little knowledge can use and configure them.

**KEYWORDS:** Android app, elderly, accessibility, medicines, digital agenda.

## UM APLICATIVO ANDROID PARA AJUDAR OS IDOSOS

**RESUMO:** Em geral, os idosos possuem conhecimentos básicos de informática, portanto, apresentam limitações para aproveitar os avanços tecnológicos. Em especial, muitas pessoas não sabem utilizar algumas funções do celular, pois não estão preparadas para se adaptar a pessoas com pouco conhecimento, como os idosos. Este artigo descreve uma aplicação Android composta por vários módulos funcionais que visa simplificar o acesso a algumas das funções mais utilizadas pelos idosos, tornando-o simples e intuitivo. Especificamente, foram selecionadas as funções de gerenciamento de contatos, gerenciamento de aplicativos e gerenciamento de medicamentos que as pessoas devem tomar. Desta forma, uma pessoa com pouco conhecimento pode utilizá-los e configurá-los.

**PALAVRAS-CHAVE:** App android, idosos, acessibilidade, medicamentos, agenda digital.

## 1 | INTRODUCTION

Currently, the use of mobile devices

has spread, being used for a wide variety of daily tasks (Islam et al, 2010). However, a minimum knowledge is required to use them, and not all people have it. Thus, a specific case is the elderly. In general, this part of the population has an analog background, and they have difficulties handling digital devices (Wong et al, 2018), such as mobile phones. In this sense, if you try to teach any elderly person with difficulties (Devos et al, 2015) using a smartphone to use these complex applications, they will end up frustrated.

Mobile phones offer a large number of application possibilities to solve the needs of the elderly (García-Peñalvo et al, 2014), such as the use of sensors to measure vital signs and control their health, a reminder tool for activities that must be carried out, such as (Jansen-Kosterink et al, 2020) taking medicines or medical appointments (Anthony Berauk et al, 2018), calendar of contacts and events, and other functions. However, the configuration of mobile phones does not offer configuration options (Kalimullah et al, 2017) for this sector of the population (Díaz-Bossini et al, 2014), nor integrated applications (Portenhouse et al, 2021) that cover all these types of needs (they are scattered in different apps). This situation makes it difficult for mobile adoption to take advantage of all these possibilities (Reyes et al, 2018)

In this article, an Android app is presented that is designed to integrate a set of applications and functionalities that are useful to the elderly and offer them in a simple and intuitive way that requires a very simple knowledge of how to use a mobile. Through this application, in an autonomous way, users can manage applications as basic as a contact list, organize a main screen with their favorite applications, and take advantage of the potential of applications through a medication reminder.

There are applications that implement functionality similar (Sarkar et al, 2019) to the one presented in this article, although none of them have all the implemented features. First of all, there is the native application of any Android phone (Basu et al, 2019) that offers functions such as the creation of contacts with different information fields, the configuration of antispam filters for calls or synchronization with the cloud. Another app is Pixel Launcher (De León et al, 2021), which is a launcher that comes installed on Android phones that can be customized. In general, it consists of several home screens where you can add applications or widgets, and a drawer where all installed apps will be. Among its main features, there is the possibility of modifying the elements of the screen by holding down, a news screen, and access to the Google Search search system. Finally, the MyTherapy application (Gao et al, 2013) allows you to set up a free medication reminder with alarms, keep track of the medications the user is taking, perform long-term follow-ups, keep track of measures such as weight or blood pressure, as well as the possibility of manage a health diary.

The article is structured as follows. Section 2 describes the objectives of the system. Section 3 presents the architecture and the data model used. Next, section 4 describes the implementation of the functionality carried out. Finally, section 5 presents a set of conclusions and future lines of work.

## 2 | OBJECTIVES

The main objective of the work is the implementation of an application with three functional modules, which allows the elderly to use a smartphone in a simple and intuitive way.

This objective is broken down into the following more specific objectives:

- Development of a functional module that allows calls to be made through a digital dialer or using a previously loaded contact list. In addition, it will offer the possibility of modifying the contact list, through basic operations of adding, editing and deleting a contact. It will also include a basic call log.
- Development of a module with the functionality of a launcher<sup>1</sup>, where the user can see the installed applications and run them. In addition, you will also have the possibility of adding the ones you use the most to a main menu.
- Develop a module that allows the user to see the medications that he has to take in the day, as well as their total. You will also be able to establish reminders, mark the medications taken, or modify the set of medications, being able to add, edit, and delete. Each medication will have different fields, such as the times of day to take it or a date range.

And for this, 3 functional modules have been implemented:

**Call module.** It is made up of the following functions:

- Consult favorite contacts: The user will be able to see the favorite contacts.
- Call a favorite contact: The user will be able to make a call to a favorite contact, without having to enter their phone number.
- Consult contact list: The user will be able to see the contact list.
- Add a contact: The user will be able to add a contact.
- See details of a contact: The user will be able to consult the information of a contact.
- Edit a contact: The user will be able to edit a contact.
- Call a contact: The user will be able to make a call to a specific contact, without having to enter their phone number.
- Delete a contact: The user will be able to add a contact.
- Consult call history: The user will be able to consult the call history.
- Make a redial: The user can make a redial to a number from the call log view.
- Call by dialing a phone number: The user can make a phone call.

**Launcher module.** It is made up of the following functions:

- Consult installed applications: The user will be able to view the list of installed applications.

- Launch an application: The user will be able to view launching an application installed on the system.
- Edit shortcuts: The user will be able to edit the shortcuts on the main screen.
- Change order of shortcuts: The user will be able to edit the order of the shortcuts on the main screen.
- Change wallpaper: The user can change the wallpaper
- Consult shortcuts: The user will be able to view the list of applications with direct access.

**Medicine module.** It is made up of the following functions:

- Consult medication list: The user will be able to see the saved medications.
- View details of a medication: The user will be able to view the details of a medication.
- Edit a medication: The user will be able to edit a medication
- Delete a drug: The user will be able to delete a drug.
- Consult today's medications: The user will be able to see the medications that must be taken today.
- Mark medicine as taken: The user will be able to confirm that he has taken the medicine.
- Add a new medication: The user will be able to add a new medication.

### 3 | ARCHITECTURE OF SYSTEM.

The application has been developed using a Model-View-ViewModel pattern that allows the view (Activity or Fragment in the Android SDK) to be decoupled from the application logic. The layers that compose it are the following:

- Model layer: It is responsible for the abstraction of the different data sources. It works together with the view model to save and/or retrieve data.
- Layer of the view: It is in charge of informing the model of the view of the user's actions. It does not contain any logic and simply waits for changes via an observer.
- View model layer: Its main function is to link between the model and view layers. If the user interacts with the interface, it takes care of passing it to the model, and when the model updates, it notifies the view.

Regarding the data model, the different modules of the developed app will be considered. The telephone module stores the information of the contacts and the call log in the operating system. For this, the contact provider component and the call log provider

respectively are used. The contacts provider manages the central repository of people on Android devices and maintains three types of data about each person, which corresponds to a different table:

- Table of raw contacts (RawContacts). A raw contact represents a person's information that comes from a single account type and account name. This is because data from different services is supported for storing contacts. Most data is stored in one or more rows of the data table (Data), where each row contains a column with the identifier of the parent row in it board.
- Data Table (Data). Contacts linked to a raw contact ID are saved. This allows a contact to have multiple instances of the same data type, for example a landline and a mobile phone, which are saved as separate rows but linked to the same raw contact. Depending on the type of data, the generic ones have different meanings, and go from DATA1 to DATA15. The first is generally used for the most frequent data.
- Contacts Table (Contacts). This table contains the combination of raw contact rows of all account types and names. This facilitates internal management of contacts, whether to view a contact or modify it, since it is possible to create new raw contact rows in an existing contact.

The call log provider is made up of a single table called the Call Log Table (CallLog), so that access to the call log content is accessed using the Content Provider. This table contains all calls, both incoming and outgoing, as well as missed, made through the device.

Besides, the launcher module shows the complete list of applications on the one hand and, on the other, a list of favourite applications as a "shortcut". That is why it is not necessary to implement a database as such, and a mapping structure that stores key-value pairs is used. The key is going to be obtained by concatenating the application package with its name, and the value has a more complex logic, since it either stores the position it occupies in the list, or contains the value -1. This is done in order to maintain order while simplifying the data structure. In this way, when the user adds a new application to the shortcuts, it is only necessary to consult the number of applications with direct access, to later store it with that value, and increase it by one.

Lastly, with respect to the medicines module, there is a table related to the information of a medicine and on the other, the reminders that are going to be generated based on the medicines.

## 4 | IMPLEMENTATION

This section describes the functionalities implemented.

### 4.1 Launcher module

In order to use the application, access the main menu of the device and search for

the SimpleLauncher application. By clicking on it, the mobile will recognize the launcher and ask the user to set the application as the home application. The user must choose the “Always” option (Figure 1)

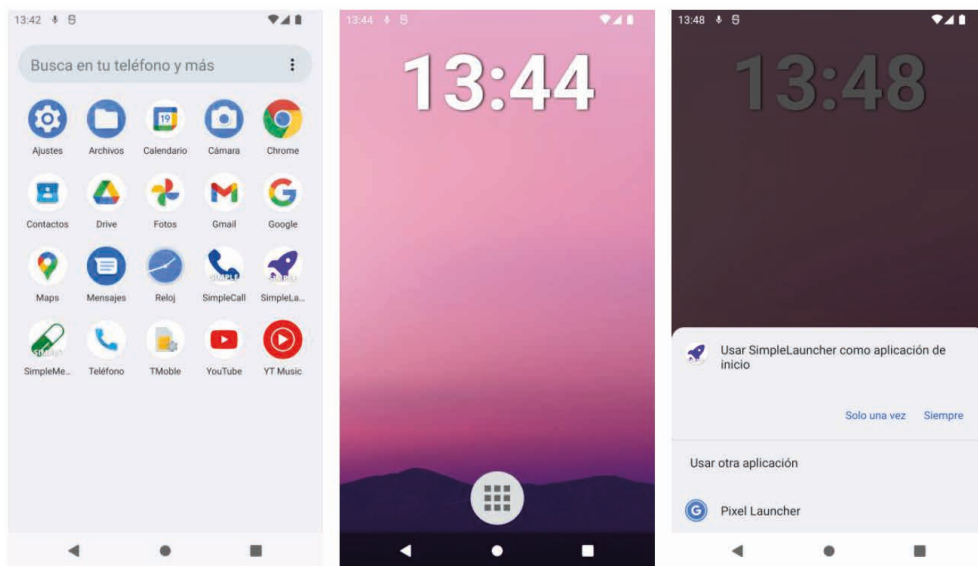


Figure 1. First start of the application

The first time the application is started, an empty desktop is shown, only with the time and a button that leads to the application box. By clicking on it, a list with the installed applications will open, and by means of the button with the three points located at the top, it is able to modify the shortcuts, their order and the wallpaper (Figure 2)



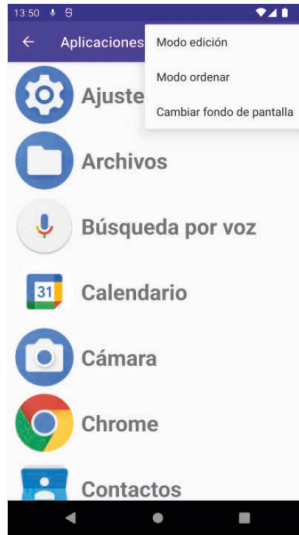


Figure 2. Application view

Next, in order to change the shortcuts, the user must press the “Edit mode” option. Once this is done, a checkbox will appear in each application, which the user must press to add an application. Once ones have been selected, to exit then it must be pressed the three dots button again. When it has been performed this action, an informative message will appear on the screen (Figure 3)

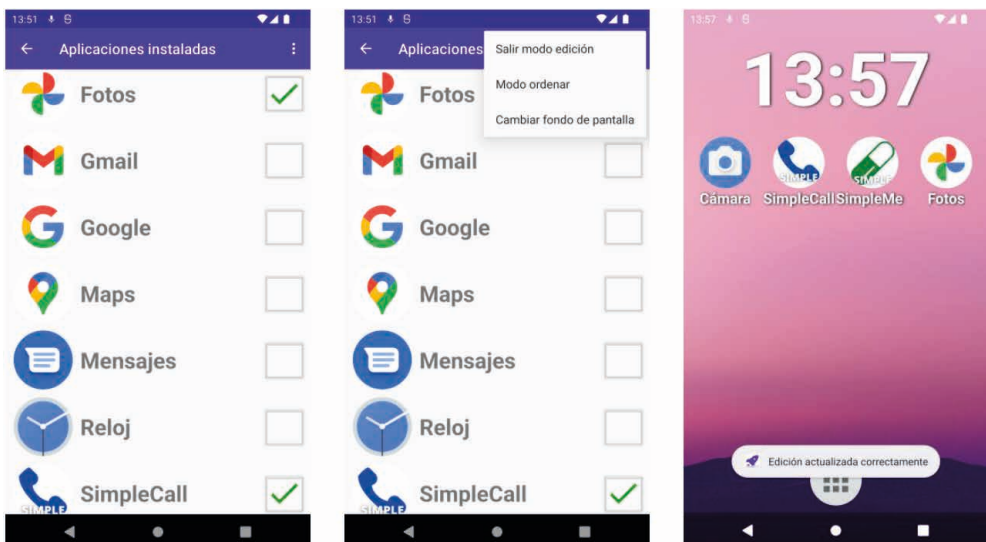


Figure 3. Screen to change shortcuts

Besides, in order to change the order in which the applications appear in the main menu, the user must press the “Order mode” option. Now only those applications with direct access will appear and the user must interact with the arrows to change the order. As in the previous option, when finished, a message will appear on the screen (Figure 4)

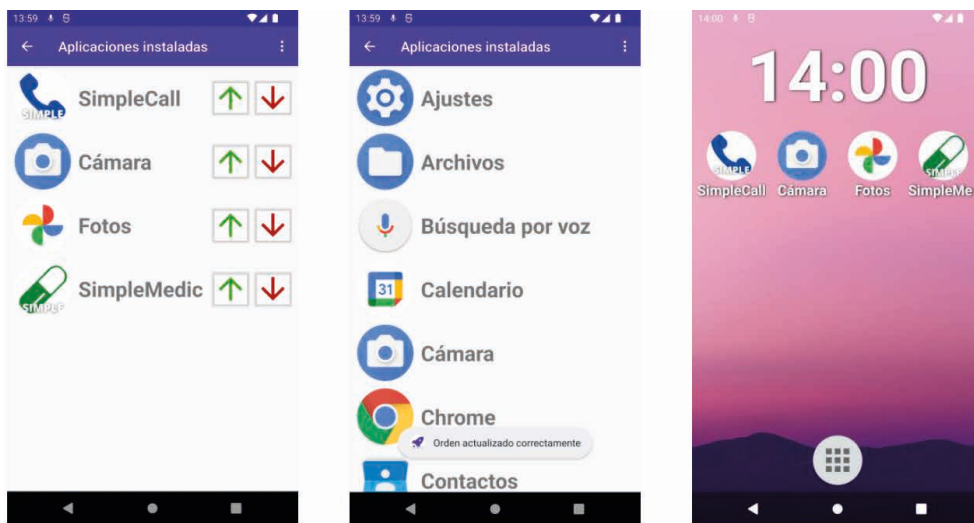


Figure 3. Screen to sort apps

Last, in order to change the wallpaper, follow the same steps, selecting the option “Change wallpaper”.

## 4.2 Call module

In order to access the calls module (Figure X), click on the icon of a telephone with the name “SimpleCall”. Next, some permissions are requested that must be accepted. If there are any contacts stored in the device, they will be listed directly (same for the call log). To navigate through the module, the user will click on the buttons at the top.

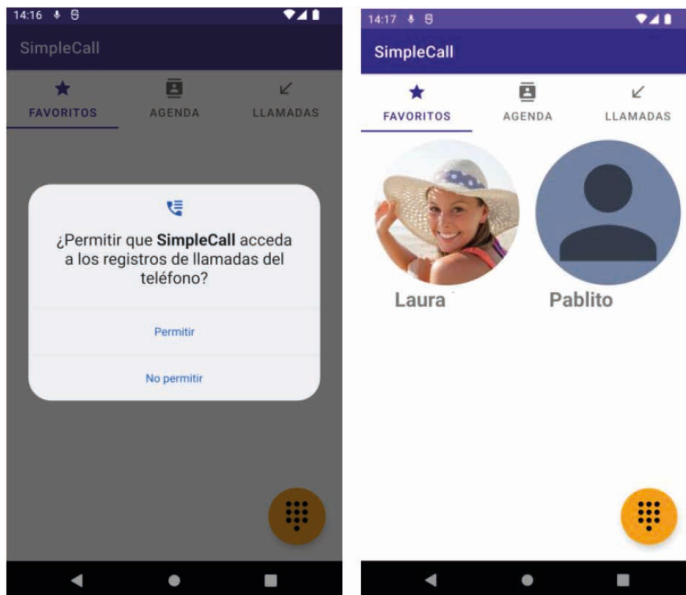


Figure 4. Start of the call module

The main functions on contacts are:

- View details of a contact and edit. The user consults the “Agenda” section and selects a user. To edit, click on the icon with the pencil located in the lower right corner. Once the edition is done, press the save icon. You can also delete the contact by pressing the trash can button (Figure 5)

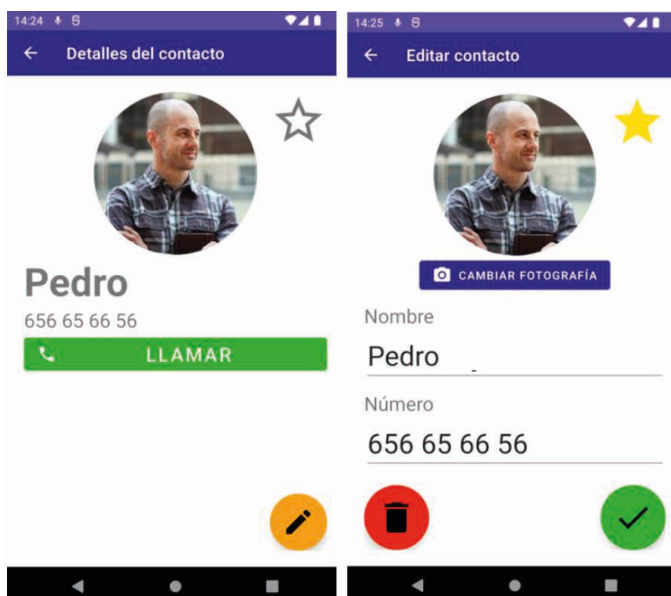


Figure 5. View and edit a contact

- Call a contact. The user must press the call button. It is also possible to make a call from the favorites tab or the call log. In this case, click on the desired contact. If the user wishes, manual telephone dialing can be done through the icon at the bottom of the main screen. The user must enter the number and press the call button (Figure 6)

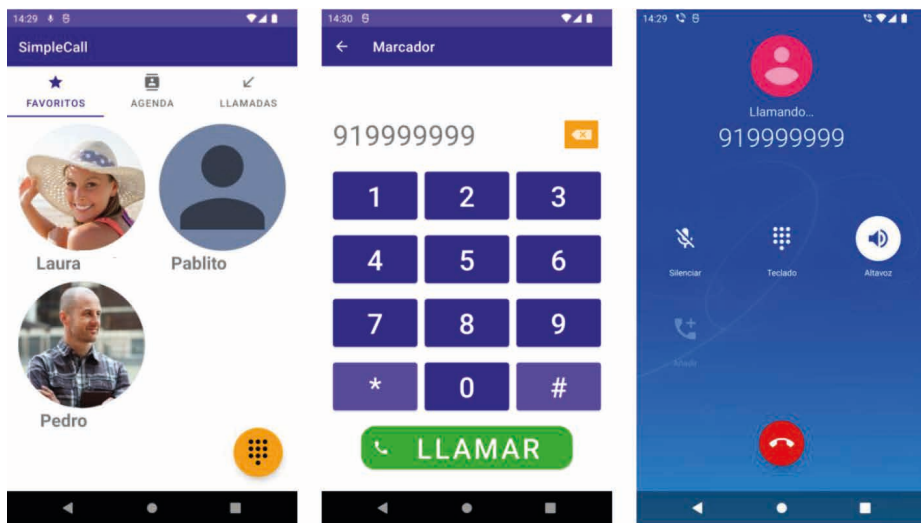


Figure 6. Dialer phone call

- Add new contacts. From the agenda view, click the “Add a contact” button, located at the top. As a result, a new window will open to fill in the data of the new contact. In order to save it must be pressed the green button (Figure 7)

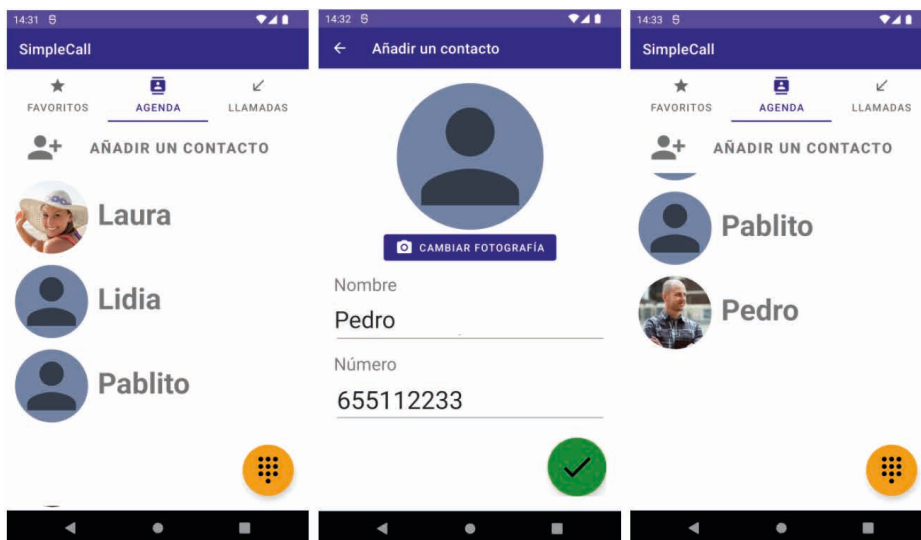


Figure 7. Add new contacts

### 4.3 Medicine module

In order to access the module medicine, the user must press the start button and search for the “SimpleMedicine” application. At the beginning, there will be no medicine, so the user must press the orange button in the lower right corner to add a new one (Figure 8).

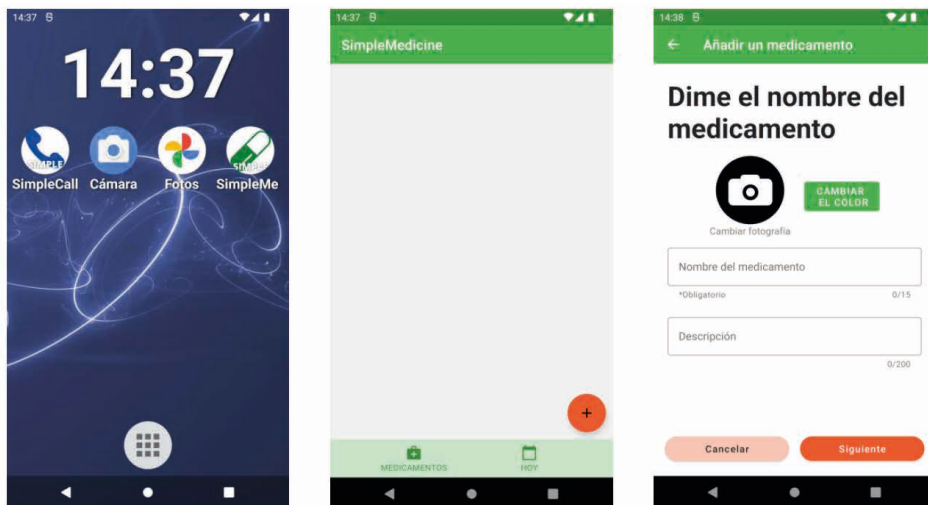


Figure 8. Start of the medicine module

Next, the user will fill in the different screens, advancing by pressing the “Next” button. When the user reaches the last screen, the “Save” button is pressed, and the medication appears in the medication list and the corresponding notification (Figure 9).

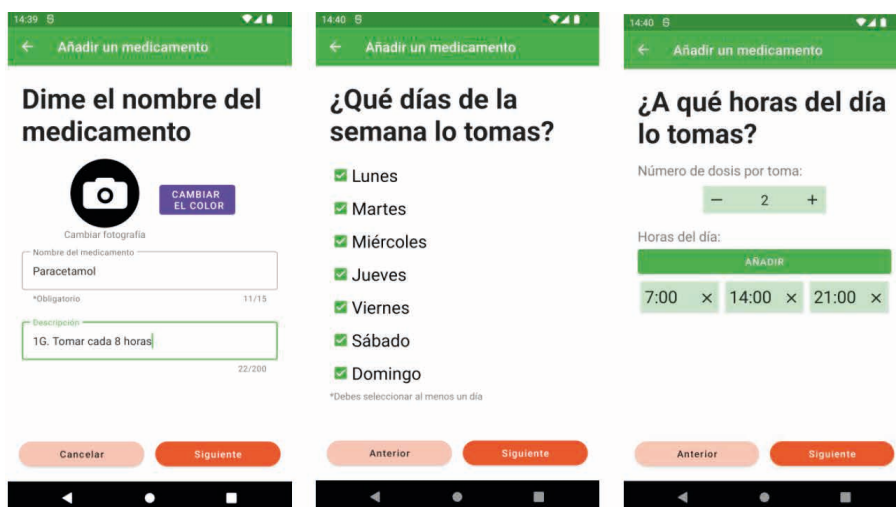


Figure 9. Add a medicine

The user can view the details of a medication by tapping on it, and edit or delete it using the icon with the three dots that appears at the top (Figure 10).

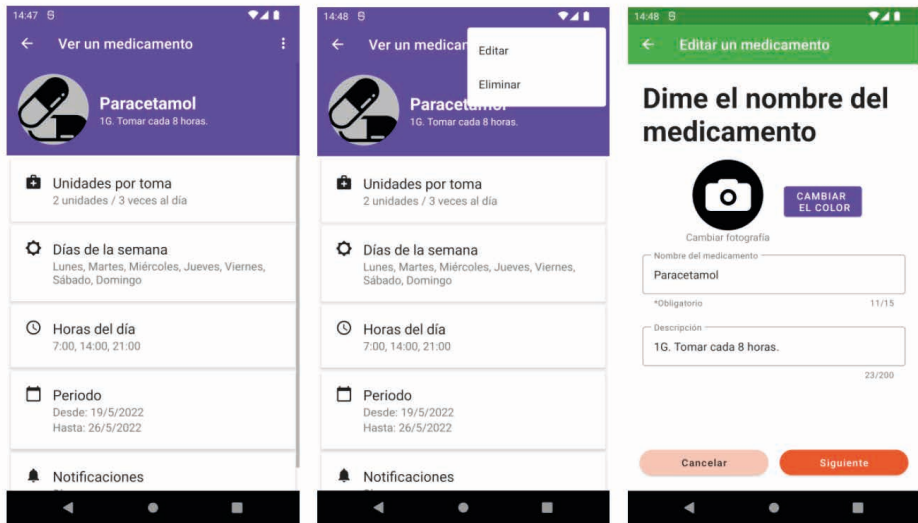


Figure 10. View details of medicine

On the other hand, the user can mark as completed those notifications whose medication has already been taken. To do this, click on the button with the green check, which will become disabled. If there are several medications with the same time, they will appear grouped in the same notification (Figure 11)

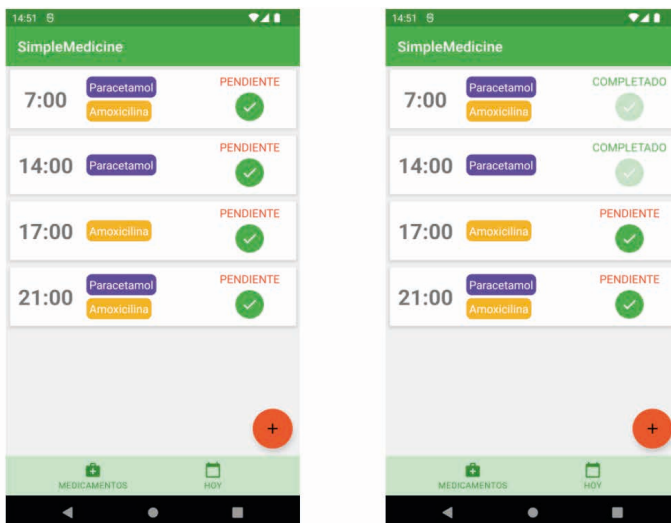


Figure 11. Confirmation of medicines

Finally, the application will send a notification to the user to let them know that the medicine must be taken (Figure 12).



Figure 12. Notification

## 5 | CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

In this article, an Android application has been presented that aims to help the elderly to access the functions of a mobile in a simple and intuitive way. For this, an interface has been developed that allows managing basic functions on a contact list, making phone calls, launching third-party applications and managing the medications that a person needs to take without depending on anyone. In this sense, the application is designed for people with basic knowledge of using mobile applications.

However, the application can be improved. In this sense, there are the following lines of future work:

- **Settings function:** The application could integrate a settings service where you can configure the size of the text or limit the actions that the user can do to adapt to the physical capabilities of the users.
- **Accessibility by voice:** It consists of adding a button on the mobile where some of the functions of the mobile can be managed by voice.
- **Improve notifications:** It consists of expanding the information of the notifications with specific information on the medicines.
- **Video calls:** It consists of adding functionality to the calls module to offer video conferences.
- **Manage doctor's appointments:** It consists of adding one more tab in the medication module that allows users to add doctor's appointments.
- **History of medications:** This function would manage a history of medications using the system calendar.
- **Report errors:** This functionality would allow reporting errors or making suggestions to users to improve the application.

## ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to thank Javier Gómez Moraleda for developing the application

## REFERENCES

- Anthony Berauk, V. L., Murugiah, M. K., Soh, Y. C., Chuan Sheng, Y., Wong, T. W., & Ming, L. C. (2018). **Mobile health applications for caring of older people: review and comparison**. *Therapeutic innovation & regulatory science*, 52(3), 374-382.
- Basu, S., Gite, R., Singh, P., & Raul, N. (2019, August). **Multi-user Adaptive Launcher for Android**. In 2019 Twelfth International Conference on Contemporary Computing (IC3) (pp. 1-6). IEEE.
- Jansen-Kosterink, S. M., Bergsma, J., Francissen, A., & Naafs, A. (2020). **The first evaluation of a mobile application to encourage social participation for community-dwelling older adults**. *Health and technology*, 10(5), 1107-1113.
- De León, B. G., Salas, B. L., del Pino-Sedeño, T., Rodríguez-Álvarez, C., Bejarano-Quisoboni, D., & Trujillo-Martín, M. M. (2021). **Aplicaciones móviles para mejorar la adherencia a la medicación: revisión y análisis de calidad**. *Atención Primaria*, 53(9), 102095.
- Devos, P., Jou, A. M., De Waele, G., & Petrovic, M. (2015). **Design for personalized mobile health applications for enhanced older people participation**. *European Geriatric Medicine*, 6(6), 593-597.
- Díaz-Bossini, J. M., & Moreno, L. (2014). **Accessibility to mobile interfaces for older people**. *Procedia Computer Science*, 27, 57-66.
- Gao, Y., Zhang, Q., Chu, Y., He, X., Wan, J., Zhou, Z., & Lin, J. (2013). **The research and implementation of customised launcher in android**. *International Journal of Wireless and Mobile Computing*, 6(5), 441-447.
- García-Peñalvo, F. J., Conde, M. Á., & Matellán-Olivera, V. (2014). **Mobile apps for older users—the development of a mobile apps repository for older people**. In *Learning and Collaboration Technologies. Technology-Rich Environments for Learning and Collaboration: First International Conference, LCT 2014, Held as Part of HCI International 2014, Heraklion, Crete, Greece, June 22-27, 2014, Proceedings, Part II 1* (pp. 117-126). Springer International Publishing.
- Islam, R., Islam, R., & Mazumder, T. (2010). **Mobile application and its global impact**. *International Journal of Engineering & Technology*, 10(6), 72-78.
- Jansen-Kosterink, S. M., Bergsma, J., Francissen, A., & Naafs, A. (2020). **The first evaluation of a mobile application to encourage social participation for community-dwelling older adults**. *Health and technology*, 10(5), 1107-1113.
- Kalimullah, K., & Sushmitha, D. (2017). **Influence of design elements in mobile applications on user experience of elderly people**. *Procedia computer science*, 113, 352-359.
- Portenhauser, A. A., Terhorst, Y., Schultchen, D., Sander, L. B., Denking, M. D., Stach, M., ... & Messner, E. M. (2021). **Mobile apps for older adults: systematic search and evaluation within online stores**. *JMIR aging*, 4(1), e23313.



Reyes, A., Qin, P., & Brown, C. A. (2018). **A standardized review of smartphone applications to promote balance for older adults**. *Disability and rehabilitation*, 40(6), 690-696.

Sarkar, A., Goyal, A., Hicks, D., Sarkar, D., & Hazra, S. (2019, December). **Android application development: a brief overview of android platforms and evolution of security systems**. In 2019 Third International conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud)(I-SMAC) (pp. 73-79). IEEE.

Wong, C. Y., Ibrahim, R., Hamid, T. A., & Mansor, E. I. (2018). **Usability and design issues of smartphone user interface and mobile apps for older adults**. In *User Science and Engineering: 5th International Conference, i-USer 2018*, Puchong, Malaysia, August 28–30, 2018, Proceedings 5 (pp. 93-104). Springer Singapore.

# REVISÃO SISTEMÁTICA DE META-HEURÍSTICAS PARA FLEXIBLE JOB SHOP SCHEDULING PROBLEM (FJSSP)

Data de aceite: 01/03/2023

**Rebeca Emi Ito**

Curso de Bacharelado em Ciência da  
Computação  
Londrina

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário Filadélfia como parte dos requisitos para obtenção de graduação em Curso de Bacharelado em Ciência da Computação. Orientador: Simone Sawasaki Tanaka.

**RESUMO:** O *flexible job shop scheduling problem* (FJSSP) é um obstáculo presente na computação e na manufatura, onde ambos procuram otimizar o tempo de produção. Na computação ele apresenta uma complexidade do tipo NP-Hard, onde deve ordenar  $n$  jobs com  $m$  máquinas de maneira que o processamento seja o mais rápido e eficiente, e que a seleção da operação e máquina não convirjam com as outras jobs. Para solucionar o FJSSP são propostos a utilização de meta-heurísticas, que são algoritmos para resolver problemas diversos, diferente da heurística que visa resolver um problema em específico e hiper-heurísticas que

selecionam heurísticas e meta-heurísticas que melhor solucionam o problema. Dentro da meta-heurística o algoritmo genético (GA) é o mais utilizado, devido a sua implementação simples, métodos como o *ant colony optimization* (ACO) e *quantum particle swarm optimization* (QPSO) são explorados, desenvolvendo novos algoritmos com melhores resultados. Este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão sistemática de meta-heurísticas e hiper-heurísticas para o FJSSP. Através de leitura e análise de artigos e trabalhos foi possível observar que o GA é um dos métodos utilizados pelos pesquisadores dessa área para a resolução do FJSSP.

**PALAVRAS-CHAVE:** FJSSP, Meta-heurística, JSSP.

**ABSTRACT:** The flexible job shop scheduling problem (FJSSP) is an obstacle in the computation and manufacture fields, having the objective of optimizing production time. The FJSSP has a complexity of NP-Hard in the computation, where it must schedule a sequence of  $n$  jobs and  $o$  operations with  $m$  machines resulting in a faster and more efficient processing time, without having the same operation or machine processing at the same time as the

other jobs. To solve FJSSP it's often used meta-heuristics, they are algorithms that solve multiple problems, unlike heuristics that solve specific problems and hyper-heuristics that choose the best heuristic or meta-heuristic to solve the problem. In the meta-heuristic field, the genetic algorithm (GA) is more used among researchers. The reason it's most likely to be because the implementation of the GA is easier and simpler than the others in that field. Methods like ant colony optimization (ACO) and quantum particle swarm optimization (QPSO) are also used to solve FJSSP, they are also used to generate new algorithms that are faster and better. The objective of this paper is to make a systematic review of meta-heuristics and hyper-heuristics for FJSSP. After reading and analyzing papers and projects, it was possible to observe that GA was the most used and researched to solve FJSSPs.

**KEYWORDS:** FJSSP, Meta-heuristic, JSSP.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACO: *Ant Colony Optimization*

DJSSP: *Dynamic Job Shop Scheduling Problem* DFJSSP: *Dynamic Flexible Job Shop Scheduling Problem* FJSSP: *Flexible Job Shop Scheduling Problem*

GA: *Genetic Algorithm*

JSSP: *Job Shop Scheduling Problem* MDP: *Markov Decision Process* PSO: *Particle Swarm Optimization*

QPSO: *Quantum Particle Swarm Optimization*

RL: *Reinforcement Learning*

## 1 | INTRODUÇÃO

*Job shop scheduling problem* (JSSP) é uma área da computação e manufatura que procuram encontrar uma sequência de operações e máquinas que processem todos os *jobs* o mais rápido e eficiente possível, possuindo o tempo de processamento de cada operação é pré-determinado para cada máquina com complexidade NP-Hard.

Dentro do JSSP há outras áreas que surgiram dela com maiores níveis de complexidade, sendo um deles o *flexible job shop scheduling problem* (FJSSP) que possui um conjunto de possibilidade de máquinas que podem processar a operação ao invés de uma combinação estática, como o JSSP, e ele será o foco deste trabalho.

Para a solução do FJSSP são utilizados meta-heurísticas, que são algoritmos responsáveis por resolver problemas mais genéricos, sendo possível solucionar diferentes problemas que são similares em alguns aspectos. Por o FJSSP possuir uma camada extra de dificuldade, que é a seleção de máquinas para as operações, são utilizadas as metaheurísticas para resolver estes problemas.

A meta-heurística em geral é muito utilizado por pesquisadores para a resolução do FJSSP, sendo o algoritmo genético (GA) o mais utilizado, como pode ser observado no trabalho de *Coelho et al. 2021*, não só o GA é um dos assuntos mais pesquisado, mas é a área mais explorada, principalmente pela sua simples implementação. Pesquisadores

propõem melhorias para a própria GA como apresentados no trabalho de *Luo et al 2019*, onde é discutido que a organização do conjunto de máquinas e tempo, população inicial, estratégias e novos métodos para a mutação que podem melhorar a performance do algoritmo.

Os pesquisadores, no decorrer dos anos, criaram variações do GA, tais como utilizando ela como base, implementando ela junto com vários outros tipos de algoritmos, ou inserir novos conceitos e métodos para encontrar novas soluções, modificando-a ou adicionando etapas para o algoritmo, resultando na otimização dos algoritmos, deixando-as mais rápidas e eficientes.

Um dos métodos apresentados por *Rooyani et al 2019* é do GA de Dois- Estágios (*Two-Stage Generic Algorithm*), onde o algoritmo é separado em duas etapas, a determinação da ordem das operações e a aplicação da GA no FJSSP. No primeiro estágio é determinado a ordem de  $n$  jobs e  $o$  operações ( $n, o$ ) através do GA, sem se importar em que máquina a operação irá ser processado, no segundo estágio é a determinação da máquina  $m$  em que a operação irá ser executada e é aplicado o GA para determinar a ordem das operações ( $n, o, m$ ), ou seja, as duas etapas consistem em GAs que organizam as operações nas duas instâncias, estágio 1 e 2.

GA de Nicho Melhorado (*Improved Niche GA - INGA*) é um outro método baseado no GA desenvolvido por *Liang et al 2019* onde é implementado um algoritmo híbrido entre GA e *Simulated Annealing Algorithm (SAA)*, seu processo é similar a do GA, onde cada geração é verificado se o algoritmo chegou ao resultado ou não, se sim ele irá encerrar o programa, caso contrário ele irá repetir o algoritmo até chegar a um resultado, é realizado seleção de uma sequência de máquinas e a seleção randômica da sequência das operações, em seguida é verificado qual das combinações geradas é a mais eficiente, e eles são passados para o processo de *crossover* e mutação que ajudam na diversidade da população separando estes indivíduos mais ainda.

Outro exemplo de meta-heurística utilizada para a resolução do FJSSP é o algoritmo de *Quantum Particle Swarm Optimization (QPSO - Otimização de Enxame de Partículas Quânticas)*, que utiliza a movimentação das partículas como base, observando o seu estado em um tempo  $t$ , as posições, e a distância onde ela estava anteriormente.

*Zhang e Hu, 2019* propõe uma implementação híbrida para o algoritmo QPSO, onde ele procura aperfeiçoar a performance do algoritmo atualizando a posição das partículas em relação ao ambiente, e utilizando o *Lévy Flights* que é uma estratégia de distribuição *heavy-tailed* randômica, o que provou ter resultados positivos para um espaço de procura global, o algoritmo gera a sequência das operações que vão ser realizadas, depois cada operação é designada para cada máquina. Cada operação é tratado como uma partícula, entretanto ela pode ter mais de uma solução para garantir que tenha resultados diversos e é utilizado a mutação da GA também, e o tamanho da sequência de partículas é a quantidade de processos.

A procura por melhores métodos para solucionar FJSSP não muda, ela vem ganhando popularidade, principalmente por ele apresentar um problema da realidade e não apenas da computação, aumentando o número de pesquisas e trabalhos a respeito dessa área, encontrando novos métodos e soluções para o problema, assim como o GA, QPSO, *Tabu Search (TS)* e *Ant Colony Optimization (ACO)* vêm ganhando um grande destaque nessa área, e vêm surgindo várias variações apartir dessas Metaheurísticas, tais como apresentados anteriormente. Pesquisadores estão procurando melhorar o tempo de processamento das operações e a eficiência em que o algoritmo resolva o problema.

O objetivo desta pesquisa é realizar uma revisão sistemática de meta-heurística e hiper-heurística para FJSSP, entendendo melhor os métodos utilizados e o motivo de utilizá-la.

## 1.1 Problemática da pesquisa

Embora sua existência dentro da área de pesquisa já seja muito explorada, pesquisadores estão constantemente procurando soluções mais eficientes que as já existentes. A meta-heurística, em teoria, deve ser capaz de resolver múltiplos problemas similares de FJSSP, e isso pode melhorar o desempenho do algoritmo, ou pode piorar por não ser específico para a resolução dos problemas.

## 1.2 Metodologia

No momento, o trabalho está focado na pesquisa e entendimento da meta-heurística nas FJSSP. Será realizado pesquisas em diversos artigos para analisar o que foi eficaz e o que pode ajudar no aprimoramento e refinamento dos métodos existentes, analisando-as e explicando o motivo, e dentro dos mais eficientes fazer uma comparação entre as soluções e um levantamento de qual solução é melhor para cada situação.

## 1.3 Objetivos

Os objetivos serão divididos em duas partes, os objetivos principal e específicos.

### 1.3.1 *Objetivo principal*

O objetivo principal desta pesquisa é realizar uma revisão sistemática de meta-heurística e hiper-heurística para o FJSSP.

### 1.3.2 *Objetivos específicos*

- Pesquisar sobre as meta-heurísticas e hiper-heurísticas;
- Pesquisar sobre o GA;
- Pesquisar sobre o QPSO;

## 2 | DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo vão ser apresentados os tópicos e conceitos estudados para a elaboração deste trabalho, ele está separado por seções elaborando cada tópico com mais profundidade.

### 2.1 Job Shop Scheduling Problem

JSSP uma área da computação e manufatura com complexidade *NP-Hard*, onde deve-se achar a combinação de máquinas e jobs a serem processados, sendo o seu objetivo otimizar o tempo de produção. O JSSP é definido pela Viana (2016) como *um conjunto de M máquinas e de N jobs, sendo que as operações dos jobs podem possuir sequências de execução diferentes.*

No JSSP existem parâmetros que ajudam determinar se a sequência a ser observada é eficiente ou não, sendo algumas delas *makespan, tardiness, earliness, lateness, due date, etc.*

*Makespan* é a representação do tempo total que leva para serem processadas todas as operações. *Tardiness* e *earliness* estão relacionadas ao tempo da gasto em uma operação, sendo elas respectivamente o atraso e o antecedência do tempo estimado inicialmente. *Lateness* é relacionado com o atraso total da produção, e não individual como o *tardiness*. *Due date* é o tempo que a operação leva, caso não ocorra um atraso ou antecedência no processo.

#### 2.1.1 Representações do JSSP

Existem várias maneiras de representar o JSSP, no trabalho de Andrade (2020) mostra as três principais maneiras de representação sendo elas por *Gráfico de Gantt*, por operação e por grafo disjuntivo. O mesmo pode ser aplicado para o FJSSP.

O gráfico de *Gantt*, representado pela *Figura 1*, é composto pelas funções de tempo (x) e de máquinas (y), as operações são representadas no formato  $O_{j,i}$ , onde  $j$  representa o *job* da operação, e o  $i$  representa o número da operação. Utilizando a *Figura 1* como base, é possível observar que uma *job*, que na imagem estão separadas por cores diferentes, não pode ser processadas ao mesmo tempo, a próxima operação só inicia quando a anterior terminar.

Os *jobs* na *Figura 1* estão divididos na seguinte maneira, *job 1* ( $O1,i$ ) é representado pela cor azul, *job 2* ( $O2,i$ ) pela cor verde e *job 3* ( $O3,i$ ) pela cor vermelha, e as operações são identificados pelo  $i$  do *job*. A linha vermelha (tempo 16) representa o *makespan* do tempo total gasto para processar todas as operações.

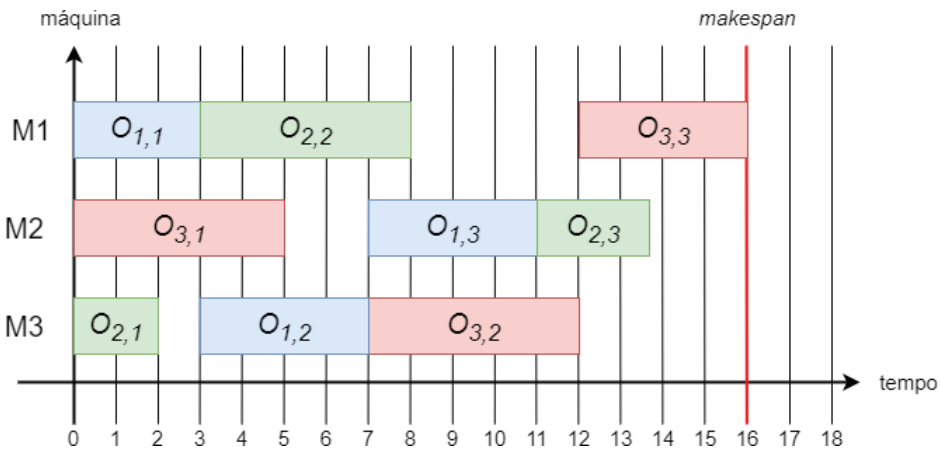


Figura 1 – Gráfico de Gantt

Assim como o gráfico de *Gantt*, o grafo disjuntivo possui a representação da operação por  $O_{j,i}$ , entretanto as máquinas não estão explicitamente mencionada, cada sequência são realizadas pela mesma máquina, com exceção das disjunções, representada pela linha tracejada, onde ele muda de máquina, o início e o término do grafo são representados respectivamente pela letra S e pela letra T, e os números em vermelho em cima de cada nó é o tempo de processamento de cada operação.

	Operação	M1	M2	M3
J1	O <sub>1,1</sub>	-	3	2
	O <sub>1,2</sub>	3	7	-
	O <sub>1,3</sub>	6	4	3
J2	O <sub>2,1</sub>	2	8	1
	O <sub>2,2</sub>	-	4	4
	O <sub>2,3</sub>	7	5	3
J3	O <sub>3,1</sub>	6	2	-
	O <sub>3,2</sub>	2	7	5
	O <sub>3,3</sub>	-	1	2

Tabela 1 – Representação por operação

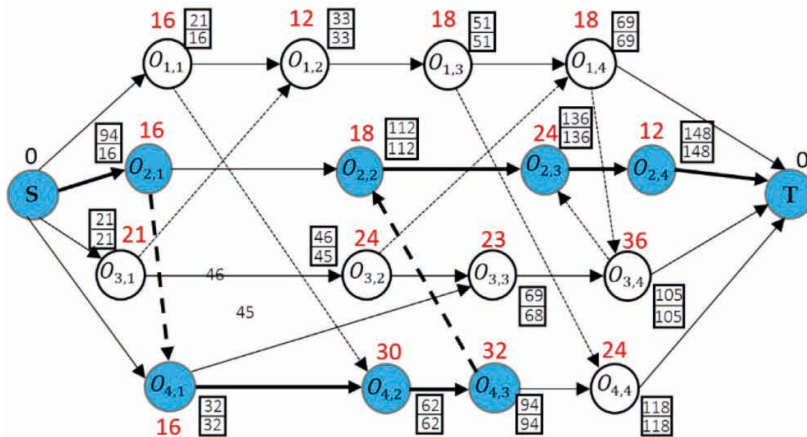


Figura 2 – Representação do FJSSP em grafo disjuntivo (Fonte: Sriboonchandr 2019)

A representação por operação (*Tabela 1*) também mantém o formato  $O_{j,i}$ , entretanto ele não mostra a ordem que as operações irão ser processadas, ele mostra quais máquinas podem executar a operação  $O_{j,i}$ , contendo o tempo de processamento, caso contrário não aparecerá um número, como pode ser observado na *M1* com a  $O_{1,1}$ .

O JSSP possui algumas variações como o *Flexible Job Shop Scheduling Problem* (FJSSP), *Dinamic Job Shop Scheduling Problem* (DJSSP) e *Dinamic Flexible Job Shop Scheduling Problem* (DFJSSP), sendo que neste trabalho será abordado o FJSSP.

## 2.2 Flexible Job Shop Scheduling Problem

FJSSP é uma área dentro do JSSP, porém com maior complexidade, nele deve-se encontrar a sequência de operações e máquinas que possui o menor tempo de execução (*fitness*) para o *dataset* fornecido, quanto menor o tempo de execução, melhor é a sequência encontrada e o algoritmo para o *dataset*. Neste trabalho irá seguir as seguintes regras propostas por Xuewen (2020):

1. No tempo 0, todos *jobs* podem ser executados e todas as máquinas estão livres.
2. Uma máquina pode processar apenas uma operação de um *job* por vez.
3. Cada *job* pode ser processada por uma máquina por vez, e não é permitido a interrupção da operação quando iniciada.
4. A ordem de processo das operações de cada *job* é fixado e não pode ser alterado.

É importante notar que nessa pesquisa, o *dynamic job shop scheduling problem* (DJSSP) e *dynamic flexible job shop scheduling problem* (DFJSSP) não serão explorados então não serão considerados eventos dinâmicos e inesperados como a quebra de máquinas, erros de “produção”, ou novas operações.

Em FJSSP, diferente de JSSP, uma operação que possui um conjunto de  $m$  máquinas



e o seu tempo de processamento da operação, e uma *job* possui um conjunto de operações, e cada *dataset* possui um conjunto de  $n$  *jobs*. Sua entrada é representada com o *job*, onde é composto pela quantidade de máquinas que podem processar a operação que se encontra, a máquina e o seu tempo de execução, e cada conjunto  $Oo(n, mn, tn)$  representa a operação que está sendo analisada, onde  $n$  é a quantidade de máquinas,  $m$  a máquina e  $t$  o tempo de execução, possuindo  $n$  quantidades de máquinas e tempos.

Segundo Coelho (2021) nesses últimos anos FJSSP tornou-se popular junto com algumas das metaheurísticas que são utilizadas para a resolução dos problemas, sendo alguns deles o *Genetic Algorithm* (GA), *Tabu Search* (TS), e *Particle Swarm Optimization* (PSO), e foi possível observar que dentro deles o GA é o mais predominante entre as metaheurísticas, possuindo várias pesquisas cobrindo essa área.

Por ser um tópico bem explorado, o GA possui variações que procuram otimizar o algoritmo, tais como o GA Melhorado Baseado em Procura Vizinha proposto por Yan (2019), onde é inserido a busca vizinha após o *crossover*, onde o valor máximo local é guardado, isso ocorre até o máximo global ser encontrado, o armazenamento do máximo local ajuda o algoritmo não ficar preso nelas. Liang (2019) explora o Nicho GA Melhorado, onde é realizada a seleção das máquinas e as operações são geradas aleatoriamente, elas são sempre verificadas se as combinações e sequenciação são válidas, e nele é inserido mais um ponto de mutação para garantir a diversidade da população.

## 2.3 Meta-heurísticas

As meta-heurísticas são algoritmos para resolver problemas, normalmente solucionando de maneira genérica. Isso pode ocorrer devido a reutilização do código, os problemas serem similares, ou a possibilidade de aplicação do código em diferentes cenários. Algoritmos como GA, são uma das meta-heurísticas mais encontradas no FJSSP por sua simplicidade e não possui muitos parâmetros.

Neste trabalho serão explorados algoritmos como o GA, *Ant Colony Optimization* (ACO), *Particle Swarm Optimization* (PSO) e *Quantum Particle Swarm Optimization* (QPSO).

### 2.3.1 Algoritmo Genético

GA usa como base a teoria de evolução de Charles Darwin, onde os melhores indivíduos sobrevivem e procriam, esse mesmo conceito é aplicado no GA, onde os indivíduos que possuíram o melhor resultado tem a maior chance de ser selecionado e passar seu cromossomo para a próxima geração de indivíduos.

Se o algoritmo apenas passar os melhores indivíduos, não irá ocorrer progresso por manter os mesmos indivíduos que a geração anterior, então para manter a diversidade e não ter sempre os mesmos indivíduos, são selecionados indivíduos para realizar o *crossover*, e em seguida a mutação. Ela se inicia com uma população inicial e repete

os seguintes passos até a solução ser encontrada, a seleção, o *crossover*, e a mutação, representados pela *Figura 3*.

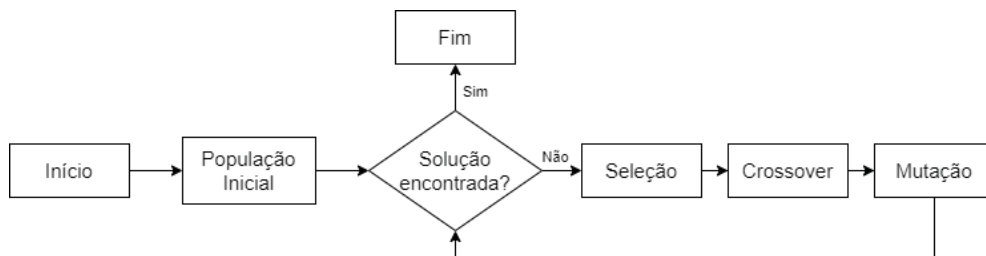


Figura 3 – Algoritmo Genético

*Cromossomo* (*Figura 4*) é a sequência de operações (*jobs*) que vão ser processados pelas máquinas. As Operações são representados como os genes. Um *data-set* possui vários *jobs*, onde o algoritmo deve encontrar a sequência que seja mais rápida e eficiente, onde ele deve obedecer as regras do FJSP, onde uma máquina não pode processar mais de uma operação por vez. *gene* faz parte da composição do cromossomo, onde ele representa as Operações presentes nele, um *job* pode possuir *n* operações. *alelo* é um conjunto de genes, ela pode variar de tamanho, podendo ser um único gene ou até mesmo o próprio cromossomo.

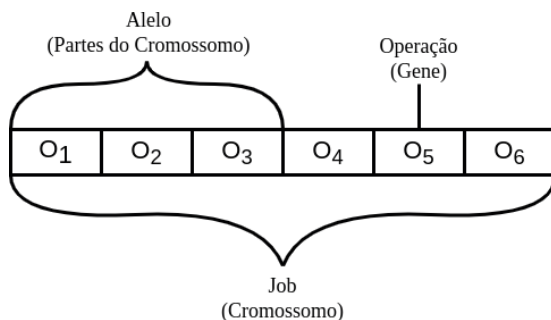


Figura 4 – Representação do Cromossomo

*Crossover* é um método de reprodução que ajuda na diversidade da população. Ele realiza a troca de alelos entre dois cromossomos pais para serem gerados os cromossomos filhos (*Figura 5*). Para realizar essa troca, é possível fazer através do método *Single Point* onde um ponto será selecionado no cromossomo, no mesmo local para os dois cromossomos pais, onde a partir desse ponto os alelos serão trocados entre os pais selecionados criando novos filhos a partir dessa troca realizada. O *Multi Point*, assim como o *Single Point*, será selecionados pontos para troca de alelos, mas nesse caso serão selecionados múltiplos pontos de troca.

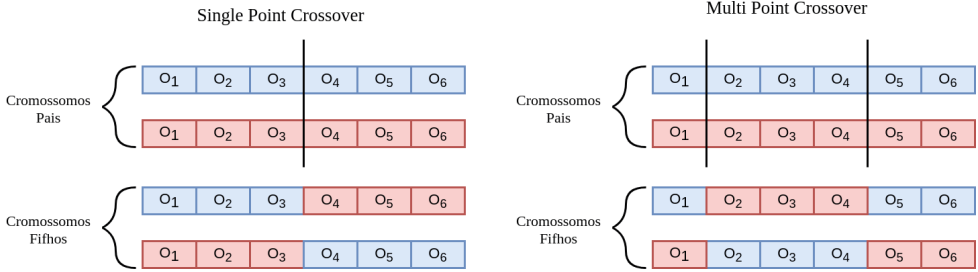


Figura 5 – Tipos e exemplos de Crossovers

*Mutações* é a etapa que ocorre após o *Crossover*, eles são utilizadas para garantir a diversidade da população alterando os genes por sorteio, mas há a possibilidade de que não ocorra a mutação, por ser selecionado por números aleatórios, e caso a mutação ocorra ele pode ser através de regras pré-determinadas, ou escolhidos aleatoriamente. Para realizar a mutação, o algoritmo irá selecionar os genes que vão sofrer mutação, e uma nova operação é sorteada, ou para um que satisfaça a regra determinada.

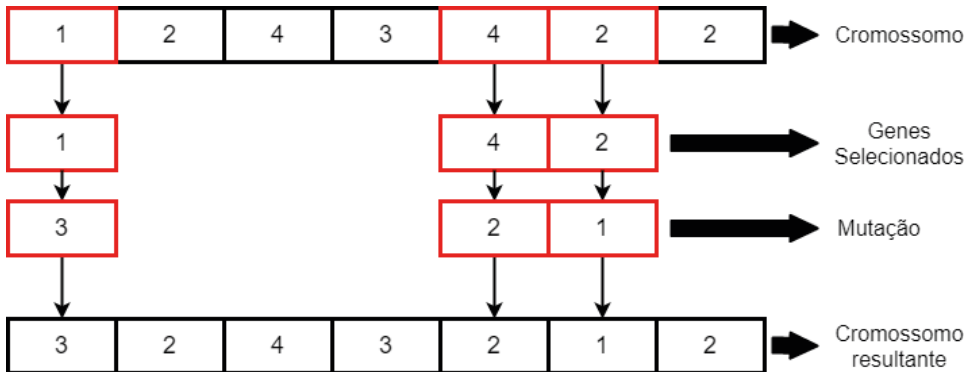


Figura 6 – Mutação em um cromossomo

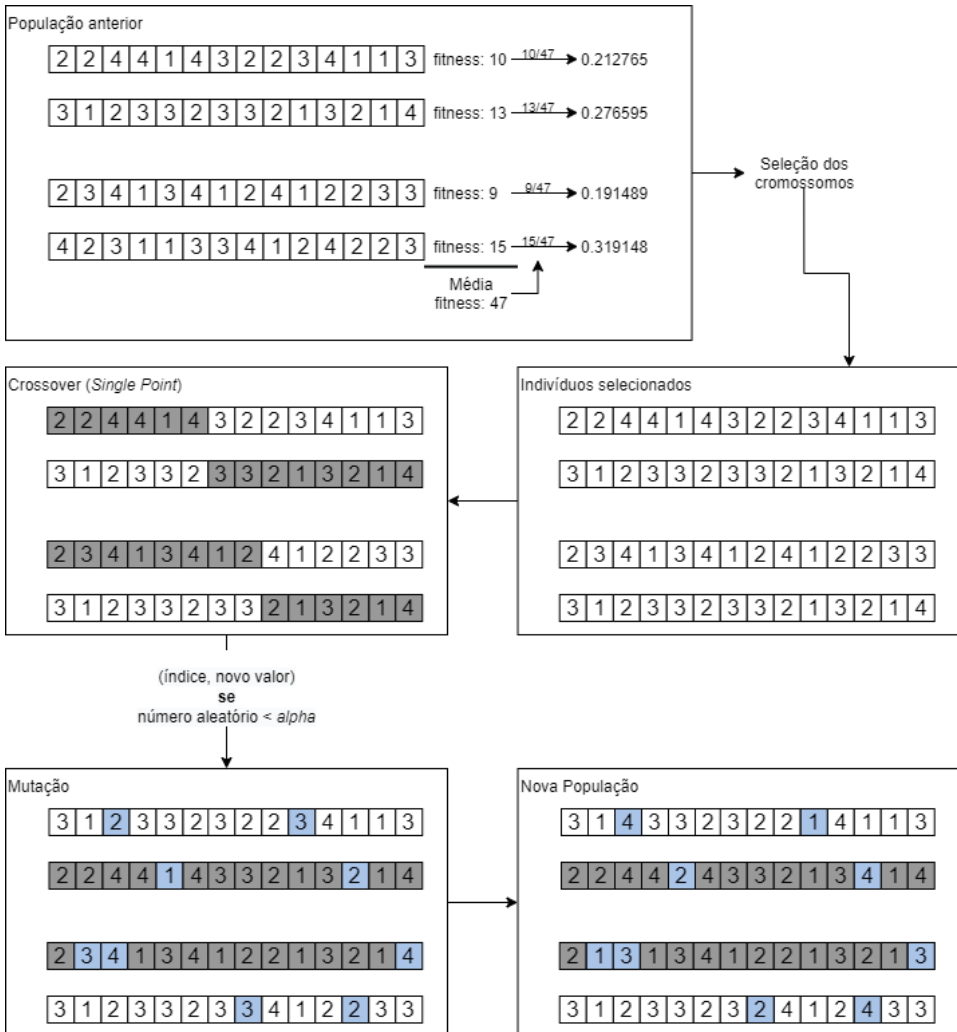


Figura 7 – Cálculo para a realização da mutação

A formação de uma nova geração é realizada através da sequência apresentada na Figura 3, onde após a mutação a população é analisada, se o objetivo for encontrado o algoritmo irá encerrar, caso contrário o ciclo continua até o objetivo ser encontrado.

Para a seleção de indivíduos, o *fitness* que atribui para cada cromossomo uma pontuação, quanto mais próximo do 0 melhor é o indivíduo, essa pontuação é dividida pela média do total do *fitness* da geração. Para determinar quais são os indivíduos que serão selecionados, um número aleatório entre 0 e 1 é gerado, e seu valor é subtraído com os valores encontrados com a divisão do *fitness* do cromossomo com a média do *fitness* de cada indivíduo da geração ( $\text{fitness do indivíduo} / \text{média fitness}$ ), até o número sorteado ser menor ou igual a 0, e esse cromossomo é selecionado.

Em seguida, os indivíduos selecionados passam pelo processo de *cross-over*, com seus respectivos pares, onde pode ser utilizado *single point* ou *multi point crossover* onde os pontos são escolhidos aleatoriamente, cada par irá ter o corte de cruzamento no mesmo ponto, mas cada par pode possuir pontos diferentes dos outros.

Com o cruzamento feito, os indivíduos vão passar pelo processo de mutação, onde um *alpha* (menor que 1) é determinado, para cada gene é sorteado um valor aleatório, se esse número for menor que o *alpha* é realizado a mutação, onde é gerado um número inteiro aleatório, caso contrário ele mantém o mesmo valor, esse processo é repetido até que o objetivo ser encontrado, é importante notar que quanto menor o valor de *alpha* menor é a chance de ocorrer a mutação.

Um método explorado por Lin (2019) é a utilização de representações de cromossomos e *shadow chromosomes* para a resolução dos problemas de *scheduling*, possuindo como base a estrutura do GA. Os cromossomos são compostos por um conjunto de Operações sendo a composição Célula-Máquina-Job-Op-PM-Dominante em referência a Sdg (Representação de Cromossomos Completos), Job-PM é Sg1 (Representação de Cromossomos Incompletos), e Job + PM é Sg2 (Extensão de Sg1).

Sg1 e Sg2 em teoria devem apresentar uma performance melhor que a do Sdg, com esses métodos de definição mais H1 e H2 (regras para heurísticas), que ajudam na definição da seleção das ordens de Operação-Máquina. *Shadow chromosomes* é o uso da representação dos cromossomos incompletos dos Sg1 e Sg2. Os resultados obtidos (nesse caso os máximos locais) são utilizados para encontrar novas soluções para encontrar o resultado esperado (máximo global). A probabilidade de melhorar o tempo de execução utilizando os métodos apresentados pelo artigo é grande.

Um outro método que possui GA como base é o GA de dois estágios, apresentado por Rooyani (2019), onde possui 2 estágios, o primeiro (1SGA) consiste de- terminar a ordem das operações com GA, onde ele seleciona a melhor combinação de *job*-operação sem a interferência da máquina, no segundo (2SGA) consiste da aplicação da GA em FJSP, onde consiste em achar a melhor combinação do resultado encontrado no 1SGA para a ordem de máquinas, conseqüentemente, alterando a seqüência inicial (*Figura 8*).

2,1	3,1	1,1	2,2	2,3	1,2	3,2
Stage 1 (j,o)						
2,1,3	3,1,1	1,1,2	2,2,1	2,3,3	1,2,2	3,2,1
Stage 2 (j,o,m)						

Figura 8 – Representação do 1SGA e 2SGA (Fonte: Rooyani 2019)

### 2.3.2 Particle Swarm Optimization

*Particle Swarm Optimization* (PSO) é uma meta-heurística que se baseia na movimentação das partículas. Nela o modo que a partícula se move, modifica o ambiente e o estado das outras partículas, para isso são associadas duas grandezas vetoriais, movimento e velocidade, onde são gravadas as melhores posições da partícula ( $P_b$ ) e das partículas vizinhas ( $N_b$ ). Além disso, Xuewen(2018) esclarece que as operações 2.1 e 2.2 são operações responsáveis para atualizar as posições e velocidades das partículas.

$$v_{i,j}(t + 1) = w * v_{i,j}(t) + c_1 * r_{1,j} * (b_{bi,j} - x_{i,j}(t)) + c_2 * r_{2,j} * (n_{bi,j} - x_{i,j}(t)) \quad (2.1)$$

$$x_{i,j}(t + 1) = x_{i,j}(t) + v_{i,j}(t + 1) \quad (2.2)$$

Na equação 2.1, o  $w$  representa a determinação da preservação da velocidade anterior,  $c_1$  e  $c_2$  afetam os valores da melhor posição da partícula e das vizinhas respectivamente,  $r_{1,j}$  e  $r_{2,j}$  são números aleatórios entre 0 e 1,  $x_{i,j}(t)$  representa a posição da partícula, e  $v_{i,j}(t)$  representa a velocidade da partícula na instância  $t$ .

A PSO, assim como o GA, vem ganhando popularidade como podemos ver no trabalho de Coelho (2021), onde entre os anos de 2015 e 2019 ela foi um dos 11 tópicos mais pesquisados, junto com o GA, FJSSP, Scheduling, Job Shop Scheduling e busca local. Por esse ganho em popularidade, surgiram variações desse método, como a *Adaptive PSO* (APSO) apresentado por Xuewen(2018), a hiper-heurística *Multi-Swarm Particle Swarm Optimization* (MSPSO) por Xuewen (2018), e *Quantum Particle Swarm Optimization* (QPSO).

### 2.3.3 Quantum Particle Swarm Optimization

QPSO é uma outra meta-heurística que partiu da PSO utilizada para solucionar FJSSP, utiliza como base a movimentação das partículas quânticas, onde a sua movimentação dentro de um espaço podendo modificá-lo dependendo da ação realizada, nesse sentido, o espaço e as outras partículas também acabam sendo modificados.

Na QPSO, a posição é calculada pela equação 2.3, onde  $L$  é representado pela equação 2.4,  $u$  é um número aleatório dentro do intervalo  $[0, 1]$ ,  $p$  a movimento da partícula,  $pbest$ , e  $mbest$  pela 2.5 (LIU, 2019).

$$x = p \pm \frac{L}{2} \ln\left(\frac{1}{u}\right) \quad (2.3)$$

$$L_{i,j} = 2\theta * \|mbest_j - x_{i,j}\| \quad (2.4)$$

$$mbest = \frac{\sum_{i=1}^N pbest_i}{N} \quad (2.5)$$

No trabalho de Liu (2019), é explicado que a QPSO, também conhecido como atrator de partícula (*attractor of the particle*), por isso é aplicado uma operação de “atração”(2.6), que vai aproximar cada vez mais do máximo global ( $gbest_i, t$ ) e o delta é representado pela equação 2.7, onde  $a \neq c = i$ .

$$\text{attractor}_{i,t} = u_{i,t}pbest_{i,t} + (1 - u_{i,t})pbest_{b,t} + \Delta_{i,t} \quad (2.6)$$

$$\Delta_{i,t} = \frac{pbest_{a,t} - pbest_{c,t}}{2} \quad (2.7)$$

Assim como na PSO, é necessário que seja atualizada a posição de cada partícula em cada iteração, para isso é utilizado a equação 2.8.

$$x_{i,t} = \text{attractor}_{i,t} \pm 2\beta \|mbest_j - x_{i,t}\| \quad (2.8)$$

Assim como o GA, o QPSO possui outras variações que surgiram no decorrer do tempo, como o *Improved Hybrid QPSO* (IHQPSO) apresentado por Zhang (2019) onde é utilizado para aperfeiçoar a performance do algoritmo atualizando a posição das partículas em relação ao ambiente, e *Lévy Flights* que é uma estratégia de distribuição *heavy-tailed* randômica, o que provou ter resultados positivos para um espaço de procura global.

No IHQPSO para FJSP, primeiro é selecionada a sequência das operações que vão ser realizadas, depois cada operação é designada para cada máquina quando a operação anterior for completada e a máquina estiver livre. Cada operação é tratado como uma partícula e tamanho da sequência de partículas é a quantidade de processos, mas uma partícula pode ter duas soluções, isso acontece para fazer com que o resultado seja mais diverso, caso se o número de partículas seja constante, entretanto, para aumentar a diversidade é utilizado a mutação.

Para calcular o fitness é necessário que o algoritmo que selecione um processo, resolver ela por completo e ter um certo número de iterações, dentre os processos de busca randomizado, local e global, o randomizado tem a vantagem de ter o tempo de seleção baixo (que é o que é procurado quando é calculado o fitness) e por ser randômico.

### 2.3.4 Ant Colony Optimization

Ant Colony Optimization (ACO) tem como base o comportamento das formigas, onde para chegar ao objetivo (alimento), elas liberam um hormônio chamado de feromônio para criar um rastro de cheiro da colônia até o objetivo, fazendo com que as outras formigas sigam esse rastro. Esse hormônio é utilizado para determinar qual o caminho mais rápido até o alimento, sendo determinada pela concentração do hormônio, quanto mais vezes uma formiga passa, maior a quantidade de feromônio na trilha (ANDRADE, 2020).

A *Figura 9* é uma breve representação da ideia do ACO, onde mostra que o caminho A possui uma maior quantidade de formigas, isso ocorre por causa do feromônio, entretanto, é possível observar que há formigas passando pelo caminho B. Com o passar do tempo, a

tendência é de que eles utilizem o caminho A do que o B, por ser o caminho mais próximo, consequentemente com a maior quantidade do hormônio.

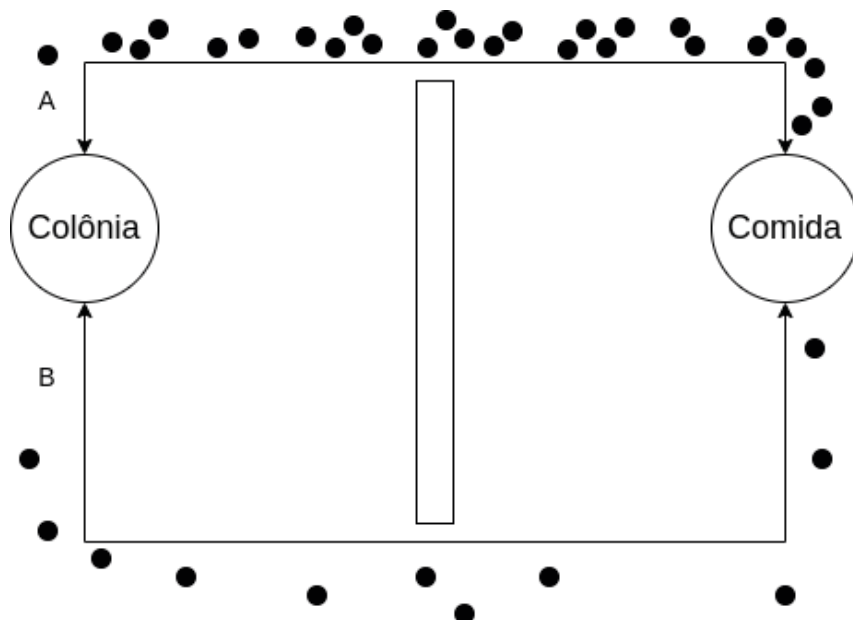


Figura 9 – Representação do Método do ACO

Segundo Chandra (2011), em 2010 a demanda para houve uma grande demanda no mercado para a variação para resolver o JSSP, a estratégia apresentada é o *Knowledge-Based Ant Colony Optimization* (KBACO), onde é composto por uma base de dados (conhecimento) e um modelo de busca, que neste caso seria o ACO. Além disso, diz que se o ACO for utilizado com um aproveitamento mais agressivo, mostram melhores resultados, e ajuda a evitar a estagnação do algoritmo.

Na formula 2.9 é utilizado para mapear o caminho traçado por feromônio, onde  $\tau_{ij}(t)$  é a trila de feromônio,  $\alpha$  e  $\beta$  controlam a quantidade de feromônio para cada caminho e  $N_{ij}$  o conjunto dos nós vizinhos do nó  $i$ .

$$a_{ij} = \sum_{l \in N_i} \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{[\tau_{il}(t)]^\alpha [\eta_{il}]^\beta} \quad (2.9)$$

A figura 10 é uma representação em grafo do funcionamento da ACO, onde cada caminho é aplicado a equação 2.9, desse modo criaria uma simulação do comportamento das formigas, onde o algoritmo irá escolher o caminho (*job*) com mais feromônio com o passar do tempo, ou seja, aquele trajeto que demorou menos tempo.



## 2.4 Hiper-heurísticas

As hiper-heurísticas são algoritmos de seleção de heurísticas e meta-heurísticas, possuindo uma variedade de algoritmos que podem ser utilizados em situações diferentes, nesse caso o mais apropriado para a resolução do problema será executado, levando em consideração o tempo de execução e o desempenho do algoritmo.

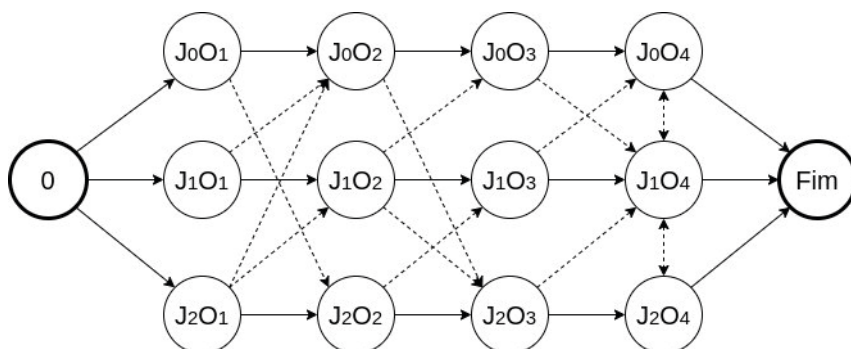


Figura 10 – Representação do Método do ACO

As hiper-heurísticas, em modo geral, visam resolver problemas com um único objetivo, entretanto, há cenários em que apresentam mais de um objetivo, e modelos como o *Multi-Objective Evolutionary Algorithms* (MOEA) e *Multi-objective Evolutionary Algorithm based on Dominance and Decomposition* (MOEA/DD) são exemplos de algoritmos que resolvem problemas com múltiplos objetivos. Neste trabalho serão abordados hiper-heurísticas como o *Multi-Armed Bandit* (MAB) e o *Multi-Swarm Particle Swarm Optimization* (MSPSO).

### 2.4.1 Multi-Armed Bandit

Um modelo apresentado por Almeida (2020) é o MAB, termo baseado na ação de apostas em um cassino, onde o jogador deve escolher em qual máquina ele irá jogar, a quantidade de vezes, e em que ordem. Por seu método basear em apostas, cada jogada pode gerar ações diferentes que resultam em recompensas distintas (Figura 11).

Máquina 1	Máquina 2	Máquina 3	Máquina 4	Máquina 5
<b>70%</b> Sucesso	<b>32%</b> Sucesso	<b>83%</b> Sucesso	<b>85%</b> Sucesso	<b>17%</b> Sucesso

Figura 11 – Representação MAB

As MABs, assim como o *Reinforcement Learning* (RL), baseia-se do *Markov Decision Process* (MDP), onde para cada ação, há uma recompensa, influenciando nas ações futuras do agente. Uma determinada ação pode ser considerado como ruim, então o agente recebe uma “punição”, e se for boa, ele recebe recompensas. Isso faz com que o agente associe a ação como boa, nesse caso, a melhor escolha a ser realizado.

No MAB deve-se identificar qual das máquinas vai gerar a maior quantidade de recompensa no longo prazo, sem ter que testar as máquinas de baixa recompensa consecutivamente. Para isso seria necessário analisar as recompensas que as máquinas geram, e assim determinar qual delas vão ser os mais eficientes.

Na *Figura 11* mostra uma representação do MAB, onde o algoritmo analisa qual das máquinas há a maior chance de sucesso e executa a operação na máquina escolhida, que no caso seria a Máquina 1, 3 ou 4, que há maior porcentagem de sucesso.

### 2.4.2 *Multi-Swarm Particle Swarm Optimization*

O MSPSO, assim como o MAB, procura resolver problemas com multi-objetivo, utilizando a ideia das movimentações das partículas em um grupo (enxame), afetando seu ambiente e outros agentes dependendo como as partículas se movimentam. MSPSO não só possui um enxame, mas é um grupo de enxames. Esse método procura focar na exploração.

No artigo de Xuewen (2018) são utilizadas duas estratégias para otimizar o MSPSO, que são o *purposeful detecting strategy* (PDS) e o *sub-swarm regrouping strategy* (SRS), onde eles ajudam o algoritmo a não ficar preso no melhor local. O MSPSO é composto de sub-enxames que são chamados de *dynamic sub-swarm number strategy* (DNS), sendo elas grupos menores de enxame que estão em um mesmo ambiente, com o tempo a quantidade de sub-enxames irá diminuir, e os métodos PDS e SRS sendo aplicadas constantemente, para expandir ainda mais a procura (*Figura 12*).

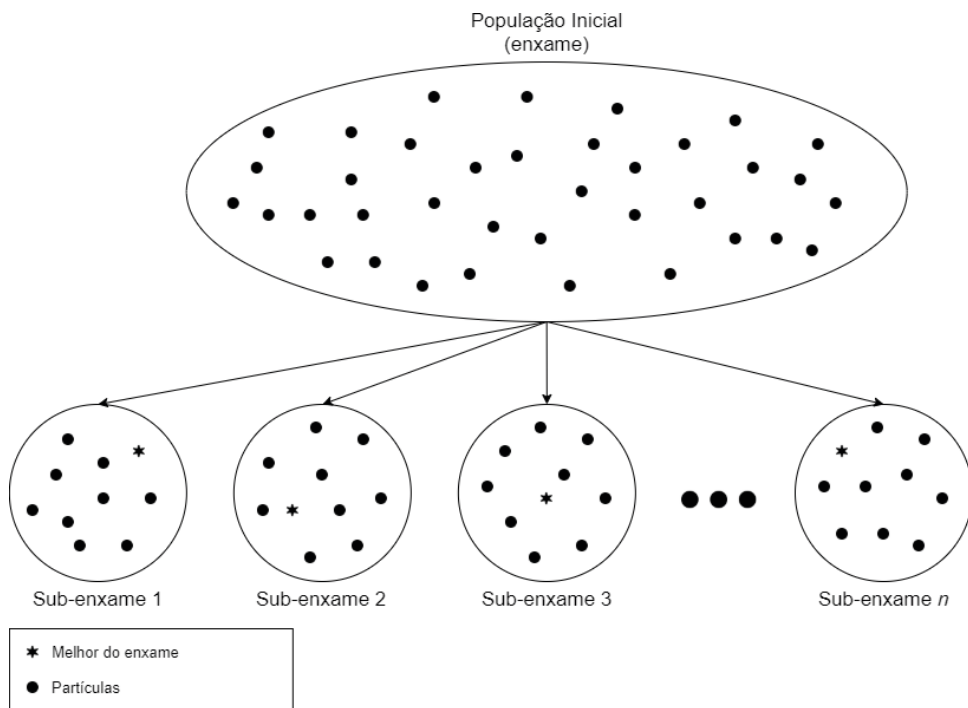


Figura 12 – Representação MSPSO

No DNS possuem alguns problemas evidentes, tais como a determinação da quantidade de sub-enxames e quando é necessário realizar um ajuste na quantidade de sub-enxame. Xuewen (2018) recomenda que para o primeiro problema é a determinação de uma lista ordenada de  $n$  números inteiros de forma decrescente, onde no final terá apenas um enxame com as melhores partículas dos sub-enxames calculados. Para o segundo problema, é realizar iterações do tamanho da lista determinada para o problema anterior, com execução da última iteração.

### 31 CONCLUSÃO

Através de leitura e análise de artigos e trabalhos foi possível observar que o GA é um dos métodos utilizados pelos pesquisadores dessa área para a resolução do FJSSP, possuindo também uma grande quantidade de variações, tais como os apresentados nesse trabalho.

Por ser um algoritmo simples de se analisar e compreender, principalmente por possuir vários artigos falando a respeito dele, o GA é mais fácil implementá-lo. Recentemente, outros métodos como o ACO, PSO e QPSO vêm ganhando popularidade, a quantidade de estudos sobre eles também estão aumentando, e conseqüentemente variantes destes algoritmos. Assim como as meta-heurísticas, as hiper-heurísticas vem

tendo destaque, algumas delas possuem como base as meta-heurísticas, tais como o MSPOS, que por sua vez tem como base o PSO.

Como trabalhos futuros, sugiro explorar mais a fundo as meta-heurísticas como o ACO e QPSO, e hiper-heurísticas como o MAB e MSPSO, e também procurar estudar outros algoritmos para as meta-heurísticas e hiper-heurísticas.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE J. V. C.. **Desenvolvimento de Uma Hiper-Heurística Aplicada ao Escalonamento em Problemas de Job Shop**. Applied Soft Computing Journal. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106520>
- ALMEIDA C. P., GONÇALVES R. A., VENSKE S., LÜDERS R., DELGADO M.. **Hyper-heuristics using multi-armed bandit models for multi-objective optimization**. Applied Soft Computing Journal. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106520>
- CHANDRA M. B., e BASKARAN R.. **Survey on Recent Research and Implementation of Ant Colony Optimization in Various Engineering Applications**. International Journal of Computational Intelligence Systems, Vol. 4, No. 4. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.2991/ijcis.2011.4.4.14>
- COELHO P., PINTO A., MONIZA S., e SILVA C.. **Thirty Years of Flexible Job-Shop Scheduling: A Bibliometric Study**. Procedia Computer Science. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.329>
- DORIGO M. e CARO D. G.. **Ant Colony Optimization: A New Meta-Heuristic**. 1999 IEEE. 1999. DOI: <https://doi.org/10.1109/CEC.1999.782657>
- KATO E. R. R., MORANDIN Jr. O. e FONSECA M. A. S.. **A Max-Min Ant System Modeling Approach for Production Scheduling in a FMS**. Department of Computer Science Federal University of Sao Carlos (UFSCar). 2010. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICSMC.2010.5642232>
- LIANG J., WANG Q., XU W., GAO Z., YAN Z., e YU F.. **Improved Niche GA for FJSP**. 2019 IEEE 6th International Conference on Cloud Computing and Intelligence Systems (CCIS). 2019. DOI: <https://doi.org/10.1109/CCIS48116.2019.9073748>
- LIN C., LEE I., WU M.. **Merits of using chromosome representations and shadow chromosomes in genetic algorithms for solving scheduling problems**. Robotics and Computer Integrated Manufacturing. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.01.005>
- LIU G., CHEN, W., CHEN H., e XIE J.. **A Quantum Particle Swarm Optimization Algorithm with Teamwork Evolutionary Strategy**. Multiscale and Multiphase Computational Particle Technology. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/1805198>
- LUO X., QIAN Q., e FU Y.. **Improved Genetic Algorithm for Solving Flexible Job Shop Scheduling Problem**. Procedia Computer Science, Volume 166, Issue C. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.02.061>
- ROOYANI D., DEFERSHA F. M.. **An Efficient Two-Stage Generic Algorithm for Flexible Job-Shop Scheduling**. School of Engineering, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.585>

SRIBOONCHANDR P., KRIENGGORAKOT N., e KRIENGGORAKOT P. **Improved Differential Evolution Algorithm for Flexible Job Shop Scheduling Problems**. *Industrial Engineering, Department, Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani 34190, Thailand*. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/mca24030080>

VIANA M. S.. **Algoritmo Genético Com Operador De Transgenia Para Minimização De Makespan Da Programação Reativa Da Produção**. Centro De Ciências Exatas e De Tecnologia Programa De Pós-Graduação Em Ciência Da Computação. 2016.

XUEWEN H., ISLAM S., e ZHOU Y.. **Chromosome Encoding Schemes in Genetic Algorithms for the Flexible Job Shop Scheduling: A State-of-art Review Useful for Artificial Intelligence Applications**. *2020 5th International Conference on Innovative Technologies in Intelligent Systems and Industrial Applications (CITISIA)*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1109/CITISIA50690.2020.9371789>

XUEWEN X., GUI L., e ZHAN Z.. **A multi-swarm particle swarm optimization algorithm based on dynamical topology and purposeful detecting**. *Applied Soft Computing, Volume 67, June 2018, Pages 126-140*. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.02.042>

ZHANG Q., e HU, S.. **An Improved Hybrid Quantum Particle Swarm Optimization Algorithm for FJSP**. *Proceedings of the 2019 11th International Conference on Machine Learning and Computing*. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/3318299.3318359>

# CONFIGURAÇÃO DE SWITCHES EM UMA REDE UTILIZANDO UMA SBC COM GERÊNCIA REMOTA E SISTEMA WEB

*Data de submissão: 03/02/2023*

*Data de aceite: 01/03/2023*

### **André Luís Maldonado Daniel**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão, Departamento de Engenharia Eletrônica  
Campo Mourão – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/5753007265986575>

### **Paulo Denis Garcez da Luz**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba, Departamento de Engenharia Eletrônica  
Curitiba – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/3452990176814641>

### **Roberto Wilhelm Krauss Martinez**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão, Departamento de Engenharia Eletrônica  
Campo Mourão – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/6469800712799886>

**RESUMO:** Neste trabalho é apresentado o desenvolvimento de um software para sistemas baseados em Linux embarcados em uma single board computer (SBC), com a capacidade de gerenciar de forma remota diversos aparelhos switches em uma mesma rede através de uma nova interface web e banco de dados remotos, podendo assim executar a gestão de forma remota

sem estar em rede local. Com o objetivo de automatizar a configuração através da rede é proposto uma solução de baixo custo para controle de infraestrutura de rede com a elaboração de um sistema de controle centralizado para switches do modelo TL-SG108E. Para projetar o sistema, a interface web de um switch TL-SG108E foi estudada para modelar um software capaz de reproduzir todas as funcionalidades de tal switch com a possibilidade de visualizar todas as informações de todos os aparelhos empregados na rede e configurá-los de forma rápida e prática. O projeto será desenvolvido em JavaScript utilizando ambiente de execução NodeJS com o framework NestJS, a biblioteca Puppeteer para web scraping, a biblioteca VueJS para interface de usuário e utilizará o banco de dados MYSQL.

**PALAVRAS-CHAVE:** Automação; switch gerenciável; interface web; raspberry pi; redes de computadores.

### CONFIGURATION OF SWITCHES IN A NETWORK USING AN SBC WITH REMOTE MANAGEMENT AND WEB SYSTEM

**ABSTRACT:** This work presents the development of software for Linux-based

systems embedded in a single board computer (SBC), with the ability to remotely manage several switch devices on the same network through a new web interface and remote database. , thus being able to perform management remotely without being on a local network. With the objective of automating the configuration through the network, a low cost solution for network infrastructure control is proposed with the elaboration of a centralized control system for switches of the model TL-SG108E. To design the system, the web interface of a TL-SG108E switch was studied to model a software capable of reproducing all the functionalities of such a switch with the possibility of visualizing all the information of all the devices used in the network and configuring them in a way fast and practical. The project will be developed in JavaScript using the NodeJS runtime environment with the NestJS framework, the Puppeteer library for web scraping, the VueJS library for the user interface and will use the MYSQL database.

**KEYWORDS:** Automation; managed switch; web interface; raspberry pi; computer network.

## 1 | INTRODUÇÃO

O switch é um aparelho capaz de conectar diversos dispositivos utilizando a interface de rede Ethernet em uma rede física. O equipamento é capaz de paralelizar o envio de informação, pois ela trafega apenas entre os dispositivos de remetente e destino. Por conta disso, ele torna o envio de informação mais seguro dentro da rede. Esse dispositivo também apresenta outras funcionalidades como a qualidade de serviço que permite o controle de banda para níveis de importância de pacotes de informação.

Um aparelho switch pode ser gerenciável (Managed Switch) ou não gerenciado (Unmanaged Switch). Um switch não gerenciado é mais simples e possui uma programação fixa, enquanto que um switch gerenciado possui mais funções e pode ser customizado (SPURGEON, C. E.; ZIMMERMAN, 2013). O switch gerenciável pode ser programado através da conexão física na porta console ou, em alguns casos, uma interface web que pode ser acessada apenas pela rede local do aparelho pelo usuário.

A fim de implementar uma solução centralizada e remota, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um software para a configuração de um ou mais switches gerenciáveis TL-SG108E da linha Smart Switch, fabricado pela TP-LINK. Ao mover a configuração dos dispositivos para um banco de dados remoto, o sistema pode manter a configuração dos switches centralizada. Essa informação pode então ser consumida pelos servidores do sistema embarcados em SBCs na rede local, tendo acesso ao switches para configurá-los. As informações também podem ser visualizadas através da interface web para serem modificadas pelo usuário.

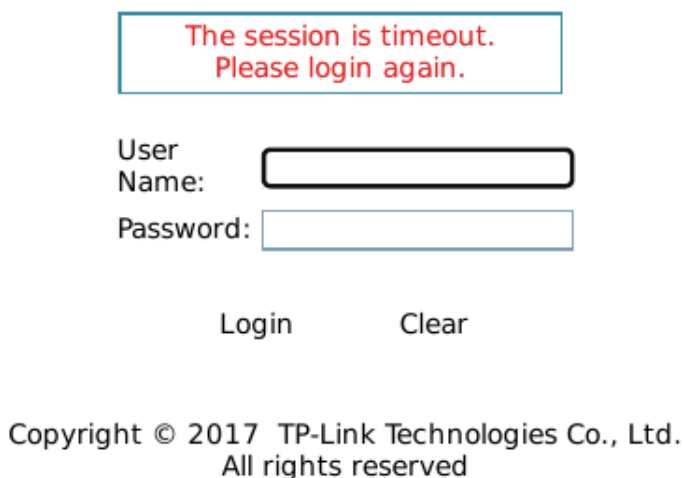
## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto, utiliza o banco de dados MYSQL, o ambiente de execução NodeJS utilizando o framework NestJS e a biblioteca VueJS para interface de usuário web. Para

embarcar o software, o Raspberry Pi Model B é utilizado com o sistema operacional RaspBian. O switch TL-SG108E foi escolhido como alvo da gerência do software por ser um switch gerenciável de entrada, custando em média U\$30 e carecer de uma solução remota para sua configuração.

Para abranger todas as funcionalidades disponíveis em um switch TL-SG108E, é mapeado a interface web do dispositivo e suas funções para a modelagem das tabelas e funcionalidades do programa, a seguir, as imagens 1, 2 mostram a interface do switch.

A Figura 1 mostra a interface de login para o usuário do switch, ao navegar para o endereço IP do dispositivo e não estiver conectado, o usuário é redirecionado a ela.



The session is timeout.  
Please login again.

User Name:

Password:

Login Clear

Copyright © 2017 TP-Link Technologies Co., Ltd.  
All rights reserved

Figura 1: Interface de login do switch

Fonte: Autoria própria

Na interface de estatísticas da Figura 2, o usuário é capaz de verificar todas as informações de upload e download do dispositivo. É nessa página em que o usuário pode mudar a configuração das portas.



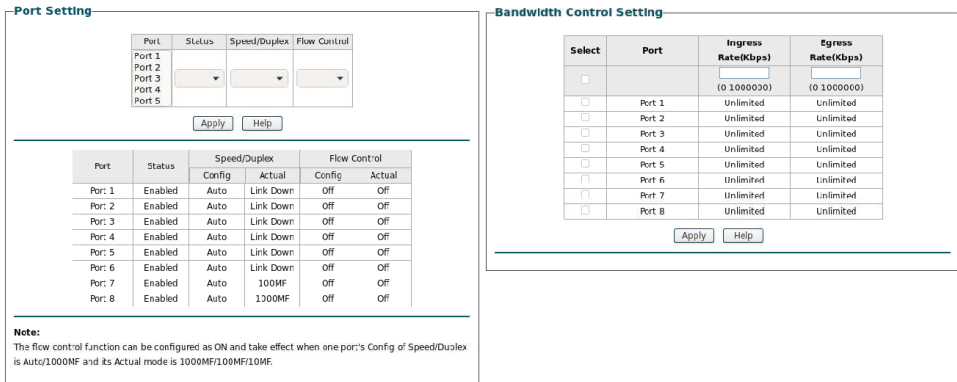


Figura 2: Interface de estatísticas e limites de upload e download

Fonte: Autoria própria

Como o switch conta com uma interface web, o Puppeteer (ferramenta desenvolvida para controlar um navegador web) é usado para navegar de forma autônoma através dessa interface a fim de coletar as informações necessárias e aplicar as configurações solicitadas.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O projeto se encontra em fase de desenvolvimento, mas já é capaz de realizar login no dispositivo, navegar através das abas da interface, recuperar as informações de hardware e rede e também mudar as configurações das portas. As Figuras 3 e 4 a seguir mostram um protótipo da página web com as informações coletadas.

Na Figura 3 é apresentado as informações coletadas do switch utilizado no projeto e mostradas na interface web do sistema desenvolvido. Já na Figura 4 é apresentada os estados das portas na interface web desenvolvida.

Device description	192.168.15.1
Mac address	70:4F:57:D2:60:EF
IP address	192.168.15.150
Subnet mask	255.255.255.0
Default gateway	192.168.15.1
Firmware version	1.0.0 Build 20171214 Rel.70905
Hardware version	TL-SG108E 3.0

Figura 3: Interface do software com informações do hardware

Fonte: Autoria própria

SYSTEM INFO		PORT SETTINGS	
Port 1	status: Disabled	<b>speed/duplex</b> configuration: Auto actual: Link Down	<b>flow control</b> configuration: Auto actual: Link Down
Port 2	status: Enabled	<b>speed/duplex</b> configuration: Auto actual: Link Down	<b>flow control</b> configuration: Auto actual: Link Down

Figura 4: Interface do software com informações das portas

Fonte: Autoria própria

Futuramente, o banco de dados será integrado seguindo o esquema da Figura 5 e as informações serão geridas através da interface web e inseridas no banco para que uma rotina seja executada para assegurar que a mudança das configurações de cada dispositivo adicionado ao banco seja atualizada.

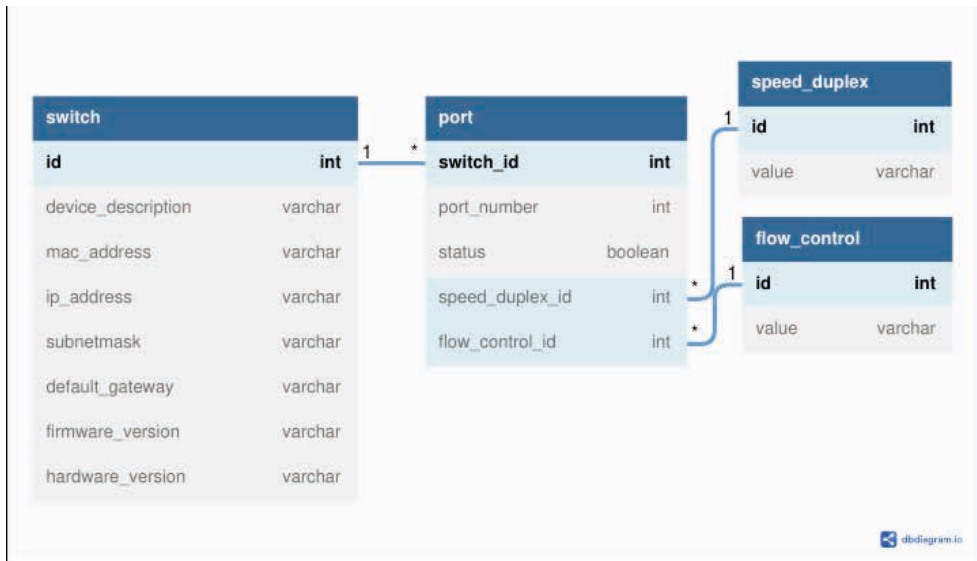


Figura 5: esquema do banco de dados

Fonte: Autoria própria

Nos testes com um aparelho switch foi possível navegar pela interface ao utilizar as labels HTML da página para simular cliques, entradas de dados e recuperar as informações contidas na página.

#### 4 | CONCLUSÃO

Este trabalho possibilita a gerencia remota de um ou mais switches TL-SG108E, ao estender a capacidade de gerencia da infraestrutura de rede para além da rede local, permitindo uma homogenia na configuração dos diversos pontos da rede.

Para desenvolver essa solução foi necessário o desenvolvimento de um sistema embarcado capaz de acessar um banco de dados e acessar também as configurações dos switches da rede local. Também foi desenvolvida uma interface web para a comunicação entre usuário e sistema. Por fim, essa solução foi embarcada em uma SBC para ser implantada em qualquer rede local com acesso ao switch do usuário.

Para o desenvolvimento do sistema, a interface web e as funcionalidades do switch foram mapeadas. Através disso, o sistema foi projetado para acomodar as funções do switch.

Para mudar as configurações dos switches na rede local, o servidor embarcado utiliza do Puppeteer para acessar o aparelho através de um navegador de internet, simulando um usuário. Essa ferramenta pode navegar através da interface utilizando as tags HTML, usadas para montar os sites, para interagir com o sistema ao simular cliques e entradas de dados no navegador.

## AGRADECIMENTOS

A comunidade acadêmica da UTFPR por seu auxílio em meus estudos, em especial ao Professor Paulo Denis Garcez da Luz e ao Professor Roberto Wilhelm Krauss Martinez, que disponibilizaram seu tempo e conhecimento de forma a alicerçar minha pesquisa nesse trabalho que desenvolvi como trabalho de conclusão de curso de engenharia eletrônica com data de conclusão em 2022/2.

## DISPONIBILIDADE DE CÓDIGO

O código fonte está disponível na plataforma GitHub em: <https://github.com/andreimd/switch-portal> e <https://github.com/andreimd/switch-server>.

## CONFLITO DE INTERESSE

Não há conflito de interesse.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Rodrigo Maximiano Antunes de; MORAES, Carlos Henrique Valério de; SERAPHIM, Thatyana de Faria Piola. **Programação de Sistemas Embarcados: Desenvolvendo Software para Microcontroladores em Linguagem C**. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2017.

HAFNER, Katie; LYON, Matthew. **Where wizards stay up late: The origins of the Internet**. [S.l.]: Simon e Schuster, 1998.

LLC, Google. **Puppeteer: Headless Chrome Node.js API**. [S.l.: s.n.], 2017. <https://github.com/puppeteer/puppeteer>.

MYSLIWIEC, Kamil. **Nest.js**. [S.l.: s.n.], 2017. <https://nestjs.com/>.

NODE.JS DEVELOPERS, Linux Foundation. **Node.js**. [S.l.: s.n.], 2009. <https://nodejs.org/>.

ONION, A.; SULLIVAN, M.; MULLEN, M. **The Invention of the Internet**. en. [S.l.: s.n.], jul. 2010. <https://www.history.com/topics/inventions/invention-of-the-internet>. Acesso em: 20 ago. 2022.

SPURGEON, Charles. **Ethernet: The Definitive Guide**. 2. ed. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, mar. 2014.

SPURGEON, Charles E; ZIMMERMAN, Joann. **Ethernet switches: An introduction to network design with switches**. [S.l.]: "O'Reilly Media, Inc.", 2013.

TANENBAUM, A.S.; WETHERALL, D.J. **Redes de computadores**. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2011. ISBN 9788576059240.

YOU, Evan. **VueJs**. [S.l.: s.n.], 2013. <https://vuejs.org/>.

## CAPÍTULO 6

# CRESCIMENTO POPULACIONAL DE UMA CIDADE INTELIGENTE USANDO TÉCNICAS COGNITIVAS MOLEDOS MENTAIS FUZZY

*Data de aceite: 01/03/2023*

### **Márcio Mendonça**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná - Campus Cornélio Procópio  
PPGEM-CP - Programa de Pós-Graduação  
Multicampi em Engenharia Mecânica  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/5415046018018708>

### **Henrique Cavalieri Agonilha**

Universidade Filadélfia (Unifil) Londrina  
Graduação em Engenharia de Software  
Londrina - PR  
<http://lattes.cnpq.br/9845468923141329>

### **Vicente de Lima Gongora**

Faculdade da Industria Senai  
Londrina - PR  
<http://lattes.cnpq.br/6784595388183195>

### **Marco Antônio Ferreira Finocchio**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia  
Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/8619727190271505>

### **Marcio Aurélio Furtado Montezuma**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná - Campus Cornélio Procópio  
Departamento Engenharia Mecânica  
(DAMEC)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/2487283169795744>

### **Matheus Gil Bovolenta**

Acadêmico - Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia  
Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/1518815195539638>

### **Wesley Candido da Silva**

Faculdade da Industria Senai  
Londrina - PR  
<http://lattes.cnpq.br/6740629293449940>

### **Ricardo Breganon**

Instituto Federal do Paraná, Campus  
Jacarezinho  
Jacarezinho – PR  
<http://lattes.cnpq.br/2441043775335349>

### **Rogério Breganon**

Instituto Federal do Paraná, Campus  
Campo Largo  
Campo Largo – PR  
<http://lattes.cnpq.br/2441043775335349>

### **Rodrigo Rodrigues Sumar**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia  
Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/1461760661483683>

**Gabriela Helena Bauab Shiguemoto**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/3301713295448316>

**João Maurício Hypólito**

Departamento Computação-FATEC - Ourinhos-SP  
<http://lattes.cnpq.br/5499911577564060>

**Fábio Rodrigo Milanez**

Faculdade da Indústria Senai  
Londrina - PR  
<http://lattes.cnpq.br/3808981195212391>

**Kazuyochi Ota Junior**

Mestrando - PPGEM-CP - Programa de  
Pós-Graduação Multicampi em Engenharia Mecânica  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/3845751794448092>

**Luiz Henrique Geromel**

IFSP Instituto Federal São Paulo  
Piracicaba SP  
<http://lattes.cnpq.br/3945660888230811>

**Vicente de Lima Gongora**

Faculdade da Indústria Senai - Londrina

**Francisco de Assis Scannavino Junior**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)

**Carlos Alberto Paschoalino**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)

**RESUMO:** Indicadores sugerem que o mercado global de inteligência artificial possuía um valor de US\$ 65.48 bilhões em 2020 e crescerá para aproximadamente US\$ 1,581.70 bilhões até 2030. Parte deste mercado está contido no desenvolvimento de Cidades Inteligentes, um conceito que usa Inteligência Artificial para aplicar técnicas computacionais inteligentes como Internet das Coisas e Big Data. Cidades Inteligentes já estão melhorando a qualidade de vida em diversas cidades ao redor do mundo e em diferentes campos de conhecimento, como segurança pessoal através de controle de tráfego e outros, como endereçado no desenvolver deste trabalho. Portanto, para validar a proposta dessa investigação científica, uma comparação é feita entre dois casos diferentes, uma cidade com um significativo avanço tecnológico e outra sem desenvolvimento tecnológico significativo. O FCM ajuda a identificar

possíveis melhorias no processo de imigração de uma cidade. Por exemplo, a modernização de uma cidade pode impactar nos trabalhos, mas as condições de saúde podem piorar. Os resultados, mesmo que em um estado inicial, são apresentados e analisados. Finalmente, os autores apresentam a conclusão e cogitam possíveis trabalhos futuros.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Fuzzy Cognitive Maps*, Cidades Inteligentes, *SoftComputing*.

## POPULATION GROWTH OF A SMART CITY USING COGNITIVE TECHNIQUES FUZZY MENTAL MODELS

**ABSTRACT:** Indicators suggest that the global artificial intelligence market was valued at US\$ 65.48 billion in 2020 and will grow to approximately US\$ 1,581.70 billion by 2030. Part of this market is contained in the development of Smart Cities, a concept that uses Artificial Intelligence to employ intelligent computational techniques such as IoT and Big Data. Smart Cities are already improving the quality of life in several cities around the planet in different fields of knowledge, such as personal safety through traffic control and others, as addressed throughout the development of this work. Thus, to validate the proposal of this scientific investigation, a comparison is made with two different cases, one city with significant technological development and another with no significant technological development. The FCM helps identify potential improvements in a city immigration process. For example, an improvement in the modernization of cities can impact jobs. However, health conditions can worsen. The results, even in an initial state, are presented and analyzed. Finally, the authors present a conclusion and address possible future work.

**KEYWORDS:** Fuzzy Cognitive Maps, Smart Cities, *SoftComputing*.

## 1 | INTRODUÇÃO

Sistemas computacionais inteligentes evoluem em alta velocidade proporcionalmente ao avanço tecnológico Mendonça e colaboradores (2019). Dentre esses sistemas pode-se considerar aplicações como as cidades inteligentes evoluem na direção da integração de todas as dimensões da inteligência humana, artificial e coletiva.

Em outras palavras, cidades são consideradas inteligentes quando são construídas como aglomerados multidimensionais, combinando essas três principais dimensões (KOMNINOS, 2009).

Em uma cidade são as pessoas que nela vivem São essenciais. Portanto, o bem-estar e a saúde são relevantes para o conceito de cidades inteligentes (VON SON et al., 2017). Posto isso, com o número de habitantes de uma cidade crescendo, consequentemente haverá mais desafios em sua gestão. Nesse contexto, muitos eventos podem ser relacionados de forma complexa, os quais dificilmente poderão ser controlados (PURNOMO et al., 2016).

A pressão da população diante à limitação dos recursos, impulsiona as pesquisas para atender às demandas dessas cidades. Nesse sentido, o uso de Inteligência Artificial (I.A.) poderá reduzir a pressão sobre a escassez de infraestrutura e atender às necessidades

da sociedade (RAGHUVANSHI, 2022).

Smart city and Internet of Things (IoT) solutions suffer from fragmentation and lack of economies of scale. Thus, to address this issue, the National Institute of Mapas cognitivos (CMs) foram propostos pela primeira vez por Axelrod (1976) para a tomada de decisões. Embora o FCM utilize dois elementos essenciais, conceitos e relações causais, o mapa cognitivo pode ser visto como um modelo matemático simplificado de um sistema de crenças (MILLER, 1979).

Assim, os FCM são modelos que utilizam o CM como uma das técnicas precursoras. Portanto, eles também podem ser considerados (MENDONÇA et al., 2015) modelos de crença.

Os FCMs, por outro lado, são geralmente assinados por gráficos fuzzy ponderados, geralmente envolvendo feedbacks, compostos por nós e ligações direcionados que os conectam. Os nós representam conceitos comportamentais descritivos do sistema e os elos representam relações causa e efeito entre os conceitos. Na teoria FCM, o valor fuzzy de um conceito denota o grau em que o conceito específico está ativo no sistema geral, normalmente limitado em uma faixa normalizada de  $[0,1]$ . Além disso, os pesos das inter-relações no sistema refletem o grau de influência causal entre dois conceitos, e geralmente são atribuídos linguisticamente por especialistas (GLYKAS, 2010). Brevemente mencionados acima, os FCMs combinam aspectos de duas técnicas computacionais inteligentes, por exemplo, a robustez das Redes Neurais e os termos linguísticos da lógica fuzzy (AGUILAR, 2001).

A motivação desta pesquisa reside na inclusão de informações linguísticas no modelo cognitivo, a priori desenvolvido com um objetivo social. Dito isto, a capacidade de inferência e convergência dos FCMs (NÁPOLES et al., 2016) pode contribuir para os fatores das cidades inteligentes.

Este trabalho visa principalmente abordar, entre outros conceitos, o bem-estar e a saúde das pessoas relacionadas à imigração e conseqüentemente o crescimento das cidades através de um FCM, uma técnica computacional inteligente que compila o conhecimento de especialistas na construção de um modelo cognitivo (MENDONÇA; CHUN; ROCHA, 2017). Entretanto, o objetivo principal é desenvolver uma ferramenta que ajude a identificar pontos que podem ser melhorados para que a cidade se torne inteligente. Para testar a ferramenta, dois cenários distintos serão formalizados, um com mais tecnologia e o outro com menos, e uma avaliação das duas situações.

A aplicação de técnicas computacionais é usual no desenvolvimento de cidades inteligentes. Alguns trabalhos serão citados utilizando o FCM aplicado no desenvolvimento de cidades inteligentes. Como, por exemplo, o trabalho de Kalterrieder et al. (2016) que apresenta um software pessoal de um assistente digital 2.0. Baseado em métodos de soft computing (técnicas de computação inteligente) e computação cognitiva, esta aplicação inteligente de programação e gerenciamento de mobilidade em software. Estamos



aplicando Fuzzy Cognitive Maps e álgebra temporal, representando o próximo passo para a realização de cidades cognitivas (i.e., cidades inteligentes com cognição aprimorada).

O trabalho de Sudhagar (2019) estuda o FCM e seu papel no desenvolvimento de um sistema educacional inteligente. É proposto um modelo FCM que pode superar algumas dificuldades no ambiente de aprendizagem estático e essencial em ambientes de aprendizagem digital. O modelo proposto pelo FCM para um sistema de aprendizagem identifica estilos de aprendizagem, avalia os fatores críticos de um sistema de gestão de aprendizagem, avalia o mecanismo de ensino e aprendizagem do FCM e seus desenvolvimentos. Pode-se trabalhar com o FCM aplicado na educação (MENDONÇA et al., 2015), que pode contribuir como um retorno ao nível de satisfação do estudante na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR-Campus Cornélio Procópio) e contribuir para o desenvolvimento e adaptação da universidade, o que é essencial no desenvolvimento da cidade.

Como exemplo da aplicação da técnica computacional, o artigo de (KALTENRIEDER et al., 2016) pode ser citado; (PORTMANNRACH, 2015) apresenta uma visão sobre a gestão de cidades inteligentes, olhando em cidades cognitivas. Cidades Cognitivas e Pesquisa Computacional com os conceitos básicos de Gráficos do Conhecimento e FCM são apresentados e apoiados por ferramentas existentes e ferramentas projetadas. O artigo ilustra o FCM como um instrumento adequado para representar a informação/conhecimento em uma cidade ou ambiente impulsionado pela interação homem-tecnologia, impondo o conceito de cidades cognitivas. Um projeto de artigo proposto como uma descoberta do artigo e mostra o próximo passo na implementação da meta-aplicação proposta.

Uma estrutura de sistemas de diálogo permite que os sistemas humanos sejam projetados para o ambiente urbano e ambientalmente projetado em particular o FCM (D'ONOFRIO, et al., et al., 2018). Este trabalho já está na segunda iteração de seu desenvolvimento. Duas experiências foram realizadas para confirmar a estabilidade dos fundamentos teóricos.

Um trabalho relacionado a este artigo, que apresentou uma proposta semelhante, mas com uma estratégia diferente na modelagem de imigrantes para uma cidade baseada no trabalho original de Axelrod (1976), foi o trabalho (PEDRYCZ; JASTRZEBSKA; HOMENDA, 2016), que modelou como relações causais através de dados históricos, e não através de conhecimento especializado como será apresentado na seção de desenvolvimento. Outra diferença é que este trabalho planeja modelar através de um FCM mais genérico.

Ilustra-se o FCM como um instrumento para representar as informações de uma cidade ou ambiente impulsionado pela interação homem-tecnologia, impondo o conceito de cidades inteligentes. Permitindo aos gestores e especialistas uma melhor análise do problema. Este trabalho possibilita identificar possíveis problemas no processo de gestão de uma cidade, exemplificando a correlação entre essas variáveis.

A seção 2, trará uma breve discussão sobre cidades inteligentes, a seção de

fundamentos do FCM será discutida em 3. Na seção 4, a abordagem para o problema é proposta neste artigo. A seção 5 comentará os itens ou conceitos formalizados no modelo cognitivo e seus resultados.

Além disso, a seção 6 conclui e aborda os trabalhos futuros.

## 2 | CIDADES INTELIGENTES

Cidades ao redor do globo têm demonstrado interesse em utilizar a tecnologia da informação e comunicação para resolver seus problemas urbanos. O conceito de cidades inteligentes como uma solução tecnológica aos desafios gerados a partir do aumento populacional e da complexidade das cidades, nas áreas de transporte, meio ambiente, energia e nas relações sociais (YANG, 2021).

Segundo a Comissão da Ciência e da Tecnologia a Serviço do Desenvolvimento de 2016, as cidades estão se tornando maiores e complexas conforme sua população aumenta. Além disso, segundo dados de 2008 mais de 50% da população mundial, cerca de 3.3 bilhões de pessoas, vive em áreas urbanas e até 2030, a expectativa é de que este número aumente para cerca de 5 bilhões.

Em países emergentes, a implementação do conceito é ainda mais desafiadora e capaz de produzir resultados mais relevantes, devido aos maiores índices de crescimento populacional associado às limitações de recursos geram maiores desafios sociais (HAYAR, 2018).

As cidades inteligentes podem ser estudadas de 4 formas diferentes segundo pesquisas recentes. A primeira maneira analisa as características individuais em desenvolvimento ao redor do mundo, levando-se em conta suas regiões. Por exemplo, cidades inteligentes da Europa tem seu foco em resolver problemas urbanos de cidades já existentes utilizando tecnologia (GIFFINGER, 2007).

De acordo com o artigo supracitado o Brasil se enquadra na classe dos países emergentes. Onde há uma maior concentração de indicadores sociais e a prevalência das grandes cidades sobre as cidades de médio porte (MACHADO JUNIOR, 2018).

O segundo modo, analisa os elementos comuns entre as cidades e demonstra como as tecnologias das cidades inteligentes são aplicadas (NEVES, 2020).

O terceiro modo, obtém métodos para a criação das cidades inteligentes, além de gerar exemplos de desenvolvimento de cidades através de empresas de tecnologia (KOLK, 2019).

O quarto tipo aplica os conceitos de cidades inteligentes e compara a sua implementação em diferentes cidades e cenários (YIGITCANLAR, 2018). Como neste trabalho, este estudo compara duas possíveis cidades inteligentes utilizando aproximações conceituais, comparando dois cenários diferentes, como supracitado, tratando de situações com menos e mais utilização de I.A.

### 3 I FUNDAMENTOS MAPAS COGNITIVOS

Proposta em 1986 por Bart Kosko (1986), os FCMs formam uma classe de Redes Neurais Artificiais (RNA) (HAYKIN, 2000), que representam conhecimento de forma simbólica e relatório de estados variáveis com base em eventos de saídas e entradas, utilizando uma abordagem de causa e efeito.

Os FCMs, quando comparados às Redes Neurais Artificiais, têm várias vantagens significativas, tais como a relativa facilidade de representar estruturas de conhecimento e a simplicidade da inferência calculada por operações de matriz numérica (PARSOPOULOS et al., 2003).

Os FCMs têm como objetivo a modelagem e simulação de sistemas dinâmicos. Eles apresentam inúmeras vantagens, como transparência de modelos, simplicidade e adaptabilidade a um determinado domínio, para citar algumas. Os FCMs têm sido aplicados a numerosas áreas industriais, como o trabalho de Mendonça (MENDONÇA et al., 2013). Alguns deles podem ser encontrados em Papageorgiou (2014). Uma das dificuldades na utilização do FCM é determinar os aspectos, variáveis ou conceitos do FCM. A construção destes modelos pode ser feita de duas maneiras, com base no conhecimento de especialistas na área, como foi o caso nesta pesquisa, e com base em dados históricos (YESIL et al., 2013) ou mesmo uma abordagem que utiliza ambos os métodos.

Além disso, os FCMs podem ser cíclicos ou acíclicos. Os cíclicos formam um ou mais ciclos entre os conceitos e suas relações causais. Assim, como mostrado na Figura 1 (YESIL et al., 2013a). Neste exemplo, é possível observar várias conexões cíclicas entre os conceitos (círculos) e suas relações causais (setas), tais como as conexões dos conceitos C3, C4 e C5.

Teoricamente, um FCM pode não convergir, resultando em resultados caóticos e, como no caso deste trabalho, convergir e alcançar um ciclo limite, um ciclo de atração (MENDONÇA et al., 2017).

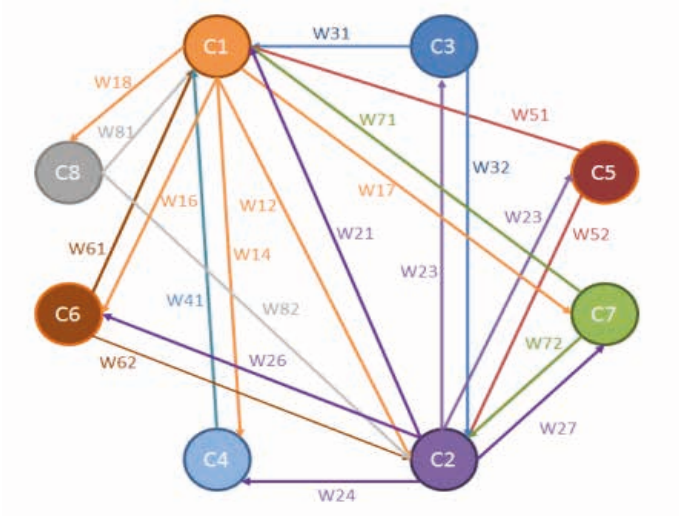


Fig. 1 FCM: Nível de Satisfação Acadêmico – Adaptado de MENDONÇA et al., 2015

#### 4 I PROBLEMÁTICA DAS CIDADES INTELIGENTES

O FCM proposto é uma instanciação do modelo clássico do Axelrod na figura 2. Este modelo cognitivo permite uma visão macro do problema em análise e apresenta apenas uma relação simplista entre os conceitos. Além disso, ele só se apresenta se a influência for positiva ou negativa entre eles.

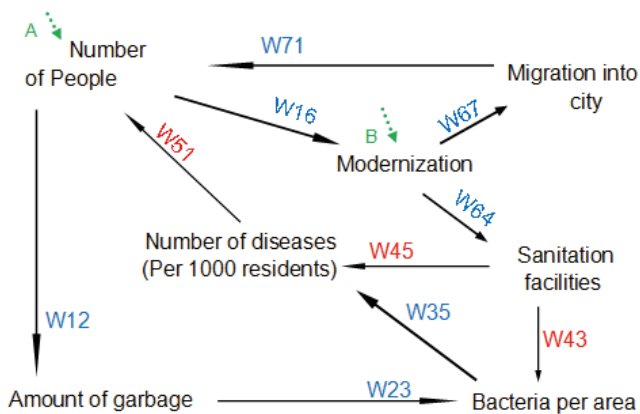


Fig. 2 Mapa Cognitivo Axelrod.

O modelo não faz nenhuma inferência; entretanto, permite que os especialistas o utilizem para analisar o problema. A figura 3 mostra o FCM, de forma específica, um modelo clássico semelhante ao proposto por Kosko nos anos 80. O primeiro passo no

desenvolvimento do FCM foi precisamente o do mapa cognitivo de Kosko.

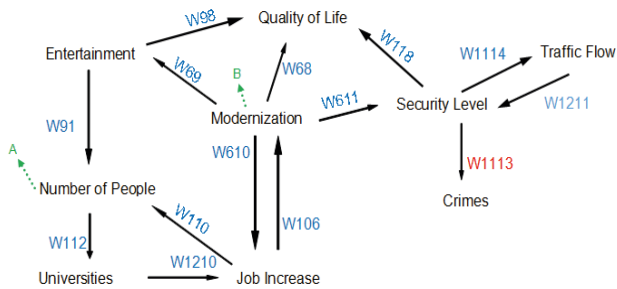


Fig.3 FCM Axelrod.

A vantagem do FCM é que o conhecimento especializado foi adicionado ao modelo através de variáveis fuzzy. Além disso, os termos linguísticos foram quantificados por especialistas, podendo ser alterado posteriormente levando-se em conta as prioridades de cada gestor e as singularidades de cada cidade.

De acordo com a ISO 37122:2019, os valores que envolvem modernização impactam significativamente uns aos outros, cumprindo com as seis características de uma cidade inteligente, como mostrado na Figura 4.

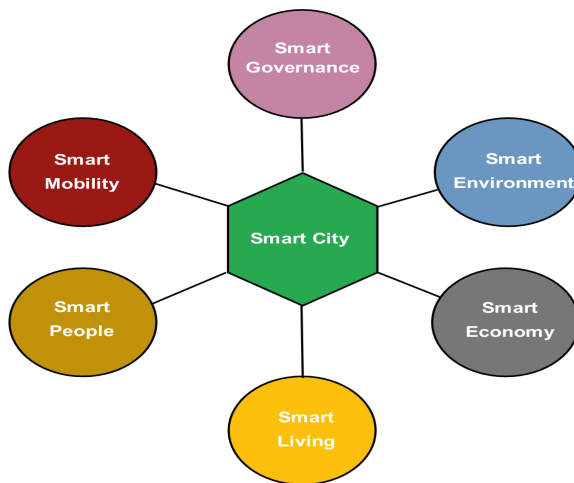


Fig. 4 Pilares da Cidade Inteligente.

Para Colldahl (2013), a Smart Economy refere-se a um mercado de trabalho competitivo, com inovações marcantes, produtividade e flexibilidade de mão de obra, assim como Smart People que trazem um aumento de capital humano qualificado e capacitado,

isto pode ser notado no relacionamento entre universidades, aumento do emprego e modernização. A Smart Mobility, não apenas o transporte de tecnologia de informação e comunicação, mas também a infraestrutura e a segurança do tráfego, como pode ser visto na relação entre modernização e tráfego. Smart Living está diretamente relacionado com a qualidade de vida, proporcionando boa saúde e qualidades financeiras e sociais sólidas, já o Smart Governance fortemente ligado a processos democráticos e sistemas de transparência. Finalmente, o Smart Environment busca a manutenção sustentável dos recursos e a proteção do meio ambiente.

A partir dos pilares de Colldahl (2013) e tomando como referência a aproximação do GCTC de Rhee (2016), utilizando dados disponíveis para consulta, pode-se realizar a inferência mostrada na figura 5.

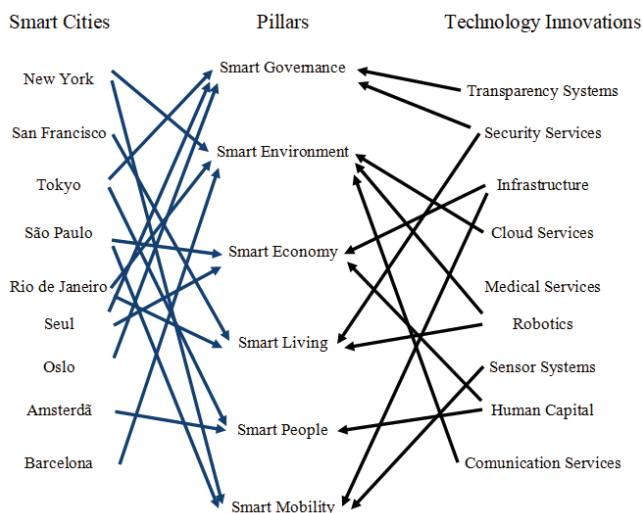


Fig. 5 Inferência – Adaptado Rhee (2016)

No modelo proposto, foram utilizados indicadores para entender melhor o cenário estudado, que pode ser modificado de acordo com as necessidades de cada cidade.

Ambos os cenários utilizam o mesmo modelo cognitivo: “Quais conceitos serão potencialmente implementados em uma cidade inteligente”? como sugerem os indicadores do trabalho de Colldahl (2013). Dado este espectro, dois cenários possíveis foram pensados. O primeiro cenário (cenário 1) apresenta uma menor utilização da Inteligência Artificial (I.A) e um aspecto menos futurista e tecnológico. Apesar da atual modernização, os índices ligados à tecnologia não apresentam um crescimento tão contemporâneo próximo ao estado da arte. O segundo cenário (cenário 2), por sua vez, traz uma modernização mais avançada e futurista, com intensa utilização da I.A., comunicações mais avançadas, especialmente observando itens de relevância que estão presentes na maioria das análises, com base no

trabalho clássico de Axelrod; segurança que parece estar subestimada em muitos estudos, e se apresenta como um componente crucial para a qualidade de vida em várias cidades (LACINÁK, 2017) e; finalmente, Qualidade de Vida, altamente relevante no planejamento de políticas públicas e territoriais (MOLINA-MORALES e MARÍNEZ-FERNÁNDEZ, 2010).

As cidades inteligentes utilizam os dados para resolver problemas urbanos. Por exemplo, os modernos sistemas de monitoramento e gerenciamento de tráfego são baseados em dados em tempo real para ajustar o tempo de chegada ao destino, permitindo uma maior eficiência e encaminhamento de veículos.

Após a construção do FCM, foi possível fazer uma inferência utilizando um sistema computacional, e não apenas um modelo de análise. Apesar das diferentes equações de inferência, uma das mais utilizadas na literatura, dá-se pelas equações 1 e 2 (SOUZA et al., 2017).

$$A_i(k+1) = f\left(A_i(k) + \sum_{j=1, j \neq i}^N A_j(k)W_{ji}\right) \quad (1)$$

Onde:

$A_i(k+1)$  é o valor do próximo passo do conceito implementado.

A função  $f$  é a função de ativação sigmoide da equação 2.

A somatória  $\sum_{j=1, j \neq i}^N A_j(k)W_{ji}$  é a relação de causa e efeito dos outros conceitos conectados ao analisado.

O resultado da equação (1) será um valor entre 0 e 1. Já a equação (2).

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-\lambda x}} \quad (2)$$

Onde:

$\lambda$  é um número realmente positivo, chamado fator de esquecimento da rede.

$x$  é o valor da I.A. no ponto de equilíbrio.

A manipulação de dados por máquinas requer, de maneira informal, uma descrição hierárquica dos conceitos de um domínio, denominando-se ontologia (GHORBEL, 2010). Uma possível sequência ou ontologia para construir um FCM clássico é apresentada na Tabela 1.

Item	Conceito
1	Identificação de conceitos, suas relações e sua natureza.
2	Aquisição de dados iniciais por conhecimento especializado ou dados de processo, quando conhecidos.
3	Apresentação de dados e entrevista com especialistas para determinar o peso das relações causais ou causa-efeito do FCM.
4	Análise e possível refinamento dos valores das relações causais obtidas para a otimização do FCM.
5	Validação do modelo.

Tabela 1 - Ontologia de um FCM Clássico

Como essa investigação científica não utiliza nenhuma versão estendida do modelo cognitivo original proposto por Kosko, as etapas são similares.

Entretanto, a validação é a parte das etapas mais críticas no desenvolvimento de sistemas computacionais inteligentes, do inglês Softcomputing e conseqüentemente Fuzzy Cognitive Maps tem a mesma dificuldade.

Em modelos aplicados a controle a observação dinâmica do processo ou robôs em experimentos por meio de simulação ou protótipos Mendonça e colaboradores (2017). Desse modo, nessa investigação científica empregou-se duas situações diferentes e comparou-se as duas para uma possível justificativa da proposta dessa investigação científica.

## 5 | RESULTADOS

De acordo com a ISO 37122:2019, uma cidade inteligente cresce à medida que fornece soluções econômicas, sociais e sustentáveis para o crescimento populacional, a instabilidade econômica e a mudança climática. Ela usa dados e tecnologias modernas para fornecer melhores serviços e qualidade de vida para seus habitantes.

Os resultados obtidos na figura 6 pelo modelo proposto, apontam para uma taxa de imigração de aproximadamente 69%, sem a utilização de grandes investimentos em I.A., sendo influenciado principalmente pela modernização e aumento de empregos, como nota-se nos mapas cognitivos apresentados no item anterior. No segundo cenário, contendo um investimento substancial na modernização das condições sanitárias, há também uma migração mais significativa devido ao aumento de empregos e mão-de-obra qualificada. Além disso, outras variáveis, como universidades influenciam de maneira indireta e, são responsáveis pela maior concentração de pessoas, como podemos ver nas análises a seguir.

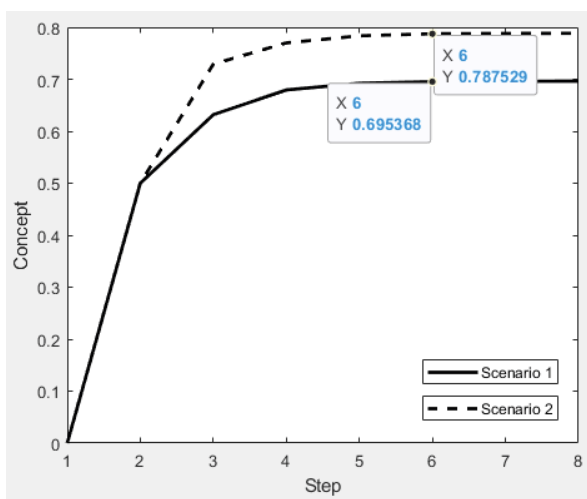


Fig. 6 Imigração: Cenários 1 e 2.



A qualidade de vida pode estar relacionada a numerosos indicadores, desde a saúde até a economia e a governança de uma cidade. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a qualidade de vida está relacionada à percepção de cada pessoa na sociedade, levando em conta seus objetivos, expectativas e contexto cultural. Diferentes indicadores para cada país podem ser observados, mas este trabalho considera a modernização como o item com o peso mais significativo nas correlações.

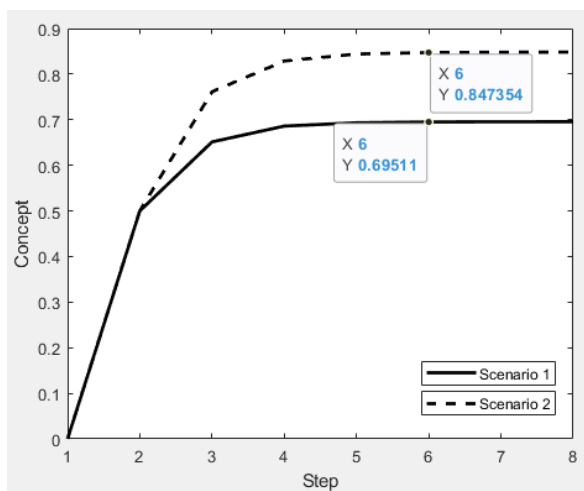


Fig. 7 Qualidade de vida: Cenários 1 e 2.

A Figura 7 mostra um crescimento de aproximadamente 24% na qualidade de vida, considerando o aumento da modernização.

Outro indicador a ser observado é a segurança, e esta variável procura fortalecer o direito à privacidade e a proteção da segurança pública e prevenir e gerenciar riscos nas comunidades (ISO 37101:2016). Além da modernização e do desenvolvimento de novas tecnologias é o controle do fluxo de carros autônomos e até mesmo não-autônomos, através da análise de dados em tempo real e da comunicação entre veículos, permitindo a localização de melhores rotas e a possibilidade de notificação de serviços de emergência, melhorando a eficiência e a segurança na condução de carros (LACINÁK, 2017).

Em um cenário mais tecnológico, a ISO 37122 sugere aumentar a porcentagem de vigilância através de câmeras, além disso o uso de I.A. e um tráfego de veículos autônomos interligados através de um sistema de malhas, seriam componentes cruciais para segurança. A figura 8 demonstra um aumento de cerca de 10% em níveis de segurança utilizando uma maior modernização e tecnologia.

De acordo com os índices dos dois cenários hipotéticos, esta tecnologia inteligente pode auxiliar na gestão de uma cidade para a tomada de decisões ou apoio à decisão e pode ser modificada para cada área e índice que deseje ser mapeado.

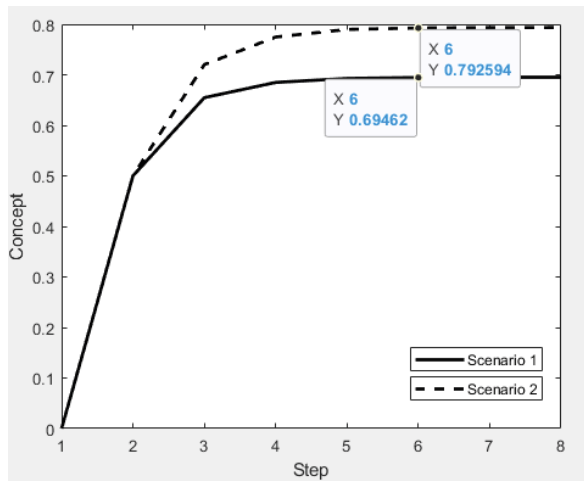


Fig. 8 Segurança: Cenários 1 e 2.

Cidades inteligentes apresentam inúmeras vantagens. Entretanto, existem algumas possíveis desvantagens desse novo conceito.

Segundo o relatório publicado pela Transparency International, o alto nível de coleção de dados levantou questões sobre invasão da privacidade dos cidadãos. A concentração da informação de cidadãos em um banco de dados contribui para a criação de um espaço urbano vigiado. Já em países com maior nível de pobreza, com dificuldades básicas para a maioria da população. Esse conceito pode intensificar as desigualdades. Estes sistemas também estão sujeitos a vulnerabilidade a ataques maliciosos de hackers (KITCHIN, 2017). E, além disso, a alta vigilância pode colaborar com a repressão de movimentos sociais devido a inserção de sensores e câmeras.

## 6 | CONCLUSÃO

A ferramenta proposta aponta para resultados satisfatórios, a partir dos resultados obtidos. Nesse sentido, pode-se observar aumento nos níveis estudados de imigração, qualidade de vida e segurança.

Em segurança, credita-se o aumento considerável ao uso de sistemas integrados, em especial o uso de veículos autônomos e sua relação com serviços de emergência e rotas mais seguras. Ainda, ao se aumentar os níveis de integração do sistema, maiores são as mudanças.

Dentre as variáveis coletadas, o aumento mais expressivo foi na qualidade de vida, dada sua associação com as melhorias proporcionadas pelas novas tecnologias, especialmente em suas ligações com entretenimento e segurança. Estas características estão associadas às percepções sociais e culturais individuais e dependem da política pública de cada cidade.

Por ser um modelo mental, o modelo pode ter seu peso de relação causal alterado de acordo com a realidade de uma cidade especificamente modelada.

Trabalhos futuros devem abordar a inclusão de novos conceitos, como segurança cibernética e aquisição de dados históricos, para um modelo FCM mais preciso e mais próximo do estado da arte para esses modelos mentais. Por exemplo, para cidades brasileiras, a inclusão de métricas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) ou do Office of National Statistics (ONS) para cidades do Reino Unido, além de planos diretores das cidades.

## REFERÊNCIAS

Acampora, G.; Loia, V (2011). **About Temporal Granularity in Fuzzy Cognitive Maps**. *IEEE transactions in Fuzzy Systems*.

Aguilar, J. **A Fuzzy Cognitive Map Based on the Random Neural Model** (2001). *Intelligent Systems Engineering*.

Colldahl, C. Et Al. **Smart Cities: Sustainable Strategic Development for an Urban World** (2013).

D'onofrio, S. Et Al. **Fuzzy Reasoning in Cities: an Exploratory Work on Fuzzy Analogical Reasoning Using Fuzzy Cognitive Maps** (2018).

Dickerson, J. A.; Kosko, B. **Virtual Worlds as Fuzzy Cognitive Maps** (1993). *Virtual Reality Annual International Symposium*.

D. van den Buuse; A. Kolk. **An exploration of smart city approaches by international ICT firms**. *Technol. Forecasting Social Change*, vol. 142, p. 220–234, May 2019.

Founoun, A., & Hayar, A. (2019). **Evaluation of the concept of the smart city through local regulation and the importance of local initiative**. 2018 IEEE International Smart Cities Conference, ISC2 2018, 1–6.

Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., & Meijers, E. (2007). **City-ranking of European medium-sized cities**. *Centre of Regional Science, Vienna UT*, October.

Glykas, M. **Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications**. [S.L.] (2010).

Ghorbel, H., Bahri, A., & Bouaziz, R. (2010). **Fuzzy ontologies building method: Fuzzy ontomethodology**. *Annual Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society – NAFIPS*.

Hagiwara, M. **Extended Fuzzy Cognitive Maps** (1992).

Hayar, A., & Betis, G. (2018). **Frugal social sustainable collaborative smart city casablanca paving the way towards building new concept for “future smart cities by and for all.”** 1–4.

Haykin, S. **Neural Networks and Learning Machines**. 3rd ed. 2008.

- International Organization for Standardization. Iso 37101: **Sustainable Development in Communities - Management System for Sustainable Development - Requirements with Use Orientation**. Switzerland, (2016).
- International Organization for Standardization. Iso 37122: **Sustainable Cities and Communities - Indicators for Smart Cities**. Switzerland, (2019).
- Kaltenrieder, P. Et Al. **Personal Digital Assistant 2.0 - A Software Prototype for Cognitive Cities** (2016). Ieee International Conference on Fuzzy Systems.
- Kaltenrieder, P.; Portmann, E.; Myrach, T. **Fuzzy Knowledge Representation in Cognitive Cities** (2015). Ieee International Conference on Fuzzy Systems (Fuzz-IEEE).
- Kitchin, R., & Dodge, M. (2017). **The (In)Security of Smart Cities: Vulnerabilities, Risks, Mitigation, and Prevention**. Journal of Urban Technology.
- Komninos, N. **Smart Cities: Towards Interactive and Global Innovation Environments** (2019). International Journal of Innovation and Regional Development.
- Kosko, B. **Fuzzy Cognitive Maps**. Int. J. Man-Machine Studies (1986).
- Lacinák, M., & Ristvej, J. **Smart City, Safety and Security** (2017). Procedure Engineering.
- Lee, D. Et Al. **Sensor Fusion Localization System for Outdoor Mobile Robot** (2009). Iccros-Sice Joint International Conference.
- Machado Junior, C., Nassif Mantovani Ribeiro, D. M., da Silva Pereira, R., & Bazanini, R. (2018). **Do Brazilian cities want to become smart or sustainable?** Journal of Cleaner Production, 199, 214–221.
- Makrinos, A. Et Al. **Introducing Fuzzy Cognitive Maps for Decision Making in Precision Agriculture** (2007). 6th European Conference on Precision Agriculture.
- Mendonça, M. Et Al. **Fuzzy Cognitive Maps Applied to Student Satisfaction Level in a University** (2015). Ieee Latin America Transactions.
- Mendonça, M. Et Al. **Semi-Unknown Environments Exploration Inspired by Swarm Robotics Using Fuzzy Cognitive Maps** (2019). Ieee International Conference on Fuzzy Systems (Fuzz-IEEE).
- Mendonça, M. Et Al. **Dynamic Fuzzy Cognitive Maps and Fuzzy Logic Controllers Applied in Industrial Mixerxi** (2015). Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente (Sbai).
- Mendonça, M. Et Al. **A Cooperative Architecture for Swarm Robotic Based on Dynamic Fuzzy Cognitive Maps** (2017). Artificial Intelligence Engineering Applications.
- Mendonça, M.; Rue, L.V.R.; Neves-Jr, F. **Autonomous Navigation System Using Fuzzy Cognitive Maps with Event Transmission** (2011). Applied Intelligence.
- Mendonça, M.; Chun, I.R.; Rocha, M. E.C. **A Dynamic Fuzzy Cognitive Maps Applied in Realibility Centered Maintanance of Electric Motors** (2017). Ieee Latin America Transactions.

Miao, Y. Et Al. **Dynamic Cognitive Network - An Extension of fuzzy cognitive map. Tools with Artificial Intelligence** (1999). Procedures. 11th International Conference ieee on.

Miller, A. J. Decision-making structure: The Cognitive Maps of Political Elites Robert Axelrod, Ed. Princeton: Princeton University Press (1976). Perception and misperception in Jervis Princeton's international politics: Princeton University Press. Canadian Journal of Political Science.

Molina-Morales, F. X., Marínez-Fernández, M. T. **Social Networks: Effects of Social Capital on Business Innovation** (2010). J. Little Bus. Manage.

Naples, G. Et Al. **On The Convergence of Sigmoid Fuzzy Cognitive Maps** (2016). Information Science.

Pajares, G.; Cruz, J.M. De La. **Fuzzy Cognitive Maps for Stereovision Matching**. Pattern Recognition (2006).

Papageorgiou, E. I. (Ed.). **Fuzzy Cognitive Maps for Applied Sciences and Engineering** (2015). Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Parsopoulos, K. E. Et Al. **A First Study of Fuzzy Cognitive Maps Learning Using Particle Swarm Optimization** (2003). The 2003 Congress on Evolutionary Computing.

Passino, K. M.; Yurkovich, S. **Fuzzy Control** (1998). 1. Ed. Menlo Park, Ca, Usa: Addison Wesley.

Pedrycz, W.; Jastrzebska, A.; Man, W. **Fuzzy Cognitive Map Design for Time Series Modeling** (2016). Ieee transactions in Fuzzy Systems.

Purnomo, F. Et Al. **Smart City's Context Awareness Using social media** (2016). International Ict Conference for the Intelligent Society.

Raghuvanshi, R., Sharma, T. **Smart Cities in Emerging Economies: Opportunities, Challenges and Policy Implications**. In: Goyal, D., Kumar, A., Piuri, V., Paprzycki, M. (eds) Proceedings of the Third International Conference on Information Management and Machine Intelligence. Algorithms for Intelligent Systems (2022). Springer, Singapore.

Rue, L.V.R. Et Al. **Artificial Life Environment Modeled by Dynamic Fuzzy Cognitive Maps** (2018). Ieee Transactions in Cognitive and Developmental Systems.

Souza, L.B. De Et Al. **Dynamic Fuzzy Cognitive Maps Embedded and Classical Fuzzy Controllers Applied in Industrial Process** (2017). Icas 2017: Thirteenth International Conference on Autonomous and Autonomous Systems.

Sudhagar, C. **Role of Fuzzy Cognitive Maps in Smart Education System** (2019). 4th Mec International Conference on Big Data and Smart City (Icbdsc).

Tan Yigitcanlar, Md. Kamruzzaman, Laurie Buys, Giuseppe Ioppolo, Jamile Sabatini-Marques, Eduardo Moreira da Costa, JinHyo Joseph Yun. **Understanding 'smart cities': Intertwining development drivers with desired outcomes in a multidimensional framework**, Cities, Volume 81 (2018).145-160.

Transparency International (2017). **Intelligent Cities - Utopian Vision, Dystopian Reality**.

Von Son, F.W. Et Al. **Smart Genetics for Smarter Health-An Innovation Proposal to Improve Wellness and Health Care in the Cities of the Future** (2017). International Conference of Smart Cities.

Yang, J., Kwon, Y., & Kim, D. (2021). **Regional Smart City Development Focus: The South Korean National Strategic Smart City Program**. IEEE Access, 9, 7193–7210.

Yesil, E. Et Al. **Fuzzy Cognitive Maps Learning Using Artificial Bee Colony Optimization** (2013). Ieee International Conference on Fuzzy Systems (Fuzz-IEEE).

Yesil, E. Et Al. **Pi Controllers Self-Regulators Via Fuzzy Cognitive Maps** (2013).

# O USO DE PLACAS PIEZOELÉTRICAS NA ESTAÇÃO DE METRÔ SÉ

*Data de aceite: 01/03/2023*

**Silas Gabriel Leonel de Oliveira**

Faculdade Eduvale

**Sabino Lapenna Júnior**

Faculdade Eduvale

**RESUMO:** Vivemos num mundo que cada vez mais depende da energia elétrica, em grande parte, gerada por hidrelétricas que apesar de produzirem energia limpa, causam um grande impacto ambiental por prejudicar a fauna e a flora, tendo em vista a grande área que se faz necessário inundar para a construção desse tipo de usina. Há também as *Termoelétricas* (usinas de geração de energia oriundas da queima de carvão), que geram uma grande quantidade de gases emitidos na queima desse combustível e que provocam um grande impacto ambiental tendo em vista a grande descarga de gases que são lançados na atmosfera. Nesse trabalho, será apresentada uma forma inovadora de gerar energia limpa, convertendo energia cinética em energia elétrica, de uma forma simples e inteligente com o apoio de uma tecnologia descoberta no fim do Século XIX, a Piezoelectricidade. Ainda é proposto o projeto de um passeio com a tecnologia

citada, para que o caminhar das pessoas gere energia em lugares de grande fluxo de pedestres. Também é analisada a viabilidade do projeto levando em consideração o custo dos pisos piezoelétricos, a capacidade de geração de energia, a quantia de energia economizada e o custo do megawatt.

**PALAVRAS-CHAVE:** Geração de energia; Pavegen; Sustentabilidade.

## THE USE OF PIEZOELECTRIC PLATES IN THE SE METRÔ STATION

**ABSTRACT:** We live in a world that increasingly depends on electrical energy, largely generated by hydroelectric plants that, despite being a type of clean energy, cause a great environmental impact by harming the fauna and flora, considering the large area that it is necessary to flood for the construction of this type of plants. There are also thermoelectric plants, power generation plants from the burning of coal, which generate a large amount of gases emitted in the burning of this fuel that causes a great environmental impact in view of the great discharge of gases that are released into the atmosphere. In this work, an intelligent way of generating clean energy will be presented, converting kinetic

energy into electrical energy, in a simple and intelligent way with the support of a technology discovered at the end of the 19th century, Piezoelectricity. The project of a sidewalk with the mentioned technology is still proposed, so that the walking of the people generates energy in places of great flow of people. The feasibility of the project is also analyzed taking into account the cost of piezoelectric floors, the power generation capacity, the amount of energy saved, and the cost of the megawatt.

**KEYWORDS:** Power generation; Pavegen; Sustainability.

## 1 | INTRODUÇÃO

Ao longo de muitos anos, o desenvolvimento da humanidade garantiu conforto e longevidade em virtude dos avanços na medicina, na agricultura, na tecnologia, dentre outros. Devido a isso, a população no planeta vem crescendo e, com isso, aumenta a procura por fontes energéticas, elevando assim, os impactos ambientais. Nesse sentido, o padrão dominante na produção de energia, ou seja, aquele que produz a partir da utilização de insumos não renováveis, lidera dentre outras razões, por apresentar baixo custo de produção. Não obstante, diante da possibilidade de esgotamento desses recursos e principalmente diante da pressão de órgãos ambientais, fez-se necessário modificar a situação atual em prol de melhorias nos níveis de sustentabilidade (FREITAS e DATHEIN, 2013).

No geral, é previsto que, com o crescimento populacional já projetado, a demanda por energia aumente em todo o mundo. Assim, é necessário investir em pesquisas futuras que tentem encontrar novas formas de armazenar e produzir energia que não afetem a natureza como ocorre atualmente. (BRITO et al, 2017)

Recentemente, fala-se muito sobre a busca por formas de geração de energias que tragam sustentabilidade e causem o mínimo de impactos ambientais. As pesquisas, estudos de casos e experimentos sobre a piezoelectricidade foram escritos e publicados relacionados a forma de geração de energia limpa (CALHEIROS, 2016).

### 1.1 Piezoelectricidade

A piezoelectricidade é uma qualidade especial de alguns cristais: quando comprimidos, produzem uma diferença de potencial elétrico entre suas superfícies. Em pleno século XIX, os irmãos Pierre e Jacques Curie descobriram que alguns cristais ao serem comprimidos, tinham suas superfícies carregadas eletricamente (HERMES, 2013).

De maneira bem simples, a piezoelectricidade é a capacidade de um material gerar tensão elétrica quando comprimido.

Já existem empresas ao redor do mundo que trabalham com a fabricação e instalação de placas com a tecnologia piezoeletricas, como exemplo, a empresa *Pavegen Systems*.



## 1.2 Pavegen

Em 2009, a empresa britânica Pavegen desenvolveu um piso que converte os passos das pessoas em energia elétrica. Tudo começou com a ideia do CEO e fundador da Pavegen, Lawrence Kemball Cook, de aproveitar o movimento humano para gerar energia limpa (PORTAL EKKOGREEN, 2022).

Os pisos Pavegen já estão instalados em muitos lugares no Reino Unido, incluindo universidades, estradas movimentadas e também no aeroporto Internacional de Heathrow. Várias instalações ocorreram em países da Ásia, América do Norte, Europa e América do Sul. Este piso pode ser usado em campanhas de educação ambiental e desenvolvimento de cidades inteligentes, especialmente em áreas de alto fluxo de pessoas. (PAVEGEN, 2019)

## 1.3 A escala Kardashev: Uma forma de medir a evolução de uma civilização

A escala Kardashev mede o nível de desenvolvimento tecnológico de uma sociedade com base na quantidade de energia que é capaz de gerar, armazenar, processar e utilizar, de modo a reunir processos produtivos. (BULLA E PENULUPPI, 2022)

A escala Kardashev possui níveis que vão de zero a três, sendo que zero é onde surgiu a vida no planeta. Uma civilização de nível um, seria uma civilização que tem a capacidade de utilizar toda a energia possível de se gerar no planeta. (CIÊNCIA TODO DIA, 2022)

De acordo com o cálculo realizado em 1973 por Carl Sagan, a civilização terrestre atualmente encontra-se no estágio 0,7. Estima-se que em cem ou duzentos anos, consiga-se alcançar o primeiro estágio. (BRITO ET AL, 2017)

## 2 | METODOLOGIA

Os métodos para a concepção do trabalho tiveram início com estudos bibliográficos acerca da tecnologia piezoelétrica, da aplicação de geradores com tal tecnologia, estudos da arquitetura do local de implantação e o fluxo médio de pessoas que utilizam o local.

Para exemplificar e ter como base para a implantação do projeto, foi escolhida a Estação de Metrô Sé, localizada na cidade de São Paulo, tendo em vista o grande fluxo de passageiros que passam diariamente na estação.

Durante os estudos bibliográficos e a coleta de dados das estações, houve a necessidade de contato via e-mail com o Metrô de São Paulo que resultou, uma reunião online com uma de suas engenheiras. Por meio dessa reunião, adquiriu-se dados relevantes a respeito da Estação Sé.

Foram adquiridos pelo site oficial do Metrô de São Paulo e pelo Sistema Integrado de Informação ao Cidadão (SIC.SP), os documentos que mostram o fluxo médio de pessoas

na estação citada.

Por meio do site oficial da Pavegen System, e através de e-mails com o Sr. Fred Yates do escritório central da empresa, em Londres, obteve-se o manual de instruções e informações importantes sobre os pisos piezoelétricos fabricados pela referida empresa.

Com essas informações, realizou-se a análise dos dados e cálculos para verificar a viabilidade do projeto e decidir a quantidade de placas que seriam necessárias. A partir desse momento, determinou-se o melhor local de instalação das placas piezoelétricas. Após a escolha do local de instalação, deu-se início o desenvolvimento do projeto no AutoCad, em seguida, iniciou-se o levantamento de dados junto ao site oficial da ENEL, distribuidora de energia elétrica de São Paulo, para saber o custo da energia elétrica para o cálculo de viabilidade.

## 2.1 Sobre os pisos V3 da Pavegen

A empresa Pavegen System, localizada no Reino Unido, trabalha com um piso que gera energia por meio da piezeletricidade, o piso V3, versão mais recente e mais eficiente produzido pela empresa, gera até cinco watts por pisada. No Brasil, na Comunidade do Morro da Mineira no Rio de Janeiro, existe um campo de futebol que conta com uma instalação do piso Pavegen que, juntamente com painéis solares, mantêm os refletores do campo acesos por 10 horas (LOPES, 2014)

O conjunto composto de um piso V3 e três geradores custam em média, R\$10.000,00 por unidade, nesse valor não estão inclusos os custos de traslado (RIBEIRO e FERREIRA, 2021)

O manual do fabricante informa que os pisos V3 são no formato triangular, possuem dimensão de 50 cm x 43 cm e são capazes de gerar até cinco watts. (PAVEGEN, 2019)

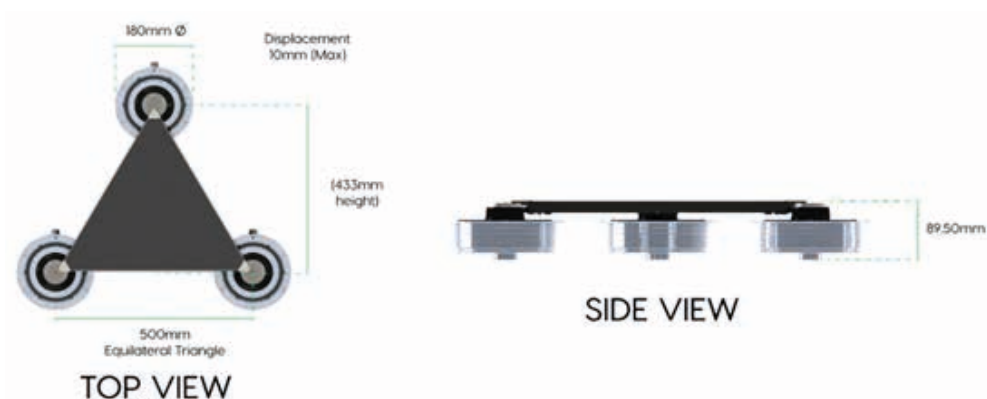


Figura 1 – Ilustração da vista superior e lateral do piso V3

Fonte: PAVEGEN SYSTEMS, Product Overview, 2019

## 2.2 Sobre a Estação de Metrô Sé

Com mais de 40 anos de existência, a Estação de Metrô Sé é a mais movimentada da capital paulista. Diariamente, 600 mil passageiros circulam pelo local. Construída no marco zero da cidade, na Praça da Sé, a estação de metrô foi aberta ao público no dia 17 de fevereiro de 1978. A construção da estação Sé do metrô de São Paulo foi considerada um dos maiores projetos de construção urbana do mundo na época. Para que a estação existisse na sua forma atual, foi necessário implodir três edifícios principais: o edifício Mendes Caldeira, o Palacete Tina e o Irmãos Condo. A construção durou três anos e empregou cerca de 2.500 trabalhadores. A estação Sé faz integração entre as Linhas Azul e Vermelha, duas das mais movimentadas do sistema. (DIARIO OFICIAL DE SÃO PAULO, 2018)

### 2.2.1 A Estação Sé durante a pandemia

Em virtude do “lock down” causado pela pandemia, reduziu-se o fluxo de pessoas em todo mundo. Circularam na estação Sé em janeiro de 2021, levando em conta o fluxo de pessoas entre as Linhas 1-Azul e 3-Vermelha, cerca de 270 mil passageiros em dias uteis. A pandemia reduziu o número de usuários no sistema metroviário, e ainda sim, a parada que fica no marco zero da capital paulista possui o título da mais cheia da malha. (LOBO, 2021)

## 2.3 O custo das tarifas de energia elétrica

Segundo a resolução que versa sobre as classes e subclasses de consumo de energia elétrica, o Metrô se enquadra na Subclasse de Serviço Público (ANEEL, 2021).

Sendo assim, a distribuidora ENEL, que fornece energia para a cidade de São Paulo, conta com dois tipos de tarifas: Tarifa Convencional e Tarifa Branca (ENEL, 2022).

O custo do MW/H para a Subclasse de Serviço Público, custa R\$ 396,03 de Tarifa de uso do Sistema de Distribuição (TUSD) mais R\$ 260,46 de tarifa de energia (TE) totalizando assim um custo de R\$ 656,49 por MW/H, ou no mínimo R\$ 291,50 de (TUSD) mais R\$ 228,62 de (TE) totalizando assim um custo de R\$ 520,12 por MW/H na modalidade tarifaria Branca, como consta na Tabela 1 e 2.

<b>MODALIDADE TARIFÁRIA CONVENCIONAL</b>		
<b>SUBGRUPO / CLASSE / SUBCLASSE</b>	<b>Tarifa de uso do Sistema de Distribuição (TUSD)</b>	<b>Tarifa de Energia (TE)</b>
	<b>(R\$/MWH)</b>	<b>(R\$/MWH)</b>
B1 - RESIDENCIAL	396,03	260,46
B1- RESIDENCIAL - BAIXA RENDA:	-	-
Consumo mensal até 30 KWh	98,53	91,16
Consumo mensal entre 31 e 100 KWh	168,91	156,28
Consumo mensal entre 101 e 220 KWh	253,36	234,41
Consumo mensal superior a 220 KWh	281,51	260,46
B2 - RURAL	372,27	244,83
B2 - COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL	372,27	244,83
B2 - SERVIÇO PÚBLICO DE IRRIGAÇÃO	364,35	239,63
B3 - DEMAIS CLASSES	396,03	260,49
B4 - ILUMINAÇÃO PÚBLICA	-	-
Iluminação Pública (B4a)	217,82	143,25
Iluminação Pública (B4b)	237,62	156,28

Tabela 1 – MODALIDADE TARIFÁRIA CONVENCIONAL

Fonte: Resolução homologatória nº 3.053/2022 da ANEEL

<b>MODALIDADE TARIFÁRIA BRANCA</b>						
<b>SUBGRUPO / CLASSE / SUBCLASSE</b>	<b>Tarifa de uso do Sistema de Distribuição (TUSD)</b>			<b>Tarifa de Energia (TE) - BVD</b>		
	<b>Ponta</b>	<b>Intermediário</b>	<b>Fora Ponta</b>	<b>Ponta</b>	<b>Intermediário</b>	<b>Fora Ponta</b>
	<b>(R\$/MWH)</b>	<b>(R\$/MWH)</b>	<b>(R\$/MWH)</b>	<b>(R\$/MWH)</b>	<b>(R\$/MWH)</b>	<b>(R\$/MWH)</b>
B1 - RESIDENCIAL	966,15	579,13	292,11	392,08	248,5	248,5
B2 - RURAL	930,47	614,16	297,84	368,55	233,59	233,59
B2 - COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL	930,47	614,16	297,84	368,55	233,59	233,59
<b>B2 - SERVIÇO PÚBLICO</b>	<b>910,67</b>	<b>601,09</b>	<b>291,51</b>	<b>360,71</b>	<b>228,62</b>	<b>228,62</b>

Tabela 2 – MODALIDADE TARIFÁRIA BRANCA

Fonte: Resolução homologatória nº 3.053/2022 da ANEEL

## 3 | DESENVOLVIMENTO

### 3.1 O projeto dos passeios com a tecnologia piezoelétricas

Nesse projeto, a geração de energia se dá considerando que uma pessoa acione pelo menos duas placas piezoelétricas durante toda sua passagem pelo local. No projeto, uma plataforma de 1 metro e 10 cm de área será composta de 10 placas piezoelétricas.

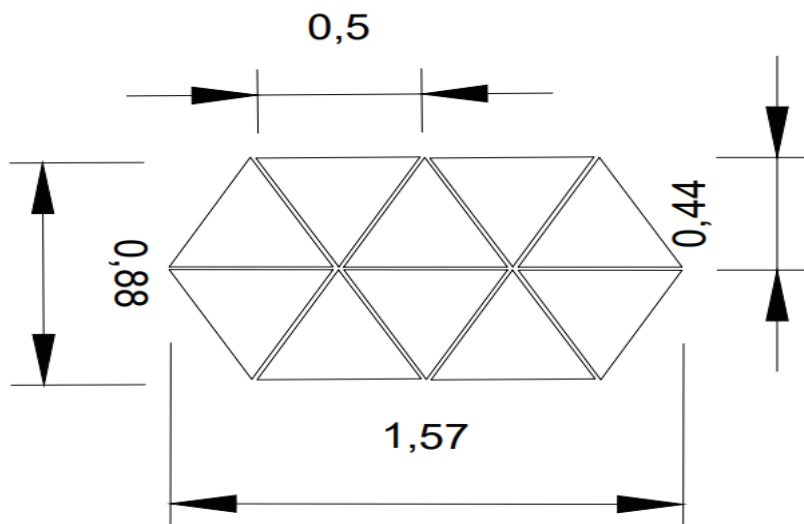


Figura 2 – Esboço da montagem dos pisos piezoelétricos no passeio

Fonte: Compilação do autor, 2022

As plataformas de placas piezoelétricas devem ser instaladas de forma que cada pessoa acione o maior número de placas durante seu trajeto na estação.

Sendo assim, conclui-se que as plataformas compostas por 10 placas piezoelétricas devem ser instaladas próximas aos acessos de entrada e saída das escadas rolantes, desta forma, todas as pessoas que utilizam as escadas para entrar, sair e fazer a integração entre linhas, obrigatoriamente pisem nas placas piezoelétricas.

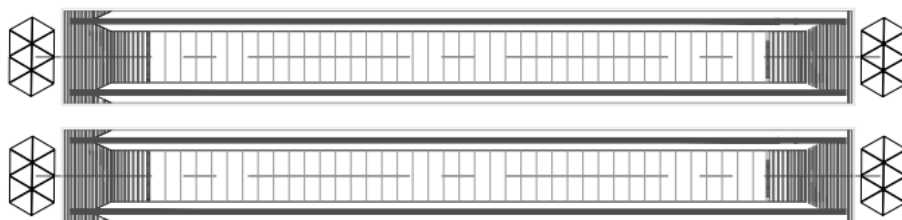


Figura 3 – Escadas rolantes e plataformas piezoelétricas

Fonte: Compilação do autor, 2022

## 3.2 Analisando os dados e a viabilidade do projeto na Estação Sé

### 3.2.1 Análise de dados da Estação do Metrô Sé

Nos primeiros oito meses deste ano, levando em consideração somente a soma dos usuários que embarcaram na Linha 1-Azul com as transferências da Linha 3-Vermelha, foram em média 157 mil pessoas por dia que passaram pela Estação Sé, conforme a Tabela 3.

INFORMAÇÕES SOBRE A DEMANDA DE PASSAGEIROS DA LINHA AZUL DO METRO - 2022 (EM MILHARES)										
LINHA 1-AZUL	Jan*	Fev*	Mar*	Abr*	Mai*	Jun*	Jul*	Ago*	Set*	Média
Estação										
Jabaquara	53	58	63	66	66	64	64	66	67	63
Conceição	16	20	22	24	23	22	21	23	24	22
São Judas	10	11	13	14	13	13	13	13	14	13
Saúde	18	22	24	25	25	24	23	25	26	24
Praça da Árvore	10	12	14	14	14	14	13	15	14	13
Santa Cruz	66	77	84	89	88	86	84	89	90	84
Vila Mariana	11	15	18	19	19	17	14	19	19	17
Ana Rosa <sup>1</sup>	46	57	65	68	68	66	62	70	71	64
Paraíso <sup>1</sup>	57	69	80	84	84	81	77	87	89	79
Vergueiro	16	21	23	24	24	22	21	25	25	22
São Joaquim	14	18	23	24	24	22	18	25	28	22
Japão-Liberdade	14	16	18	20	19	18	20	20	20	18
<b>Sé2</b>	<b>125</b>	<b>145</b>	<b>164</b>	<b>168</b>	<b>165</b>	<b>161</b>	<b>155</b>	<b>165</b>	<b>168</b>	<b>157</b>
São Bento	38	42	44	47	46	46	46	46	47	45
Luz	86	100	108	114	115	111	111	117	119	109
Tiradentes	8	13	15	15	15	14	12	15	16	14
Armênia	15	17	19	21	21	20	19	20	21	19
Portuguesa-Tietê	35	36	40	43	42	41	44	42	44	41
Carandiru	7	9	10	10	10	10	9	10	11	10
Santana	35	38	45	47	47	43	44	47	48	44
Jardim São Paulo-Ayrton Senna	7	8	10	10	10	10	9	10	11	9
Parada Inglesa	7	9	10	11	11	11	10	11	11	10
Tucuruvi	39	46	50	53	52	51	49	53	54	50
<b>Total</b>	<b>733</b>	<b>860</b>	<b>963</b>	<b>1008</b>	<b>1003</b>	<b>967</b>	<b>938</b>	<b>1015</b>	<b>1035</b>	<b>947</b>

<sup>1</sup> Corresponde à soma dos usuários que embarcaram na Linha 1-Azul com as transferências da Linha 2-Verde

<sup>2</sup> Corresponde à soma dos usuários que embarcaram na Linha 1-Azul com as transferências da Linha 3-Vermelha

\* Demanda reduzida devido à pandemia do novo Coronavírus anunciada pela Organização Mundial da Saúde em mar/20

Tabela 3 – INFORMAÇÕES SOBRE A DEMANDA DE PASSAGEIROS DA LINHA AZUL DO METRO – 2022 (EM MILHARES)

Fonte: Setor de Operações do Metrô de São Paulo

Além da Linha 1- Azul do Metrô, leva-se em consideração a soma dos usuários que embarcam na Linha 3-Vermelha e fazem a transferência para a Linha 1-Azul na estação Sé ou simplesmente desembarcam nessa estação. Em média são mais 175 mil pessoas por dia que passam pela estação Sé vindas da linha Vermelha, conforme a Tabela 4.

INFORMAÇÕES SOBRE A DEMANDA DE PASSAGEIROS DA LINHA VERMELHA DO METRO - 2022 (EM MILHARES)										
LINHA 3-VERMELHA	Jan*	Fev*	Mar*	Abr*	Mai*	Jun*	Jul*	Ago*	Set*	Média
Estação										
Corinthians-Itaquera	56	66	80	75	73	72	69	73	73	71
Artur Alvim	39	47	51	52	53	51	49	53	54	50
Patriarca	14	17	19	20	19	19	18	20	20	18
Guilhermina-Esperança	14	17	18	19	19	19	18	19	20	18
Vila Matilde	17	21	23	24	24	23	22	25	25	23
Penha	19	23	25	26	26	26	24	26	27	25
Carrão	29	36	46	47	47	42	36	46	47	42
Tatuapé	53	62	71	71	71	70	69	71	72	68
Belém	26	30	33	34	34	34	32	35	35	33
Bresser-Moóca	21	24	30	31	30	29	26	31	32	28
Brás	67	73	78	81	79	77	74	74	75	75
Pedro II	13	15	16	16	16	15	15	16	16	15
Sé <sup>1</sup>	136	159	178	186	186	179	174	187	190	175
Anhangabaú	34	40	43	46	46	44	44	46	47	43
República	79	91	104	108	109	107	105	111	114	103
Santa Cecília	17	20	22	23	22	21	20	22	23	21
Marechal Deodoro	19	23	25	26	25	25	23	26	26	24
Palmeiras-Barra Funda	105	120	134	139	131	130	129	135	140	129
Total	758	883	996	1.023	1.010	980	948	1.015	1.035	961

<sup>1</sup> Corresponde à soma dos usuários que embarcaram na Linha 3-Vermelha com as transferências da Linha 1-Azul

\* Demanda reduzida devido à pandemia do novo Coronavírus anunciada pela Organização Mundial da Saúde em mar/20

Tabela 4 – INFORMAÇÕES SOBRE A DEMANDA DE PASSAGEIROS DA LINHA VERMELHA DO METRO – 2022 (EM MILHARES)

Fonte: Setor de Operações do Metrô de São Paulo

Por meio do Sistema Integrado de Informação ao Cidadão (SIC.SP) adquiriu-se os dados atuais do fluxo de pessoas da Estação Sé, onde a média gira em torno de 332 mil pessoas nos dias úteis, como mostra a Tabela 5.

FLUXO DE PASSAGEIROS NA ESTAÇÃO SÉ DO METRO EM DIAS ÚTEIS - 2022 (EM MILHARES)										
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Média
Circulação de Passageiros	261	304	342	354	351	340	329	352	358	332

Tabela 5 – FLUXO DE PASSAGEIROS NA ESTAÇÃO SÉ DO METRO EM DIAS ÚTEIS – 2022 (EM MILHARES)

Fonte: Setor de Operações do Metrô de São Paulo

### 3.2.2 Cálculo de geração de energia na Estação Sé

Com base nos dados enviados pelo Setor de Operações do Metrô de São Paulo através do Sistema Integrado de Informação ao Cidadão (SIC.SP) a Estação Sé possui ao todo 38 escadas rolantes. Para o projeto, são importantes somente as 12 escadas rolantes que dão acesso as áreas de embarque para a linha vermelha e as 6 escadas rolantes que dão acesso para a área de embarque da linha azul. Sendo assim, se faz necessário que cada uma das 18 escadas rolantes tenha nos acessos de entrada e saída uma plataforma

composta por 10 pisos V3. Isso compreende: 10 pisos V3 no acesso de entrada e mais 10 pisos V3 no acesso de saída, totalizando assim 360 pisos V3. Estima-se um custo total de R\$3.600.000,00 para a realização do projeto, tendo em vista que cada conjunto de piso V3 custa aproximadamente R\$ 10.000,00.

Os acessos para as escadas rolantes são os melhores lugares para a instalação das plataformas, pois a maioria das pessoas que utilizam a estação preferem utilizar as escadas rolantes e não as escadas comuns e sabendo que cada pessoa devera pisar em uma placa piezoelétrica para acessar a escada rolante e mais uma vez para sair da mesma escada, conclui-se o seguinte cálculo:

$$\text{Acionamentos (AC)} = \text{Número de pessoas (NP)} \times 2.$$

$$\text{Acionamentos (AC)} = 332000 \times 2$$

$$\text{Acionamentos (AC)} = 664000$$

A instalação das placas segue o projeto de modo que cada usuário da estação pise pelo menos em duas placas durante todo o seu caminho dentro da estação. Dessa forma, teríamos no mínimo 652 mil acionamentos por dia.

Levando em consideração que cada acionamento da placa piezoelétrica produza 5w, continuamos com o seguinte cálculo:

$$w \text{ gerado} = \text{AC} \times 5$$

$$w \text{ gerado} = 664000 \times 5$$

$$w \text{ gerado} = 3320000$$

Segundo os cálculos o resultado é de 3.320.000w ou 3,32 Mw por dia.

Levando em consideração que esse fluxo de pessoas na estação se dá somente em dias úteis, podemos multiplicar esse resultado por 25, que corresponde aos dias úteis e teríamos o seguinte resultado:

$$\text{Mw gerados no mês} = 3,32 \times 25$$

$$\text{Mw gerados no mês} = 83$$

Sendo assim, segundo os cálculos, o sistema composto por placas piezoelétricas tem a capacidade de gerar até 83 Mw por mês com o fluxo de pessoas da estação.

### *3.2.3 Análise do tempo de retorno da instalação na Estação Sé*

Levando em consideração que com a implantação do projeto seria economizado aproximadamente 83 MW, e com base na tabela da ENEL o menor custo do MW é de R\$



520,12, a economia seria de R\$ 43.169,96 por mês. Dessa forma, o retorno do investimento de R\$ 3.600.000 se daria em aproximadamente 84 meses.

## 4 | CONCLUSÃO

Apesar do tempo de retorno ser de aproximadamente de 84 meses, o projeto se mostra tecnicamente viável, principalmente se levarmos em consideração a forma inovadora de geração de energia e o fator sustentabilidade e levando em consideração a quantidade diária de energia que o estudo mostrou ser possível gerar, pode-se concluir que o caminhar das pessoas é uma forma de gerar energia elétrica que pode ser aproveitada.

A placa V3 da Pavegen possui uma boa capacidade de gerar energia e como demonstrado neste trabalho, cada pessoa iria gerar 10W de energia por dia passando pelo local, que se tornaria mais sustentável. Apesar de ainda se mostrar uma forma cara de se gerar energia elétrica, uma realidade em que um passeio equipado com a tecnologia piezoelétrica esteja em nosso dia a dia ainda é um pouco distante, mas isso não deixa a tecnologia menos atrativa. Sem dúvida, à medida que essa tecnologia for ganhando mais espaço, também se tornará mais acessível, facilitando dessa forma, a criação de um mundo mais sustentável.

## REFERÊNCIAS

ANEEL. **Resolução Normativa ANEEL N° 1.000**, de 7 de dezembro de 2021 da ANEEL. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-normativa-aneel-n-1.000-de-7-de-dezembro-de-2021-368359651>>. Acesso em: 12 set. 2022.

BRITO et al. **Homo Deus:Um ensaio sobre o futuro energético da humanidade**. XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnologia em Engenharia, UNIJUI, p.3. 2017. Disponível em: <<https://publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/cricte/article/view/8826/7534>>. Acesso em: 12 mai. 2022.

BULLA E PENLUPPI. **A China pós-Covid-19: um Convite ao Novo Real**. Editora Universitária, UFV, p.5. 2022. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Olivia-Bulla/publication/354854265\\_A\\_China\\_pos-Covid-19\\_um\\_Convite\\_ao\\_Novo\\_Real/links/6150e773f8c9c51a8af65990/A-China-pos-Covid-19-um-Convite-ao-Novo-Real.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Olivia-Bulla/publication/354854265_A_China_pos-Covid-19_um_Convite_ao_Novo_Real/links/6150e773f8c9c51a8af65990/A-China-pos-Covid-19-um-Convite-ao-Novo-Real.pdf)>. Acesso em: 12 mai. 2022.

CALHEIROS, Diogo Madeira. **Microgeração de energia elétrica através do exercício físico**. 2016. 76 f. Tese (Mestrado integrado em Engenharia do Ambiente) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto.

CIÊNCIA TODO DIA. **A Civilização Mais Avançada do Universo: A Escala de Kardashev** Explicada. YouTube, 13 de abr. de 2022. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=nfPGirmp8NQ>>. Acesso em: 06 de julho de 2022

ENEL. **Tarifas para o fornecimento de energia elétrica Resolução Homologatória n° 3.053/2022 da ANEEL**. Disponível em: <[https://www.enel.com.br/pt-saopaulo/Para\\_Voce/tarifa-energia-eletrica.html](https://www.enel.com.br/pt-saopaulo/Para_Voce/tarifa-energia-eletrica.html)>. Acesso em: 12 set. 2022.

Diário Oficial do Estado de São Paulo: Parte 4: Poder Executivo II, São Paulo, ano 2018, n.128, p.37, 28 fev. **Estação Sé completa 40 anos fazendo a história do Metrô.** Disponível em: <<https://www.aeamesp.org.br/wp-content/uploads/sites/4/2018/02/180228-MATERIA-ESTA%C3%87%C3%83O-SE-METRO-DIARIO-OFICIAL-ESTADO.pdf>>. Acesso em: 29 jul. 2022.

FREITAS, G.C.; DATHEIN, R. **As energias renováveis no Brasil: uma avaliação acerca das implicações para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental.** Revista Nexos Econômicos, v. 7, n. 1, p. 71-94, 2013.

HERMES, Prado Junior, MD. **Efeito Piezoelétrico.** 2013. Disponível em:< <http://artesmedicas.com/piezoelasticidade.htm>>. Acesso em 13 de set de 2022.

Pavegen: **Conheça O Piso Que Transforma Passos Em Energia Limpa.** Portal Ekkogreen, 2022. Disponível em: <<http://ekkogreen.com.br/pavegen-piso-energia-limpa>>. Acesso em: 20 out. 2022.

LOBO, Renato: Estação mais movimentada do Metrô de São Paulo completa 43 anos. Viatrolebus, 2021. Disponível em: < <https://viatrolebus.com.br/2021/02/estacao-mais-movimentada-do-metro-de-sao-paulo-completa-43-anos/>>. Acesso em: 21 set. 2022.

LOPES, Reinaldo: Campo de futebol em favela absorve impacto de pisadas e gera eletricidade. Folha de São Paulo, 2014. Disponível em: <<https://m.folha.uol.com.br/ciencia/2014/10/1527099-campo-de-futebol-em-favela-absorve-impacto-de-pisadas-e-gera-eletricidade.shtml>>. Acesso em: 21 set. 2022.

RIBEIRO e FERREIRA. **Viabilidade técnica de 1328 de placas piezoelétricas no terminal urbano de rio branco - AC.** In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA – CONTECC, 4.,2021, Acre: SOEA, 2021. p. 4.

**SMART CITIES INSPIRE CITIZENS.** Pavegen, 2021. Disponível em:<<https://www.pavegen.com/smart-cities>>. Acesso em: 02 fev. 2022.

**LILIAN COELHO DE FREITAS** - Possui graduação em Engenharia da Computação pela Universidade Federal do Pará (UFPA), obtida em 2007. Possui mestrado em Computação Aplicada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE) da UFPA, obtido em 2009. Em 2008, realizou estágio de mestrado no Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores (INESC/Porto - Portugal). Atuou como pesquisadora membro do Laboratório de Eletromagnetismo Aplicado (LEA/UFPA) de 2004 a 2014 e do Laboratório de Sensores e Sistemas Embarcados (LASSE/UFPA) de 2008 a 2012. Atuou como Pesquisadora Visitante no *Georgia Institute of Technology* (Atlanta, Georgia, Estados Unidos), no período de Março/2012 a Fev/2013. Desde 2016 atua como professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA) na área de Informática. Desde 2020 é membro do Conselho Editorial da editora Atena. Tem mais de 50 trabalhos científicos publicados, envolvendo publicações em livros, revistas e eventos científicos. Seus interesses de pesquisa são: telecomunicações (comunicações sem fio, rádio cognitivo), *machine learning* e educação.

**A**

- Acessibilidade 25
- Agenda digital 25
- Aplicações tecnológicas em meio social 2
- App android 25
- Automação 60, 82

**C**

- Cidades inteligentes 68, 69, 70, 71, 72, 74, 76, 80, 87

**F**

- Flexible Job Shop Scheduling Problem (FJSSP) 40, 41, 46, 58
- Fuzzy Cognitive Maps 3, 11, 14, 24, 68, 69, 70, 77, 81, 82, 83, 84

**G**

- Geração de energia 85, 86, 90, 93, 95

**I**

- Idosos 2, 4, 5, 25
- Interface web 60, 61, 62, 63, 64, 65

**J**

- Job Shop Scheduling Problem (JSSP) 40, 41, 44, 46, 58

**M**

- Medicamentos 25
- Meta-heurística 40, 41, 42, 43, 52

**P**

- Pavegen 85, 86, 87, 88, 95, 96
- Predição de dados 13

**R**

- Raspberry PI 6, 60, 61, 62
- Redes de computadores 60, 66
- Robôs autônomos 2, 13
- Robótica assistiva 2, 4
- Robótica autônoma 2, 3, 15, 16
- Robótica humanoide 13

Robótica na educação 13

**S**

Soft computing 58, 59, 70

Sustentabilidade 85, 86, 95

Switch gerenciável 60, 61, 62

**V**

Visão robótica 13, 17, 20

# ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO:

Docência, pesquisa e inovação tecnológica

2

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

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

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

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

# ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO:

Docência, pesquisa e inovação tecnológica

2

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

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

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

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