

IN TER FACES





INTERFACES

Interfases

Revista de la Carrera de Ingeniería de Sistemas
Facultad de Ingeniería de la Universidad de Lima
N.º 18, diciembre 2023
doi: <https://doi.org/10.26439/interfases2023.n018>
Lima, Perú

© Universidad de Lima
Fondo Editorial
Av. Javier Prado Este 4600
Urb. Fundo Monterrico Chico
Santiago de Surco, Lima, Perú
Código postal 15023
Teléfono (511) 437-6767, anexo 30131
fondoeditorial@ulima.edu.pe
www.ulima.edu.pe

Edición, diseño y carátula: Fondo Editorial de la Universidad de Lima.

Correspondencia:
interfases@ulima.edu.pe

Las opiniones expresadas en los artículos firmados son de exclusiva responsabilidad de los autores. Los contenidos de la revista *Interfases* son de acceso abierto y se encuentran bajo la licencia Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

Periodicidad: semestral
Arbitraje editorial: revisión por pares de doble ciego
Directorios y catálogos: CrossRef, Dialnet, Latindex y DOAJ

ISSN : 1993-4912 (electrónico)
Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú n.º 2020-09967

DIRECTORA

Dra. Nadia Katherine Rodríguez Rodríguez
Universidad de Lima, Perú

EDITOR

Dr. Hernán Ninca Hanco
Universidad de Lima, Perú

EDITORES INVITADOS

Dra. Indira Guzman
California State Polytechnic University, Estados Unidos

Cristiano Maciel
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

COMITÉ EDITORIAL

Hugo Alatrística-Salas, Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú
Víctor Ayma-Quirita, Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil
César Beltrán-Castañón, Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú
Nelly Condori Fernández, Universidad Santiago de Compostela, España
Guillermo Antonio Dávila Calle, Universidad de Lima, Perú
Michael Dorin, University of St. Thomas, Estados Unidos
Edwin Jonathan Escobedo Cárdenas, Universidad de Lima, Perú
Juan Gutiérrez-Cárdenas, Universidad de Lima, Perú
Effie Lai-Chong Law, Durham University, Inglaterra
Carlos Mugruza-Vassallo, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Perú
María Florencia Pollo Cattaneo, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina
Ruth María Reátegui Rojas, Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador
Ian D. Sanders, University of South Africa, Sudáfrica
Marco Antonio Sotelo Monge, Indra, España
Álvaro Talavera-López, Universidad del Pacífico, Perú

EQUIPO DE GESTIÓN

Angelo Rodrigo Taco Jimenez

REVISORES CIENTÍFICOS

Dra. Sílvia Amélia Bim, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
Dra. Raquel de Barros Pinto Miguel, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Dra. Luciana Bolan Frigo, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
Dr. Boris Sergio Branisa Caballero, Universidad Católica Boliviana, Bolivia
D.Sc. Luciana Cardoso de Castro Salgado, Universidade Federal Fluminense, Brasil
Dr. Juan Gutiérrez Cárdenas, Universidad de Lima, Perú
Dr. Guillermo Antonio Dávila Calle, Universidad de Lima, Perú
Dr. Dario Francisco Dueñas Bustinza, Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú
Dr. Edwin Jonathan Escobedo Cárdenas, Universidad de Lima, Perú
Mg. William-Rogelio Marchand-Niño, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú
Mg. Rosario Marybel Guzman Jimenez, Universidad de Lima, Perú
Mg. Angela Gabriela Mayhua Quispe, Universidad de Lima, Perú
Dr. Víctor Hugo Menéndez Domínguez, Universidad Autónoma de Yucatán, México
Mg. Miguel Arturo Moquillaza Vizarreta, Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú
Mg. Javier More Sánchez, Universidad de Lima, Perú
Mg. Pilar Alexandra Moreno, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia
Dr. Nils Ever Murrugarra Llerena, Weber State University, Estados Unidos
Dra. María Florencia Pollo Cattaneo, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina
Mg. Hernán Alejandro Quintana Cruz, Universidad de Lima, Perú
Mg. Lourdes Ramírez Cerna, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil
Ph.D. Oscar Efrain Ramos Ponce, Universidad de Ingeniería y Tecnología UTEC, Perú
Mg. Edwaldo Rodrigues Soarez, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil
Dr. José Antonio Rodriguez Melquiades, Universidade de Brasília, Brasil
Dra. Karen da Silva Figueiredo Medeiros Ribeiro, Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
Dra. Aimiris Sosa Valcárcel, Universidad de Málaga, España
Mg. Adolfo Gustavo Tantaleán Valiente, Universidad de Lima, Perú
Mg. José Jesús Valdivia Caballero, Universidad de Lima, Perú
D.Sc. José Viterbo Filho, Universidade Federal Fluminense, Brasil

ÍNDICE

PRESENTACIÓN INTERFASES N.º 18	11
<i>Dra. Nadia Katherine Rodríguez Rodríguez</i>	
PRESENTACIÓN DEL DOSIER	13
<i>Dra. Indira R. Guzman</i>	
<i>Cristiano Maciel</i>	
DOSIER 4 ELLAS	
Mapping Contextual Aspects that Influence Women in Computing in Latin America	19
<i>Barbara Drummond</i>	
<i>Luciana Salgado</i>	
<i>Meirylene Avelino</i>	
<i>Karen Ribeiro</i>	
<i>Mercedes Cigüeñas</i>	
<i>Guillermo Dávila</i>	
<i>Boris Branisa</i>	
Elaboration of an Ontology to Address Women's Presence on Computer Courses in Brazil	31
<i>Vanessa Lazarin de Souza</i>	
<i>Rita Cristina Galarraga Berardi</i>	
Evolución de las leyes laborales que protegen a las mujeres en Bolivia	41
<i>Nicolás Rodríguez</i>	
<i>Elizabeth Jiménez</i>	
<i>Guillermo Guzmán Prudencio</i>	

Towards an Ontology to Structure Data on Women's Leadership in Computing in Brazil	55
<i>Thamires Faleiro Martins</i>	
<i>Karen da Silva Figueiredo Medeiros Ribeiro</i>	
The First Step of the Project for the Interaction of an Open Data Platform with an Intersectional Feminist Lens	65
<i>Patricia Raposo Santana Lima</i>	
<i>Luciana Cardoso de Castro Salgado</i>	
<i>Sílvia Amélia Bim</i>	
Comparative Study of Tools for Modeling, Storage, and Integration of Data on the Semantic Web for the ELLAS Network Platform	75
<i>Gisane A. Michelon</i>	
<i>Rita Cristina Galarraga Berardi</i>	
Investigation on Gender and Leadership in STEM in Higher Education: Methodology Design	85
<i>Leihge Roselle Rondon Pereira</i>	
<i>Cristiano Maciel</i>	
<i>Indira R. Guzman</i>	
Mapping gender educational policies in STEM areas in the context of the New Brazilian High School Education	95
<i>Waleska Gonçalves de Lima</i>	
<i>Cristiano Maciel</i>	
<i>Ana Lara Casagrande</i>	
Public Policies, Gender, and STEM Careers	105
<i>Ana Lara Casagrande</i>	
<i>Eunice Pereira dos Santos Nunes</i>	
Arquitetura e pipeline de automatização da governança do grafo de conhecimento da rede ELLAS	113
<i>Rodgers Fritoli</i>	
<i>Rita Cristina Galarraga Berardi</i>	
Fomento à permanência de mulheres estudantes do Ensino Médio e criação de oportunidades para carreiras em STEM	123
<i>Alessandra Ferrerira dos Santos</i>	
<i>Ana Lara Casagrande</i>	
<i>Cristiano Maciel</i>	
Mulheres em STEM: produções acadêmicas no contexto brasileiro	133
<i>Gilmara Joanol Arndt</i>	
<i>Marina Borges Gonçalves</i>	

<i>Raquel de Barros Pinto Miguel</i>	
<i>Luciana Bolan Frigo</i>	
Abordagem STEAM na Formação Continuada: ações para promover práticas sobre a igualdade de gênero em STEM	149
<i>Giseli Duardo Maciano</i>	
<i>Cristiano Maciel</i>	
“Lugar de mulher é na tecnologia”: uma análise de perfis brasileiros no Instagram sobre mulheres nas tecnologias	159
<i>Marina Borges Gonçalves</i>	
<i>Gilmara Joanol Arndt</i>	
<i>Raquel de Barros Pinto Miguel</i>	
<i>Luciana Bolan Frigo</i>	
SECCIÓN GENERAL	
ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN	
Socialismo digital y cibercomunismo en la Cuarta Revolución Industrial	169
<i>Piero Arturo Gayozzo Huamanchumo</i>	
Ciberseguridad y desarrollo de habilidades digitales: propuesta de alfabetización digital en edades tempranas	185
<i>Olda Bustillos Ortega</i>	
<i>Javier Rojas Segura</i>	
<i>Jorge Murillo Gamboa</i>	
Prueba de concepto de interfaz <i>touchless</i> en teclado numérico aleatorio para mitigación de <i>shoulder surfing</i> en cajeros automáticos	207
<i>Bruno Fabrizio Ríos Villegas</i>	
<i>Carlos Martin Torres Paredes</i>	
Sistema de identificación biométrico basado en reconocimiento de voz mediante coeficientes cepstrales para detección de <i>spoofing</i> en llamadas telefónicas	235
<i>Alberto Karel Guzman Zumaeta</i>	
ARTÍCULOS DE REVISIÓN	
Una revisión de métodos, técnicas y algoritmos para sistemas de recomendación de productos tecnológicos	255
<i>Alexander Guevara Fernandez</i>	
<i>Marco A. Coral Ygnacio</i>	
Lattice-Based cryptography in the quantum era: A survey	281
<i>Mauricio Cisneros</i>	
<i>Javier Olazábal</i>	

Índice

DATOS DE LOS AUTORES	301
POLÍTICA EDITORIAL	311
DIRECTRICES PARA AUTORES	313

PRESENTACIÓN

La revista *Interfases* se complace en presentar la edición número 18 correspondiente al periodo de julio a diciembre de 2023. En esta entrega, resaltamos la inclusión de 20 artículos, distribuidos en la sección general y en el dossier titulado 4 *ELLAS*, que ha estado a cargo de la Dra. Indira Guzman de California State Polytechnic University (Estados Unidos) y el Dr. Cristiano Maciel de la Universidade Federal de Mato Grosso (Brasil), nuestros editores invitados. Desde la convocatoria iniciada en mayo del 2023, alrededor del 60 % de los manuscritos enviados han superado el riguroso proceso de revisión por pares ciegos y han sido aceptados para su publicación. Los autores provienen de Bolivia, Brasil, Costa Rica y Perú y los manuscritos están redactados en inglés, español y portugués.

En del dossier destacamos la calidad y relevancia de los 14 artículos para la comunidad académica. Estos artículos de 4 *ELLAS* son extensiones de investigaciones presentadas durante el Workshop WELLAS, una actividad anual del proyecto ELLAS (Equality in Leadership for Latin American STEM).

En relación con la sección general, queremos resaltar las siguientes contribuciones: en primer lugar, el artículo de investigación de Piero Gayozzo de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, quien explora el concepto de socialismo en la Cuarta Revolución Industrial y analiza el impacto de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial y el *big data* en la ideología política del socialismo. Seguidamente, los autores de la Universidad Internacional de las Américas de Costa Rica, Olda Bustillos, Jorge Murillo y Javier Rojas abordan la importancia de la alfabetización digital desde edades tempranas y se centran en la ciberseguridad. Se resalta la vulnerabilidad de los niños en la sociedad ciber física y la necesidad de educarlos en habilidades digitales para protegerlos y fomentar su interés en futuras carreras en ciberseguridad. En tercer lugar, el artículo de investigación de Bruno Ríos y Carlos Torres, ambos de la Universidad de Lima, se centra en mejorar la seguridad de los cajeros automáticos en el Perú, donde la inclusión financiera va en aumento. El estudio busca mitigar el riesgo de *shoulder surfing*, una técnica usada para espiar el ingreso del PIN de un usuario, mediante el desarrollo de una interfaz *touchless* con un teclado numérico aleatorio. En cuarto lugar, también de la Universidad de Lima,

Alberto Guzman presenta un estudio enfocado en la seguridad informática en los sistemas telemáticos de las empresas. Destaca cómo los delitos informáticos como el *spoofing* generan desconfianza en los clientes y propone un sistema de identificación biométrico basado en el reconocimiento de voz implementado como una aplicación móvil. En quinto lugar, un artículo de revisión desarrollado por Alexander Guevara y Marco Coral, ambos de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, explora el dinámico campo de los sistemas de recomendación (SR), herramientas esenciales en la era digital para filtrar y presentar productos a los usuarios a partir de sus preferencias. Finalmente, un artículo de revisión aborda la relevancia de la criptografía basada en celosías en el contexto de la informática cuántica. Mauricio Cisneros y Javier Olazábal, de la Universidad de Lima, analizan la evolución y perspectivas futuras de esta criptografía en la era cuántica y subrayan su importancia en el panorama de la seguridad informática.

Expresamos nuestro reconocimiento a todos los investigadores que sometieron sus manuscritos en esta edición de *Interfases* y valoramos su dedicación al desarrollo científico. También agradecemos a nuestro equipo editorial y revisores por su contribución continua para mejorar la calidad de la revista.

Dra. Nadia Katherine Rodríguez Rodríguez
Directora, *Interfases*

FOREWORD

We are delighted to announce that the international research network ELLAS (Equality in Leadership for Latin American STEM) is collaborating with the present edition of the digital journal *Interfases*, published by Universidad de Lima.

A significant issue within the spectrum of career paths is gender disparity, especially prominent in the fields of Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM). This disparity is evident globally, including in Latin American nations, where there is a notably lower representation of women in these sectors. Various strategies are being employed across academic, industrial, and public sectors to address this imbalance and promote gender equality in STEM. These strategies include empowering girls and women through education and support, conducting rigorous research, enacting policy reforms to achieve gender parity in leadership positions, and disseminating information about successful case studies.

The research initiative “Latin American Open Data for Gender Equality Policies Focusing on Leadership in STEM” is currently conducting research studies in Brazil, Bolivia, and Peru. This initiative operates in collaboration with the ELLAS Research Network. Each year, it organizes the ELLAS Workshop, colloquially known as WELLAS. The 2nd WELLAS, hosted at Universidad de Lima in Peru in 2023, convened a diverse group of multidisciplinary researchers, students, managers, and other stakeholders who are interested in gender equality and are involved in the project.

In partnership with the *Interfases* journal, we are excited to introduce this dossier, entitled 4 ELLAS. This edition features extended versions of the research papers initially presented at WELLAS, further enriching the discourse on gender equality in STEM.

We aspire to significantly enhance diversity, equity, and inclusion within STEM careers. To achieve this, it is crucial to promote research and practices that acknowledge and value diversity in a multifaceted and intersectional manner, considering aspects such as gender, race, nationality, and economic background. Additionally, it is imperative to develop technologies that address the genuine needs of all individuals, thereby offering tangible benefits to society at large. The articles in this edition, produced by

various authors, align with this objective. This edition features articles in English (8), Portuguese (5), and Spanish (1) emphasizing inclusivity through language.

The inaugural paper, authored by Bárbara Drummond, Luciana Salgado, Meirylyne Avelino, Karen Ribeiro, Mercedes Cigüeñas, Guillermo Dávila, and Boris Branisa, delves into activity 4 of the ELLAS project. This study identifies and maps the diverse factors, actors, and policies that influence women's career progressions and leadership roles in STEM fields. It involves a comprehensive collection and analysis of relevant data. The research methodology included a systematic mapping study and an analysis of grey literature. The findings reveal eight distinct contextual factors divided into 196 sub-factors. Additionally, the study formulated several competency questions, providing a foundation for further investigation and future project phases.

In the second paper, Vanessa L. Souza and Rita Berardi explore the development of an ontology to understand women's presence in computer courses within Brazil, contextualized within the ELLAS project. This effort is part of a broader initiative to establish a linked open data (LOD) platform to bridge existing knowledge gaps. The current study contributes in three significant ways: first, by converting data from the higher education census from INEP into a resource description framework (RDF) format; second, by devising a methodology for ontology development that aids in analyzing women's participation and retention in STEM fields, and third, by applying this ontology specifically to higher education in computing in Brazil.

In the third paper, authors Nicolás Rodríguez, Elizabeth Jiménez, and Guillermo Guzmán undertake an analysis aimed at tracing the evolution of institutional frameworks—encompassing laws, rules, and regulations—designed to ensure equal employment opportunities for men and women in Bolivia. Their study emphasizes identifying and examining national regulations, including laws, supreme decrees, and international agreements. These legal instruments are scrutinized for their role in promoting gender equality, mainly focusing on their impact on integrating individuals into the labor market in STEM fields.

In the fourth paper, Thamires Faleiro Martins and Karen da Silva Figueiredo Medeiros Ribeiro propose an ontology to structure data on female leadership in computer science in Brazil to build an open and collaborative platform where data can be collected, organized, and classified to construct a folksonomy of the domain. The ontology addresses competency questions in the domain, such as the contextual factors that motivate Brazilian women to pursue leadership positions in computer science and the policies that promote such opportunities. The proposed ontology may benefit various users, including female computer science professionals, leaders, researchers, and policymakers.

In the fifth article of this edition, Patricia Santana Lima, Luciana de Castro Salgado, and Silvia Amélia Bim demonstrate the initial steps in integrating an open data platform

with an intersectional feminist lens. Feminist Human-Computer Interaction (HCI) is defined as the incorporation of feminist theory into all stages of HCI practice, including user research, prototyping, and evaluation. Despite advancements in this area, there remains a gap in research concerning integrating feminist principles with established HCI methodologies. One such methodology, value-sensitive design (VSD), focuses on human values and the potential impacts of technological artifacts. The current work explores the inclusion of Feminist HCI principles in HCI projects utilizing VSD. This research, conducted as part of the ELLAS project, aims to reduce gender disparities in STEM fields across Brazil, Peru, and Bolivia.

The sixth paper, authored by Gisane A. Michelon and Rita Berardi, presents a comparative study focused on tools for modeling, storing, and integrating data within the semantic web, specifically for the ELLAS network platform. The World Wide Web Consortium (W3C) provides a layered architecture that sets the standards, technologies, languages, and methods for developing semantic web domain applications. Utilizing this framework, the authors developed a data model for the ELLAS network platform. The primary goal of this study is to compare the leading tools for storage and semantic integration, aiming to develop an effective data model to facilitate mapping policies, initiatives, and factors influencing women's career development in STEM fields.

The seventh paper, authored by Leihge R. R. Pereira, Cristiano Maciel, and Indira R. Guzman, delves into an investigation of gender and leadership within STEM fields in higher education, specifically focusing on methodological design. The paper emphasizes that institutional actions and policies at universities can profoundly influence the inclusion of women in leadership positions within STEM areas. This article outlines the methodology the local ethics committee approved for conducting research in Brazil. The primary aim is to understand how discursive productions about gender impact women's career trajectories and leadership opportunities in STEM fields in higher education settings. Discursive productions in this context refer to power structures such as university policies, climate, culture, and projects. We anticipate the findings from this study will offer valuable insights and aid researchers with similar objectives, particularly in efforts to diminish gender inequalities in leadership in STEM.

In the eighth article of this edition, Waleska Gonçalves de Lima, Ana Lara Casagrande, and Cristiano Maciel present their ongoing research, which aligns the policy mapping activities of the ELLAS research network with the Brazilian new high school policy, focusing on gender-related issues in STEM. Through an in-depth analysis of documents related to this policy, the study identifies elements of gender considerations within STEM fields incorporated into national policy. The terms of loan agreements with the World Bank particularly inform this aspect of the research. We expect the findings to provide insightful connections between educational policy and gender inclusivity in STEM education.

The ninth paper by Ana Lara Casagrande and Eunice Pereira dos Santos Nunes focuses on public policies, gender, and STEM careers. This work scrutinizes the role of the State in formulating public policies that underpin the guarantee of social rights, explicitly addressing gender disparities as a historical consequence of discrimination against women, leading to their underrepresentation in STEM careers. The authors argue for the critical need to map existing public policies and advocate for progressive reforms to ensure women have equal access to work opportunities and leadership positions. This mapping is essential for addressing systemic barriers and advancing gender equality in STEM fields.

In their paper, Rodgers Fritoli and Rita Berardi propose an architecture for integrating knowledge graphs and a pipeline to transform spreadsheet data into RDF triple knowledge graphs automatically. This development is specifically for the open data platform used by the ELLAS research network. The primary objective of the ELLAS project is to generate comparable data concerning gender disparities in STEM across Latin America. Given this data's diverse sources and formats, the semantic web is employed to imbue the data with meaningful context. The proposed architecture and pipeline aim to streamline the extract, transform, and load (ETL) processes, enhancing data storage and accessibility for end users.

In the tenth article, authors Alessandra F. dos Santos, Ana Lara Casagrande, and Cristiano Maciel examine how public policies can address the multifaceted challenges associated with gender inequality in Brazilian high schools. Their research highlights the pivotal role of public policies in confronting gender disparities, specifically emphasizing high school education. This stage is crucial for overcoming obstacles to women's educational paths, particularly in STEM careers. The article delves into the effectiveness of these policies in creating a more inclusive and equitable educational environment, thereby fostering greater gender balance in STEM fields.

In their article, Gilmara Joanol Arndt, Marina Borges Gonçalves, Raquel de Barros Pinto Miguel, and Luciana Bolan Frigo investigate the participation of women in STEM fields within the Brazilian academic context. The central research question guiding their study is: What is the extent of national scholarly output on women's participation in the Brazilian STEM arena? To address this, the authors conducted a comprehensive literature search across several databases, including Scopus, Web of Science, Google Scholar, and Scielo, identifying a total of 47 relevant references. These references were meticulously analyzed and categorized into six distinct groups based on their primary focus. This classification provides a nuanced understanding of the current academic discourse on women's involvement in STEM in Brazil.

In the thirteenth paper, Giseli Duardo Maciano and Cristiano Maciel discuss the necessity of implementing interventional strategies within the school environment. These strategies involve continuous teacher training centered on a science, technology,

engineering, arts, and mathematics (STEAM) approach. The goal is to enhance the appeal of the teaching and learning process, stimulating increased interest among girls in STEM fields. To support their argument, the authors conducted a qualitative systematic review. The findings suggest that investing in STEAM-oriented actions holds significant potential for innovating educational practices and bolstering girls' participation in STEAM areas.

The concluding paper, authored by Marina Borges Gonçalves, Gilmara Joanol Arndt, Raquel de Barros Pinto Miguel, and Luciana Bolan Frigo, delves into women's place in technology. Addressing the global issue of gender disparity in STEM fields, the authors recognize the complexity and the continuous need for reflection and critical analysis. This study employs Pêcheux's discourse analysis to examine Brazilian Instagram profiles focusing on women in technology, as identified by the ELLAS network. Out of 63 profiles identified, 18 were selected for detailed analysis. These profiles primarily highlight educational content, offering insights on entering and advancing within the tech industry, thus contributing to a broader understanding of women's roles and challenges in technology fields.

This collection of 14 articles results from a collaborative effort involving numerous individuals and institutions. We extend our heartfelt gratitude to the Interfases team at Universidad de Lima for their dynamic, competent, and professional collaboration with the ELLAS research network. Special thanks go to Dr. Nadia Katherine Rodríguez Rodríguez, director of Interfases Journal; Dr. Hernán Nina Hanco, editor-in-chief, and the entire editorial committee, scientific reviewers, and management team, notably represented by Angelo Rodrigo Taco Jimenez. Our appreciation also extends to the International Development Research Center (IDRC) of Canada and Fundação de Apoio e Desenvolvimento da Universidade Federal de Mato Grosso (UNISELVA) for their financial support and administrative management of the ELLAS project. Lastly, we are indebted to the authors of the articles for entrusting their research to the 4 ELLAS edition!

We sincerely hope you find both enjoyment and valuable insights in reading these articles.

Ph.D. Indira R. Guzman, California State Polytechnic University,
Pomona, United States (irguzman@cpp.edu)

Dr. Cristiano Maciel, Universidade Federal de Mato Grosso,
Cuiabá, Brasil (cristiano.maciел@ufmt.br)

Guest editors

MAPPING CONTEXTUAL ASPECTS THAT INFLUENCE WOMEN IN COMPUTING IN LATIN AMERICA

BÁRBARA DRUMMOND

bdrummond@id.uff.br

<https://orcid.org/0000-0002-4828-3367>

Fluminense Federal University, Brazil

LUCIANA SALGADO

luciana@ic.uff.br

<https://orcid.org/0000-0003-1207-6021>

Fluminense Federal University, Brazil

MEIRYLENE AVELINO

meirylenavelino@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5583-5767>

Fluminense Federal University, Brazil

JOSÉ VITERBO FILHO

viterbo@ic.uff.br

<https://orcid.org/0000-0002-0339-6624>

Fluminense Federal University, Brazil

KAREN RIBEIRO

karen@ic.ufmt.br

<https://orcid.org/0000-0003-1526-7317>

Federal University of Mato Grosso, Brazil

MERCEDES CIGÜEÑAS

mercedes.ciguenas98@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-0894-5057>

Universidad de Lima, Peru

GUILLERMO DÁVILA

gdavila@ulima.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-1479-2585>

Universidad de Lima, Peru

BORIS BRANISA

borisbranisa@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-7756-2501>

Universidad Católica Boliviana San Pablo, Bolivia

Recibido: 21 de agosto del 2023 / Aceptado: 4 de octubre del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/interfases2023.n018.6610>

ABSTRACT. In light of the already acknowledged underrepresentation of women in Computing, the ongoing project “Latin American Open Data for Gender Equality Policies Focusing on Leadership in STEM” aims to support the implementation of institutional policies to promote gender equality in STEM. Activity 4 of this project involves mapping the factors, actors and policies that influence the career development and leadership of women in STEM, as well as collecting and analyzing this data. To explore these factors, both a systematic mapping study and a grey literature mapping were conducted. The results encompass 8 types of contextual factors and 196 sub-factors. Some competency questions were also raised, providing valuable data for future steps.

KEYWORDS: women / policies / equality / leadership / STEM / Latin America

MAPEO DE LOS ASPECTOS CONTEXTUALES QUE INFLUYEN EN LAS MUJERES INFORMÁTICAS DE AMÉRICA LATINA

RESUMEN. Teniendo en cuenta la ya reconocida subrepresentación de las mujeres en la informática, el proyecto en curso “Datos abiertos latinoamericanos para políticas de igualdad de género centradas en el liderazgo en STEM” tiene como objetivo apoyar la mejora de las políticas institucionales para promover la igualdad de género en STEM. La actividad 4 de este proyecto se encarga de mapear los factores, actores y políticas que influyen en el desarrollo profesional y el liderazgo de las mujeres en STEM, así como de recopilar y analizar estos datos. Para explorar estos factores, se llevó a cabo tanto un estudio de mapeo sistemático como un mapeo de literatura gris. Los resultados abarcan 8 tipos de factores contextuales y 196 subfactores. También se plantearon algunas cuestiones de competencia, que proporcionaron datos valiosos para los próximos pasos.

PALABRAS CLAVE: mujeres / políticas / igualdad / liderazgo / STEM / América Latina

MAPEAMENTO DOS ASPECTOS CONTEXTUAIS QUE INFLUENCIAM AS MULHERES NA ÁREA DE INFORMÁTICA NA AMÉRICA LATINA

RESUMO. Considerando a já reconhecida sub-representação das mulheres na área de informática, o projeto em andamento “Dados abertos latino-americanos para políticas de igualdade de gênero centradas no liderança em STEM” tem como objetivo apoiar a melhoria das políticas institucionais para promover a igualdade de gênero em STEM. A atividade 4 deste projeto é responsável por mapear os fatores, atores e políticas

que influenciam o desenvolvimento profissional e a liderança das mulheres em STEM, assim como coletar e analisar esses dados. Para explorar esses fatores, foi realizado tanto um estudo de mapeamento sistemático quanto um mapeamento de literatura cinza. Os resultados abrangem 8 tipos de fatores contextuais e 196 subfatores. Algumas questões de competência também foram levantadas, fornecendo dados valiosos para os próximos passos.

PALAVRAS-CHAVE: mulheres / políticas / igualdade / liderança / STEM / América Latina

1. INTRODUCTION

Despite the growing demand for STEM skills, there is still a significant gender gap in these fields (Wang and Degol 2017), as women only represent 29% of workers with disruptive technology skills (World Economic Forum (WEF), 2020) and occupy only 30% of science positions worldwide (UNESCO, 2020). This disparity can even be observed in younger ages, with only 30% of girls choosing STEM careers (UNESCO, 2017), which indicates that there are factors that influence female choices from a very young age. Furthermore, in Latin America,, this issue is exacerbated in fields related to mathematics, where girls' performance is generally lower than boys', especially due to cultural biases and norms that continue to greatly influence female behavior (OECD, 2019).

These points are critical in understanding that the development of Women's careers in STEM over time is a continuous process that begins early in childhood and is met with access and permanence issues, both at the educational and professional levels, all the way to the top leadership positions in adulthood, as represented in Figure 1.

Figure 1

Women's careers in STEM over time



Hence, in order to meet the United Nations Sustainable Development Goal 5, which is to "Achieve gender equality and empower all women and girls.", it is essential to develop strategies that promote female inclusion in STEM. One of the difficulties is the lack of clear, recent and well-structured information that supports the creation of data-driven policies and strategies, as well as using and feeding this data in order to monitor progress in the field (García-Peñalvo, 2019).

Aware of these challenges, the ELLAS project¹ proposes creating and publishing a linked open cross-cultural data infrastructure (Hyvönen, 2020) to support research in the STEM field in a comparative and structured way. Activity 4 is part of the project's goal to research the factors that influence the inclusion and permanence of women in Computing and Engineering as well as the motivations or difficulties faced by both faculty and students in encouraging the inclusion of girls in Computing and Engineering. To this end, a systematic mapping study and a grey literature mapping have been conducted so far. This paper shows the partial results of this research.

1 <https://ellas.ufmt.br>

2. METHODOLOGY

To fulfill the goals of Activity 4, the methodology has so far included a Systematic Mapping Study and a Grey Literature Review in order to research the contextual factors that influence Women Leadership in Computing focusing on evidence based data, the results of which are presented in more detail below.

2.1. Systematic Mapping Study

A Systematic Mapping Study is meant to provide a general view of the main research trends regarding the state of the art in a given area (Petersen et al., 2015) and it comprises three main phases: (i) Planning, (ii) Execution, and (iii) Reporting the results (Kitchenham and Charters, 2007). As for the aim of Activity 4, a systematic mapping of the last 12 years was carried out, guided by some general goals:

1. to group and categorize primary studies
2. to identify the research methods and techniques used
3. to identify and categorize the contextual factors already researched in the literature
4. to provide a general view of the topic

In the planning phase, the Research Questions (RQ) were enunciated to support the research and data extraction process, which are shown below:

- RQ01. What contextual factors enable the inclusion and permanence of Latin American women in Technology and Engineering leadership roles?
- RQ02. What contextual factors constrain the inclusion and permanence of Latin American women in Technology and Engineering leadership roles?
- RQ03. What contextual factors observed in universities and schools enable the inclusion and permanence of Latin American women in Technology and Engineering areas?
- RQ04. What contextual factors observed in universities and schools constrain the inclusion and permanence of Latin American women in Technology and Engineering areas?

The search strategy is how studies are searched for in order to retrieve as much of the available literature as possible. The solution adopted for this work was automated search (database search), using the search string (presented on Table 1) on the chosen search engines: ACM Digital Library², IEEE Xplore³, Scopus⁴, and Web of Science⁵.

2 <http://portal.acm.org>

3 <https://ieeexplore.ieee.org/>

4 <http://www.scopus.com>

5 <https://clarivate.com/webofsciencegroup/solutions/web-of-science/>

Table 1

Search string - Systematic Mapping

Search string - Systematic Mapping
("Wom?n" OR "Female" OR "Gender") AND ("Inclusion" OR "Diversity" OR "Permanence" OR "Leader*" OR "Retention") AND ("Influenc*" OR "Constrain*" OR "Barrier" OR "Challeng*" OR "Experienc*" OR "Enabl*" OR "Mentor*" OR "Self-efficacy" OR "Sense of belonging" OR "Factor" OR "Context*") AND ("Comput*" OR "Technolog*" OR "Engineer*" OR "Science")

The selection criteria were applied to classify the suitability of the studies in relation to the research questions. Studies considered relevant were those that met all the inclusion criteria and none of the exclusion criteria. All studies were first identified as *Unclassified* and later classified as *Accepted* or *Rejected* according to the selection criteria.

The data extracted from accepted papers was synthesized to categorize the studies and factors. In addition, some meta-data was extracted to assemble an overview of the studies, such as Title, Authors, Country, Publication Year and Source (database).

2.2. Grey Literature Mapping

A Grey Literature Mapping was additionally outlined to complement the Systematic Mapping of academic literature, with the purpose of lifting factors already identified by governments, projects, initiatives and other document sources from Latin American countries, as well as international organizations. The Mapping targets text based documents such as Reports, Papers, Research or Survey Results, Government Documents and Policy Documents. With this in mind, the planned phases for the Grey Literature Mapping were formulated as follows:

- Phase 1. International non-governmental organizations focusing on Education with digital libraries (e.g. OECD, UNESCO)
- Phase 2. International non-governmental organizations and research institutions focusing on Gender with digital libraries (e.g. UNWOMEN, Gender Data World Bank)
- Phase 3. Government, non-profit research institutions and other local organizations focusing on: Education; Technology and Gender (e.g. for Brazil: IBGE, INEP, SaferNet Brasil, CGI.br/NIC.br/CETIC.br, Gênero e Número, Meninas Digitais, PretaLab)

As for the Research Questions (RQ), the following ones were delineated:

- RQ01. What data could lead/point/map to contextual factors that enable the inclusion/permanence of women in Computing and in leadership roles?

- RQ02. What data could lead/point/map to contextual factors that constrain the inclusion/permanence of women in Computing and in leadership roles?
- RQ03. What data could lead/point/map to contextual factors observed in education that enable the inclusion/permanence of women in Computing and in leadership roles?
- RQ04. What data could lead/point/map to contextual factors observed in education that constrain the inclusion/permanence of women in Computing and in leadership roles?

The search method was defined based on the search categories by Bonato (2018) and included (1) a quick grey literature search, with the goal of locating very few select hits; (2) a search for specific information from a predefined list of organizations; (5) a search conducted to prepare for a more detailed search in the future; and (6) a search for a systematic review.

Finally, for Phase 1, the search string (Table 2) was applied to the OECD iLibrary⁶ and UNESDOC⁷. The string was also adapted to be applied to Portuguese and Spanish versions.

Table 2

Search string - Grey Literature

Search string - Grey Literature
("Wom?n" OR "Female" OR "Gender") AND ("Inclusion" OR "Diversity" OR "Permanence" OR "Leader*" OR "Retention") AND ("Influenc*" OR "Constrain*" OR "Barrier" OR "Challeng*" OR "Experienc*" OR "Enabl*" OR "Mentor*" OR "Self-efficacy" OR "Sense of belonging" OR "Factor" OR "Context*") AND ("Comput*" OR "Technolog*" OR "Engineer*" OR "Science")

3. RESULTS AND DISCUSSION

The Systematic Mapping was performed in July 2022, according to the defined protocol. The search results yielded a total 259 papers, which were imported to Parsifal to carry out the study selection. Paper distribution by source is shown below:

- ACM Digital Library: 30 results
- IEEE Xplore: 31 results
- Scopus: 139 results

⁶ <https://www.oecd-ilibrary.org/>

⁷ <https://unesdoc.unesco.org/>

- Web of Science: 59 results

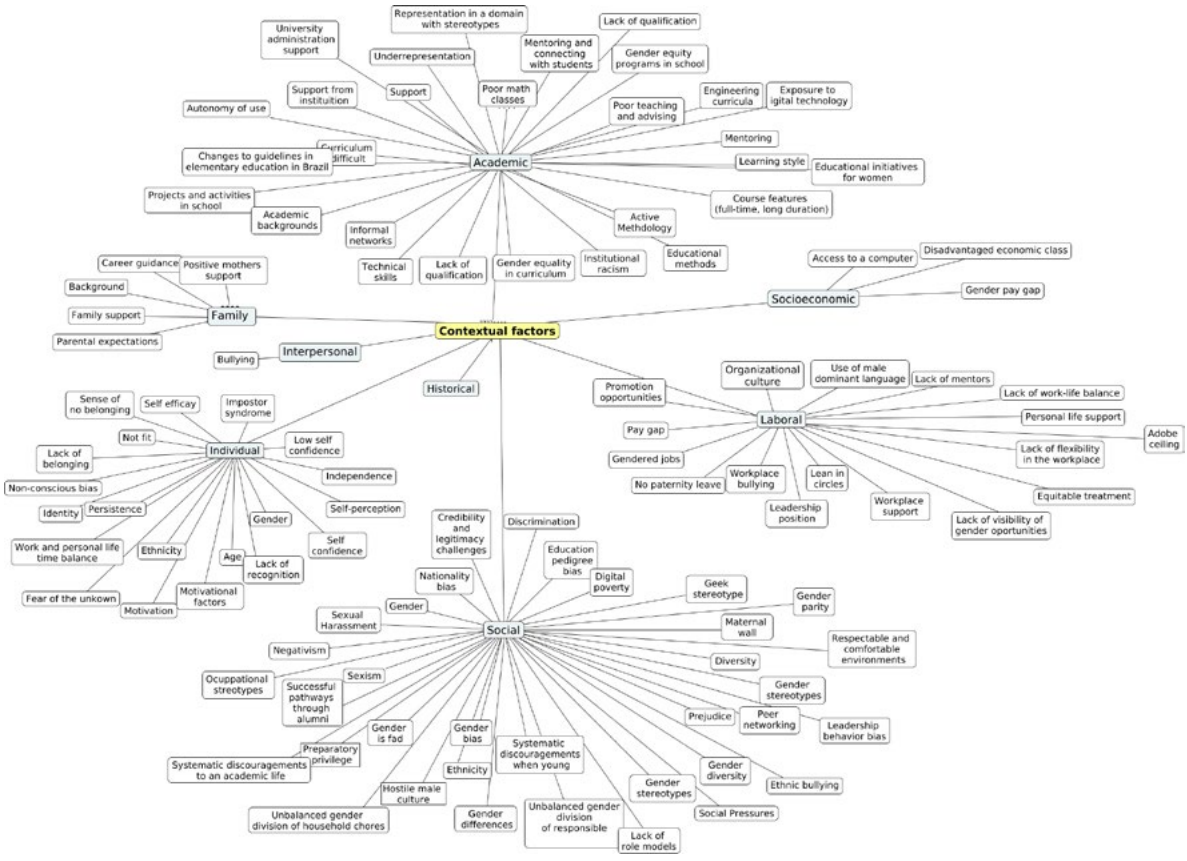
In the selection phase, 37 duplicated papers were eliminated and 172 papers were rejected for meeting one or more exclusion criteria after reading the abstract. The 50 remaining papers were selected for full reading, data extraction and analysis.

Eight (8) types of contextual factors were identified following the analysis of the papers: individual, interpersonal, academic, work-related, family-related, socioeconomic, social and historical; these factors comprise 196 sub-factors, which are laid out in Figure 2. These factors were later classified by impact type (positive or negative), to reflect whether they enable or constrain the development of women's careers in technology and/or engineering, in order to answer the research questions.

The studies also brought out some competency questions, which span topics outside contextual factors. The purpose is that these competency questions could provide useful elements for the development of the ontology. All results mentioned can be found on the following spreadsheet⁸.

8 https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Gjcn9yh05wGVv82I18_luXiWQLvCjrA/

Figure 2
Contextual factors and sub-factors



When analyzing the impact of each category (types of factors), the distribution of papers revealed the categories with the most papers to be Social (38 papers), Academic (25 papers), and Individual (25 papers). Moreover, the most frequent contextual factors observed were "Gender stereotypes" (10 occurrences), "Unconscious bias" (6 occurrences), "Lack of support" (4 occurrences) and "Role models" (4 occurrences). Lastly, the papers with the most identified factors are depicted below:

- Work in Progress: Addressing Barriers for Women in STEM in Mexico (Lappe et al., 2021): 20 factors
- Gender Equity in Computing (Hamilton et al., 2016): 19 factors
- A Literature Review on Challenges and Opportunities for Women in Engineering (Longe and Ouahada, 2019): 13 factors
- The influence of gender, and race/ethnicity on advancement in information technology (IT) (McGee, 2018): 11 factors
- Presence of black women in Brazilian Engineering (Santos Carvalho et al., 2018): 10 factors
- As for the Grey Literature Mapping, 120 documents were found after applying the English and Portuguese versions of the search strings, here divided by source:
 - OECD Library: 101
 - UNESDOC: 19

Of the 120 documents, 63 duplicates were removed, 40 of the remaining documents were discarded after reading the abstracts and 17 were accepted for full reading and analysis in relation to the research questions. However, the total number of pages retrieved exceeded 1,800, which poses a significant challenge in terms of whether it is possible to automate the task of extracting the relevant data from these documents, and if so, how.

4. CONCLUSION

This work aimed to present the partial results of Activity 4 of the ELLAS project, which focuses on understanding what contextual factors influence the development of Women's careers in STEM. The methodology described how the studies were selected and evaluated and the extracted data was then analyzed and summarized.

So far, we have been able to produce a significant number of contextual factors and competency questions, which are naturally important for the next steps, which are planned as follows:

- i) Prepare and run surveys and/or individual/group interviews in schools and universities using the collected results
- ii) Data analysis with coding procedures of Grounded Theory (Moghaddam, 2006)

However, there are still some limitations in this study. The systematic mapping, for instance, was conducted using only English strings. This suggests that a new search using strings in Portuguese and Spanish could potentially yield more significant results regarding the scope of local contributions in Latin American countries. Additionally, Grey Literature mapping is a critical and ongoing task, but the substantial amount of data demands a challenging amount of time and resources, something that must be addressed in order to execute the three phases proposed.

Hence, to proceed with these steps, it is essential to establish a strategy to deal with the extensive amount of data produced by the Grey Literature Mapping and then combine it with the previously modeled data from the Systematic Mapping. This will provide us with very useful information for the following phases.

ACKNOWLEDGEMENT

This work is supported by CAPES (Financing Code 001) and partially funded by FAPERJ (210.838/2021) and CNPQ (133204/2020-0). The authors would also like to thank the support of IDRC.

REFERENCES

- Bonato, S. (2018). *Searching the grey literature: a handbook for searching reports, working papers, and other unpublished research*. Rowman & Littlefield.
- García-Peñalvo, F. J. (2019). Women and STEM disciplines in Latin America: the W-STEM European Project. *Journal of Information Technology Research*, 12(4) <http://repositorio.grial.eu/handle/grial/1706>
- Hamilton, M., Luxton-Reilly, A., Augar, N., Chiprianov, V., Gutierrez, E. C., Duarte, E. V., Hu, H. H., Ittyipe, S., Pearce, J. L., Oudshoorn, M., & Wong, E. (2016). Gender equity in computing: International faculty perceptions and current practices. En *Proceedings of the 2016 ITiCSE Working Group Reports, ITiCSE 2016* (pp. 81-102). Association for Computing Machinery, Inc. <https://doi.org/10.1145/3024906.3024911>
- Hyvönen, E. (2020). Linked Open Data Infrastructure for Digital Humanities in Finland. *HN 2020 Digital Humanities in the Nordic Countries. Proceedings of the Digital Humanities in the Nordic Countries 5th Conference*, 254-259, CEUR Workshop Proceedings, vol. 2612, Riga, Latvia, October, 2020. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-202101251587>

- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering*. Technical report EBSE-2007-01. Keele University and Durham University Joint Report. https://www.elsevier.com/__data/promis_misc/525444systematicreviewsguide.pdf
- Lappe, A. K. R., Torales-Sanchez, D., Fuentes, A. B. G., & Caratozzolo, P. (2021). *Work in progress: addressing barriers for women in STEM in Mexico*. 2021 IEEE Global Engineering Education Conference. <https://doi.org/10.1109/EDUCON46332.2021.9453901>
- Longe, O. M., & Ouahada, K. (2019). *A literature review on challenges and opportunities for women in engineering*. 2019 IEEE AFRICON. <https://doi.org/10.1109/AFRICON46755.2019.9133955>
- McGee, K. (2018). The influence of gender, and race/ethnicity on advancement in information technology (IT). *Information and Organization*, 28(1), 1-36. <https://doi.org/10.1016/j.infoandorg.2017.12.001>
- Moghaddam, A. (2006). Coding issues in grounded theory. *Issues in educational research*, 16(1), 52-66. <https://www.iier.org.au/iier16/moghaddam.html>
- OECD. (2019). *PISA 2018 Results* (vol. I). OECD. <https://www.oecd.org/>
- Petersen, K., Vakkalanka, S., & Kuzniarz, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: an update. *Information and Software Technology*, 64, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.03.007>
- Santos Carvalho, D., Baeso Grimoni, J., Svaab, H., & Pereira, S. (2018). *The presence of black women in brazilian engineering*. PAEE+ALE' 2018 Proceedings, Brasilia.
- Unesco. (2017). *Cracking the code: girls' and women's education in science, technology, engineering and mathematics (STEM)*. <https://doi.org/10.54675/qyhk2407>
- Unesco. (2020). *Women in science 2020*. Fact Sheet 60, June 2020. <https://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/fs60-women-in-science-2020-en.pdf>
- Wang, M.-T., & Degol, J. L. (2017). Gender gap in science, technology, engineering, and mathematics (STEM): Current knowledge, implications for practice, policy, and future directions. *Educational Psychology Review*, 29(1), 119-140. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9355-x>
- World Economic Forum. (2020). *Global Gender Gap Report 2020*. https://www3.weforum.org/docs/WEF_GGGR_2020.pdf

ELABORATION OF AN ONTOLOGY TO ADDRESS WOMEN'S PRESENCE ON COMPUTER COURSES IN BRAZIL

VANESSA LAZARIN DE SOUZA
vanessa.2011@alunos.utfpr.edu.br
<https://orcid.org/0000-0002-7564-2628>
Universidade Tecnológica do Parana, Brazil

RITA CRISTINA GALARRAGA BERARDI
ritaberardi@utfpr.edu.br
<https://orcid.org/0000-0002-0281-8952>
Universidade Tecnológica do Parana, Brazil

Recibido: 21 de agosto del 2023 / Aceptado: 4 de octubre del 2023
doi: <https://doi.org/10.26439/interfases2023.n018.6604>

ABSTRACT. Women's presence in STEM (Science, Technology, Engineering and Math) has been growing in relevance, yet research on the topic is met with a lack of data for the construction of consistent analysis. The Equality for Leadership in Latin American STEM Network (ELLAS) aims to develop a Linked Open Data (LOD) platform to help fill this gap. This work is embedded in ELLAS and contributes to (1) a triplication (RDF) of the data in Inep's Higher Education Census, (2) the creation of a methodology for elaborating ontologies, to be used within the project, that enables an analysis of the presence and permanence of women in STEM areas and (3) its instantiation in the context of Higher Education in the field of computing in Brazil.

KEYWORDS: ontologies / gender / computer / STEM / Linked open data

ELABORACIÓN DE UNA ONTOLOGÍA PARA ABORDAR LA PRESENCIA DE LAS MUJERES EN LOS CURSOS DE INFORMÁTICA EN BRASIL

RESUMEN. La presencia de las mujeres en STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) ha ido ganando relevancia, sin embargo, la investigación sobre el tema choca con la falta de datos para la construcción de análisis consistentes. La Red ELLAS (Equality for Leadership in Latin American STEM - Igualdad para el Liderazgo en STEM en América Latina) tiene como objetivo desarrollar una plataforma Linked Open Data (LOD) que ayude a llenar este vacío. El presente trabajo se ubica dentro de ELLAS y

colabora con (1) la triplicación (RDF) de datos del Censo de Educación Superior del Inep, (2) la creación de una metodología de elaboración de ontologías, para ser utilizada dentro del proyecto y que posibilite el análisis sobre la presencia y permanencia de mujeres en áreas STEM, y (3) su instanciación en el contexto de la Educación Superior en el área de informática en Brasil.

PALABRAS CLAVE: ontologías / género / informática / STEM / datos abiertos enlazados

DESENVOLVIMENTO DE UMA ONTOLOGIA PARA ABORDAR A PRESENÇA DE MULHERES NOS CURSOS DE INFORMÁTICA NO BRASIL

RESUMO. A presença de mulheres em STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) tem ganhado relevância, entretanto, a pesquisa sobre o tema enfrenta a falta de dados para a construção de análises consistentes. A Rede ELLAS (Equality for Leadership in Latin American STEM - Igualdade para o Liderança em STEM na América Latina) tem como objetivo desenvolver uma plataforma Linked Open Data (LOD) que ajude a preencher essa lacuna. O presente trabalho está inserido na ELLAS e contribui com (1) a triplificação (RDF) de dados do Censo da Educação Superior do Inep, (2) a criação de uma metodologia para a elaboração de ontologias, a ser utilizada no projeto, possibilitando a análise da presença e permanência de mulheres nas áreas STEM, e (3) sua instanciación no contexto do Ensino Superior na área de informática no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: ontologias / gênero / informática / STEM / dados abertos ligados

1. INTRODUCTION

High quality data is necessary to create reliable, accessible and easy-to-use information. To this end, open and connected data is required – the kind that can be utilized, reutilized and freely distributed. People, applications and processes must be able to access this data and use it, and it must be possible to connect it to other data sources in order to enable the creation of new data, information and ultimately of knowledge (Isotani y Bittencourt, 2015). Public interest – that is, governmental and civilian - relies on the potential of this form of data structure to contribute to the understanding of intricate and complex social, political and economic issues.

Reliable data, as described above, is the kind of data we need to broaden the debate about the underrepresentation of women in STEM and build an objective panorama of the subject. The Equality for Leadership in Latin America STEM Network (ELLAS) was created to help fill this gap, which contains the Latin American Open Data for Gender Equality Policies Focusing on Leadership in STEM Project. The project aims to contribute to the generation of cross-country comparable data to assess policies and interventions in order to reduce the gender gap in STEM, focusing on leadership and factors related to career development. A bigger panorama of the project can be seen on Berardi et al. (2023).

This work is embedded within the project and focuses on structuring data from the Higher Education context for IT courses in Brazil. It maps data sources on women's presence in the field and uses it to create and instantiate an ontology model, which is also to be reutilized in the project and to be connected with other data in similar contexts in Peru and Bolivia.

1.1 Objectives

This work aims to elaborate a methodology for the creation of ontologies that allows us to answer questions about the presence and abidance of women in STEM areas, to then instantiate it in the context of Higher Education computer courses in Brazil and to restructure the data from the Higher Education Census of 2021, collected by Inep¹, to be employed with said ontology.

To test and validate the instantiated ontology, Competency Questions (CQs) were elaborated. Noy y McGuinness (2001) names competency questions as a way to determine the scope of an ontology, show what type of questions the ontology can answer and at which level of granularity. CQs do not aim to be exhaustive, instead they aim to provide a glimpse of the ontology's scope within its domain.

1 The National Institute of Educational Studies and Research Anísio Teixeira (Inep) is a Brazilian governmental institution that gathers data on all formal education levels and is related to the National Education Ministry.

2. METHODS

To create a new methodology for ontology elaboration, two previously established ones were referenced: NeOn (Suárez-Figueroa et al., 2012) and SABio 2.0 (de Almeida Falbo, 2014). The latter was chosen for its emphasis on collaboration and documentation and the former for its perspective on the reutilization of non-ontological resources. The result is the ELLAS Methodology, which establishes 6 stages to model ontologies by, considering the context of the ELLAS network. Its phases and their use on ELLASCompBra that addresses INEP data about Brazil's High Education computer courses instantiation are as follows:

Scope definition

Phase goal: To determine the domain and the purpose of the ontology, as well as the team roles.

ELLASCompBRA: The domain of this research is the presence of women in STEM areas in Brazil – specifically on the academic spectrum. On this instantiation, no roles were assigned. The CQs were designed to delineate the potential of the ELLASCompBRA ontology to answer inquiries about the domain, taking different factors into account: geographical, funding (public or private), institution category (federal institutions, state universities, etc), courses and their categories (bachelor, technologist, etc). The Competency Questions and their results are shown in section 3.

Resource selection

Phase goal: Evaluation and selection of resources related to the domain, ontological and non-ontological, to be reutilized within the ontology.

ELLASCompBRA: The semantic representation proposed on this work was built using a non-ontological resource, first thought to belong to the Computation Brazilian Society (SBC) and later traced to the Inep Census. This Census is Brazil's most complete research instrument about Brazilian higher education. It provides trustworthy statistics since 1997 and, since 2009, publishes data in CSV format (Comma Separated Values).

Resource restructuring

Phase goal: Cleaning, reorganizing and structuring of selected resources.

ELLASCompBRA: The first filter utilized was to only consider courses from the General Area of Computation and Information and Communication Technology (ICT) in the Inep file. The original data was divided into two CSV files, one for the courses and one for the institutions. A unique file was put together using vertical search to connect courses and HEIs², while columns relevant to the domain were preserved. The decision to translate

2 High Education Institutions.

the column names to English came from the consensus on its use in ontology modeling. A single new column, CourseID, was created as a unique identifier for each entry and the final file has 30 columns and close to 40 thousand lines.

Ontology conceptualization

Phase goal: Elaboration of an ontology, with its classes and properties, and a Data Dictionary to specify the terms used.

ELLASCompBRA: The ELLASCompBRA ontology, seen on Figure 1, was modeled using Protégé³. The final ontology has 9 classes (blue circles), 18 object properties, which establish relationships between classes (arrows with blue names) – and 15 data properties, which connect classes to literals (arrows with green names). Their descriptions can be found on the ELLAS Wiki⁴.

Ontology instantiation

Phase goal: Instantiate and transform the reference ontology into an operational one.

ELLASCompBRA: The triples created in the triPLICATION process were stored in Ontotext GraphDB⁵, a graph database with RDF and SPARQL⁶ support that allows us to build knowledge graphs and query them. The process consisted of merging the Inep data with the reference ontology, thus creating an operational ontology, and using it to answer the CQs formulated. The triPLICATION of the data – that is, the transformation of the relational dataset (Comma Separated Value file) into triples – was done using the OntoRefine⁷ tool on the GraphDB platform. As a result, we created a RDF (Resource Description Framework) file – where each record is a triple (<subject>, <predicate>, <object>). An example of a triple is <HEI> <has_course_id> <Course_ID>. This step and the ontology conceptualization were both conducted iteratively until the data was adjusted to the reference ontology and able to answer the proposed QCs. During the process of transforming the relational data into triples, the relationships between the columns in the CSV file are established.

Ontology evaluation

Phase goal: Evaluate the potential of the ontology built to answer the specified CQs.

ELLASCompBRA: The CQs were transformed into SPARQL queries to evaluate the

3 Open-source software for knowledge management and ontology editor. <https://protege.stanford.edu/>

4 <https://shorturl.at/boGZ8>

5 <https://www.ontotext.com/products/graphdb/>

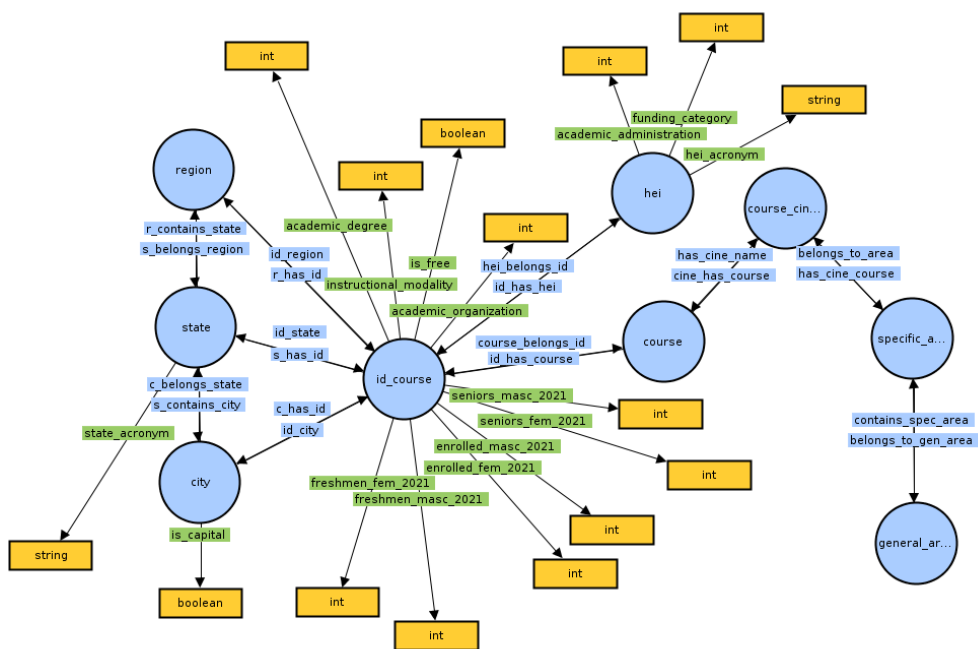
6 SPARQL Protocol and RDF Query Language (SPARQL) is a language for querying data on RDF.

7 OntoRefine is a tool attachment on the GraphDB platform based on Open Refine that is used for transforming relational datasets to RDF format.

effectiveness of the operational ontology. Figure 2 shows the query for CQ 3 and its result. The operational ontology built as per ELLAS methodology was able to answer all the competency questions established and met the research objectives of answering questions about the presence of women on higher education IT courses in Brazil. Mathematical formulas were applied to the CSV file to verify the numbers related to each CQ and validate the values yielded by the SPARQL queries.

Figure 1

First version of the ELLAS-CompBRA ontology



3. RESULTS

The first result of this work is the ELLAS Methodology, which was instantiated with the Inep data resulting in the ELLASCompBRA - our second result. The results of this instantiation were materialized with the queries created in SPARQL⁸ to answer the CQs (Figure 2) and both the RDF graph and the OWL ontology file can be accessed on the ELLAS Wiki. All competency questions were executed in GraphDB using the CSV that resulted from the triplication of the Inep Census. The results are the following:

1. How many women started IT undergraduate courses in Brazil in 2021? And how many have finished? Result: 50740 started, 9780 finished.

8 <https://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>

2. How many women started IT undergraduate courses in Curitiba, Brazil, in 2021? Result: 1391.
3. How many women finished IT bachelor's degrees in public universities in Brazil in 2021? Result: 727.
4. Among students who finished an Information System's degree in capital cities in Brazil in 2021, what is the percentage of women? Result: 14,2%.
5. How many women were enrolled in Federal Institutes of Education, Science and Technology on IT courses in Brazil's Northeast in 2021? Result: 1662.

Figure 2

SPARQL query used to answer CQ 3, g the number of women that started IT undergraduate courses in Brazil in 2021

The screenshot shows a SPARQL Query & Update interface. The query is as follows:

```

1 #1. Quantas mulheres ingressaram em cursos de computação no Brasil em 2021? 50704
2
3 PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
4 PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
5 PREFIX ellas: <http://www.semanticweb.org/vanessa/ontologies/2022/11/ellas_ontology/>
6 PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
7
8 SELECT (SUM(xsd:integer(?freshman_fem_2021)) As ?Total_de_ingressantes)
9
10 WHERE {
11
12 ?id_course rdf:type ellas:Id_course.
13 ?id_course ellas:freshman_fem_2021 ?freshman_fem_2021 .
14
15 }
    
```

The results table shows one row with the value 50704 for the column Total_de_ingressantes.

	Total_de_ingressantes
1	"50704"^^xsd:integer

The triplification of the Inep data - a process that translates data to a format we can query and matches the operational ontology - is also an important result of the research. A Data Dictionary was also created that establishes the entities' meanings and classification. It specifies how the columns from the original Inep CSVs were mapped into the ELLAS-CompBRA ontology, along with their description.

4. DISCUSSION

The instantiation of the ELLAS methodology yielded results that demonstrate its ability to contribute to fill the data gap on the presence of women in STEM areas. Using the

ELLAS methodology and the restructured data gathered from the Inep Census, we built an operational ontology that traced the numbers on women in IT courses in Brazil, the ELLAS-CompBRA ontology. The answers we obtained show why this work is so important. If we look at QC 3, we see that less than 2 out of 10 people who graduated in Information Systems in capital cities in Brazil were women – something most people in the field already suspected, and we now have data to make this perception more objective.

Having concrete numbers is essential in order to establish how serious the gender gap is and to start building policies to address it. This work allows us to build a panorama about gender on higher education IT courses in Brazil according to geographical location, institution, category, branch of IT and course – a granularity lacking in SBC reports and other research.

The potential of this work is further enhanced when put in the context of ELLAS, where the structured data will be connected to research from other sources – such as public and private policies related to gender in STEM. For this reason, it is important for all data to be structured in triples, in the same format. This will make data easy to access and work with through the ELLAS Platform in the future.

There is still plenty to be done and we can count on other research within ELLAS to further this work – some already use the methodology for ontology elaboration following ELLAS Methodology. In future works, we foresee a remapping of the fields in data sources to their literal meaning instead of a number pointing to a meaning specified on the Data Dictionary. For example, the field <academic_degree> contains numbers one through four, whose meaning is established on the Data Dictionary instead of the actual values of “Bachelor” or “Technologist”.

It's important to mention that the current ontology was built for a very specific context – IT courses in Brazil – and extrapolating it is one of the most important points of development. Another central point of improvement is the definition of a strategy to deal with time linearity, a task that will require substantial updates on the ontology.

Other points of improvement are the inclusion of remote courses and the improvement of naming conventions for IRIs and IDs, as well as aligning these with terms used on already established ontologies. That will allow us to connect to other LOD data available in the Semantic Web and enable more complex analysis and usage by people and applications.

REFERENCES

- Abdelghany, A., Cairo University, Darwish, N., Hefni, H., Cairo University, & Cairo University. (2019). An agile methodology for ontology development. *International journal of intelligent engineering and systems*, 12(2), 170-181. <https://doi.org/10.22266/ijies2019.0430.17>

- Berardi, R. C. G., Auceli, P. H. S., Maciel, C., Davila, G., Guzman, I. R., & Mendes, L. (2023). ELLAS: Uma plataforma de dados abertos com foco em lideranças femininas em STEM no contexto da América Latina. In *Anais do XVII Women in Information Technology* (pp. 124-135). Porto Alegre: SBC. <https://doi.org/10.5753/wit.2023.230764>
- De Almeida Falbo, R. (2014). *SABiO: Systematic Approach for Building Ontologies*. Onto. Com/odise@Fois, 1301. https://ceur-ws.org/Vol-1301/ontocomodise2014_2.pdf
- Isotani, S., & Bittencourt, I. I. (2015). *Dados Abertos Conectados: em Busca da Web do Conhecimento*. Novatec.
- Noy, N. F., & McGuinness, D. L. (2001). *Ontology development 101: a guide to creating your first ontology*. Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05; Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880, March 2001. https://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.pdf
- Suárez-Figueroa, M. C., Gómez-Pérez, A., & Fernández-López, M. (2012). The NeOn methodology for ontology engineering. En *Ontology Engineering in a Networked World* (pp. 9-34). Springer Berlin Heidelberg.

EVOLUCIÓN DE LAS LEYES LABORALES QUE PROTEGEN A LAS MUJERES EN BOLIVIA

NICOLÁS RODRÍGUEZ

nicolas.rodriguez@cides.edu.bo

<https://orcid.org/0009-0001-8362-5334>

CIDES-UMSA, Bolivia

ELIZABETH JIMÉNEZ

ejimenez@cides.edu.bo

<https://orcid.org/0000-0003-3659-3306>

CIDES-UMSA, Bolivia

GUILLERMO GUZMÁN PRUDENCIO

gguzman@cides.edu.bo

<https://orcid.org/0000-0001-6112-6967>

CIDES-UMSA, Bolivia

Recibido: 21 de agosto del 2023 / Aceptado: 4 de octubre del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/interfases2023.n018.6614>

RESUMEN. Este trabajo presenta la evolución de la construcción de institucionalidad orientada a proveer igualdad de oportunidades laborales a hombres y mujeres en Bolivia. Hace especial énfasis en la identificación de la normativa nacional (leyes, decretos supremos, convenios internacionales y regulación formal desde el Estado), que incentiva la integración al mercado de trabajo en áreas de STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*).

PALABRAS CLAVE: mujeres / Bolivia / legislación / derecho / STEM

EVOLUTION OF EMPLOYMENT LAWS THAT GUARANTEE WOMEN IN BOLIVIA

ABSTRACT. This work presents the evolution of regulations to provide equal employment opportunities for men and women in Bolivia. It emphasizes national regulation (laws, supreme decrees, international agreements, and other formal State regulations) that encourage women's integration into the STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) job market.

KEYWORDS: women / Bolivia / legislation / law / STEM

EVOLUÇÃO DAS LEIS TRABALHISTAS QUE GARANTEM AS MULHERES NA BOLÍVIA

RESUMO. Este trabalho apresenta a evolução das regulamentações para oferecer oportunidades de emprego iguais para homens e mulheres na Bolívia. Ele enfatiza a regulamentação nacional (leis, decretos supremos, acordos internacionais e outras regulamentações formais do Estado) que incentivam a integração das mulheres no mercado de trabalho STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática).

PALAVRAS-CHAVE: mulheres / Bolívia / legislação / lei / STEM

1. INTRODUCCIÓN

La legislación laboral relativa a las mujeres en Bolivia ha ido evolucionando de acuerdo con el avance internacional y nacional en materia de derechos laborales. Se ha ido dando cierta institucionalidad y estabilidad laboral para las mujeres, lo cual ha propiciado una mayor inserción de ellas en el mercado laboral.

Los orígenes de la legislación laboral en Bolivia se remontan a la época de la República, cuando se promulgaron las primeras disposiciones legales relacionadas con el trabajo. La Constitución de 1938 y la subsiguiente Ley General del Trabajo de 1939 reconocieron los derechos sociales y laborales de los trabajadores. En 1942, mediante la Ley General del Trabajo promulgada ese año, se establecieron los principios y normas que rigen hasta hoy las relaciones laborales en Bolivia y se institucionalizó la protección laboral.

El período de análisis del presente artículo será a partir de 1942 hasta los años más recientes (el Decreto Supremo 4668, que regula la aplicación de los derechos laborales adquiridos, por ejemplo, se promulgó el 2022) y considera, también, la normativa introducida a través de organismos internacionales, como los convenios de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), de los cuales Bolivia es signataria.

La protección de los derechos de las mujeres, en particular, ha tenido avances en Bolivia durante la última década. En la última Constitución política del Estado, promulgada en el año 2009, se incorporaron artículos relacionados con los derechos humanos de las mujeres, su protección en general y, específicamente, la laboral (artículos 46-55 de la sección III, relativa al derecho al trabajo y al empleo).

Desde el 2012, además, se han promulgado leyes que tienen como orientación específica avanzar en materia de derechos humanos. Destacan, por ejemplo, la “Ley contra el acoso y violencia política hacia las mujeres” y la “Ley integral para garantizar a las mujeres una vida libre de violencia”, promulgadas el 2012 y 2013, respectivamente.

En una primera etapa del trabajo se identificó, organizó y sistematizó toda la información sobre leyes, decretos y regulaciones que existen en Bolivia, desde 1942, sobre la participación de las mujeres en el mercado laboral. Adicionalmente, se recolectó la información relevante —leyes y normativa— dirigida a garantizar la igualdad de oportunidades en los campos relacionados con los ámbitos STEM en particular.

Para la revisión bibliográfica se recurrió a la técnica de revisión de fuentes primarias y secundarias (*grey literature*), entre las cuales están la gaceta oficial del Estado, leyes, decretos, entre otros. La información se organizó y sistematizó en una base de datos que existe como parte del esfuerzo de investigación del proyecto ELLAS.

El ensayo se organiza en cinco secciones: un resumen de los principales hallazgos y contribuciones en materia legislativa laboral en Bolivia; un análisis de los convenios internacionales de los derechos laborales de las mujeres; una visión histórica del

desarrollo de los marcos institucionales para la igualdad de género y la inclusión en Bolivia; un análisis comparativo de la situación actual de las mujeres en el empleo en áreas STEM en Bolivia; y una discusión de las implicaciones y recomendaciones para futuras investigaciones y políticas.

Se espera que esta misma metodología pueda ser replicada en Brasil y Perú para hacer posteriormente un análisis comparativo en el contexto del proyecto ELLAS. Como se sabe, varias universidades del Brasil y la Universidad de Lima, conjuntamente con la Universidad Católica Boliviana “San Pablo” y el Posgrado en Ciencias del Desarrollo de la Universidad Mayor de San Andrés (CIDES-UMSA), están participando en un proyecto piloto cuyo objetivo es gestionar actividades políticas y mecanismos que favorezcan la participación de las mujeres en las áreas STEM.

2. LEYES LABORALES EN BOLIVIA

En Bolivia, la normativa laboral data de 1939, cuando se promulgó la Ley General del Trabajo. Esta ley fue modificada en 1942 y, desde entonces, sigue vigente sin mayores modificaciones. Asimismo, existen otras normas, como los decretos supremos, que complementan los derechos laborales. En la actual Constitución política del Estado existen varios artículos que también hacen referencia a los derechos de los trabajadores y, recientemente (en el 2022), apareció el Decreto Supremo 4668, que reglamenta los derechos laborales adquiridos por las trabajadoras y los trabajadores.

2.1 Ley General del Trabajo de 1942

La Ley General del Trabajo contiene 12 capítulos y 122 artículos. Fue promulgada y elevada a rango de ley el 8 de diciembre de 1942. Posteriormente se incluyeron varios artículos nuevos, conforme al avance de la legislación en temas de garantías laborales. Asimismo, la legislación en materia laboral se va ampliando a través de decretos supremos que veremos más adelante.

El tercer artículo de la ley en mención establece, en relación con las mujeres y su inserción laboral, establece que:

En ninguna empresa o establecimiento, el número de trabajadores extranjeros podrá exceder del 15 por ciento del total y comprenderá exclusivamente a técnicos. El personal femenino tampoco podrá pasar del 45 por ciento en las empresas o establecimientos que, por su índole, no requieran usar del trabajo de esta en una mayor proporción. (Ley General del Trabajo, 1942, art. 3)

Este artículo acerca de la proporción máxima de trabajadores extranjeros (15 %) y de mujeres (45 %), actualmente ya no está vigente, dado que resulta discriminatorio limitar la participación de personas (mujeres y extranjeros) en las empresas. En cualquier caso, aunque hoy pareciera un criterio restrictivo, es posible que, en su tiempo,

este artículo fuera concebido como un intento por promocionar la participación de la mujer en el mercado laboral.

En su primer artículo, la ley señala que no aplica a los trabajadores agrícolas (Ley General del Trabajo, 1942, art. 1), funcionarios y empleados públicos y del ejército, de las Fuerzas Armadas, de la Policía Nacional, y maestros del área rural y urbana. Estas personas y trabajadores están sujetos a otro tipo de normas laborales, por ser empleados públicos; en particular, la Ley 2027 del Estatuto del Funcionario Público de Bolivia, promulgada en 1999.

Mediante el Decreto Supremo 224 del 23 de agosto de 1943 se emite el Reglamento de la Ley General del Trabajo. En su artículo 52, este reglamento establece que los menores de dieciocho años están impedidos de trabajar; el artículo 53, que hace específicamente mención a las mujeres, establece lo siguiente:

Las mujeres y los menores de 18 años no podrán ser ocupados durante la noche en las industrias. En los trabajos distintos de las industrias, no podrán ser ocupados los menores de 18 años desde las 24 horas hasta las 5 horas, y de todos modos gozarán de un descanso no menor de 11 horas consecutivas. Se exceptúan casos fortuitos que exijan una atención inmediata. Sin embargo, el Ministerio del Trabajo, podrá conceder autorizaciones especiales en casos determinados. (Decreto Supremo 224, 1943, art. 53)

Este artículo es un tanto proteccionista y paternalista. Sin embargo, se entiende su inserción, ya que el trato diferenciado hacia las mujeres y los menores de edad se hace en resguardo de su integridad física y protección en contra de la explotación laboral femenina e infantil.

Muchos años después, en 2020, el “Decreto supremo 4401, que impulsa medidas para la igualdad de oportunidades en el acceso al empleo, la remuneración y el trato igualitario en el trabajo entre mujeres y hombres, con el fin de contribuir en la eliminación de la brecha salarial entre mujeres y hombres” establece en su primer artículo la igualdad de género y la no discriminación, así como la igualdad de salarios, ya que tiene como objeto:

impulsar medidas para la igualdad de oportunidades en el acceso al empleo, la remuneración y el trato igualitario en el trabajo entre mujeres y hombres, con el fin de contribuir en la eliminación de la brecha salarial entre mujeres y hombres. (Decreto Supremo 4401, 2020. art. 1)

Se puede ver que la Ley General del Trabajo ha tenido modificaciones a lo largo del tiempo, tanto la primera de 1939 como la de 1942, la cual —a través de la promulgación de decretos supremos— se actualizó periódicamente. Asimismo, mediante la promulgación de normativa internacional de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) en materia de protección laboral, se incorporan nuevos artículos, como se revisará más adelante. En general, se debería plantear la idea de elaborar una nueva ley general del trabajo.

2.2 Ley 2450 de Regulación del Trabajo Asalariado del Hogar (2003)

Esta ley promulgada el 2003 tiene como objeto proteger los derechos de los trabajadores y trabajadoras del hogar, que son las personas que: “realizan trabajos de cocina, limpieza, lavandería, aseo, cuidado de niños, asistencia y otros que se encuentren comprendidos en la definición, y sean inherentes al servicio del hogar”(Ley 2450, 2003, art. 1).

Las personas que realizan estos trabajos del hogar son, en su mayoría, mujeres y esta ley las ampara y dota de derechos. El artículo 8 dice:

Todo trabajo del hogar realizado bajo dependencia está sujeto a los siguientes derechos: pago de salarios, indemnización por años de servicio, desahucio en caso de despido injustificado, aguinaldo, vacaciones, sindicalización, afiliación a la Caja Nacional de Salud, en el marco de lo dispuesto en la Ley General del Trabajo, su Decreto Reglamentario, Código de Seguridad Social y disposiciones conexas. (Ley 2450, 2003, art. 8)

En ese sentido, el 28 de setiembre del 2021 se promulgó el Decreto Supremo 4589, que tiene por objeto reglamentar la Ley 2450 de Regulación del Trabajo Asalariado del Hogar. En él se reglamenta la afiliación de las trabajadoras del hogar a la Caja Nacional de Salud, a fin de garantizar ese derecho sin exclusión ni discriminación alguna.

Tradicional y culturalmente, el trabajo asalariado del hogar ha sido y es un campo laboral casi exclusivamente femenino, al mismo tiempo que no es un trabajo bien remunerado. Un reciente estudio del Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo (Inesad), con la colaboración de ONU Mujeres en Bolivia, demuestra lo mencionado:

La participación económica de estas [las mujeres] se ve muy limitada por la segmentación y segregación laboral que las condiciona a trabajar en sectores de baja productividad, en entornos inseguros de trabajo, percibiendo bajos ingresos y careciendo de protección social. (Inesad, 2022, pp.5-6)

2.3 Constitución Política del Estado

En la actual Constitución Política del Estado, que entró en vigencia el 2009, existen varios artículos que hacen referencia a la protección laboral y las garantías de las mujeres. Concretamente, los artículos siguientes: el principio de igualdad de todas las bolivianas y bolivianos, sin discriminación (artículo 3), la incorporación de la equidad de género como principio fundamental (artículos 8.II y 11.I), la prohibición y sanción de todas las formas de discriminación, entre ellas, la discriminación en razón de género (artículo 14.II), el reconocimiento del trabajo del hogar (artículo 338), el reconocimiento de que toda persona tiene derecho al trabajo (artículo 46, incisos I, II y III).

Por su parte, el artículo 45 de la Constitución señala que las mujeres en Bolivia: “tienen derecho a la maternidad segura, con una visión y práctica intercultural; gozarán de especial asistencia y protección del Estado durante el embarazo, parto y en los periodos prenatal y posnatal” (Constitución Política del Estado de Bolivia, 2009, art. 45).

En el artículo 48 se establecen, además, los siguientes puntos: “El Estado promoverá la incorporación de las mujeres al trabajo y garantizará la misma remuneración que a los hombres por un trabajo de igual valor, tanto en el ámbito público como en el privado” (Constitución Política del Estado de Bolivia, 2009, artículo 48.V).

El mismo artículo establece, en su inciso VI, que: “las mujeres no podrán ser discriminadas o despedidas por su estado civil, situación de embarazo, edad, rasgos físicos o número de hijas o hijos” (Constitución Política del Estado de Bolivia, 2009, art. 48.VI).

2.4 Decreto Supremo 4668

El Decreto Supremo 4668, promulgado el 17 de febrero de 2022 por el actual presidente Luis Arce Catacora, tiene por objeto: “regular la aplicación de los derechos laborales adquiridos por las trabajadoras y los trabajadores, sujetos al régimen laboral de la Ley General del Trabajo, de 8 de diciembre de 1942” (Decreto Supremo 4668, 2022, art. 1).

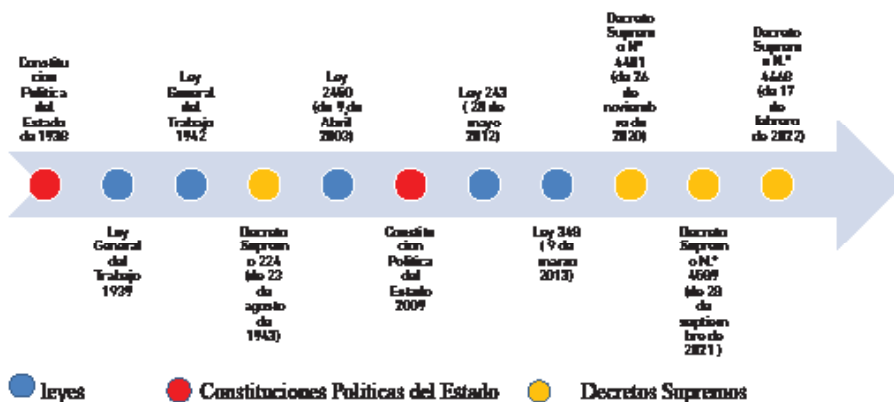
El fin de este decreto es garantizar los derechos laborales adquiridos y protegerlos, conforme al artículo 48 de la Constitución, dentro de la sección III referida al derecho al trabajo y al empleo.

Podemos ver que existe una evolución en cuanto a los derechos laborales de hombres y mujeres, ya que se fueron incluyendo nuevos artículos en la Ley General del Trabajo, pero también promulgando nuevos decretos supremos, en especial el ya mencionado Decreto Supremo 4668, que protege los derechos laborales adquiridos.

Sin embargo, la actual Ley General del Trabajo no está actualizada y existe un debate acerca de si se debe elaborar una nueva, que se adecúe más a la realidad actual e incorpore los avances que se han dado en los últimos años mediante los decretos supremos aquí analizados.

Figura 1

Línea de tiempo de la evolución de las normas laborales que protegen a las mujeres en Bolivia



En la Figura 1 se pueden ver los avances en cuanto a la normativa laboral, a partir de las reformas constitucionales de 1938 y del 2009, pero también en cuanto a la Ley General del Trabajo de 1939 y, subsecuentemente, la de 1942, las cuales empezaron a regir la normativa laboral muy tempranamente y que, a través de decretos supremos posteriores, se fueron actualizando de forma constante.

3. CONVENIOS INTERNACIONALES DE DERECHOS LABORALES DE LAS MUJERES

Asimismo, en conformidad con la normativa internacional como los convenios de la OIT que veremos a continuación, Bolivia ha ido incorporando otros decretos y leyes laborales.

La Constitución de 2009 establece que: “Los tratados internacionales ratificados forman parte del ordenamiento jurídico interno con rango de ley” (Constitución Política del Estado de Bolivia, 2009. art. 257). Por ello analizaremos los convenios internacionales de la OIT que Bolivia ratificó y que, por lo tanto, tienen rango de ley internamente.

La OIT es el organismo internacional que protege los derechos laborales de las personas en general, en todo el mundo, estableciendo convenios internacionales a los que los países se adhieren.

La OIT, desde su creación, tiene como principio fundamental el reconocimiento de que todos los seres humanos, sin distinción de raza, credo o sexo tienen derecho a perseguir su bienestar material y su desarrollo espiritual en condiciones de libertad y dignidad, de seguridad económica y de igualdad de oportunidades. Esto implica la misión de promover la igualdad de oportunidades y de trato entre mujeres y hombres. (Organización Internacional del Trabajo, 2006, p.7)

Sin embargo, pese a los avances en materia de derechos laborales de las mujeres, siguen existiendo grandes diferencias de género en el mercado laboral, según varios informes como el del Inesad, mencionado previamente.

En cuanto a la regulación relacionada con la protección de los derechos laborales de las mujeres, en el marco de la OIT existen cuatro convenios específicos:

1. Convenio 100 sobre igualdad de remuneración, 1951. Las mujeres tienen derecho a percibir el mismo salario que los hombres cuando realizan un trabajo del mismo valor que estos. El convenio fue ratificado el 15 noviembre de 1973 y está actualmente en vigor.
2. Convenio 111 sobre la discriminación (empleo y ocupación), 1958. Ninguna persona puede ser discriminada en su empleo u ocupación por motivos de raza, color, sexo, ideas políticas, creencias religiosas, condición social. Fue ratificado el 31 de enero de 1977 y está actualmente en vigor.

3. Convenio 156 sobre los trabajadores con responsabilidades familiares, 1981. Todas las trabajadoras y trabajadores con responsabilidades familiares tienen derecho a protección especial y a no ser discriminados en el empleo y ocupación por esta condición. Ratificado el 1 de septiembre de 1998, también se encuentra vigente.
4. Convenio 183 sobre la protección de la maternidad, 2000. Este convenio revisa y actualiza el Convenio 103 para la protección de la maternidad de 1952, con el objetivo de seguir promoviendo, cada vez más, la igualdad de todas las mujeres integrantes de la fuerza de trabajo, así como la salud y la seguridad de la madre y el niño. En el artículo 1 de este convenio se estipula que “el término mujer se aplica a toda persona de sexo femenino, sin ninguna discriminación, y el término hijo a todo hijo, sin ninguna discriminación” (OIT, 2006, p. 10). Este convenio no está ratificado y no se encuentra actualmente en vigor.

Tabla 1*Convenios de la OIT en materia de protección de la mujer*

Convenio N.º	Año	Ratificado	Vigente
100 sobre la igualdad de las remuneraciones	1951	SI	SI
111 sobre la discriminación en el empleo y ocupación	1958	SI	SI
156 sobre los trabajadores con responsabilidades familiares	1981	SI	SI
183 sobre la protección de la maternidad	2000	NO	NO

4. VISIÓN HISTÓRICA DEL DESARROLLO DE LOS MARCOS INSTITUCIONALES PARA LA IGUALDAD DE GÉNERO Y LA INCLUSIÓN EN BOLIVIA

En el marco institucional y jurídico referido a igualdad de género e inclusión de las mujeres en el mercado laboral, Bolivia ha avanzado mucho durante los últimos años, como lo hemos visto a través de la revisión de la legislatura y la promulgación de leyes que protegen los derechos humanos y laborales de las mujeres.

En ese sentido, en el ámbito multilateral, Bolivia se alinea también en el cumplimiento de la Agenda 2030 para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) planteados por Naciones Unidas. Bolivia, al igual que los demás países, se ha comprometido a cumplir varios objetivos, entre los cuales se encuentra el objetivo 5: “Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas”. (Naciones Unidas, s.f.)

En Bolivia se promulgaron leyes que apuntan a cumplir las metas de dicho objetivo. Entre ellas se encuentran la Ley 243 (“Ley contra el acoso y violencia política hacia las mujeres”), promulgada el 28 de mayo de 2012, y la Ley 348 (“Ley integral para garantizar a las mujeres una vida libre de violencia”), promulgada el 9 de marzo del 2013.

Asimismo, organismos internacionales como la Unesco trabajan en una estrategia para la igualdad de género en y a través de la educación, que se centra en la transformación de todo el sistema educativo en beneficio de los y las estudiantes por igual.

La Unesco pide que se preste atención a la igualdad de género en todo el sistema educativo en relación con el acceso, el contenido, el contexto y las prácticas de enseñanza y aprendizaje, los resultados del aprendizaje y las oportunidades de vida y trabajo. (Unesco, 2023)

La estrategia de la Unesco (2019-2025) a través de su plan de acción para dar prioridad a la igualdad de género se basa en tres intervenciones clave: mejores datos para sustentar la acción, mejores marcos jurídicos y políticos para promover los derechos y mejores prácticas de enseñanza y aprendizaje para el empoderamiento (Unesco, s.f.).

5. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS MUJERES EN EL EMPLEO EN ÁREAS DE STEM EN BOLIVIA

No existen muchos estudios en Bolivia sobre la situación laboral de las mujeres en áreas STEM. Sin embargo, el año 2020 se realizaron estudios entre investigadores de distintas universidades, como la Universidad Privada de Santa Cruz de la Sierra (UPSA), la Universidad Tecnológica Privada de Santa Cruz (UTEPSA) y Universidad Católica Boliviana (UCB) con el apoyo del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC, por sus siglas en inglés) y conjuntamente con el Observatorio Universitario de Igualdad de Género, con el fin de formular una propuesta de políticas públicas que logre incrementar la participación efectiva de las mujeres en áreas STEM en Bolivia para el 2025.

En ese contexto, se hicieron estudios de caso de mujeres exitosas que trabajan en profesiones del área de STEM, se identificaron buenas prácticas y mecanismos que faciliten su participación efectiva. Se hicieron tres trabajos de investigación con estudios de casos. En uno de ellos, “Representación social de mujeres en zonas STEM en Bolivia”, la investigadora Mariana Santa Cruz demuestra que:

Existe desigualdad de trato e influencia en la comunidad escolar y el acceso a la educación superior, el empleo, la carrera profesional o puestos estratégicos asumidos por mujeres y en ese sentido, el mundo de la educación y el acceso a trabajos en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) es una representación de esta brecha de género, que es compleja y se debe a mecanismos de segregación que no siempre son muy claros en su comportamiento. (Coordinación Regional de Investigación Santa Cruz, 2023, p. 2)

Asimismo, en “Análisis estadístico de la participación efectiva de mujeres en áreas STEM en Bolivia”, estudio realizado por Ernesto Viscarra de la UTEPSA, se utilizó una serie de datos estadísticos históricos de diversas fuentes de información, primarias y secundarias y tanto nacionales como departamentales. Los datos primarios fueron de escuelas primarias y secundarias y se obtuvieron del Ministerio de Educación durante el periodo 2011-2020. Asimismo, se recopilaron datos relacionados con estudiantes universitarios, según género y desempeño académico, del Comité Ejecutivo de la Universidad Boliviana (CEUB) durante el periodo 2008-2020. Finalmente, estos datos se cruzaron con otros referidos al mercado laboral, recolectados del Instituto Nacional de Estadística (INE) para el año 2020.

El análisis muestra que

no existe una barrera de inserción o permanencia aparente en la educación primaria y secundaria, ya que se tiene un 50 % de participación, tanto de hombres como de mujeres, en esta etapa, incluso la tasa de aprobación es mayor en las mujeres. (Coordinación Regional de Investigación Santa Cruz, 2023, p. 3)

En el mismo trabajo de investigación, Viscarra afirma que:

En cuanto a la educación universitaria, la distribución de estudiantes de acuerdo al género en el área de ingeniería y tecnología en Bolivia señala que solo un tercio de la población está constituida por mujeres, lo que puede ser un indicio de las barreras que las mujeres enfrentan al ingresar a las carreras relacionadas con las áreas STEM, sin embargo, la tasa de titulación es mayor en las mujeres. (Coordinación Regional de Investigación Santa Cruz, 2023, p. 3)

En ese sentido, la capacidad y compromiso de las mujeres es superior a la de los hombres en áreas de STEM. Este dato es interesante, ya que se ve que las carreras universitarias en el área de STEM son, en primera instancia, carreras con mayor población estudiantil masculina (solamente un tercio son mujeres). Sin embargo, se ha demostrado en ese estudio que las mujeres se titulan más que los hombres en estas carreras.

Adicionalmente, según este mismo estudio:

Los datos estadísticos del mercado laboral muestran que cerca del 40 % de los cargos como directivos públicos y privados y cerca del 35 % de los cargos de los técnicos y profesionales de apoyo, se encuentran ocupados por mujeres. Vemos una ligera inequidad, por lo tanto, en el mercado laboral también se han identificado barreras que las mujeres enfrentan. (Coordinación Regional de Investigación Santa Cruz, 2023, p. 3)

Estos resultados demuestran que, en la mayoría de los cargos profesionales —tanto los gerenciales, pero también a nivel profesional y técnico— están ocupados mayoritariamente por hombres. Por lo tanto, sigue existiendo la brecha de género en cuanto a empleo en áreas de STEM.

6. CONCLUSIONES

Se puede constatar que en Bolivia existe una evolución en cuanto al marco legislativo laboral que protege a las mujeres. La evidencia es que la promulgación de la legislación laboral empezó desde muy temprano en Bolivia, a través de la Ley General del Trabajo de 1939 y la posterior de 1942, en las cuales existen varios artículos que hacen referencia y favorecen a la mujer.

También se demostró que existen leyes y decretos en favor de la protección de las mujeres, provenientes tanto del ámbito nacional como del internacional. Por ejemplo, Los acuerdos internacionales, como la Agenda 2030 de la ONU y los objetivos de desarrollo sostenible, junto con los acuerdos de la OIT, tienen fuerza legal en Bolivia. Estos acuerdos fortalecen las leyes nacionales y alinean las políticas internacionales y nacionales. Además, organismos como la UNESCO tienen agendas que complementan la igualdad de género, especialmente a través de la educación.

Cabe señalar que en Bolivia, desde temprano, se lograron ciertos avances bastante progresistas para la época. Por ejemplo, desde 1949 la mujer tuvo participación política a través del voto universal; en 1932 ya existía la ley de divorcio, que permitió desde ese año que las mujeres puedan separarse de sus parejas.

Sin embargo, pese a la promulgación de varias normas en favor y defensa de la mujer, como la Ley Contra el Acoso y Violencia Política o la Ley Integral para Garantizar a las Mujeres una Vida libre de Violencia, siguen persistiendo problemas. Por ejemplo, el que se refiere a la violencia en contra de la mujer, que trajo consigo la mencionada ley, pero que lamentablemente de poco sirvió para reducir las tasas de feminicidios.

En ese aspecto, se puede concluir que, a pesar de tener cierto marco legal de institucionalidad a través de leyes, normas y regulaciones, todavía se debe trabajar en la normativa y legislación para que estos avances y logros se apliquen efectiva y cotidianamente.

Otra conclusión está referida a la inserción de las mujeres en el campo laboral en áreas de STEM en Bolivia. A través del trabajo de investigación de varias universidades en el proyecto "Construcción de política pública para una participación efectiva de las mujeres en los campos de la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas en Bolivia", se evidencia que todavía existe la brecha de inserción laboral en áreas de STEM entre hombres y mujeres. Los resultados muestran que las mujeres tan solo ocupan un 35 % de los empleos técnicos o de profesionales en estas áreas y solo el 45 % de puestos gerenciales. Ese mismo estudio demostró que la población universitaria femenina en carreras en áreas de STEM es menor a la masculina; sin embargo, las mujeres tienen un mayor grado de titulación que los varones.

Pese a ello, según el Inesad, todavía persiste una escasa y limitada participación económica de las mujeres, ya que existe una segmentación y segregación laboral que las

condiciona a trabajar en condiciones precarias y en sectores de baja productividad, con entornos inseguros de trabajo, percibiendo bajos ingresos y sin alguna protección social.

REFERENCIAS

- Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia. 7 de febrero del 2009 (Bolivia). <http://www.gacetaoficialdebolivia.gob.bo/edicions/view/NCPE>
- Coordinación Regional de Investigación Santa Cruz. (2023). *Presentación de resultados del proyecto "Construcción de política pública para una participación efectiva de las mujeres en los campos de la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas en Bolivia"*. Universidad Católica Boliviana. https://portal.scz.ucb.edu.bo/public/Imagenes/General/2023/02_NOTA_DE_PRENSA_2.pdf
- Decreto Supremo 4401 del 2020. Impulsa medidas para la igualdad de oportunidades en el acceso al empleo, la remuneración y el trato igualitario en el trabajo entre mujeres y hombres. 25 de noviembre del 2020.
- Decreto Supremo 4668 del 2022. Regula la aplicación de los derechos laborales adquiridos por las trabajadoras y los trabajadores, sujetos al régimen laboral de la Ley General del Trabajo. 16 de febrero del 2022.
- Fondo de Población de las Naciones Unidas-UNPFA. (2014). *Ley 348. "Ley integral para garantizar a las mujeres una vida libre de violencia"*. *Conociendo mis derechos para ejercerlos*.
- Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo-INESAD. (2022). *Inclusión financiera de las mujeres. Hacia la igualdad de género en servicios financieros: Diagnóstico y propuesta*. Embajada de Suecia en Bolivia; COSUDE; ONU Mujeres; Embajada de Canadá en Bolivia; Comité de Emprendedoras y Empresarias de Bolivia. https://lac.unwomen.org/sites/default/files/2022-07/Inclusio%CC%81n_financiera_%20ONU%20Mujeres%20Bolivia.pdf
- Ley General del Trabajo de 1942. Determina con carácter general los derechos y obligaciones emergentes del trabajo. 8 de diciembre de 1942.
- Ley 2450 del 2003. Ley de regulación del trabajo asalariado del hogar. 9 de abril del 2003.
- Naciones Unidas. (s. f.). *Objetivo 5: Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/gender-equality/>
- Organización Internacional del Trabajo. (2006). *Promoviendo la igualdad de género: convenios de la OIT y los derechos laborales de las mujeres*. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---sro-santiago/documents/publication/wcms_184031.pdf

N. Rodríguez, E. Jiménez, G. Guzmán

Unesco. (s. f.). *Igualdad de género y educación. Del acceso al empoderamiento*. <https://www.unesco.org/es/gender-equality/education>

TOWARDS AN ONTOLOGY TO STRUCTURE DATA ON WOMEN'S LEADERSHIP IN COMPUTING IN BRAZIL

THAMIRES FALEIRO MARTINS
thamires.martins@sou.ufmt.br
<https://orcid.org/0009-0009-9571-5941>
Federal University of Mato Grosso, Brazil

KAREN DA SILVA FIGUEIREDO MEDEIROS RIBEIRO
karen@ic.ufmt.br
<https://orcid.org/0000-0003-1526-7317>
Federal University of Mato Grosso, Brazil

Recibido: 21 de agosto del 2023 / Aceptado: 4 de octubre del 2023
doi: <https://doi.org/10.26439/interfases2023.n018.6607>

ABSTRACT. This paper proposes an ontology to structure data on female leadership in computer science in Brazil, with the goal of building an open and collaborative platform where data can be collected, organized and classified in order to construct a folksonomy of the domain. The ontology aims to address questions of competency in the domain, such as the contextual factors that motivate Brazilian women to pursue leadership positions in computer science as well as the policies that promote such opportunities. The proposed ontology may benefit different users, including female computer science professionals, leaders, researchers and policymakers.

KEYWORDS: women in computing / ontology / gender data.

HACIA UNA ONTOLOGÍA PARA ESTRUCTURAR DATOS SOBRE EL LIDERAZGO DE LAS MUJERES EN LA INFORMÁTICA EN BRASIL

RESUMEN. Este artículo propone una ontología para estructurar datos sobre el liderazgo femenino en la informática en Brasil, con el objetivo de construir una plataforma abierta y colaborativa donde los datos puedan ser recogidos, organizados y clasificados para construir una folcsonomía del dominio. La ontología pretende abordar cuestiones de competencia en el dominio, como los factores contextuales que motivan a las mujeres brasileñas a buscar posiciones de liderazgo en informática, y las políticas que promueven tales oportunidades. La ontología propuesta puede beneficiar

a varios usuarios, entre ellos profesionales femininas de la informática, líderes, investigadores y responsables políticos.

PALABRAS CLAVE: mujeres en la informática / ontología / datos de género

RUMO A UMA ONTOLOGIA PARA ESTRUTURAR DADOS SOBRE A LIDERANÇA FEMININA NA COMPUTAÇÃO NO BRASIL

RESUMO. Este artigo propõe uma ontologia para estruturar dados sobre a liderança feminina na computação no Brasil, com o objetivo de construir uma plataforma aberta e colaborativa onde os dados possam ser coletados, organizados e classificados para construir uma folksonomia do domínio. A ontologia pretende abordar questões de competência no domínio, como os fatores contextuais que motivam as mulheres brasileiras a buscar posições de liderança em computação, e as políticas que promovem tais oportunidades. A ontologia proposta pode beneficiar vários usuários, incluindo profissionais femininas da computação, líderes, pesquisadores e responsáveis políticos.

PALAVRAS-CHAVE: mulheres na computação / ontologia / dados de gênero

1. INTRODUCTION

The low representation of women leaders in the fields of computing or information technology (IT) is a persistent problem in Brazil and the world. Many are the consequences of this inequality, from the perpetuation of gender stereotypes and the lack of role models to the loss of potential innovation driven by women leaders through their diverse perspectives and unique experiences (Rogers, 2015). Thus, it is crucial that industry and academia work together to change this reality and promote gender equity at all levels of corporate and academic hierarchies.

With the aim of improving this scenario, it is necessary to expand the availability of gender data in the IT workforce domain, since this kind of data is barely existent in Brazil¹. The lack of gender data can undermine the creation and even the effectiveness of policies and programs designed to address gender equity in IT leadership.

Considering that ontology is a formal and explicit representation of a set of concepts and their relationships, which can be employed to share knowledge and integrate data from various sources (Noy and McGuinness, 2001), the development of an ontology of female leadership in computing in Brazil could substantially contribute to generating gender-related data within this domain. This endeavor could assist people in identifying and categorizing the experiences, contextual factors and opportunities related to women professionals in the field. Furthermore, the creation of an ontology has the potential to stimulate the debate concerning the leadership of women in IT, thereby contributing to the empowerment and expansion of the entire IT female community.

Thus, this paper aims to present an ontology for structuring data on women's leadership in the field of Computing in Brazil. This ontology could subsequently serve as the foundation for the development of an open and collaborative platform where data about the IT female workforce could be collectively collected, organized and classified to construct a domain-specific folksonomy.

A folksonomy is a decentralized classification system that is primarily shaped by a community of users who assign descriptive tags to online content (Guy and Tonkin, 2006). It represents a valuable addition to conventional knowledge organization methods, fostering active user engagement, encouraging the use of informal language and ensuring up-to-date relevance (Weller et al., 2010). Consequently, the proposed folksonomy will enable a large number of individuals to collaborate in organizing and classifying the information, as opposed to relying on a single individual or group for such tasks. This collaborative approach ensures that data is structured from the perspective of the users, considering their specific needs and interests regarding the domain (Allam et al., 2020).

1 At the time of this research, the Gender Data Portal (<https://genderdata.worldbank.org/data-availability/>) gave a data availability of 60.77% for gender-related data in Brazil, with very limited set of indicators. There are no leadership indicators. In the computing field, only indicators related to female enrollment in undergraduate STEM courses are available.

Moving on, Section 2 introduces the methodology employed in creating the ontology, Section 3 presents the ontology of female leadership in computing in Brazil, Section 4 discusses the next steps for the research and Section 5 provides some closing remarks.

2. METHODOLOGY

In order to create our ontology, we adopted the methodology of Noy and McGuinness (2001), a reference widely employed for this purpose in the field, which outlines seven steps for the creation of an ontology. These steps include: “*Step 1) Determine the domain and scope of the ontology; Step 2) Consider reusing existing ontologies; Step 3) Enumerate important terms in the ontology; Step 4) Define the classes and the class hierarchy; Step 5) Define the properties of classes—slots; Step 6) Define the facets of the slots; and Step 7) Create instances*”.

For steps 3 to 7, we used theoretical references such as (Kohl and Prikladnicki, 2021; Batista and Mattos, 2019; Hamilton et al., 2016), technical reports on leadership such as (Grant Thornton, 2022; PretaLab, 2022; Michael Page, 2021; PretaLab, 2019) and domain-related news data² as a basis for defining ontology classes and properties. More details are shown in the following section.

3. ONTOLOGY RESULTS

In accordance to step 1 of the Noy and McGuinness (2001) methodology, the ontology presented in this paper intends to cover the domain of female leadership in computing in Brazil. Our main goal is to use this ontology as the basis to start an open and collaborative platform where data from this domain can be collected, organized and classified collectively for the creation of a domain folksonomy.

The ontology is expected to be able to answer competency questions about the domain, such as:

- What contextual factors motivate Brazilian women to take up leadership positions in the field of computing/IT?
- What policies promote opportunities related to leadership roles in the computing/IT field in Brazil?
- What contextual factors motivate Brazilian women to accept leadership opportunities within the computing/IT field?
- What organizations have policies that promote leadership opportunities in the computing/IT field?

2 E.g. www.generonumero.media/reportagens/mulheres-reprogramam-o-genero-dos-cursos-superiores-de-tecnologia-no-brasil

Therefore, the ontology could be employed by a diverse audience with different goals. For instance:

1. Women working in computing/IT, whether leaders or not, could provide data for the creation of real instances of the ontology classes;
2. Leaders and managers from different sectors could employ it in decision making and policy creation;
3. Researchers could use it as a source of new research hypotheses or even propose the maintenance and extension of the ontology.

The initial version of the ontology is illustrated in Figure 1. It has 19 domain classes and subclasses, 36 object properties (relationships) and 2 data properties. We propose that some classes, such as "Organization" and "Contextual Factor," could be linked to existing ontologies (step 2 of the Noy and McGuinness (2001) methodology), such as Reynolds (2014) and Ribeiro and Maciel (2020), accordingly.

Figure 1

The Women's Leadership in Brazilian Computing Ontology

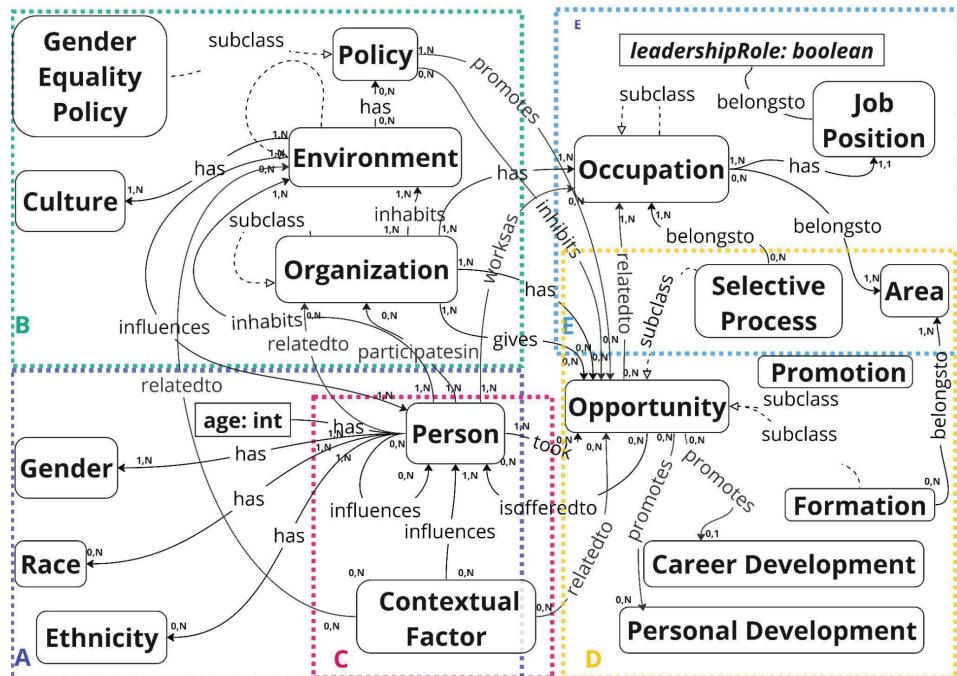


Figure 1 divides the ontology into five topics (items A to E) as an illustrative resource representing the main concepts of the ontology. These concepts are the following:

- A) Classes and properties representing women and their social characteristics, which may influence the formation of subprofiles within women's groups, e.g., black women;
- B) Classes and properties representing environments and organizations that women are or have been a part of along with their cultures, policies and internal structures, which could either promote or inhibit opportunities for women;
- C) Classes and properties representing contextual factors that influence women across the various contexts they are situated in, e.g., educational factors;
- D) Classes and properties representing different opportunities available to women, which they could accept (or not). These are opportunities that foster career development and personal growth for women;
- E) Classes and properties representing women's professional lives, such as job roles, job positions, and leadership roles within organizations.

4. NEXT STEPS

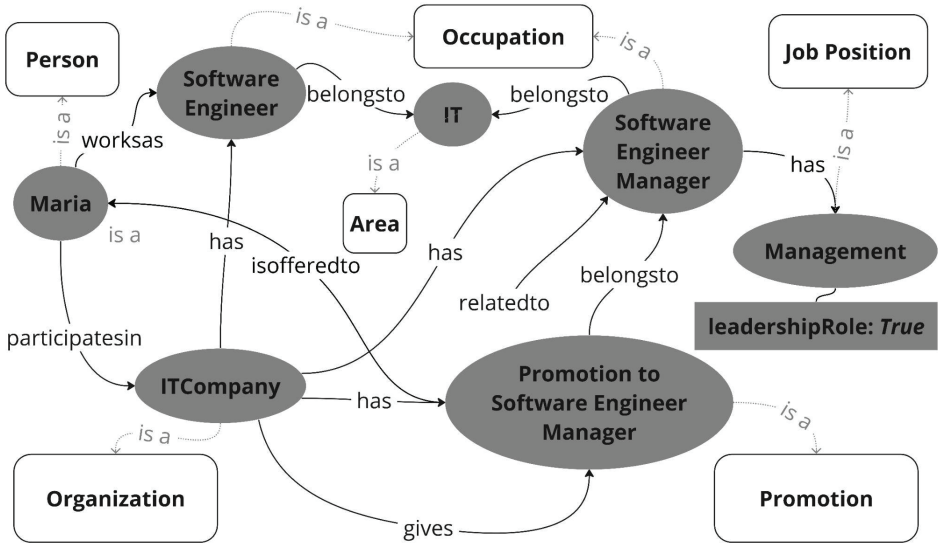
The ontology proposed in this paper is the preliminary result of a two-year project. This ontology will serve as the basis for building a folksonomy for the collection, organization, and classification of data related to female leadership in computing/IT in Brazil. This folksonomy will be made available on an open data platform linked to the Equality in Leadership for Latin American STEM (ELLAS) network³ (Maciel et al., 2023).

By using the platform, individuals who identify as female, including students and professionals in computing/IT fields, could input their individual data to generate real world instances. Aggregated data could then be accessed by the platform's target audience, which includes researchers, managers, policymakers, as well as the general community.

3 <https://ellas.ufmt.br/>

Figure 2

Knowledge graph representing instances of Ontology



The ontology evaluation will be conducted by the collaborative construction of the folksonomy within the platform. When individuals input their individual data, they will be able to visualize their information represented by an instance graph as per the ontology. This will allow them to validate, modify or suggest changes to their data graph, as shown in Figure 2.

Figure 2 illustrates the knowledge graph of instances created from the following mini-scenario: *Maria* works in the field of Information Technology (*IT*) as a Software Engineer (*Occupation*) at *ITCompany* (*Organization*), where she has been offered to be promoted to Software Engineer Manager (*Promotion Opportunity*), a management-level role (*Job Position*) with a leadership function in the Software Engineering department (*Organization*). Having more instances like the one in Figure 2 would make it possible to determine, for example, whether the *ITCompany* organization has policies to promote leadership opportunities in computing/IT for women.

5. CONCLUSIONS

This paper presents the preliminary version of an ontology designed for structuring data about female leadership in computing/IT in Brazil. This version encompasses 19 classes and subclasses within the domain, along with 38 properties that were identified by conducting a survey of academic literature, technical reports and news articles about the domain. Prior to its 2022 edition, which specifically addresses ontologies within the domain of women in

computing, there were no publications found on the subject in the Women in Information Technology (WIT) archive⁴, the largest Brazilian academic conference on the topic.

The proposed ontology is expected to contribute to the organization, dissemination and advancement of knowledge in the domain of female leadership in Brazilian computing. This contribution will enable a deeper understanding and exploration of the relationship between domain concepts, it will facilitate sharing information by way of a common vocabulary in order to generate gender-related data within the domain and it will facilitate the development of novel tools, research endeavors and policies aimed at fostering women inclusion and achieving gender equity in the field of computing.

ACKNOWLEDGMENTS

This research was funded by CNPq and IRDC.

REFERENCES

- Allam, H., Bliemel, M., Al Amir, O., Toze, S., Shah, K., & Shoib, E. (2020). Collaborative ontologies in social tagging tools: A literature review of natural folksonomy. In *2020 Seventh International Conference on Information Technology Trends (ITT), Abu Dhabi, United Arab Emirates* (pp. 126-130). <https://doi.org/10.1109/ITT51279.2020.9320894>
- Batista, L., & Mattos, L. (2019). *Sem atalhos: Transformando o discurso em ações efetivas para promover a liderança feminina*. Bain & Company and LinkedIn. https://www.bain.com/contentassets/e4fcb1f4478f49658dacdbcf326b07e/bain_linkedin_liderancafeminina_sematalhos.pdf
- Grant Thornton. (2022). *Women In Business 2022: Abrindo portas para a diversidade de talentos*. Grant Thornton International Ltd. <https://www.grantthornton.com.br/insights/artigos-e-publicacoes/women-in-business-2022>
- Guy, M., & Tonkin, E. (2006). Folksonomies: Tidying up tags? *D-Lib Magazine: The Magazine of the Digital Library Forum*, 12(1). <https://doi.org/10.1045/january2006-guy>
- Hamilton, M., Luxton-Reilly, A., Augar, N., Chiprianov, V., Gutierrez, E. C., Duarte, E. V., Hu, H. H., Ittyipe, S., Pearce, J. L., Oudshoorn, M., & Wong, E. (2016). Gender equity in computing: International faculty perceptions and current practices. In *Proceedings of the 2016 ITiCSE Working Group Reports, ITiCSE 2016* (pp. 81-102). <https://doi.org/10.1145/3024906.3024911>
- Kohl, K., & Prikładnicki, R. (2021). *Challenges women in software engineering leadership roles face: A qualitative study*. Proceedings of the 23rd International Conference on Enterprise Information Systems.

4 <https://sol.sbc.org.br/index.php/wit>

- Maciel, C., Guzman, I., Berardi, R., Caballero, B. B., Rodriguez, N., Frigo, L., Salgado, L., Jimenez, E., Bim, S. A. & Tapia, P. C. (2023). *Open Data Platform to Promote Gender Equality Policies in STEM*. In Proceedings of the Western Decision Sciences Institute (WDSI). April 2023. Portland Oregon, EUA.
- Michael Page. (2021). *Women in Tech, ¿qué están haciendo las organizaciones para romper barreras?* <https://www.michaelpage.pe/>
- Noy, N. F., & McGuinness, D. L. (2001). *Ontology development 101: A guide to creating your first ontology*. Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880, March 2001. https://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.pdf
- PretaLab. (2019). *Quem Coda O futuro da tecnologia do Brasil em mãos de mulheres negras*. <https://www.pretalab.com/>
- PretaLab. (2022). *Report 2022*. <https://www.pretalab.com/>
- Reynolds, D. (2014). The Organization Ontology. World Wide Web Consortium. <https://www.w3.org/>
- Ribeiro, K. D. S. F. M., & Maciel, C. (2020). *Um Estudo sobre o Desenvolvimento da Carreira das Estudantes do Ensino Médio Integrado em Informática*. Anais dos Workshops do IX Congresso Brasileiro de Informática na Educação (WCBIE 2020).
- Rogers, V. L. N. (2015). *Women in IT: The endangered gender*. Proceedings of the 2015 ACM SIGUCCS Annual Conference.
- Weller, K., Peters, I., & Stock, W. G. (2010). Folksonomy: The collaborative knowledge organization system. En *Handbook of Research on Social Interaction Technologies and Collaboration Software: Concepts and Trends* (pp. 132-146). IGI Global.

THE FIRST STEP OF THE PROJECT FOR THE INTERACTION OF AN OPEN DATA PLATFORM WITH AN INTERSECTIONAL FEMINIST LENS

PATRÍCIA RAPOSO SANTANA LIMA

lima.patriciars@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0007-1113-0205>

Universidade Federal Fluminense

LUCIANA CARDOSO DE CASTRO SALGADO

luciana@ic.uff.br

<https://orcid.org/0000-0003-1207-6021>

Universidade Federal Fluminense

SÍLVIA AMÉLIA BIM

sabim@utfpr.edu.br

<https://orcid.org/0000-0001-8089-8284>

Universidade Tecnológica Federal do Parana

Recibido: 21 de agosto del 2023 / Aceptado: 4 de octubre del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/interfases2023.n018.6605>

ABSTRACT. The Feminist HCI is characterized as the integration of feminist theory into HCI practice, which can occur at all stages of the design process, including user research, prototyping and evaluation. However, there is still a research gap on the integration of feminism with established HCI methods. An HCI methodology that is also concerned with human values and the possible consequences of technological artifacts is Value Sensitive Design (DSV). The present work seeks to answer how to include Feminism HCI in the HCI Project with the VSD. This research took place in the context of ELLAS Project, an Open Data platform that aims to contribute to the reduction of the gender difference in STEM in Brazil, Peru and Bolivia.

KEYWORDS: human-computer interaction / feminism / value sensitive design / ELLAS / STEM

PRIMER PASO EN EL PROYECTO PARA LA INTERACCIÓN DE UNA PLATAFORMA DE DATOS ABIERTOS CON LALENTE FEMINISTA INTERSECCIONAL

RESUMEN. La HCI feminista se caracteriza por la integración de la teoría feminista en la práctica de la HCI, lo que puede ocurrir en todas las etapas del proceso de diseño, incluyendo la investigación del usuario, la creación de prototipos y la evaluación. Sin embargo, todavía existe un vacío en la investigación sobre la integración del feminismo con los métodos establecidos de la HCI. Una metodología de la HCI que también se ocupa de los valores humanos y de las posibles consecuencias de los artefactos tecnológicos es el Diseño Sensible a los Valores (DSV). El presente trabajo pretende dar respuesta a cómo incluir el Feminismo HCI en el Proyecto HCI con el DSV. Esta investigación tuvo lugar en el contexto del Proyecto ELLAS, una plataforma de Datos Abiertos que tiene como objetivo contribuir a la reducción de la diferencia de género en STEM en Brasil, Perú y Bolivia.

PALABRAS CLAVE: interacción humano-computadora / feminismo / diseño sensible a los valores / ELLAS / STEM

O PRIMEIRO PASSO DO PROJETO PARA A INTERAÇÃO DE UMA PLATAFORMA DE DADOS ABERTOS COM UMA PERSPECTIVA FEMINISTA INTERSECCIONAL

RESUMO. A HCI feminista caracteriza-se pela integração da teoria feminista na prática da HCI, o que pode ocorrer em todas as etapas do processo de design, incluindo a pesquisa do usuário, a criação de protótipos e a avaliação. No entanto, ainda existe uma lacuna na pesquisa sobre a integração do feminismo com os métodos estabelecidos da HCI. Uma metodologia da HCI que também aborda os valores humanos e as possíveis consequências dos artefatos tecnológicos é o Design Sensível a Valores (DSV). O presente trabalho visa responder a como incluir o Feminismo HCI no Projeto HCI com o DSV. Esta pesquisa ocorreu no contexto do Projeto ELLAS, uma plataforma de Dados Abertos que tem como objetivo contribuir para a redução da diferença de gênero em STEM no Brasil, Peru e Bolívia.

PALAVRAS-CHAVE: interação pessoa-computador/ feminismo / design sensível a valores / ELLAS / STEM

1. INTRODUCTION

Human-Computer Interaction (HCI) represents a multidisciplinary field that has been rapidly growing and explores how we can design digital technologies to better meet the needs of users. In response to these needs, the HCI field has turned to a wide range of cultural theories. A recent example of this trend is the notion of “Feminist HCI,” which is characterized by the integration of feminist theory with HCI practice (Bardzell and Bardzell, 2011).

Due to the ubiquitous nature of communication technologies, how we design, understand, and evaluate design practices is one of the most important frontiers in contemporary feminist discourse (Bellini et al., 2022). It is believed that the term “Feminist HCI” began with Shaowen Bardzell’s 2010 article titled “Feminist HCI: Taking Stock and Outlining an Agenda for Design,” which outlined the design and evaluation of interactive computational systems from a feminist perspective, drawing on central commitments of feminism such as agency, empowerment, identity, equity, social justice, and more. However, even though researchers have argued for over a decade that feminist-related concepts are a powerful lens for HCI research and practice, research in this line is still marginalized (Bellini et al., 2022). As a result, the study of the direct impact of gender effects on software under construction is much more recent and has only recently been recognized as important (Ashcroft, 2022).

Furthermore, although Bardzell took a significant step in defining the 6 qualities of Feminist HCI in her study, this framework does not provide guidance on how to evaluate and prototype using these qualities and has been rarely used in practice, showing potential for improving conceptual accuracy in future research and design outcomes (Chivukula and Gray, 2020). Works that have attempted to apply the framework have used different HCI methods for this purpose, such as interviews at the evaluation stage and participatory design in prototyping, and as a result, they often address only a subset of the feminist qualities (Costanzi et al., 2022; D’Ignazio et al., 2016; Fiesler et al., 2016). Therefore, there is a scarcity of research on this topic and a gap in research on its application of feminist qualities using a consolidated methodology.

A Human-Computer Interaction (HCI) methodology centered on human values and the potential consequences of technological artifacts is Value-Sensitive Design (VSD). VSD emerged in the 1990s when it was identified that, in developing new technologies, the predominant focus of developers was the functionality of the application, primarily concerned with usability, reliability, etc. (Oliveira and Ishitani, 2022). This critique is also raised by Feminist HCI, which considers the focus on objectifying usability, as it is more concentrated on time and errors in task performance than on agency, personal goals, and the individual’s life vision (Bardzell, 2010).

A The main purpose of VSD is to influence technology design so that it explicitly addresses certain human values that are taken into consideration and integrated

throughout the design process. This concern for stakeholders, their real needs, and how they will be affected by the artifact is a point of convergence between VSD and Feminist HCI. Both Feminist HCI and VSD are concerned with how computational technology affects people and society. Furthermore, some values directly support certain feminist qualities, such as the Sustainability value supporting Ecology (Bardzell, 2010). Additionally, the tripartite and iterative nature of VSD, along with the diversity of methods available for the three investigations, can enable the implementation of the six feminist qualities in a single project. This makes VSD a potential candidate as a consolidated methodology for the application of the feminist approach in HCI in its entirety.

The aim of this study is to investigate how the concepts and principles of Feminist HCI and the VSD approach can be integrated. Therefore, we pose the following research question: How to apply Feminist HCI using VSD?

In order to take the first step in answering this question, this study proposes a process that combines VSD with Bardzell's 6 feminist qualities in the value selection stage. An Open Data¹ platform will be used as an example, aiming to contribute to the generation of comparable data between Latin American countries (Brazil, Peru, and Bolivia) on gender differences in STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) fields, integrating primary and secondary data on women's careers in these areas and in leadership positions.

2. THE PROPOSED PROCESS

DSV is "a theoretically grounded approach to technology design that comprehensively and principled considers human values throughout the design process" (Friedman et al., 2013). It involves the creation of an artifact or design through iterations that integrate conceptual, empirical, and technical investigations, making it a tripartite methodology (Friedman et al., 2013).

The first investigation is the conceptual one, which involves an analysis informed by the philosophy and sociology of value constructions relevant to the design in question. The second investigation is empirical, focusing on quantitative and qualitative measurements to evaluate the design from both technical and human values perspectives. The third and final investigation is technical, aiming to understand how an existing technological artifact positively or negatively affects a human value and how the values identified in the conceptual investigation can be better supported by different design possibilities for the artifact in question (Friedman et al., 2013). In this article, we will focus on the conceptual investigation and how to incorporate Feminist HCI into it.

1 Em português: Dados Abertos

The article “Value pie: a culturally informed conceptual scheme for understanding values in design” (Pereira and Baranauskas, 2014) outlines a series of steps for incorporating the lens of values into a conceptual investigation for technology development. The first step involves choosing a value to be discussed that is significant for the design context. How could we choose such a value while incorporating Feminist HCI?

As mentioned earlier, some values are related to some of the 6 feminist qualities. Through this relationship, the qualities could be incorporated into the DSV. This work would not be the first to relate DSV values to other concepts (Pereira et al., 2013). The Value Pie² (VP) itself organizes values according to their formality and cultural areas, based on Organization Semiotics and Culture Building Blocks (Pereira et al., 2013).

We propose a very simple process to take advantage of this relationship in the value selection step:

1. Define one of Bardzell’s 6 feminist qualities as central to the technology to be developed;
2. Conceptually relate the values to Bardzell’s 6 qualities, considering the design context (Bardzell, 2010);
3. Define a value related to the quality chosen in step 1 to guide the design process;

3. PRACTICAL EXAMPLE

To illustrate how the proposed process could be applied, we will use the ELLAS Platform as a study object, a platform still in development. However, for comparison purposes, first, we will choose a value related to the platform’s objectives following the normal application of DSV.

The open data platform to be created by the ELLAS³ (Maciel et al., 2023) project aims to: (1) “promote the use of open data on women in STEM leadership to raise public awareness of gender issues in the field,” and (2) “provide recommendations for policymakers in Latin America to increase the number of women in STEM careers.” The project aims to concentrate and structure data on women’s careers in STEM through the ELLAS Platform to enhance the efficiency of developing new policies and initiatives on the subject (Berardi et al., 2023).

When we visit the VP, despite several values being related to the platform, there is a strong connection with the value of Sharing. After all, it is a platform that aims to share data and recommendations. While choosing a value is only the first step in using the VP, in this article, we are focusing on how to include Feminist HCI in this stage, so we will stop here and move on to the example.

2 Em português: Torta de Valores

3 <https://ellas.ufmt.br/>

The first step of our proposed process is to choose one of the 6 feminist qualities of HCI that is relevant to the ELLAS Platform. The qualities are:

1. Pluralism, which means understanding that people are diverse and plural, therefore requiring a design that takes this diversity into account;
2. Participation, which involves the inclusion of people (plural) in the prototyping and evaluation process of HCI;
3. Advocacy, which relates to an HCI stance that seeks to build a better society for all people;
4. Ecology, i.e., concern for the effects and impacts that technology can have on the individual and collective context;
5. Embodiment, which here means understanding people as a whole, including aspects of the physical body, emotions, ethnicity, sexuality, etc.; and
6. Self-definition, i.e., giving the user the opportunity to define themselves to the software, rather than the software shaping them.

While all 6 feminist qualities of HCI need to be included at some point in the design process, in step 1, we chose Advocacy as the starting point for our conceptual investigation because the objectives of the ELLAS Platform aim to build an egalitarian society, and consequently, a better one for all.

There are various ways to choose a value, such as selecting it from the previously mentioned Value Pie (VP), a culturally informed conceptual scheme proposed to organize 28 identified values in the context of social software (Pereira et al., 2013). Another way to choose a value is to recognize it in the list of 13 human values with ethical importance frequently involved in system design projects, as created by Friedman to suggest values that could be considered during the investigation (Friedman et al., 2013).

Table 1

Relationship between Bardzell's qualities and Friedman's values

Bardzell (2010)	Friedman et al. (2013)
Pluralism	Universal usability
Participation	-
Ecology	Sustainability; Privacy; Informed Consent; Accountability; Trust
Embodiment	Identity; Calmness; Well-being; Courtesy; Ownership; Unbiased
Self-definition	Autonomy
Advocacy	-

Table 2*Relationship between Bardzell's qualities and VP values*

Bardzell (2010)	Pereira et al. (2013)
Pluralismo	Accessibility; Adaptability; Usability; Portability; Aesthetics
Participation	Cooperation; Conversation; Sharing; Awareness/ Perception
Ecology	Security; Privacy; Consent; Norms; Trust
Embodiment	Identity; Emotion/Affection; Relationships; Pres- ence; Groups; Objects; Ownership; Reputation; Visibility
Self-definition	Autonomy
Advocacy	-

For a broader range of values, we chose to use these two sources as references. The second step in our proposed process is to relate these values to feminist qualities while considering the design context. Tables 1 and 2 illustrate this.

This connection between values and feminist qualities cannot be considered unique or definitive. The same value can support different qualities in different design contexts or even in the same context, depending on who is making that connection. For example, the quality Pluralism was supported by the value Accessibility because the ELLAS Platform should be accessible to all individuals, no matter how diverse and plural they may be. However, in the context of a screen reader for visually impaired individuals, Accessibility would support Advocacy, as it is a system that, through the promotion of Accessibility, seeks to empower people with disabilities.

In other cases, the same value can be linked to more than one quality, such as Adaptability, which we consider as supporting Pluralism, based on the principle that the designed system should adapt to the diverse people who will use it. An example of this adaptability on the platform would be changing the language based on the user's country of origin. However, the value of adaptability can also support Autonomy. An example of adaptability as Autonomy would be displaying the most visited data types on the platform's home screen. Since this feature has not been included in the platform project so far, we related adaptability to Pluralism. Therefore, it's essential to view Tables 1 and 2 simply as an example of how values and feminist qualities can be related to help participants in future studies make their own connections.

As you can see in Tables 1 and 2, the quality of Advocacy did not encompass any of the values mentioned in the two works used as references. Therefore, for step 3, we chose a value that was not present in either of the two instruments. This is possible because they do not constitute a definitive list of values (Pereira et al. 2013). Among all the values implied in the ELLAS Platform, we chose Activism. The concept of Activism

does not have a single, consensus definition, and its meaning for this research will be “the activity of working to achieve political or social changes, especially as a member of an organization with specific objectives” (Oxford Advanced Learner’s Dictionary, 2023). In other words, the ELLAS project (an organization with specific objectives) will concentrate and structure data on women’s careers in STEM in an Open Data Platform (an activity of working) to increase the efficiency of developing new policies and initiatives on the subject, especially increasing the number of women leaders in universities, industries, and public institutions (to achieve political or social changes).

Therefore, the choice of the value Activism, along with the quality Advocacy, as a guide for conceptual research becomes interesting because it is a value closely related to the project’s objectives. The next steps involve continuing with the conceptual research, following the remaining steps for using the VP.

4. CONCLUSIONS

The present study took the first step towards the development of the ELLAS platform, integrating Bardzell’s feminist qualities with DSV. A process was proposed to assist in choosing a value influenced by Feminist HCI. The ELLAS platform was used as an example, and the results show that the chosen value changed when the process was applied. However, this work provided only a demonstration, and this process should be applied more times and in different contexts to be refined.

In addition to the potential influence that the proposed process demonstrates in defining a value, it is believed that it can bring other benefits. When the VP was created, the authors sought to balance the granularity of values so that they were diverse and understandable without becoming too complex or detailed (Pereira et al., 2013). We understand that feminist qualities are complex to work with because they encompass many concepts within them, and perhaps that’s why it’s common to work with only part of them. Therefore, breaking them down into concepts of lower granularity, the values, may facilitate the feminist prototyping and evaluation process.

The next step after choosing this value is to use it to conduct a conceptual investigation, following the remaining steps for using the VP. This investigation will form the basis for the empirical and technical investigations of the DSV, with a focus on including the other 5 feminist qualities in these further investigations. In future work, we will refine the distribution of values across Bardzell’s 6 feminist qualities by inviting stakeholders from the ELLAS Platform to make their own connections and bring in new values that are important for the platform’s development.

5. ACKNOWLEDGMENTS

This work was carried out with the support of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) - Brazil (Funding Code 001).

REFERENCES

- Ashcroft, A. (2022). *I think "hedging" could be a feminist issue in software engineering*. In Proceedings of 20th European Conference on Computer-Supported Cooperative Work. European Society for Socially Embedded Technologies (EUSSET).
- Bardzell, S. (2010). *Feminist HCI: Taking stock and outlining an agenda for design*. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems.
- Bardzell, S., & Bardzell, J. (2011). *Towards a feminist HCI methodology: Social science, feminism, and HCI*. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems.
- Bellini, R., Meissner, J., Finnigan, S. M., & Strohmayer, A. (2022). Feminist human-computer interaction: Struggles for past, contemporary and futuristic feminist theories in digital innovation. *Feminist Theory*, 23(2), 143-149. <https://doi.org/10.1177/14647001221082291>
- Berardi, R. C. G., Auceli, P. H. S., Maciel, C., Davila, G., Guzman, I. R., & Mendes, L. (2023). *ELLAS: Uma plataforma de dados abertos com foco em lideranças femininas em STEM no contexto da América Latina*. Anais do XVII Women in Information Technology (WIT 2023).
- Chivukula, S. S., & Gray, C. M. (2020). *Bardzell's "Feminist HCI" Legacy: Analyzing Citational Patterns*. Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems.
- Costanzi, N. R., Koga, A., & Brandão, A. (2022). *Prototipação com Design Participativo de um Jogo Digital sobre Igualdade de Gênero*. Anais Estendidos do XXI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames Estendido 2022).
- D'Ignazio, C., Hope, A., Michelson, B., Churchill, R., & Zuckerman, E. (2016). *A Feminist HCI Approach to Designing Postpartum Technologies: When I first saw a breast pump I was wondering if it was a joke*. Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems.
- Fiesler, C., Morrison, S., & Bruckman, A. S. (2016). *An archive of their own: A case study of feminist HCI and values in design*. Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems.
- Friedman, B., Kahn, P. H., Jr, Borning, A., & Hultgren, A. (2013). Value Sensitive Design and Information Systems. En *Early engagement and new technologies: Opening up the laboratory* (pp. 55-95). Springer.

- Maciel, C., Guzman, I., Berardi, R., Branisa, B., Rodriguez, N., Frigo, L., Salgado, L., Jimenez, E., Bim, S., & Cabero, P. (2023). *Open data platform to promote gender equality policies in STEM. Portland, Oregon, USA.*
- Oliveira, J. P. D. de, & Ishitani, L. (2022). Design Sensível a Valores na Computação: um Mapeamento Sistemático de Literatura. *Abakós*, 10(2), 26-56. <https://doi.org/10.5752/p.2316-9451.2022v10n2p26-56>
- Oxford Advanced Learner's Dictionary. (2023). *Activism*. <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/activism>
- Pereira, R., Baranauskas, M. C. C., & da Silva, S. R. P. (2013). Social software and educational technology: Informal, formal and technical values. *Journal of Educational Technology & Society*, 16(1), 4-14.
- Pereira, R., & Baranauskas, M. C. C. (2014). Value pie: A culturally informed conceptual scheme for understanding values in design. En *Lecture Notes in Computer Science* (pp. 122-133). Springer International Publishing.

COMPARATIVE STUDY OF TOOLS FOR MODELING, STORAGE, AND INTEGRATION OF DATA ON THE SEMANTIC WEB FOR THE ELLAS NETWORK PLATFORM

GISANE A. MICHELON

gisane@unicentro.br

<https://orcid.org/0000-0001-6044-3573>

Universidade Estadual do Centro-Oeste do Parana, Brazil

RITA C. G. BERARDI

ritaberardi@utfpr.edu.br

<https://orcid.org/0000-0002-0281-8952>

Universidade Tecnológica Federal do Parana, Brazil

Recibido: 21 de agosto del 2023 / Aceptado: 4 de octubre del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/interfases2023.n018.6613>

ABSTRACT. The layered architecture of the World Wide Web (W3C) defines standards, technologies, languages, and methods needed to build applications that involve the semantic web. From this W3C semantic web architecture was developed the data modeling of the ELLAS (Equality in Leadership for Latin American STEM) network platform. The ELLAS aims to map the policies and context aspects that influence women in STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) in the countries of Bolivia, Brazil and Peru, which are at different levels of development. The main objective of this work is a comparison of the main storage and semantic integration tools to develop a data model (modeling, storage and integration of data) related to the mapping of policies, initiatives and factors that influence the career development of women in STEM.

KEYWORDS: data integration / semantic web / ELLAS network

ESTUDIO COMPARATIVO DE HERRAMIENTAS DE MODELIZACIÓN, ALMACENAMIENTO E INTEGRACIÓN DE DATOS EN LA WEB SEMÁNTICA PARA LA PLATAFORMA DE RED ELLAS

RESUMEN. La arquitectura en capas de la World Wide Web (W3C) define estándares, tecnologías, lenguajes y métodos necesarios para construir aplicaciones que involucren la web semántica. A partir de esta arquitectura de web semántica del W3C se desarrolló el modelado de datos de la plataforma de la red ELLAS (Equality in

Leadership for Latin American STEM - Igualdad para el Liderazgo en STEM en América Latina). ELLAS pretende mapear las políticas y aspectos de contexto que influyen en las mujeres en STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) en los países de Bolivia, Brasil y Perú, que se encuentran en diferentes niveles de desarrollo. El objetivo principal de este trabajo es una comparación de las principales herramientas de almacenamiento e integración semántica para desarrollar un modelo de datos (modelado, almacenamiento e integración de datos) relacionado con el mapeo de políticas, iniciativas y factores que influyen en el desarrollo profesional de las mujeres en STEM.

PALABRAS CLAVE: integración de datos / web semántica / red ELLAS

ESTUDO COMPARATIVO DE FERRAMENTAS PARA MODELAGEM, ARMAZENAMENTO E INTEGRAÇÃO DE DADOS NA WEB SEMÂNTICA PARA A PLATAFORMA DA REDE ELLAS

RESUMO. A arquitetura em camadas da World Wide Web (W3C) define padrões, tecnologias, linguagens e métodos necessários para construir aplicações que envolvem a web semântica. A partir dessa arquitetura de web semântica da W3C, foi desenvolvida a modelagem de dados da plataforma da rede ELLAS (Equality in Leadership for Latin American STEM - Igualdade no Liderança para Mulheres em STEM na América Latina). O objetivo da ELLAS é mapear as políticas e os aspectos contextuais que influenciam as mulheres em STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) nos países da Bolívia, Brasil e Peru, que estão em diferentes níveis de desenvolvimento. O principal objetivo deste trabalho é realizar uma comparação das principais ferramentas de armazenamento e integração semântica para desenvolver um modelo de dados (modelagem, armazenamento e integração de dados) relacionado ao mapeamento de políticas, iniciativas e fatores que influenciam o desenvolvimento profissional das mulheres em STEM.

PALAVRAS-CHAVE: integração de dados / web semântica / rede ELLAS

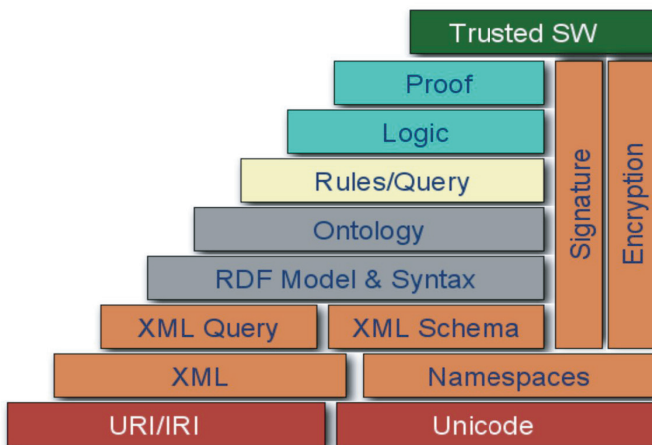
1. INTRODUCTION

The open and connected data platform of the ELLAS¹ research network aims to map existing policies and initiatives in the context of female presence in STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) courses and factors influencing women in STEM in Bolivia, Brazil, and Peru, countries at different levels of development (IDRC, 2023). Various factors can influence women in their choice of field of study, one of which could be the experience in school and the stereotyped discourses of their teachers (Berardi et al., 2022). An open data platform, initially available in three languages (Spanish, Portuguese, and English), will be built to map these informations and enhance collaboration between the education sector, government, and industry in efforts to reduce the STEM gender gap in Latin America, increasing the number of female leaders in universities, industries, and public institutions. The platform will use semantic web technologies to structure data in an integrated manner through ontologies.

The World Wide Web Consortium (W3C) proposed a layered architecture for building applications that involve the semantic web. This architecture defines the standards, technologies, languages, and methods necessary to make web resources available including for machines (Cantele, 2009; Cantele, 2017). Figure 1 presents this architecture, proposed by the composition of layers, here highlighted between i) ontology and inference layer and ii) data layer.

Figure 1

Architecture of the Semantic Web



Note. Adapted from W3C (2004)

1 <https://ellas.ufmt.br/>

The data layer defines both structured and unstructured data in various formats (Comma Separated Value - CSV, Structured Query Language - SQL, etc.) that need to be mapped to the RDF (Resource Description Framework) language, which structures data into triples. For this purpose, tools such as OpenRefine², OntoRefine³ e karma⁴.

The ontology and inference layer involves the definition of ontology, queries in the SPARQL language, inference, and security. Tools identified in the literature as potential options for use in this layer include:

- For Ontology Definition: OntoWiki⁵, SMW⁶, Neon⁷, Protégé⁸, Webprotégé⁸ e Swoogle⁹.
- For the storage of triples: Virtuoso (DB-Engines, 2022), GraphDB (Ontotext GraphDB, 2022), AlegraGraph¹⁰, Apache Jena Fuseki¹⁰ e Neo4J¹⁰.
- Semantic Integration (para consultas federadas): Semagrow (Semagrow, 2023), DARQ (DARQ, 2023), SPLENDID (Görlitz and Staab, 2011) e FedX (Ontotext GraphDB, 2022).

As there are numerous tools that can be used in each layer and there is no consensus on which tools are most suitable according to the application domain, a study and comparison of the main tools of the data storage and semantic integration layers were necessary to determine which would be used in the data modeling stage of the ELLAS research network platform¹¹.

In this context, the goal of this work is to conduct a comparative analysis of tools to enable the definition of a framework of tools that meet the needs and specificities of the platform to be built. These needs range from ontology modeling, data integration, to web publication. For this purpose, a comparison of the tools was carried out through articles that theoretically address the characteristics of the tools, as well as articles that have used these tools in their applications.

The rest of this text is organized as follows: Section 2 discusses the development of the work, Section 3 addresses the results achieved and discussions, and Section 4 describes the conclusions.

2 <https://openrefine.org/>

3 <https://www.ontotext.com/products/ontotext-refine/>

4 <https://usc-isi-i2.github.io/karma/>

5 <http://docs.ontowiki.net/>

6 https://www.semantic-mediawiki.org/wiki/Semantic_MediaWiki_Plus

7 <http://neon-toolkit.org/>

8 <https://protege.stanford.edu/>

9 <https://dept.abcdef.wiki/wiki/Swoogle>

10 <https://db-engines.com>

11 <https://ellas.ufmt.br/>

2. DEVELOPMENT

Through bibliographic research, in scientific articles and initiatives that collect and provide information on database management systems (DBMS), such as DB-Engines (Knowledge Base of Relational and NoSQL Database Management Systems) (DB-Engines, 2022) and Capterra (Capterra Inc, 2023), it was noted that two of the most used tools in graph databases are Virtuoso and GraphDB.

For the comparison of triplestore database management systems, the demands that the ELLAS network platform required for the project were taken into consideration. Due to these demands, the criteria chosen for the comparison are:

- Model of an exclusive graph database;
- Storage of triples and also support for quadruples;
- Open source license or a free version;
- Variety of programming languages, operating systems, and APIs supported;
- Intuitive interface;
- Supported sizes of triples.

In semantic integration/federation, the tools compared are Semagrow, FedX, SPLENDID, and DARQ, as they are among the most cited tools in the literature of the field. Bibliographic research was conducted in scientific articles, such as: (Charalambidis et al., 2015), (Saleem et al., 2018), (Charalambidi et al., 2015), (Rolim et al., 2021). The web pages of the tools available online were also researched (Semagrow, 2023), (Ontotext GraphDB, 2022), (DARQ, 2023).

The work of Rakhmawati and Hausenblas (2012) served as a basis for comparison, in relation to the criteria used. However, the federators addressed were not the same as those in this work, such as Semagrow. Therefore, it was decided to create a comparative table that covered all the federators, objects of this work (DARQ, Semagrow, FedX, and SPLENDID), along with other criteria based on (Charalambidis et al., 2015), (Saleem et al., 2017), (Charalambidi et al., 2015), (Rolim, 2021), (Semagrow, 2023), (Ontotext GraphDB, 2022), (DARQ, 2023).

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

Table 1 presents a comparison between the storage tools, GraphDB and Virtuoso, which are currently the most used tools in practical projects. However, even though these tools are the most cited, no explicit indication was found in the literature regarding the advantages of one over the other in practical projects. In this sense, the two storage tools were compared based on the database model, supported operating systems, access methods, supported programming languages, inference models, ease of working with the interface, and the amount of supported triples.

Table 1
Comparison of GraphDB and Virtuoso

Characteristics	GraphDB	Virtuoso
Primary DB Model	Graph DBMS RDF store	Document store Graph DBMS Native XML DBMS Relational DBMS RDF store Search engine
License	Commercial*	Open source
Supported Operating Systems	All with Java VM Linux OS X Windows	AIX FreeBSD HP-UX Linux OS X Solaris Windows
APIs and Other Access Methods	GeoSPARQL GraphQL Federation Java API JDBC RDF4J API RDFS RIO Sail API Sesame REST HTTP Protocol SPARQL 1.1	ADO.NET GeoSPARQL HTTP API JDBC Jena RDF API ODBC OLE DB RDF4J API RESTful HTTP API Sesame REST HTTP Protocol SOAP webservice SPARQL 1.1 WebDAV XPath XQuery XSLT
Supported Programming Languages	.Net C# Clojure Java JavaScript (Node.js) PHP Python Ruby Scala	.Net C C# C++ Java JavaScript Perl PHP Python Ruby Visual Basic
Supported Size	10 Billion triples	50 Billion triples
Ease of Working with Interface	Yes	No

Note. Adapted from DB-Engines (2022)

According to research in articles that conducted tests, Virtuoso performs better than GraphDB, but has a poor interface (Rosa et al., 2019), (Addlesee, 2018). Since the data volume for the ELLAS network platform is not very significant, performance is not a determining factor. According to the comparison table, both tools are quite efficient and similar to

each other, with similar supported programming languages, as well as operating systems. However, the use of Virtuoso in a Windows environment does not seem to offer ease of use in its interface, which makes GraphDB appear as a better option. Additionally, the amount of triples supported by the free version of GraphDB is sufficient for the platform. Therefore, for the ELLAS network platform, GraphDB was chosen for its more intuitive interface, the team's existing experience with it, and its ease of use in federation.

For a single ontology to have direct access to multiple data sources, federation can be used. Federators allow the execution of SPARQL queries across multiple local knowledge graphs (federated query) (Rolim et al., 2015). In the development of the ELLAS network platform, several knowledge graphs will be used to integrate data from different sources, which can be integrated into a single ontology..

In Table 2, a comparison is made between the most commonly found semantic integration tools in the literature: Semagrow (Charalambidis et al., 2015), FedX (Rakhmawati and Hausenblas, 2012), SPLENDID (Görlitz and Staab, 2011) e DARQ (Saleem et al., 2017). The comparison is based on the criteria of source selection strategy, type of information collection, culminating in advantages and disadvantages.

Table 2

Comparison of Federators

Federator/ Feature	FedX	Semagrow	SPLENDID	DARQ
Data Source Selection Strategy	Non-catalog-based: Uses an on-the-fly technique where source selection is based on ASK queries. Initially, the data source list lacks statistical information. ASK query is cached.	Data catalog: Uses VOID meta-data to optimize queries generated through statistics obtained directly from the data.	Data catalog: Utilizes statistics from VOID vocabulary descriptions (at system load). ASK query is sent to each dataset for verification.	Data catalog: Uses service description (data and statistical information) to decide where to send a subquery. With the service's predicate list, it plans the query. Catalogs integrate subquery results.
Type of Information Collection	Real-time and cache	-	Real-time and cache	Cache
Advantages	Efficient query execution techniques (semi-joins). Does not use statistics for query optimization, relies on join order heuristics. All patterns used are supported by current data sources.	Query optimizer introduces little overhead and works in the absence of metadata (has appropriate fallbacks).	Exclusively depends on VOID statistics, thus can integrate almost any RDF data source.	-

(continúa)

(continuación)

Federator/ Feature	FedX	Semagrow	SPLENDID	DARQ
Disadvantages	Accesses all data only through GraphDB. DESCRIBE queries are not supported. FedX is not stable with queries like <code>{?s?p?o}</code> UNION <code>{?s?p1?o}</code> FILTER(<code>xxx</code>). The federation only works with remote repositories.	Difficult configuration. Only works on Linux. Requires Apache Tomcat. No recent updates.	Uses catalogs that directly decide how to distribute subqueries (it can be assumed there's a difference between the graph and class partitions).	Requires proprietary extensions to protocols not supported by most current endpoints. Like SPLENDID, by using catalogs, it may decide how to distribute subqueries.

The choice of the tool to use in the federation was FedX, as it collects information in real-time and cache, is faster than SPLENDID (Charalambidis et al., 2015), and does not require proprietary extensions for unsupported protocols on endpoints. Also, because Semagrow requires configuration effort and recent updates are not being provided. Additionally, FedX allows for easier extension of the model to federate with GraphDB, as both tools are from Ontotext.

An alternative to using federators is internal federation. This type of federation assumes the existence of a repository for each graph. It uses the SERVICE proposal but, in this case, executed on the same SPARQL Endpoint with distinct repositories.

GraphDB utilizes the concept of repositories, where each repository can have 1 or N graphs stored as 'named graphs'. This allows for the possibility of having one graph per data source, with the option of having all graphs with data from sources in the same Endpoint. This alternative is better in terms of query cost since it operates on the same SPARQL endpoint and repository, as described in (Ontotext GraphDB, 2021) and translated: "The HTTP transport layer is bypassed, and iterators are accessed directly. The speed is comparable to accessing data in the same repository."

If, in the future, it becomes necessary to use a single ontology with project updates, you can opt for federation, which is why FedX was chosen.

4. CONCLUSION

The main objective of this work was the study and comparison of data storage and integration tools aimed at establishing a data model related to mapping factors that influence the career development of women in STEM, in the early stages of the ELLAS network platform. It is believed that with this comparison, other projects can benefit to assist in deciding which tool is most suitable for their context. For the context of the platform developed by the ELLAS network, the GraphDB and FedX tools appear to be more suitable. As future work, we intend to use the tools and evaluate if they were indeed suitable and contribute lessons learned about their use.

REFERENCES

- Addlesee, A. (2018). *Comparing Linked Data Triplestores*. Medium. <https://medium.com/>
- Berardi, R. C. G., Amador, B. O., Hoger, M. D. V., Turato, P. A., Santos, L. M. da S., & Bim, S. A. (2022). The demand for stereotype-free computing courses for Elementary School Teachers. *Journal on Interactive Systems*, 13(1), 410-418. <https://doi.org/10.5753/jis.2022.2854>
- Cantele, R. C. (2009) *Construindo Ontologias a Partir de Recursos Existentes: Uma Prova de Conceito no Domínio da Educação* [Tese de doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo]. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, São Paulo.
- Cantele, R. C. (2017). *Machine Learning: sistemas baseados em regras*. iMasters. <https://imasters.com.br/>
- Capterra Inc. (2023). *Discover the resources you need to grow your business*. <https://www.capterra.com>
- Charalambidis, A., Troumpoukis, A., & Konstantopoulos, S. (2015). SemaGrow: Optimizing federated SPARQL queries. In *Proceedings of the 11th International Conference on Semantic Systems* (pp. 121-128).
- Charalambidis, A., Konstantopoulos, S., & Karkaletsis, V. (2015). Dataset descriptions for optimizing federated querying. *Proceedings of the 24th International Conference on World Wide Web*.
- DARQ. (2023). *DARQ - Federated Queries with SPARQL*. <https://darq.sourceforge.net/>
- DB-Engines. (2022). *System Properties Comparison GraphDB vs. Virtuoso*. DB-Engines. <https://db-engines.com/en/>
- Görlitz, O., & Staab, S. (2011). SPLENDID: SPARQL Endpoint Federation Exploiting VOID Descriptions. In *Proceedings of the Second International Conference on Consuming Linked Data - Volume 782*, 13-24.
- IDRC. (2023). *Latin American open data for gender-equality policies focusing on leadership in STEM*. IDRC CRDI. <https://idrc-crdi.ca/en>
- Ontotext GraphDB. (2021). *Internal SPARQL Federation*. GraphDB. <https://graphdb.ontotext.com/documentation/9.6/standard/index.html>
- Ontotext GraphDB. (2022). *FedX Federation*. GraphDB. <https://graphdb.ontotext.com/documentation/10.0/fedx-federation.html>
- Rakhmawati, N. A., & Hausenblas, M. (2012). On the impact of data distribution in federated SPARQL queries. In *IEEE Sixth International Conference on Semantic Computing, Palermo, Italy* (pp. 255-260). <https://doi.org/10.1109/ICSC.2012.72>

Rolim, T., Avila, C., Mariano, R., Calixto, T., Ivo, P., Filho, J., Brayner, A., & Vidal, V. (2021). Uso das Tecnologias da Web Semântica na Construção de Grafos de Conhecimento Semântico baseado no Enfoque Híbrido. En *14º Seminário de Pesquisa em Ontologias no Brasil – ONTOBRAS*.

Rosa, F. L., da Silva Machado, R., Primo, T. T., Yamin, A. C., & Pernas, A. M. (2019). Análise de desempenho de ferramentas para persistência de dados ontológicos em triplas: Experimentos e resultados. In *XII Seminar on Ontology Research in Brazil* (pp. 1506-1509).

Saleem, M., Khan, Y., Hasnain, A., Ermilov, I., & Ngonga Ngomo, A. C. (2018). An evaluation of SPARQL federation engines over multiple endpoints. In *International Semantic Web Conference*. NUI Galway.

Semagrow. (2023). *Página oficial do Semagrow*. <http://semagrow.github.io>

W3C. (2004). *Developing Core Web Services Standards at the W3C*. <https://www.w3.org/>

INVESTIGATION ON GENDER AND LEADERSHIP IN STEM IN HIGHER EDUCATION: METHODOLOGY DESIGN

LEIHGE ROSELLE RONDON PEREIRA
leihgeroselle@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0778-0604>
Federal University of Mato Grosso

CRISTIANO MACIEL
crismac@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2431-8457>
California State Polytechnic University

INDIRA R. GUZMAN
irguzman@cpp.edu
<https://orcid.org/0000-0003-3670-7270>
California State Polytechnic University

Recibido: 21 de agosto del 2023 / Aceptado: 4 de octubre del 2023
doi: <https://doi.org/10.26439/interfases2023.n018.6611>

ABSTRACT. Institutional actions and policies implemented by universities hold the potential to significantly impact the inclusion of women in leadership roles within STEM fields. This article describes the methodological design approved by the local ethics committee to conduct the research in Brazil, with the primary objective of understanding the degree to which discursive productions on gender affect women's career experiences and leadership paths within STEM fields in higher education. Discursive productions include structures of power such as university policies, climate, culture, and projects. It is expected that the work will provide valuable insights and support for researchers sharing similar goals and who work to reduce gender inequalities in STEM.

KEYWORDS: discursive productions / Brazil / gender / career experiences / leadership / STEM

INVESTIGACIÓN SOBRE LOS DISCURSOS DE GÉNERO, STEM Y LIDERAZGO EN LOS CURSOS DE INFORMÁTICA: EL DISEÑO METODOLÓGICO

RESUMEN. Las acciones y políticas institucionales implementadas por las universidades tienen el potencial de impactar significativamente en la inclusión de las mujeres en roles

de liderazgo dentro de los campos STEM. Este artículo describe el diseño metodológico aprobado por el comité de ética local para llevar a cabo la investigación en Brasil, con el objetivo principal de comprender el grado en que las producciones discursivas sobre el género afectan a las experiencias profesionales y las trayectorias de liderazgo de las mujeres dentro de los campos STEM en la Educación Superior. Las producciones discursivas incluyen estructuras de poder como las políticas universitarias, el clima, la cultura y los proyectos. Se espera que el trabajo proporciona valiosas ideas y apoyo a los investigadores que comparten objetivos similares y que trabajan para reducir las desigualdades de género en STEM.

PALABRAS CLAVE: producciones discursivas / Brasil / género / experiencias profesionales / liderazgo / STEM

INVESTIGAÇÃO EM CURSOS DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO SOBRE DISCURSO DE GÊNERO, STEM E LIDERANÇA: O DESENHO METODOLÓGICO

RESUMO. Ações e políticas institucionais implementadas por universidades têm o potencial de impactar significativamente a inclusão de mulheres em cargos de liderança nos campos STEM. Este artigo descreve o desenho metodológico aprovado pelo comitê de ética local para conduzir a pesquisa no Brasil, com o objetivo principal de compreender em que medida as produções discursivas sobre gênero afetam as experiências profissionais e trajetórias de liderança das mulheres nos campos STEM no Ensino Superior. As produções discursivas incluem estruturas de poder como políticas universitárias, clima, cultura e projetos. Espera-se que o trabalho forneça insights valiosos e apoio para pesquisadores com metas semelhantes, que buscam reduzir desigualdades de gênero em STEM.

PALAVRAS CHAVE: produções discursivas / Brasil / gênero / experiências profissionais / liderança / STEM

1. INTRODUCTION

There are various obstacles to the integration of women into leadership positions in the fields of Science, Technology, Engineering, and Mathematics - STEM. Among the most researched are those related to the social identity threat for women in this field (van Veelen et al., 2019); the threat of gender stereotypes in STEM (McCullough, 2020); motivation to lead (Guzman et al., 2023); vertical segregation of women in STEM, with a decrease in the number of women along the scientific trajectory (Tavares and Parente, 2015) horizontal segregation of women, being assigned activities segmented by gender stereotypes (Olinto, 2011); and, the representative myth that men and women in STEM have different leadership styles (Jetter et al., 2013).

However, one of the obstacles that remains under-explored in research is how discursive productions about gender occurring in universities influence the leadership of women in STEM fields. Discursive productions refer to structures of power such as university policies, climate, culture, and projects (Lombardo and Meier, 2022; Krizsan and Lombardo, 2013). For example, discursive productions in higher education include university policies. Academic administration is understood to play a critical role in gender diversity efforts within universities, both in creating a university culture and in developing rules and policies that affect women's careers (Su et al., 2014).

Considering this, investigations are necessary to understand factors within university institutions that influence the engagement of careers and the pursuit of leadership positions by women, both students and faculty, in STEM fields.

Therefore, research with methodology designs that assist in gathering data on how STEM programs consider the issue of gender in their university policy propositions becomes relevant. These university policies are defined as the general guidelines that comprise the institutional development plan (PDI for "Programa de Desenvolvimento Institucional" in Portuguese), the teaching plan, and political-pedagogical projects, the programs and projects executed in the environment of higher education program, such as extension projects and public norms that manifest in the scientific field of Brazil. It is understood that attention to university governance must be exercised, being recognized as a tool for problem-solving, cost reduction, and access to the democratization of education and science (Veiga dos santos, 2016).

This need aligns with topics from the project "Latin American Open Data for gender equality policies focusing on leadership in STEM" - from the research network "Equality in Leadership for Latin America STEM – ELLAS," funded by the International Development Research Centre (IDRC, 2022; Maciel et al., 2023). In this sense, it becomes important to consider how the gender factor is produced in discourses within the university environment, with discourse being a significant practice, occurring both through oral communication or other power devices such as university policies, climate, culture,

and projects, which constitute and organize social relations (Laclau and Mouffe, 1985; Marques, 2020).

This paper presents the design of the research methodology as part of research currently being conducted for a doctorate in the Postgraduate Program in Education at the Federal University of Mato Grosso, located in Brazil, which investigates the issue: to what extent do discursive productions about gender in Higher Education influence women in STEM in their careers and in the pursuit of academic leadership positions?

This article is structured as follows. After this introduction in Section 1, the theoretical framework is presented in Section 2. Section 3 contains the description of the qualitative methodology design of the research on Academic Female Leadership in STEM. Section 4 has the final considerations, followed by the work's references.

2. THEORETICAL FRAMEWORK

The theoretical framework of this research is composed of feminist and gender studies (Louro, 1997) that focus on issues of educational practices that produce gender inequalities, as well as the need to formulate policies for women; the Role Congruity Theory (Eagly and Karau, 2002), which addresses the construction of gender prejudices and biases by investigating the congruity of roles expected for each gender and other social roles, such as leadership; and, the Discourse Theory developed by Laclau and Mouffe and its implications in the field of Education (Laclau and Mouffe 1985; Marques, 2020). These three frameworks will assist this study in understanding discursive productions, and will enable the interpretation of university policies, and the identification of contextual negotiations and disputes about educational actions and strategies to promote gender equity in the STEM fields.

This work comprises a descriptive study with a qualitative approach (Gil, 2022), as we seek to understand complex and contextual social issues, through participants who share their perceptions, and using different forms of data collection that will be interpreted by the theoretical framework of the research. We describe the methodology design constructed for the execution of the research "Academic Female Leadership in STEM: discourses on gender" which will be concluded in 2025. In this study, we focus on one area of STEM, which is computer science.

Specifically, this research aims to understand to what extent discursive productions about gender in Computer Science programs affect the career experiences and leadership paths of women in Higher Education. The research was submitted to the Research Ethics Committee (CEP-Humanidades) of Brazil, and obtained the Certificate of Ethical Appreciation Presentation (CAAE No. 63606622.7.0000.5690) in November 2022, authorizing its conduct in Brazilian territory. Next, the approved methodology design will be presented.

3. METHODOLOGY DESIGN OF THE RESEARCH ON ACADEMIC FEMALE LEADERSHIP IN STEM STEM

The context of the research is within the Higher Education system in Brazil, involving two university institutions, one public and one private, both located in the Central-West region, chosen by purposive sampling. The chosen programs were Computer Science, as it belongs to the STEM fields, and Computer Science programs are the most affected by the underrepresentation of women in leadership positions (Jaccheri et al., 2020). Data collection began in the first semester of 2023 and is expected to conclude in 2025.

As voluntary participants in the research, we have: a) women, students of Computer Science programs; b) women, faculty members of Computer Science programs; and c) a representative from the academic administration of each institution.

The research methodology will follow a strategy in six stages: 1) grey literature review of the portals of the two universities; 2) two online questionnaires; 3) focused interviews; 4) an ethico-political exercise as member checking (Spink et al., 2014); 5) data coding with the aid of MAXQDA software; and 6) data analysis. These stages are detailed below. The use of these techniques allows the collection data such as records of university policies, in addition to enabling an investigation with participatory and self-reflective perspectives by research participants, as well as member checking of the data (Creswell and Creswell, 2018).

We begin the collection data through grey literature (Paez, 2017). As this is a methodology design that considers culture, climate, and institutional context, it is necessary to record data obtained through different types of documents.

Thus, it is proposed to survey institutional documents related to gender issues at the researched Brazilian universities. And the mapping of the electronic portals of these Brazilian institutions, in order to identify university policies of gender and agendas. These surveys will take place between 2023 and 2024, composing part of the research's field-theme, and will assist in the analysis of the transversality of gender in public policies. Such analysis presupposes that the development and overcoming of gender inequalities are the responsibility of all public and social actors (Miranda, 2009).

The transversal characteristic encompasses the formulation of policies, both at the institutional and administrative levels of all public spheres, including public universities. Thus, university institutions are seen as powerful spaces for reducing gender inequities (Souza and Stolz, 2023). Among the intervention resources to combat gender inequities in university programs, there are university policies that are documented by the university, and strategies that support gender representativeness and are communicated to society through the academic institution's electronic portals. Both resources will be researched. The information collected will be saved in a document, which will

then be coded with the assistance of the MAXQDA software and categorized according to the theme of gender. It will be used as data for discursive analysis.

In addition to the grey literature review, the research invites voluntary participants to respond to two remote questionnaires to be completed via an online form. The participants include female students enrolled in Computer Science, female faculty members associated with the program, and at least one representative from the academic administration of the institutions being researched.

The first questionnaire aims to gather socio-economic data of the participants, while the second is designed to collect information on the following topics: a) the start of the academic career; b) motivation for choosing the undergraduate program; c) significant experiences during academic formation; d) individual awareness and perceptions of existing university policies, climate, culture, and projects; and e) academic engagement and leadership.

The socio-economic questionnaire seeks to understand the socio-economic characteristics of the research participants such as “Which state do you live in?” Or “Did you work while you studied?”. It is important to highlight that the socio-economic questionnaire does not have mandatory questions. With the open-ended questionnaire, the purpose is to gather information that aids in understanding the perceptions of students, faculty, and academic administration regarding the theme being researched.

In the second online questionnaire, 36 questions were developed for students participating and 43 questions for faculty and academic administration. The difference is that faculty and academic administration will have seven more questions about post-academic professional experience in higher education such as the programs and training undertaken to enhance career development, experiences inside and outside the country, and the institutional contribution to their formation.

The questions for the three groups – students, faculty, and academic administration – follow a common thread. In the first eight questions, issues related to territorial displacement are addressed, which is important to understand as one of the factors of the participants’ investment in their education, namely, the change of residence, state, or country for study. This aspect is seen as relevant due to research indicating the necessity of geographical migration to obtain academic formation (Pereira Cardoso et al., 2022).

Following this, seven questions are posed about motivations for choosing the undergraduate program, experiences that impacted the program, factors that hindered or contributed to academic formation, changes in choices after the beginning of the academic formation process, and changes in professional choices that were made. These questions relate to the perception of students, faculty, and academic administration about experiences in an academic formation context and their engagement in their

career. In this sense, these questions are relevant to understanding thematic affinities in shared experiences. From these affinities, it will be possible to record aspects of similarity in the face of contextual or cultural influence during the formative process.

Next, there will be seven questions about leadership strategies, such as participation in mentorships, projects related to women in STEM, and coordination of groups and/or research. Finally, fourteen questions are applied to reflect on the concept of leadership in the academic environment, and perceptions related to how to engage in the career of women in STEM, such as “What strategies do you believe are necessary for women’s involvement in universities?”.

With the questionnaires, the aim is not only to understand the characteristics of the participants and the perceptions of students, faculty, and academic administration about the theme but also to capture their perceptions that will assist in the elaboration of guiding questions that will act as inductive motives during the focused interviews.

Subsequently, focused interviews will be carried out in person or online via video-conference, depending on the participant’s preference, they will be recorded and later transcribed (Gil, 2008). In each institution and among the research participants, three students, three faculty members, and one academic administrator representative are selected, totaling fourteen participants for the focused interviews.

The primary criterion for selection is the length of experience. In the interviews, we will use guiding questions as an inductive theme corresponding to the research objective. These questions serve as triggers for the start of the open interview and facilitate its continuity and depth (Gil, 2008), especially when it is necessary to revisit the research objective concerning women’s academic leadership in STEM. Through the focused interviews, it will be possible to obtain information that allows for an understanding of gender discursive productions within the programs being researched, adding to other data collection strategies.

In a fourth stage, all participants, female students, and faculty, are invited to participate in an ethico-political exercise as members checking to understand the established relations with the concept of academic leadership in STEM (Spink et al., 2014). The workshop is structured into stages: a) introduction; b) idea association with the concept of academic leadership; c) recollections of situations where participants felt gender influenced their career development; and d) contributions to career engagement and taking on leadership positions. The decision to use this technique is based on attention to the context and relationships experienced by the study participants (Glass and Cook, 2016), in addition to being a strategy for members checking.

Finally, the data will be coded with the assistance of the MAXQDA software and categorized about the theme of gender, to demonstrate how they may infer as discursive productions. This software aids in the triangulation of data, also encourages the

researcher's critical reflexivity during analysis, and contributes to the validation of the results by researchers (Souza et al., 2010). After thematic categorization, the analysis of the data will be carried out considering the theoretical framework of the research.

4. FINAL CONSIDERATIONS

It is hoped that the presented methodology design will assist researchers who seek to understand how discourses about gender are present in the university context, and to what extent discursive productions can influence the career engagement and leadership of women in STEM fields. Furthermore, through this research, we aim to collect data, especially regarding university policies that will be contribute to other initiatives related to combating gender inequalities in leadership positions in the STEM field.

ACKNOWLEDGEMENTS

We express our gratitude for the support of the project Latin American Open Data for gender equality policies focusing on leadership in STEM, to the International Development Research Centre – IDRC, the Foundation for Support and Development of the Federal University of Mato Grosso - UNISELVA, the National Council for Scientific and Technological Development – CNPq, the California State Polytechnic University Pomona, and the Federal University of Mato Grosso.

REFERENCES

- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications.
- Diehl, A. B., Stephenson, A. L., Dzubinski, L. M., & Wang, D. C. (2020). Measuring the invisible: Development and multi-industry validation of the Gender Bias Scale for Women Leaders. *Human Resource Development Quarterly*, 31(3), 249-280.
- Eagly, A. H., & Karau, S. J. (2002). Role congruity theory of prejudice toward female leaders. *Psychological Review*, 109(3), 573-598. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.109.3.573>
- Gil, A. C. (2008) *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. Atlas.
- Gil, A. C. (2022) *Como elaborar projetos de pesquisa* (7.ª ed.) Atlas.
- Glass, C., & Cook, A. (2016). Leading at the top: Understanding women's challenges above the glass ceiling. *The Leadership Quarterly*, 27(1), 51-63. <https://doi.org/10.1016/j.leaqua.2015.09.003>
- Guzman, I., Sanchez, A., & Gonzales Lopez, R. (2023). Motivation to lead of IT professionals: The role of IT occupational culture, commitment and gender equality policies in Latin America. AMCIS 2023 Proceedings.

- IDRC. (2022, January 5th). *Gender in STEM Research Initiative: Announcement of projects*. <https://www.idrc.ca/en/news/gender-stem-research-initiative-announcement-projects>
- Jaccheri, L., Pereira, C., & Fast, S. (2020). Gender issues in computer science: Lessons learnt and reflections for the future. In *2020 22nd International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing (SYNASC)*.
- Jetter, A. J., Loanzon, E., Jahromi, S., Nour, A. H., & Pakdeekasem, P. (2013). An exploratory study on the leadership style preferences of male and female managers: Implications on team performance. In *2013 Proceedings of PICMET'13: Technology Management in the IT-Driven Services (PICMET)* (pp. 1161-1181). IEEE.
- Laclau, E., & Mouffe, C. (1985). *Hegemony and socialist strategy: Towards a radical democratic politics*. Verso Books.
- Louro, G. L. (1997). *Gênero, sexualidade e educação*. Vozes.
- Maciel, C., Guzman, I.R., Berardi, R., Branisa, B., Rodriguez, N., Frigo, L., Salgado, L., Jimenez, E., Bim, S.A., & Cabero, P. (2023a). *Open Data Platform to Promote Gender Equality Policies in STEM*. Proceedings of the Western Decision Sciences Institute (WDSI). April 2023. Portland, Oregon, USA.
- Maciel, C., Guzman, I., Berardi, R., Caballero, B. B., Rodriguez, N., Frigo, L., Salgado, L., Jimenez, E., Bim, S. A., & Tapia, P. C. (2023b). *Open Data Platform to Promote Gender Equality Policies in STEM*. Proceedings of the Western Decision Sciences Institute (WDSI). April 2023. Portland Oregon, EUA.
- McCullough, L. (2019). Proportions of women in STEM leadership in the academy in the USA. *Education Sciences*, 10(1), 1. <https://doi.org/10.3390/educsci10010001>
- Miranda, C. M. (2009). Os movimentos feministas e a construção de espaços institucionais para a garantia dos direitos das mulheres no Brasil. *NIEM/UFRGS*, 24(9).
- Olinto, G. (2011). A inclusão das mulheres nas carreiras de ciência e tecnologia no Brasil. *Inclusão Social*, 5(1).
- Paez, A. (2017). Gray literature: An important resource in systematic reviews. *Journal of Evidence-Based Medicine*, 10(3), 233-240. <https://doi.org/10.1111/jebm.12266>
- Pereira Cardoso, R., Porto Castro, A., Saraiva Frio, G., & Fochezatto, A. (2022). Migração estudantil: uma análise do impacto da política de cotas e do programa (Coords.). universidade para todos. In F. C. de Macedo, A. Monteiro Neto & D. J. Vieira (Eds.), *Universidade e território: ensino superior e desenvolvimento regional no Brasil do século XXI*, (pp. 429-459). IPEA. <https://doi.org/10.38116/978-65-5635-030-1/capitulo13>
- Souza, F. N., Costa, A. P., & Moreira, A. (2010). WebQDA: Software de apoio à análise qualitativa. In *Atas da 5a Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologías de*

Informação (CISTI2010) (pp. 293-8). Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação.

- Spink, M. J., Menegon, V. M., & Medrado, B. (2014). Oficinas como estratégia de pesquisa: articulações teórico-metodológicas e aplicações ético-políticas. *Psicologia & Sociedade*, 26, 32-43.
- Su, X., Johnson, J., & Bozeman, B. (2015). Gender diversity strategy in academic departments: exploring organizational determinants. *Higher Education*, 69(5), 839-858. <http://www.jstor.org/stable/43648828>
- Tavares, A., & Perente, T. G. (2015). Gênero e Carreira Científica: Um Estudo a Partir dos Dados das Universidades Federais da Região Norte do Brasil. *Revista Ártemis*, 20(2), 66-75.
- Van Veelen, R., Derks, B., & Endedijk, M. D. (2019). Double Trouble: How being outnumbered and negatively stereotyped threatens career outcomes of women in STEM. *Frontiers in psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00150>
- Veiga dos Santos, A., Marins Braga, I. C., & Mascarenhas Guimarães-Iosif, R. (2016). A governança no contexto da pesquisa em educação no Brasil. *Linhas Críticas*, 22(49), 642-666.

MAPPING GENDER EDUCATIONAL POLICIES IN STEM AREAS IN THE CONTEXT OF THE NEW BRAZILIAN HIGH SCHOOL EDUCATION

WALESKA GONÇALVES DE LIMA

waleska.fisica@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-7962-4822>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brazil

CRISTIANO MACIEL

crismac@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-2431-8457>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brazil

ANA LARA CASAGRANDE

analaracg@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-6912-6424>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brazil

Recibido: 21 de agosto del 2023 / Aceptado: 04 de octubre del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/interfases2023.n018.6608>

ABSTRACT. This text presents an ongoing research that relates the policy mapping activity aimed at promoting gender-related issues in STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) conducted by the ELLAS research network (Equality in Leadership for Latin American STEM) to the Brazilian New High School policy. Through document analysis related to the policy, it is possible to identify indications of the gender demand in STEM within the national policy, stemming from the loan agreement with the World Bank.

KEYWORDS: STEM / equality / gender / educational policies / high school

MAPEO DE LAS POLÍTICAS DE EDUCACIÓN DE GÉNERO EN LAS ÁREAS STEM EN EL CONTEXTO DE LA NUEVA ESCUELA SECUNDARIA DE BRASIL

RESUMEN. Este texto presenta una investigación en curso que relaciona la actividad de mapeo de políticas destinadas a promover cuestiones relacionadas con el género en STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) realizada por la red de investigación ELLAS (Equality in Leadership for Latin American STEM - Igualdad en el Liderazgo para STEM en América Latina) con la política brasileña de Nueva Escuela

Secundaria. A través del análisis de documentos relacionados con la política, es posible identificar indicios de la demanda de género en STEM dentro de la política nacional, derivados del acuerdo de préstamo con el Banco Mundial.

PALABRAS CLAVE: STEM / equidad / género / políticas educativas / educación secundaria

MAPEAMENTO DAS POLÍTICAS DE EDUCAÇÃO DE GÊNERO NAS ÁREAS DE STEM NO CONTEXTO DO NOVO ENSINO MÉDIO NO BRASIL

RESUMO. Este texto apresenta uma pesquisa em andamento que relaciona a atividade de mapeamento de políticas voltadas para questões de gênero em STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) conduzida pela rede de pesquisa ELLAS (Equality in Leadership for Latin American STEM Igualdade na Liderança para Mulheres em STEM na América Latina) com a política do Novo Ensino Médio Brasileiro. Através da análise de documentos relacionados à política, é possível identificar indícios da demanda de gênero em STEM dentro da política nacional, derivados do acordo de empréstimo com o Banco Mundial.

PALAVRAS-CHAVE: STEM / equidade / gênero / políticas educacionais / ensino médio

1. INTRODUCTION

The 2030 Agenda of the United Nations (UN), by establishing gender equality as one of the 17 Sustainable Development Goals (SDGs), recognizes the need to combat discrimination against women. This document represents a global partnership for a world of universal respect for human rights and highlights gender equality and the empowerment of all women and girls as a premise in goal 5. This is a challenge to be achieved in various sectors of society, particularly in fields known as STEM (Science, Technology, Engineering, and Math), where access is uneven between men and women (Noonan, 2017).

In this context of scarcity, the “Latin American Open Data for gender equality policies focusing on leadership in STEM” Research Project (IDRC, 2022), emerges as an initiative that integrates a research, teaching, and extension network called ELLAS (Equality in Leadership for Latin American STEM) in member countries: Brazil, Bolivia, Peru. The project’s theme is the advancement of institutional policies to promote gender equality in STEM. The project aims to map the initiatives and policies implemented so far in each country, as well as the contextual aspects that influence women’s careers in STEM (Maciel et al., 2023).

In Brazil, the Federal University of Mato Grosso (UFMT), the leading institution in the aforementioned project, has a group of researchers dedicated to the network’s activities on various fronts. One of these fronts is related to specific objective 1: Mapping the factors, actors, and policies that influence women’s careers in STEM, collecting related data, and analyzing this data. Through Activity 2: Mapping policies in each country, the aim is to identify government policies and policies from private organizations that promote opportunities for women in STEM fields.

To achieve this, this study highlights, within government policies, basic school education, which is an important stage to be mapped considering its role in the formative process of young individuals. Specifically, it addresses the final stage of Basic Education (comprising Early Childhood Education, Elementary School, and High School), which has recently undergone a “reform.”

This is a multifaceted stage with a profile that, as Bueno (2000) warned some time ago, lacks “an approach that considers the trajectory of policies for this level of education, the context in which they are developed, their foundations and implications, characteristics and motivations, as well as possible results and consequences.” According to Pimentel (2019), an essential normative instrument to ensure inclusive and equitable quality education in Brazilian Basic Education is the National Common Curricular Base (BNCC), as it defines the essential learning for all students (Brasil, 2017).

Therefore, the objective of this study is to map policies aligned with the BNCC that may influence the development of women’s careers in STEM, with a focus on high school education policy. This aims to contribute to the second research question of the

Ellas project, namely: What are the policies that could support the growth of women's careers in STEM?

2. FOUNDATIONS AND RESEARCH PATH

The conceptual foundations of this study focus on the gender-related concepts, factors, and gaps that affect women's entry and persistence in STEM fields, as found in various research studies (Noonan, 2017; Iglesias et al., 2018; Ribeiro, 2020; Sígolo et al., 2021) . Additionally, it draws upon the current educational policy for the restructuring of high school curriculum, Law No. 13,415, dated February 16, 2017 (Brasil 2017a), preceded by Provisional Measure (MP) No. 746/2016. The study investigates the high school reform with the aim of examining the policy's measures, which announce the replacement of a single curriculum model with a diversified and flexible model through the implementation of the National Common Curricular Base (BNCC) and Educational Pathways (Itinerários Formativos), organized by areas of knowledge.

The Educational Pathways (IFs) constitute the diversified part of the curriculum and propose a deepening of one or more academic curriculum areas that are part of the BNCC, namely: Languages and their Technologies; Natural Sciences and their Technologies; Mathematics and its Technologies; and Human and Social Applied Sciences, in addition to Professional Technical Education. To facilitate the implementation of this structure, known as the New High School (NEM), Brazil has signed an agreement with the International Bank for Reconstruction and Development (IBRD), a part of the World Bank Group, and established the Results Program (PforR). The program's goal is to strengthen the capacity of educational networks to carry out the reform. The program's evaluation includes technical analysis to achieve the objective of increasing school completion rates and the quality of education, with measures such as the adoption of a flexible curriculum and the gradual expansion of the school day. It also includes fiduciary analysis related to financial management and socio-environmental impact analysis, concerning the ability to ensure environmental and social benefits with the program's implementation, while safeguarding against potential risks such as inequalities (Brasil 2017b).

Thus, the socio-environmental impact includes gender equity as one of the analysis indicators, as a way to mitigate the risk of selecting a training path dictated by gender bias, with strategies aimed at inspiring, engaging, and empowering girls in STEM fields. It is worth noting that boys predominantly choose pathways in Natural Sciences (CN) and Mathematics (Mat), while girls tend to focus on language and social sciences pathways. This pattern can be explained by the persisting false perception in society regarding the relationship between women and professions that require attention, care, and affection (Brasil 2017b; Frigo and Araújo 2023).

The possibility for young people to choose their educational path through IFs is one of the most criticized aspects of the reform. Despite promoting the idea of flexibility

and personalization, in practice, it raises doubts about its effectiveness and the risk of exacerbating educational disparities. There are several studies that highlight the challenges in the ongoing implementation, as seen in the National Movement in Defense of Secondary Education. Since the issuance of the MP, this movement has expressed concerns about the widening educational inequalities. In a recent letter to the Transition Working Group of the government, they cited evidence from research conducted in nine Brazilian states, identifying two main weaknesses in IFs. The first is the lack of understanding among teachers regarding the possibilities of implementing this curriculum, and the second is related to the actual freedom of choice for young people, as there are barriers imposed by the structure of each educational network, influenced by their different realities (ANPED, 2022).

In light of these weaknesses, we sought to understand the dynamics of the assessment that links disbursements to educational outcomes, in alignment with the objectives of the Secondary Education reform, as the agreement aims to strengthen the capacity of state secretariats in managing the program's social and environmental impacts (Brazil, 2017). Therefore, the documentary analysis in this exploratory, qualitative research (Gil, 2019) considered the following documents:

I) Socio-environmental research report of the New Secondary Education Support Program - ProNEM (Brasil, 2021);

II) Safeguard Socio-environmental Research Report (Brasil, 2022);

III) Socio-environmental research report of the Itinerary Training Program (ProIF) (Brasil, 2022a);

IV) Verification report of the ProIF socio-environmental research (Brasil, 2022b);

V) Socio-environmental Management Guide (Brasil, 2022c).

The reports, which constitute records of part of the implementation of public policy directed towards the New Secondary Education, present data collected in surveys applied to schools that have adopted the ProNEM program and to the education networks in the country. The results supported the development of the Socio-environmental Management Guide, a pedagogical support tool that presents themes aligned with the 17 Sustainable Development Goals (SDGs). Table 1 provides a compilation of each analyzed document, highlighting the main data collected about gender in STEM fields.

Table 1

Documentary analysis based on socio-environmental research reports and Socio-Environmental Management Guide

Documents	Document objective	Main collected data
I) Report on the socio-environmental research of the New High School Support Program - ProNEM	Present the systematization of data regarding the socio-environmental aspects of the New High School Support Program, established by MEC Ordinance No. 649/2018, in a survey applied to 4,020 schools from June 22 to July 21, 2021.	74.1% of the schools eligible for ProNEM participated in the survey. 49.4% of the schools stated that no actions were planned to encourage the enrollment of girls in the CN IF, followed by 44.7% who said "Yes." For the Mat IF, 49% said "No," and 45% said "Yes."
II) Safeguards Socioenvironmental Research Report	VeCheck socioenvironmental aspects at the level of state and district education secretariats. Monitoring report. Survey conducted from 12/02 to 12/16/2021	All 27 federal units participated in the survey. 70% of the education networks stated that they had "No" strategies to increase enrollment of girls in IF CN and Mat from 2018 to 2021.
III) Environmental and Social Safeguard Research Report of the Professional Training Itinerary Program (ProF)	Collect information about the implementation of the Professional Training Itineraries (IFs) in the schools of the ProF, established by MEC Ordinance No. 733/21. This report details the structure, application, and results of the research conducted from June 15th to June 30th, 2022.	All 27 federal units participated in the survey. 93% of the networks answered "No" to having carried out any actions in 2022 to encourage the enrollment of girls in the Natural Sciences Itinerary (IF de CN), and 89% responded "No" for the Mathematics Itinerary (IF de Mat).
IV) Verification report of the socio-environmental research on the ProF	Presents the results of the research on the implementation of the IFs in ProF schools and adds an analysis of the responses with classifications of: satisfactory, moderate, and unsatisfactory.	Classified as unsatisfactory the execution of specific action to encourage enrollment of girls in CN and Mat. Concludes that the action needs to be better presented, explained, and guided for the purpose of developing and implementing strategies.
V) Guide to Socio-Environmental Management	A pedagogical support tool with social and environmental themes necessary for school sustainability. It presents best practices for each theme. Published after the research results in the year 2022.	It addresses gender data in Basic Education, Higher Education, and the job market. It suggests as a best practice: encouraging girls to enter STEM careers through pedagogical projects. Conducting campaigns that empower girls in Science and Mathematics.

3. MAIN RESULTS OF THE MAPPING OF EDUCATIONAL POLICIES TO PROMOTE GENDER IN STEM AREAS IN THE NEW HIGH SCHOOL PROGRAM

The analysis reveals that, in the case of the CN and Mat areas, the increase in girls' enrollment through the IFs is proposed in all the documents analyzed. However, the research results show that the majority of responses, in general, indicate "No" for the action to

encourage an increase in girls' enrollment in the CN and Mat IFs during the initial pilot implementation period (2018 to 2021).

Report I provides data on planning, meaning it asks schools about their plans to encourage the enrollment of girls in the aforementioned courses. Despite the majority of responses being negative, around 49%, and 6% of schools responding "don't know," there is a significant portion of approximately 45% of schools that answered "Yes."

Regarding the school districts, Report II shows that 70% of the responses indicated that there were no working strategies with the districts when it comes to increasing enrollments of girls in STEM-related IFs. The districts were consulted again in 2022, according to Report III, and the percentage of "No" responses increased to 93% for CN and 89% for Mat, meaning not all districts that indicated having a strategy to increase girls' enrollments were able to implement it in practice.

In Report IV, which verifies the research with the IFs, the action of encouraging enrollments of girls in CN and Mat pathways is classified as unsatisfactory, needing to be understood first before strategies can be developed by the school districts. The result is concerning because it signals a lack of prioritization of the agenda by the education systems, as evidenced by the lack of targeted actions for schools, whether to encourage new actions or maintain the interest of schools that had already indicated in 2021, as per Report I, the need to encourage enrollments of girls in STEM-related IFs.

The technical study published by the Ministry of Education (MEC), with the compilation of results from socio-environmental research within the ProNEM scope, shows a relevant piece of information when it asks if schools promote discussions on diversity, where 84.7% answered "Yes" to actions related to Gender Diversity (Brasil, 2022d). It remains to be seen how this is happening in school settings and how ProNEM can actually contribute, considering its goal of providing support to the federal units for the implementation of the reform.

Despite the Guide being a step in this direction, it makes little progress in the proposed model of disseminating best practices. While plausible, the sharing of models needs to be accompanied by more robust actions that produce effects in line with the work already signaled by the schools. Therefore, it is expected that the results presented by the reports will inform new training actions for and with the networks.

4. FINAL CONSIDERATIONS

The results of this study are preliminary, as the PforR is still ongoing. However, they indicate that the policy for high school education requires that education networks consider strategies to increase girls' enrollment in STEM-related curricula, which is a perspective for the growth of women's careers in these areas.

Considering that Law 13,415/2017 established a period of 5 years for the implementation of extended school hours throughout the country (2018-2022), as well as the inclusion of IFs in the curricular matrices, the application of the socioenvironmental management survey provides the first official data on the flexibility of pilot schools. Regarding diversity, as already pointed out, there is little progress in practice in terms of the results of schools and education networks in implementing actions to promote gender equity in enrollments for STEM-related IFs.

It's worth noting that the ongoing reform of high school education originates from a politically turbulent context, established by Law No. 13,415/2017, which began with the issuance of a Provisional Measure (MP) by the president who took office after an impeachment process, reflecting a specific political agenda. This act has been controversial from the perspective of democratic governance and has been questioned by researchers in the field of education. The implementation process was interrupted during the current presidential administration in Brazil (2023-2026) - the current president, Luiz Inácio Lula da Silva, has previously governed the country in two other terms, from 2003 to 2006 and from 2007 to 2010. The current administration initiated an evaluation of the process, starting consultations and national seminars from March to July of this year, in response to the movement calling for the repeal of the reform, which has spread across the country. After the conclusion of the public consultation, the Ministry of Education (MEC) released a proposal for changes to incorporate the feedback received, as outlined in the executive report [Brazil 2023].

In this context, concerning the need for policies targeting Brazilian youth to promote the participation of women in STEM careers, we observe that the risk with the New High School (NEM) reform is that it may not only fail to contribute to this goal but also exacerbate vulnerabilities that widen differentiation and discrimination within the public education sector. This could happen by prematurely influencing potential choices through the educational pathways without the comprehensive implementation of interventions outlined in the program itself. These interventions could include raising awareness among education professionals about gender biases and implementing strategies aimed at building a "scientific identity" for girls.

The research presented here will continue to monitor the upcoming developments in the New High School (NEM) policy. The data collected through document analysis, organized in spreadsheets, will be made available for integration into the Connected Open Data platform being developed within the ELLAS project.

ACKNOWLEDGMENTS

This research received support from the International Development Research Centre (IDRC), the Foundation for the Support of the Federal University of Mato Grosso (UNISELVA), the Graduate Program in Education at the Federal University of Mato Grosso,

the State Department of Education of Mato Grosso (SEDUC), and the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq).

REFERENCES

- ANPED. (2022). *Movimento Nacional em Defesa do Ensino Médio (MNDEM)*. Carta ao GT transição da Educação. Brasília, https://anped.org.br/sites/default/files/images/movimento_nacional_em_defesa_do_ensino_medio_carta_ao_gt_transicao_educacao.pdf
- Brasil. (2017). *Resolução CNE/CPn°2 de 22 de dezembro de 2017*. Institui e orienta a implantação da Base Nacional Comum Curricular. https://normativasconselhos.mec.gov.br/normativa/view/CNE_RES_CNECPN22017.pdf?query=curriculoBrasil
- Brasil. (2017a). Lei nº 13.415 de 16 de fevereiro de 2017, https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13415.htm
- Brasil. (2017b). *Documento de Avaliação do Programa*. Relatório nº 121673-BR, https://www.gov.br/mec/pt-br/novo-ensino-medio/pdfs/copy_of_1.1.2.BrazilPADMECvsportugus.pdf
- Brasil. (2021). *Ministério da Educação. Relatório de pesquisa socioambiental do Programa de Apoio ao Novo Ensino Médio (PRONEM)*. Processo nº 23000.003147/2021-90. <https://www.gov.br/mec/pt-br/novo-ensino-medio/pdfs/RelatrioPesquisaSocioambientalProNEM.pdf>
- Brasil. (2022). *Ministério da Educação. Relatório Pesquisa Socioambiental Salvaguardas*. Processo nº 23000.003147/2021-90. <https://www.gov.br/mec/pt-br/novo-ensino-medio/pdfs/RelatrioPesquisaSocioambientalSalvaguardas.pdf>
- Brasil. (2022a). *Relatório de pesquisa socioambiental do Programa de Itinerário Formativo (ProIF)*. Processo nº 23000.003147/2021-90. <https://www.gov.br/mec/pt-br/novo-ensino-medio/pdfs/RelatrioPesquisaSocioambientalProIF.pdf>
- Brasil. (2022b). *Relatório de verificação da pesquisa socioambiental Programa Itinerários formativos - ProIF*. Processo SEI/MEC nº 3423955. https://www.gov.br/mec/pt-br/novo-ensino-medio/pdfs/copy_of_apresentacao_resultados_pesquisasocioambiental_proif.pdf
- Brasil. (2022c). *Guia de Gestão Socioambiental: Projeto de Apoio à Implementação da Reforma do Ensino Médio*. https://www.gov.br/mec/pt-br/novo-ensino-medio/pdfs/guiaDegestaosocioambiental_novoensinomedio_mec_descompactado.pdf
- Brasil. (2022d). *Ministério da Educação. Novo ensino médio: estudos técnicos* [livro eletrônico]. <https://www.gov.br/mec/pt-br/novo-ensino-medio/pdfs/CadernoTecnico1EMTleSocioambiental.pdf>

- Brasil. (2023). *Ministério da Educação. Sumário Executivo do Relatório da Consulta Pública do Ensino Médio*. https://www.gov.br/mec/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/audiencias-e-consultas-publicas/sumario_executivo_consulta_publica_ensino_medio.pdf
- Bueno, M. S. S. (2000). *Políticas atuais para o ensino médio*. Papirus.
- Frigo, L. B., & Araújo, A. (2023). Meninas Digitais - Programa Brasileiro por Igualdade de Gênero na área de TIC. In Morgado, E. M. M. (Ed), *Interculturalidad, inclusión y equidad en educación* (pp. 93-104). Salamanca. <https://doi.org/10.14201/0AQ032193104>
- Gil, A. C. (2019). *Métodos e técnicas de pesquisa social* (7.ª ed). Atlas. ISBN 9788597020991.
- IDRC. (2022). *Gender in STEM Research Initiative: Announcement of projects. Canada*. <https://www.idrc.ca/en/news/gender-stem-research-initiative-announcement-projects>
- Iglesias, M. J., Müller, J., Ruiz-Mallén, I., Kim, E., Cripps, E., Heras, M., Filipecki, S., Van Laar, M., Tramonti, A., Valenzuela-Zapata, A., Gras-Velásquez, Á., Akue da Silva, A., Alexopoulos, A., Baldursson, R., Bes, M., Benameur, Z., Bogner, F., Cala, V., Ceuleers, E., Daras, D., Dochshanov, A., Giampaoli, D., Kirmaci, H., Kolenberg, K., Martev, I., ... Vizzini, C. (2018). *Gender and innovation in STE(A)M education*. Observatório Scientix.
- Maciel, C., Guzman, I. R., Berardi, R. C. G., Branisa, B., Rodriguez, N., Frigo, L., Salgado, L. C., Jimenez, E., Bim, S. A., & Cabero, P. (2023). Open data platform to promote gender equality policies in STEM. In *Proceedings of the Western Decision Sciences Institute* (WDSI). <https://ellas.ufmt.br/pt/publicacoes/>
- Noonan, R. (2017). *Women in STEM: 2017 Update*. Relatório da Administração de Economia e Estatística. ESA Issue Brief #06-17.
- Pimentel, G. S. R. (2019). O Brasil e os desafios da educação e dos educadores na Agenda 2030 da ONU. *Revista Nova Paideia*, 1(3), 22-33. <https://doi.org/10.36732/riep.v1i3.36>
- Ribeiro, K. da S. F. M. (2020). *Gênero, carreira e formação: o desenvolvimento da carreira das estudantes do ensino médio integrado em informática* [Tese, Doutorado em Educação, Universidade Federal de Mato Grosso].
- Sígolo, V. M., Gava, T. Unbehau, S. (2021). Equidade de gênero na educação e nas ciências: novos desafios no Brasil atual. *Cadernos Pagu*, (63), 1809-4449. <https://doi.org/10.1590/18094449202100630017>

PUBLIC POLICIES, GENDER, AND STEM CAREERS

ANA LARA CASAGRANDE

ana.casagrande@ufmt.br

<https://orcid.org/0000-0002-6912-6424>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

EUNICE PEREIRA DOS SANTOS NUNES

eunice.ufmt@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9051-5862>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Recibido: 21 de agosto del 2023 / Aceptado: 4 de octubre del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/interfases2023.n018.6612>

ABSTRACT. In this work, the role of the State in public policies that subsidize the guarantee of social rights is discussed, as well as gender disparities are addressed as a historical product of the discrimination to which women have been subjected and which result in their absence in STEM careers. (Science, Technology, Engineering and Mathematics). The mapping of existing public policies and the requirement that advances be established is a necessity to allow equal access for women to opportunities and spaces of power.

KEYWORDS: public policies / gender / STEM

POLÍTICA PÚBLICA, GÉNERO Y CARRERAS STEM

RESUMEN: Este trabajo discute el papel del Estado en relación a las políticas públicas que subsidian la garantía de los derechos sociales, así como el abordaje de las disparidades de género como producto histórico de la discriminación a la que han sido sometidas las mujeres y que resulta en su ausencia de las carreras STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas). Mapear las políticas públicas existentes y exigir que se avance es una necesidad para que las mujeres puedan acceder en igualdad de oportunidades a los espacios de poder.

PALABRAS CLAVE: políticas públicas / género / STEM

POLÍTICA PÚBLICA, GÊNERO E CARREIRAS STEM

RESUMO. Este trabalho discute o papel do Estado em relação às políticas públicas que subsidiam a garantia de direitos sociais, bem como a abordagem das disparidades de gênero como um produto histórico da discriminação enfrentada pelas mulheres, resultando em sua ausência nas carreiras em STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática). Mapear as políticas públicas existentes e a exigência de avanços é uma necessidade para que as mulheres possam acessar igualdade de oportunidades nos espaços de poder.

PALAVRAS-CHAVE: políticas públicas / gênero / STEM

1. INTRODUCTION

When significant social issues arise during a particular period, it is common to see a demand for the establishment of public policies that protect specific rights of the population through legislation. Similarly, it is not uncommon to find situations where it is claimed that a particular issue is legislated but remains as “dead letter.” This means that the public policy has been established but is not properly or satisfactorily applied in practice. What stands out in these circumstances is the recognition of the need, first and foremost, to adopt a public policy and then have the groundwork to request its practical implementation, in a way that benefits the affected group.

Historically, in the struggle for equality, the demand for gender-focused public policies enabled women to: i) pursue higher education, as the Decree Law No. 7,247/1879 allowed women to enter universities, but enrollment was the responsibility of their parents or husbands; ii) vote, which was significant for their subsequent participation in representative politics, a domain traditionally dominated by men (women’s suffrage was recognized in 1932, incorporated into the 1934 Constitution as optional, and in 1965, it became mandatory and equivalent to men’s); and iii) be protected from domestic and family violence, with prevention measures established by Law No. 11,340, dated August 7, 2006, commonly known as the Maria da Penha Law.

These examples inevitably lead us to think that there is still a long way to go. A major obstacle is the patriarchal representations that remain and support revolting situations, such as the differentiated pay for women, as confirmed by data from the Brazilian Institute of Geography and Statistics: “In 2019, women earned 77.7% or just over $\frac{3}{4}$ of men’s income”, such inequality in labor income was more expressive among the occupational groups with the highest incomes, “such as Directors and managers and Science and intellectual professionals, groups in which women earned, respectively, 61.9% and 63.6% of men’s income” (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023).

Having laid out these initial reflections, the subsequent sections of this work, which follows a qualitative approach involving exploratory research through literature review, will address: the characterization of public policies and the role of the state, as well as the disparities found in careers related to Science, Technology, Engineering, and Mathematics (abbreviated as STEM).

2. PUBLIC POLICIES AND THE ROLE OF THE STATE

It is acknowledged that the state plays a role in public management. In this sense, it is worth examining “what society would be like without a state, an analysis necessary to distinguish the contributions of the state and the consequences of its existence” (Avelino, 2020). Regarding public policies, the state is indispensable; however, it is naive to believe that it always prioritizes social interests.

With the alignment to neoliberal policies implemented in Brazil in the 1990s as a reference point, Peroni (2003) argues that the reform of the Brazilian state during that period transformed the citizen into a customer-citizen, excluding some and not encompassing all. Social policies were no longer solely the responsibility of the state but became part of non-exclusive services, which aligns with the idea of promoting privatization (transferring management to the private sector), decentralization (transferring some of the services previously provided by the state to the private sector), and publicization (transforming a state organization into a private-law organization).

Also, considering the period after the 1990s, in a report signed by civil society organizations, including the Latin American Council of Women's Rights - Brazil, titled "Antigender Offensives in Brazil: State Policies, Legislation, Social Mobilization," and published in 2022, it is stated that the growing influence of religious neoconservatism, especially evangelical, in the legislative sphere has led to reactions and confrontations when proposed or approved legal changes dealt with gender and sexuality issues. In the same document, the victory of Jair Bolsonaro in 2018 is discussed as a central point for the support of what the authors call antigender offensives, which have been present since his inauguration speech.

The main implication of the view of the State's role is precisely the societal and political project implicit in it. The minds that think about priority actions and the hands that sign legal determinations are inevitably reflected in the atmosphere of institutional politics and the formulation of public policies. Therefore, it becomes even more urgent to ensure women's participation in positions of power and decision-making, as well as to have more women in certain careers, in order to combat the two types of female segregation mentioned by Tonini and Araújo (2019), namely vertical (underrepresentation of women in prestigious and powerful positions) and horizontal (few women in specific areas of knowledge).

3. GENDER AND STEM CAREERS

The introductory notes highlight that history leaves traces in the present. Indeed, what is currently observed is the need for public policies that combat the disparity in women's participation in STEM careers compared to men. These policies should not be mere government policies, subject to a specific administration.

In Brazil, women make up the majority of enrollments in higher education in courses related to Humanities and Applied Social Sciences and are in smaller numbers in STEM-related fields (Tonini and Araújo, 2019).

This is linked to certain expectations of careers for women, particularly those related to what, in a prejudiced and mistaken bias, might require maternal instinct or a certain sensitivity associated with femininity. This reinforces patriarchal models and positions men as the leading figures in the realms of knowledge (Figueiredo and Maciel, 2016).

In order to combine the discussion of gender, public policies, and higher education, an interinstitutional and international research project was developed: Latin American Open Data for gender equality policies focusing on leadership in STEM [IDRC 2022]. Its central objective is to generate open and connected data to enable the assessment of policies and interventions aimed at reducing the gender gap in STEM. This gender gap has been identified since the 1960s and 70s, according to Figueiredo and Maciel (2016), by the feminist movement, through the recognition of the erasure and minimization of women in the history of science and technology.

Specifically, regarding the search for public policies directed towards women in Brazil, it is important to highlight the difficulty in finding them, which also involves the definition of policy undertaken. According to Avelino (2020), policy 'decides which individual ends should be discussed and decided collectively,' meaning, it is 'a set of coercive actions to decide on collectivized ends' (emphasis by the author).

With this broader definition and considering, in agreement with Avelino (2020), politics as 'a subset of society,' the challenge in researching the topic, when conducting an integrative literature review, for example, becomes identifying whether a particular account is an action, a project, or effectively a policy. A necessary distinction for such classification pertains to the discussion in the previous section about the role of the State. Although Montaña (2002) acknowledges that the lines separating the public and private sectors are increasingly blurred, due to public-private partnerships and agreements between sectors. These often involve the transfer of public funds to the private sector.

This entanglement stems from a widespread logic of outsourcing and privatization, which, according to Montaña (2002), characterizes a 'loss of citizenship rights for services and social policies.' The concept of the Third Way aims to overcome this public/private dichotomy based on the idea of a 'third sector,' beyond the State and the market, which would perform public functions through private initiatives. A major concern to be noted is the transfer of state responsibility in the face of the reality of wage inequalities, which are obviously accompanied by gender discrimination when two people occupy exactly the same position, with the same professional qualifications, and are remunerated differently, with women receiving less.

Montaña (2002) understands that the proponents of social regulation 'organized in an abstract civil society ('third sector'), whether admitted or not, are generally close to the so-called third way (supposedly neither Keynesian nor neoliberal)'. The author's questioning of the separation of civil society from the State and the market is agreed upon, as if it were possible for civil society to be apart from these spheres. Furthermore, it is noted that the author advocates for state action as a means of ensuring the achievement of collectivized ends.

The term 'third sector' is reductionist, in that it establishes the political as belonging to the state, the economic to the market, and the social to civil society, which indicates

a 'clear connection with class interests, in the transformations necessary for the upper bourgeoisie'. Thus, Montaño (2002, p.53) states that it is a term constructed 'from a division of the social into spheres: the State ('first sector'), the market ('second sector'), and 'civil society' ('third sector')'.

The ideological promotion of social regulation by civil society, in the 'perspective of the 'third sector', 'non-classist', 'non-political', but harmonious, negotiating between heterogeneous sectors, in a sphere outside the cruel market and outside the Leviathan State' (Montaño, 2002, p. 142-143) should be considered in depth, weighing what lies behind an apparently harmless defense of greater civil society participation.

Therefore, understanding the treatment of the 'social question' (Montaño 2002, p.135) as an eminently public responsibility, it is believed that changing the disparate gender situation in STEM fields should be on the public policy agenda and that these policies should be publicized and easily accessible. In this regard, the aforementioned initiative of the research with Innovation Latin American Open Data for gender equality policies focusing on leadership in STEM (IDRC, 2022). stands out. This does not mean that actions, programs, and projects that originate from private initiative are not relevant.

The study by Souza (2019), for example, addresses the disparity between women and men in the corporate world and investigates the transformative moment of two Information Technology companies regarding the adoption of inclusive policies and a culture of diversity, particularly in terms of gender and sexual orientation issues. The results show that these companies are betting on minorities, especially in recruitment, with selection campaigns and promotions focused on specific groups, aiming to 'increase the representativeness of these identity groups in their workforce, as well as investing in educating their employees' (Souza, 2019).

For many companies, Souza (2019, p.38), states, the stance on diversity and inclusion has been 'a matter of strategic positioning. There is a growing trend among corporations to embrace minority causes [...] in a bid to become more competitive and innovative.' Initiatives like the one the author describes are desirable and should be valued.

Moving away from the profit-driven concept inherent in the corporate world, the relevance of this strategic positioning is emphasized. In the case of the public sector, this is achieved through public policies, including punitive ones that encourage students from Basic Education to pursue careers in STEM fields and break the glass ceiling, a metaphor referring to the invisibility of barriers that hinder and prevent women's advancement in their careers (Leite, 1994).

An example in this regard is the Digital Girls Program (Maciel et al., 2018), whose actions and those of partner projects focus on women and girls, due to their decreasing representation in Computational area careers (de Lima et al., 2022).

4. FINAL CONSIDERATIONS

The initiatives to map public policies aimed at combating gender inequality and encouraging the occupation of spaces predominantly held by male figures, due to a history of discrimination, are essential to raise awareness about the importance of women in STEM, in power spaces, decision-making, and the development of public policies.

It's not just about assigning the responsibility to the State to address the continued under-representation of women in prestigious and leadership positions, but about understanding its role in the absence of public policy formulation to combat this reality.

The shift of responsibility with the supposed valorization of the third sector draws attention to its corollary: overlooking the fact that, even today, individual characteristics of workers (gender, in this case) influence salary determination, the type of career pursued, or career progression, even with similar levels of education and experience between men and women, without any sanction.

The discussions throughout this text highlight that the current situation calls for a deepening of public policies aimed at combating discrimination, and for these policies to be increasingly widespread and numerous. This is due to the reality that still shows gender discrepancies and discriminations impacting women's access to STEM careers and their rise to leadership positions.

Furthermore, the importance of building an open data platform, as proposed by the cited Research Project, is emphasized. This project aims, among other objectives, to organize accessible information about Latin America for gender equality policies focusing on leadership in STEM. In this context, more investigations into this theme are crucial as sources of evidence for gaps, issues obscured by sexist discourses, or powerful policies that propel gender issues and increasingly enable equality.

ACKNOWLEDGEMENTS

We express our gratitude for the support of the project Latin American Open Data for gender equality policies focusing on leadership in STEM, to the International Development Research Centre (IDRC), the Foundation for Support and Development of the Federal University of Mato Grosso (UNISELVA), and the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq).

REFERENCES

- Avelino, P. D. S. (2020). A Ciência da Política: Uma Introdução. *Revista Cronos*, 21(1), 131-135
- Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2023). *Indicadores sociais das mulheres no Brasil*. <https://educa.ibge.gov.br/jovens/materias-especiais/21241-indicadores-sociais-das-mulheres-no-brasil.html>

- De Souza, N. P. R. (2019). *Diversidade e inclusão: cultura e percepção em empresas de TI* [Doctoral dissertation, Universidade Federal de Pernambuco].
- Figueiredo, K. D. S., & Maciel, C. (2016). *Reflexões sobre Gêneros, Tecnologia e Processo Vocacional. Anais do Women in Information Technology (WIT 2016)*.
- IDRC. (2022, January 5th). *Gender in STEM Research Initiative: Announcement of projects*. <https://www.idrc.ca/en/news/gender-stem-research-initiative-announcement-projects>
- Leite, C. D. P. (1994). *Mulheres: muito além do teto de vidro*. Atlas, 270.
- de Lima, W. G., Sassi, S. B., Costa, M. F. A. F., & Lara, A. (2022). *Fomento à Equidade de Gênero nas Áreas STEAM: Experiências Formativas do Projeto Meninas Digitais de Mato Grosso*.
- Maciel, C., Bim, S. A., & da Silva Figueiredo, K. (2018). Digital girls program: Disseminating computer science to girls in Brazil. En *Proceedings of the 1st International Workshop on Gender Equality in Software Engineering*.
- Montaño, C. (2002). *Terceiro setor e questão social: crítica ao padrão emergente de intervenção social São Paulo: Cortez*.
- Peroni, V. (2003). *Política educacional e papel do Estado: no Brasil dos anos 1990*. Xamã.
- Tonini, A. M. & Araújo, M. T. de. (2019). A participação das mulheres nas áreas de STEM (Science, Technology Engineering and Mathematics). *Revista de Ensino de Engenharia*, 38(3), 118-125.

ARQUITETURA E PIPELINE DE AUTOMATIZAÇÃO DA GOVERNANÇA DO GRAFO DE CONHECIMENTO DA REDE ELLAS

RODGERS FRITOLI

rodfricoli@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0001-7696-7600>

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

RITA CRISTINA GALARRAGA BERARDI

ritaberardi@utfpr.edu.br

<https://orcid.org/0000-0002-0281-8952>

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

Recibido: 23 de agosto del 2023 / Aceptado: 4 de octubre del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/interfases2023.n018.6623>

RESUMO. Neste artigo é descrita uma proposta de arquitetura de integração de grafos de conhecimento e um pipeline que automatiza a transformação de dados em planilhas em grafos de conhecimento em triplas RDF, para a plataforma de dados abertos da rede de pesquisa ELLAS. O objetivo principal do projeto da rede pesquisa ELLAS é gerar dados comparáveis sobre as lacunas de gênero em STEM na América Latina, e analisar como os dados possuem diferentes fontes e formatos. Para a construção será utilizada web semântica, adicionando significados aos dados. A proposta da arquitetura e do pipeline é para realizar atividades de Extração, Transformação e Carregamento para o armazenamento e disponibilização dos dados para usuários finais.

PALAVRAS CHAVE: arquitetura de grafo de conhecimento / pipeline

ARQUITECTURA Y PIPELINE PARA AUTOMATIZAR EL GOBIERNO DEL GRAFO DE CONOCIMIENTO DE LA RED ELLAS

RESUMEN. Este artículo describe una propuesta de arquitectura de integración de gráficos de conocimiento y un *pipeline* que automatiza la transformación de datos de hojas de cálculo en gráficos de conocimiento en tripletas RDF para la plataforma de datos abiertos de la red de investigación ELLAS. El objetivo principal del proyecto de la red de investigación ELLAS es generar datos comparables sobre brechas de género en STEM en América Latina, y como los datos tienen diferentes fuentes y formatos para su construcción, se utilizará la web semántica, agregando significados a los

datos. La propuesta de arquitectura y pipeline es realizar actividades de (Extracción, Transformación y Carga) para almacenar y poner los datos a disposición de los usuarios finales.

PALABRAS CLAVE: arquitectura de gráfico de conocimiento / *pipeline*

ARCHITECTURE AND PIPELINE FOR AUTOMATING ELLAS NETWORK KNOWLEDGE NETWORK GOVERNANCE

ABSTRACT. In this article, a proposed architecture for integrating knowledge graphs and a pipeline that automates the transformation of spreadsheet data into RDF triple knowledge graphs for the open data platform of the ELLAS research network is described. The main goal of the ELLAS research network project is to generate comparable data on gender gaps in STEM in Latin America, and since the data comes from various sources and formats, semantic web will be used to add meaning to the data. The architecture and pipeline proposal is to perform Extract, Transform, and Load (ETL) activities for data storage and availability to end users.

KEYWORDS: knowledge graph architecture / pipeline

1. INTRODUÇÃO

A baixa representatividade de mulheres na área de STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) é um problema complexo, pois as mulheres precisam enfrentar desafios sociais e culturais para alcançar um cargo de liderança ou seguir na área de STEM (Branisa et al., 2021; Guzman et al., 2020; Hyvönen, 2020). A compreensão desse cenário exige a análise de diversas variáveis, como: dados demográficos, cultura, religião, dados governamentais, pois seria muito superficial afirmar, por exemplo, que somente estereótipos de gênero ou falta de modelos femininos de sucesso possam desencorajar as mulheres a seguirem em STEM, a questão vai além. A presença das mulheres tem aumentado na ciência de uma forma global, porém existe uma representação baixa nas áreas de conhecimento de ciências exatas e engenharias. Uma iniciativa do governo brasileiro, através de uma entidade ligada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações para incentivo à pesquisa no Brasil (CNPq), foi criar o programa Mulher e Ciência. Espera-se que ações como essas possam se transformar em uma política pública que visa a reduzir a segregação horizontal e vertical das mulheres nas áreas STEM (Graphdb Ontotext, 2023).

A análise dos motivos da baixa representatividade requer a compreensão de dados provenientes de várias fontes e formatos, pois atualmente não existe uma fonte de informação única que abranja completamente esse tema, e de uma forma centralizada, o cenário atual também não é preciso. Neste domínio, é mais comum encontrar dados presentes em diversos artigos, porém os pesquisadores, quando realizam o levantamento, de modo geral, não deixam os dados disponíveis para reaproveitamento por outros pesquisadores de forma estruturada. Outro problema é que mesmo em plataformas existentes, há falta sobre dados no contexto latino, a exemplo, temos a plataforma da UNESCO que possui em suas bases de dados informações relacionadas à causa, porém não existem dados da América Latina.

Outro cenário é a devida filtragem de dados relacionados à causa, em bases que não possuem este fim, mas que podem contribuir com a discussão, como é o caso das bases do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (INEP)¹ que disponibiliza seus dados em diversas planilhas, tornando difícil a busca de informação sem que haja um pré-processamento dos dados. Por fm, as informações não chegam para quem tem poder de tomada de decisão, por exemplo pessoas responsáveis por criar políticas públicas para discutir o problema, pois o espalhamento, a não padronização e a falta de fontes centralizadas torna a tarefa de realizar análises precisas e identificar padrões consistentes bastante onerosa e difícil.

1 <https://www.gov.br/inep/pt-br>

A plataforma desenvolvida pela rede ELLAS² de pesquisa tem como objetivo providenciar uma maneira de centralizar esses dados que não estão conectados e, assim, favorecer que pesquisadores produzam estudos para recomendações de políticas para instituições públicas e privadas. Tal produção está concentrada em três países da América do Sul (Brasil, Bolívia e Peru) e pretende abordar sistematicamente a questão da liderança feminina em STEM revisando a literatura internacional. A ideia é criar uma plataforma de dados abertos e conectados por ontologias (assegurando sua organização, acessibilidade e reutilização) (de Araújo e Tonini, 2020), com o intuito de simplificar e incentivar o uso por qualquer indivíduo interessado no tema.

Para esse tema ainda não existe uma arquitetura bem definida que organize e conecte todos os dados produzidos por diferentes equipes, com uma curadoria dos dados desde o recebimento em sua forma mais crua até o processo de transformação dos dados em triplas e conexão, automatização das cargas de dados e condução dos dados até o processo de disponibilização dos dados. A arquitetura proposta não terá a responsabilidade de efetuar o tratamento dos dados em sua forma bruta, uma vez que esse procedimento será conduzido pelas equipes multidisciplinares. O fluxo de dados direciona as informações para o estágio de carregamento, onde a ontologia será aplicada, os dados serão convertidos em triplas e, por último, a disponibilização do acesso será realizada.

Os dados não seguirem um padrão de colunas é um fator dificultador e torna difícil uma abordagem para extrair, transformar e carregar (ETL). A utilização de um banco de dados relacional para este tipo de projeto não é recomendada, por conta disto foi previamente escolhido um banco de dados que comporte web semântica e a carga de ontologias, além disso, o banco escolhido possui diversas formas de componentes de conexão que permite a conectividade perfeita e simplifica a construção do grafo de conhecimento.

Uma das decisões quanto à arquitetura e governança diz respeito à adoção de um servidor em uma nuvem, o que pode escalar de uma forma não esperada o consumo de recurso financeiro, para tal monitorar será necessário criar relatórios de acompanhamento de consumo de processamento e memória. O objetivo é construir uma arquitetura para um processo de conexão automatizado, conduzindo os dados desde o seu formato original até a sua integração no grafo de conhecimento semântico, que será utilizado o triplestore GraphDB a infraestrutura de cloud computing escolhida será a AWS.

2. ARQUITETURA DO SISTEMA

Até o momento foi realizado um piloto de configuração de um servidor na AWS para começar a realizar alguns testes com o pipeline a ser desenvolvido. Para a instalação do

2 <https://ellas.ufmt.br/pt/inicio/>

GraphDB e do Pentaho Data Integration foi criado um servidor na AWS. Este servidor foi configurado com uma capacidade básica de 4 GB de RAM e está utilizando o sistema operacional Windows Server 2022. Foi instalada a versão 10.2 do GraphDB Desktop. Para permitir o acesso externo ao servidor, foi necessário liberar as portas 7200 e 7333 no firewall. Essa configuração permite que as conexões sejam estabelecidas com o GraphDB e o Pentaho Data Integration a partir de fontes externas, permitindo o gerenciamento destas plataformas, Na Figura 1 é possível visualizar de forma sintética como está projetada a proposta da Arquitetura e do Pipeline.

O GraphDB é um banco de dados orientado a grafos, ou um triplestore, que permite armazenar dados complexos e altamente conectados. É especialmente adequado para a utilização de web semântica para aplicações como redes sociais, informações geoespaciais, Ontologias e Grafos de conhecimento (W3C, 2023). O GraphDB suporta diversos formatos, incluindo RDF, OWL, JSON e CSV, facilitando a importação e exportação de dados.

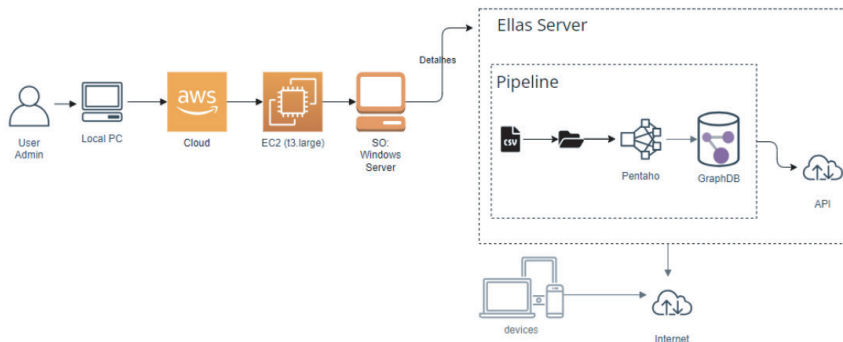
Além da definição da arquitetura e de ferramentas de armazenamento e processamento, é necessário projetar um Pipeline que prevê a manipulação dos dados desde a sua forma crua até a forma final a ser armazenada e disponibilizada. Um dos dados presentes na plataforma é coletado pelos especialistas do domínio mulheres em STEM, que coletaram dados da literatura e estruturaram em planilhas. Para incluí-los no banco de dados é necessário instanciar a ontologia, por meio de um processo de triplificação que é a conversão de dados em triplas. A triplificação é um processo que transforma os dados em um formato padrão para triplas RDF, seguindo o modelo de sujeito-predicado-objeto (W3C, 2023). No entanto, considerando a variabilidade das bases de dados e visando uma escalabilidade da plataforma, é necessário adotar uma abordagem de modelagem de dados e realizar uma etapa de preparação dos dados antes da triplificação.

A modelagem de dados envolve a definição dos conceitos, propriedades e relações relevantes para representar os dados de forma semântica, alinhada à ontologia desenvolvida pela rede ELLAS de pesquisa. Essa etapa é importante para garantir a correta representação dos dados e permitir a realização de consultas e inferências significativas.

Na Figura 1, observa-se uma versão macro da arquitetura composta pelo método de acesso pelo cloud computing AWS. Através de uma estação local do administrador da arquitetura, o serviço da AWS, chamado EC2, que é a plataforma em que o usuário pode criar máquinas virtuais, o desenho macro do pipeline orquestrado pelo Pentaho Data Integration e a representação da saída para os usuários consumidores

Figura 1

Versão Inicial e compacta da Arquitetura do Sistema

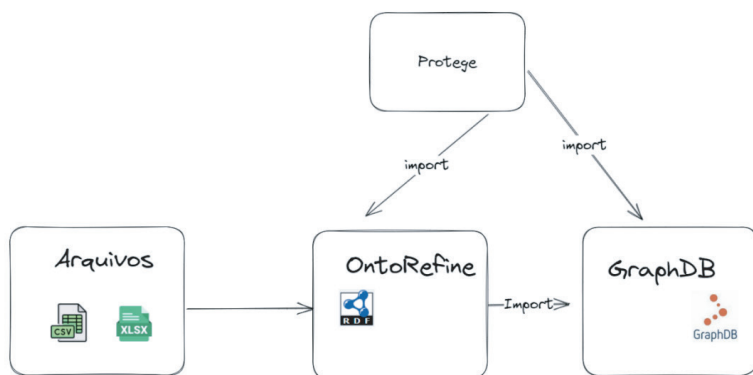


3. PIPELINE

Inicialmente, o processo de importação de dados é realizado de forma manual, envolvendo a leitura de arquivos em formatos de planilha. Em seguida, esses dados são processados no Ontotext Refine³, em que são realizadas etapas de limpeza e mapeamento. Posteriormente, os dados são importados manualmente no formato RDF para o banco GraphDB. O processo de carga manual está ilustrado na Figura 2.

Figura 2

Pipeline manual

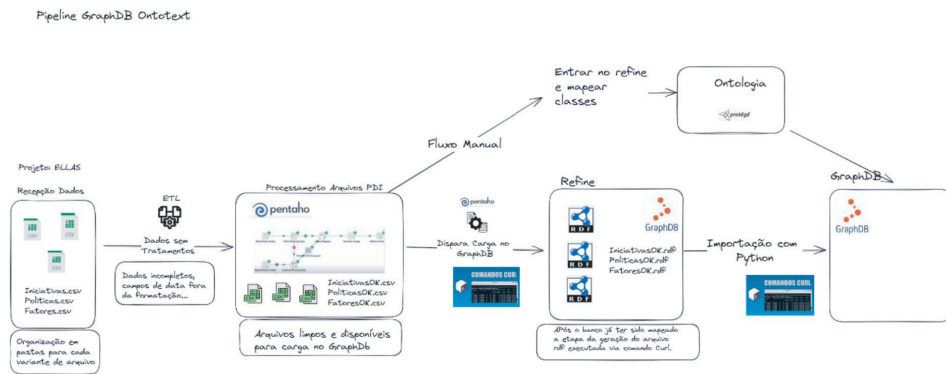


O cenário manual foi útil para criar e testar o processo, no entanto, pode ser trabalhoso e propenso a erros, demandando esforços consideráveis por parte dos usuários, além de não ser escalável e sustentável a longo prazo. Para melhorar a eficiência do

3 <https://www.ontotext.com/products/ontotext-refine/>

processo de carga de dados, desenvolveu-se uma abordagem automatizada, utilizando o Pentaho Data Integration como orquestrador. Na Figura 3 é possível observar que para automatizar o processo manual foi necessário a definição dos seguintes passos: Definir a ferramenta de orquestração; realizar o processo de processamento do Ontotext Refine via comando; exportar os arquivos em formato RDF e gravar no banco de dados, todas as etapas sem intervenção manual.

Figura 3
Pipeline automatizado



4. ACESSO À PLATAFORMA POR MEIO DO ENDPOINT SPARQL

Finalmente, para o acesso aos dados é necessário disponibilizar os dados para consultas, sem uma preocupação com a usabilidade para usuários e sem conhecimento técnico. No contexto em que o GraphDB não possui um endpoint genérico para consultas SPARQL, desenvolveu-se na configuração piloto do servidor uma página HTML para suprir essa lacuna, permitindo execuções diretas de consultas. Enquanto muitas abordagens exigem ferramentas externas, a escolha aqui foi integrar-se diretamente ao GraphDB via HTML personalizado, simplificando o processo. A solução, ilustrada na Figura 4, oferece aos usuários mais técnicos uma interface acessível para consultas SPARQL, beneficiando especialmente aqueles usuário já familiarizados com a linguagem SPARQL e possibilita uma conexão com os dados em aplicações que sejam desenvolvidas com base nos dados da rede ELLAS. Para a implementação, a linguagem de programação Python foi utilizada.

No Python, foi empregada a biblioteca `rdflib`, que permite a leitura e conexão com o GraphDB. Para a criação da página web, foi utilizado o framework Flask para renderizar o template HTML. Essa abordagem permitiu criar, Figura 4, uma solução customizada para a execução de consultas SPARQL no GraphDB, integrando a biblioteca `rdflib` e o framework Flask para fornecer uma interface simples ao usuário na página HTML.

Figura 4

Endpoint de consulta Sparql

Projeto Ellas Atividade 14

```
select ?initiativeName ?countryName where {  
  ?initiative a Ellas:Initiative.  
  ?initiative rdfs:label ?initiativeName.  
  
  ?initiative Ellas:hasCountry ?country.  
  ?country rdfs:label ?countryName.  
  
  filter(?countryName = "Brazil").  
  
} limit 10
```

Executar

Resultados

countryName	initiativeName
Brazil	#include <girls> UFU
Brazil	#include <meninas.uff>
Brazil	Coda, girl Jo
Brazil	Agora sou Dev Jaqueline
Brazil	AI Girls
Brazil	Caliandras Digitais
Brazil	Codai Mulheres Cientistas
Brazil	Compiladoras
Brazil	Cunhantã Digital
Brazil	Dev Girls Maringá

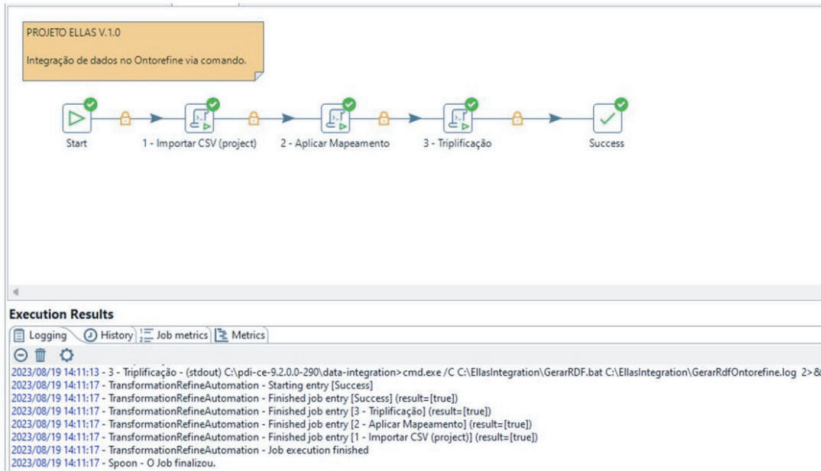
Exportar

5. RESULTADOS INICIAIS

O projeto está em desenvolvimento e a proposta de integração automatizada foi simulada com uma amostra de 300 linhas de dados extraídos da literatura e estruturados pelos especialistas de domínio. Na integração dos arquivos do projeto foi utilizado o Pentaho Data Integration, aproveitou-se o mapeamento e a ontologia previamente estabelecidos para esta tarefa. O Pentaho localiza os arquivos no diretório especificado, inicia um projeto no Ontotext Refine através de um comando e aplica o mapeamento aos dados tabulares. Isso prepara os dados para a conversão em triplas RDF (Resource Description Framework), o formato compatível com o GraphDB. Após a geração do arquivo RDF, os dados são registrados com sucesso no banco de dados. O processo de orquestração pode ser visto na figura 5 e o exemplo da execução.

Figura 5

Transformação de dados e inserção de dados com Pentaho



O uso deste piloto inicial mostrou benefícios e que as decisões quanto às ferramentas estão adequadas para o projeto. O desenvolvimento de um pipeline automatizado executou com excelência os mesmos passos desenvolvidos na versão manual do processo, o que mostra que a arquitetura satisfaz as necessidades iniciais para o desenvolvimento da plataforma. Com a solução em uso, vislumbra-se potenciais melhorias. A integração da biblioteca rdflib ao framework Flask pode ser ampliada para funcionalidades adicionais e melhor experiência na página HTML.

6. CONCLUSÕES

Foi descrita, neste artigo, uma arquitetura com pipeline para automatização de processo de conversão de dados em planilhas para grafos de conhecimento RDF. Foi realizada uma simulação completa da Arquitetura, orquestrando a integração de dados e otimizando a gestão e consulta de dados. Com a infraestrutura proposta estabelecida, torna-se possível criar interfaces de consulta eficientes e soluções de integração de dados personalizada.

No entanto, a atual arquitetura não prevê estratégias avançadas de clusterização e redundância de dados. Se a plataforma exigir elementos de alta disponibilidade, escalabilidade e soluções é indicado o Kafka, conhecido por sua capacidade robusta de processamento e cargas de dados, que poderia ser considerado para aprimorar a arquitetura proposta. Assim, como proposta para futuras pesquisas, recomenda-se a investigação de mecanismos de clusterização e a integração de ferramentas como o Kafka para fortalecer e expandir a capacidade da infraestrutura proposta. Uma perspectiva interessante é a integração com modelos de linguagem, como o ChatGPT,

proporcionando uma interface conversacional e facilitando consultas naturais ao GraphDB.

Com a adição de uma interface, as consultas aos grafos podem se tornar mais intuitivas, os usuários não precisariam saber a sintaxe específica da consulta SPARQL ou teriam a possibilidade de fazer perguntas em linguagem natural. Outro ponto importante é integração dos grafos com componentes de visualização de dados.

7. REFERÊNCIAS

- Branisa, B., Cabero, P., & Guzman, I. (2021). *The main factors explaining IT Career Choices of Female Students in Bolivia*. AMCIS 2021 Proceedings.
- De Araújo, M. T., & Tonini, A. M. (2020). A PARTICIPAÇÃO DAS MULHERES NAS ÁREAS DE STEM (SCIENCE, TECHNOLOGY ENGINEERING AND MATHEMATICS). *Revista de Ensino de Engenharia*, 38(3). <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/1693/905>
- Graphdb Ontotext. (2023). *What is GraphDB?* <https://graphdb.ontotext.com/documentation/>
- Guzman, I., Berardi, R., Maciel, C., Cabero Tapia, P., Marin-Raventos, G., Rodriguez, N., & Rodriguez, M. (2020). *Gender Gap in IT in Latin America*. AMCIS 2020 Proceedings.
- Hyvönen, E. (2020). *Linked Open Data Infrastructure for Digital Humanities in Finland*. CEUR Workshop Proceedings. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-202101251587>
- W3C. (2023a). *Resource Description Framework (RDF)*. <https://www.w3.org/RDF/>
- W3C. (2023b). *Web Semântica*. <https://www.w3.org/standards/semanticweb/>

FOMENTO À PERMANÊNCIA DE MULHERES ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO E CRIAÇÃO DE OPORTUNIDADES PARA CARREIRAS EM STEM

ALESSANDRA FERREIRA DOS SANTOS

alessandra.atacado@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-4762-9669>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

ANA LARA CASAGRANDE

ana.casagrande@ufmt.br

<https://orcid.org/0000-0002-6912-6424>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

CRISTIANO MACIEL

cristiano.maciел@ufmt.br

<https://orcid.org/0000-0002-2431-8457>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Recibido: 21 de agosto del 2023 / Aceptado: 4 de octubre del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/interfases2023.n018.6606>

RESUMO. Neste estudo, pretende-se compreender como as políticas públicas podem mitigar os desafios complexos vinculados à desigualdade de gênero no Ensino Médio no Brasil. Discute-se o papel das políticas públicas para lidar com questões de gênero, com foco no Ensino Médio, etapa que possibilita a superação de desafios enfrentados pelas mulheres em suas trajetórias de estudos, principalmente nas carreiras STEM (Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática).

PALAVRAS CHAVE: políticas públicas / desigualdade de gênero / Ensino Médio / evasão e abandono escolar / carreias STEM

FOMENTAR LA PERMANENCIA DE LAS MUJERES EN LA ENSEÑANZA SECUNDARIA Y CREAR OPORTUNIDADES PARA LAS CARRERAS STEM

RESUMEN. El objetivo de este estudio es entender cómo las políticas públicas pueden mitigar los complejos desafíos vinculados a la desigualdad de género en la enseñanza secundaria en Brasil. Se discute el papel de las políticas públicas en el tratamiento de las cuestiones de género, con foco en la enseñanza media, etapa que permite superar

los desafíos enfrentados por las mujeres en sus trayectorias de estudio, especialmente en las carreras STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas).

PALABRAS CLAVE: políticas públicas / desigualdad de género / educación secundaria / abandono escolar / carreras STEM

ENCOURAGE WOMEN TO REMAIN IN SECONDARY EDUCATION AND CREATE OPPORTUNITIES FOR STEM CAREERS

ABSTRACT. In this study, we intend to understand how public policies can mitigate the complex challenges linked to gender inequality in high school in Brazil. The role of public policies in dealing with gender issues is discussed, with a focus on high school, a stage that makes it possible to overcome challenges faced by women in their study trajectories, especially in STEM careers (Science, Technology, Engineering and Mathematics).

KEYWORDS: public policies / gender inequality / secondary education / school dropouts / STEM careers

1. INTRODUÇÃO

No âmbito do Ensino Médio, etapa final da Educação Básica brasileira, emerge uma problemática: a evasão escolar de gênero. Tal fenômeno aponta para a urgente necessidade de políticas públicas eficazes que abordem as complexas causas que levam as mulheres a abandonarem os estudos nesse estágio crucial da formação educacional. Políticas essas (compreendidas em sentido amplo, estendendo-se aos programas e às ações direcionadas ao fim coletivo, como dimensão essencial do funcionamento da sociedade e cujo direcionamento se dá via Estado) que considerem os desafios mais complexos direcionados às mulheres e que deem suporte para mitigá-los. Elas são as jovens que deveriam estar na escola - isto é, compor as 7.866.695 matrículas registradas no Ensino Médio em 2022 (Censo da Educação Básica 2022: notas estatísticas, 2023), mas não estavam.

Embora jovens homens apresentem maiores taxas de distorção (aprovação, reprovação e abandono) no Ensino Médio (Censo da Educação Básica 2022: notas estatísticas, 2023), não se pode desconsiderar a quantidade de mulheres jovens que abandonam os estudos para atender às necessidades da prole, por exemplo.

No campo educacional, há que se considerar que, historicamente, parte significativa da sociedade foi alijada “do acesso a uma educação de qualidade socialmente referenciada está sempre à vida por qualquer migalha que lhe seja atirada” (Moura et al., 2015).

O recorte de gênero é pertinente (sobretudo alinhado ao fator sócio-econômico-racial), pois há elementos que impactam a permanência das jovens no Ensino Médio, como a gravidez. Dados importantes mostram uma proporção de 75,7% das meninas com idade entre 10 e 17 anos com filhos fora da escola (Fontoura e Pinheiro, 2009), “o que evidencia as dificuldades encontradas para engajar-se em alguma atividade fora de casa com um filho pequeno para cuidar” (Fontoura e Pinheiro, 2009). Impele-se a refletir sobre a maternidade como fenômeno de transição para a vida adulta com ressonâncias para o futuro e carreiras das mulheres.

Além disso, a carência econômica é citada por estudiosos como uma das principais causas para o abandono dos estudos (Gatsi et al. 2020). Outros fatores englobam: a falta de entusiasmo pela educação, uma sensação de desvalorização dentro do ambiente escolar, experiências negativas no contexto educacional (como métodos de ensino rígidos e falta de suporte por parte dos educadores e administradores) e a convicção das estudantes de que a vida fora da escola possui perspectivas mais favoráveis (Valencia et al., 2023). A literatura global também salienta a ausência de modelos inspiradores dentro das instituições de ensino como um elemento crucial para a retenção das estudantes (Chikhungu et al. 2020).

Ademais, a evasão escolar de estudantes do sexo feminino é influenciada tanto por fatores internos ao ambiente escolar quanto externos a ele, afetando a formação das

jovens (Chikhungu et al. 2020). Aspectos como desempenho acadêmico insatisfatório, repetência, idade avançada, baixa qualidade educacional, falta de referências positivas e longas distâncias de deslocamento são alguns dos desafios intrínsecos à instituição escolar. No âmbito externo, a pobreza, casamentos prematuros e forçados, gravidez, bem como atitudes desfavoráveis por parte dos pais em relação à educação das mulheres, desempenham um papel significativo (Shoshana, 2020).

Dahal et al. (2019) destacam que alguns aspectos como: a dimensão de gênero no contexto escolar; um ambiente desfavorável para mulheres durante o período menstrual; a ausência de locais na escola que permitam que elas preservem sua privacidade; e, a escassez de professoras nas instituições educacionais - indicam a contribuição das escolas para que a geração de desigualdades de poder se perpetue dentro do sistema escolar.

Nesse contexto, o programa *Parent in Science* surge como uma resposta direcionada à luta contra os desafios enfrentados pelas mães cientistas, abraçando a missão de promover a igualdade de gênero. Através de recursos, orientação e eventos, o programa visa a conscientização sobre as barreiras que as mães cientistas enfrentam, ao mesmo tempo que facilita redes de apoio, permitindo o equilíbrio entre suas responsabilidades parentais e atividades acadêmicas (Parent in Science, 2023). Uma de suas iniciativas visa desenvolver e aprimorar políticas para impulsionar a igualdade de gênero, garantindo oportunidades equitativas para mães e cuidadoras progredirem em suas trajetórias profissionais. O programa reconhece que enfrentar os desafios de igualdade e inclusão em STEM requer uma abordagem que leve em consideração várias dimensões interligadas (Parent in Science, 2023).

Diante disso, foi conduzido um levantamento bibliográfico com o propósito de explorar a relação entre a evasão e abandono escolar de jovens mulheres no Ensino Médio e suas consequências na formulação de planos futuros e trajetórias profissionais. Além disso, buscou-se examinar o papel das políticas públicas na abordagem das questões de gênero, com um enfoque particular no Ensino Médio. Essa etapa educacional emerge como um cenário propício para a superação dos obstáculos que as mulheres enfrentam em suas jornadas educacionais, sobretudo nas carreiras STEM (Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática).

Portanto, o propósito central deste estudo é compreender como as políticas públicas podem mitigar os desafios complexos vinculados à desigualdade de gênero no Ensino Médio no Brasil.

2. METODOLOGIA

Esta pesquisa consiste em uma revisão bibliográfica de abordagem qualitativa. De acordo com Gil (2022), a condução de uma pesquisa bibliográfica, semelhante a qualquer outra investigação, segue uma série de etapas. O número e a ordem dessas etapas

podem variar dependendo de diversos fatores, como a complexidade do problema em questão, o nível de conhecimento do pesquisador sobre o tema, e o grau de precisão desejado na pesquisa.

No entanto, Gil (2022) aponta que, com base na experiência acumulada pelos especialistas, pode-se afirmar que a maioria das pesquisas bibliográficas segue, pelo menos, as etapas a seguir: escolha do tema; levantamento bibliográfico preliminar; formulação do problema; elaboração do plano provisório da pesquisa; identificação das fontes; localização das fontes; obtenção do material de interesse para a pesquisa; leitura do material; tomada de apontamentos; fichamento; construção lógica do trabalho e por último, a redação do relatório.

Nessa perspectiva, as buscas se basearam na seguinte pergunta norteadora: como a evasão escolar de jovens mulheres no Ensino Médio afeta a construção de seus projetos de futuro e carreiras, e quais são as implicações dessa relação? Dentro desse contexto, a investigação bibliográfica foi realizada nas bases de dados Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), *Science Direct*, Google Acadêmico, finalizada com uma busca manual nas listas de referências dos trabalhos elegidos. A busca compreendeu os seguintes descritores: Políticas públicas; desigualdade de gênero; STEM; juventudes; Ensino Médio; evasão e abandono escolar. Foram incluídos na investigação artigos originais, de revisão e literatura cinzenta no idioma português.

Desse modo, os resultados da presente revisão bibliográfica, visam apresentar estudos e políticas públicas afim de mitigar o cenário de evasão e abandono escolar das jovens do Ensino Médio. Assim, ponderando as temáticas pertinentes à pergunta norteadora, os resultados foram subdivididos em três seções. A primeira seção trata-se sobre a Carreira e possibilidades direcionadas às jovens. Na segunda aborda-se sobre a permanência na escola e suporte para o futuro das juventudes brasileiras. Por fim, nas considerações finais são preconizadas algumas perspectivas para a discussão sobre a evasão e abandono escolar entre jovens no Ensino Médio e suas desigualdades de gênero assim como, os impactos as oportunidades futuras.

3. CARREIRA E POSSIBILIDADES DIRECIONADAS ÀS JOVENS

No contexto educacional, os termos “abandono escolar” e “evasão escolar” são frequentemente empregados para descrever situações em que estudantes interrompem sua frequência às aulas, mas com nuances distintas. O abandono escolar ocorre quando um estudante deixa de participar das atividades escolares antes de concluir o período letivo ou ciclo educacional, podendo ser influenciado por diversos fatores individuais (Silva et al., 2017; Lima et al., 2022). O Instituto de Estatística da Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (Unesco) define o abandono como a “proporção de

alunos de uma coorte matriculada em uma determinada série em um determinado ano escolar que não está mais matriculado no ano escolar seguinte” (Unesco, 2009).

Por outro lado, a evasão escolar é um fenômeno mais abrangente, indicando a saída definitiva de estudantes de uma instituição ou sistema educacional, frequentemente relacionada às questões estruturais, socioeconômicas e de qualidade de ensino. Ambos os cenários impactam negativamente o acesso à educação e o desenvolvimento acadêmico, exigindo abordagens específicas para enfrentar esses desafios (Dore e Lüscher, 2011).

O caráter permanente da evasão faz com que ela se torne um grande desafio. Para preveni-la, é fundamental garantir um ambiente escolar inclusivo, com uma infraestrutura física adequada, um corpo docente capacitado e comprometido, além de ampliar as opções de cursos em tempo integral, idiomas e capacitação digital (Anuto, 2013). Para a melhoria do sistema educacional é essencial um compromisso conjunto, perpassado pela atuação do Estado.

Verifica-se uma desigualdade de gênero em determinadas carreiras, sobretudo nas STEM, e uma disparidade na presença feminina nos cursos de Tecnologia da Informação. Um problema influenciado por diversos fatores, tais como a predominância masculina, a falta de modelos femininos e obstáculos como a falta de informações sobre oportunidades, a desigualdade de tratamento, o assédio e o preconceito, que prejudicam a confiança das jovens no pensamento científico e estão relacionados ao gênero, o que resulta em altas taxas de evasão (Santana et al., 2017).

Essa disparidade pode ser reduzida quando mulheres jovens têm igual confiança em suas habilidades. Iniciativas de empoderamento como a promoção da autonomia, o acesso aos recursos de capacitação, a autoconfiança e a proatividade podem reduzir a evasão nos cursos de Tecnologia da Informação e aumentar a presença das estudantes em carreiras científicas (Santana et al., 2017).

Além disso, um estudo nos Estados Unidos (Mau e Li, 2018) com estudantes do Ensino Médio mostrou que a rede de apoio familiar, a influência da escola e a autoeficácia profissional são importantes na tomada de decisão de carreira nas áreas STEM por estudantes sub-representados, como mulheres. Observa-se que os três aspectos elencados podem também aplicar-se à realidade brasileira, de modo que se acredita que as políticas públicas promotoras de uma cultura inclusiva e equitativa nas escolas são importantes para que essas estudantes se sintam apoiadas e incentivadas a dar sequência nas carreiras. Desse modo, políticas públicas que promovam uma cultura inclusiva e equitativa nas escolas são importantes para que essas estudantes se sintam apoiadas e incentivadas a dar sequência nas carreiras.

Há algumas estratégias sendo adotadas no Brasil para fomentar uma cultura inclusiva e equitativa nas escolas, visando o apoio e incentivo às estudantes em suas trajetórias educacionais e carreiras. Isso inclui a implementação de políticas educacionais

promotoras da igualdade de gênero, programas de capacitação para docentes, desenvolvimento de currículos abordando temas de gênero, acesso a recursos educativos diversificados, criação de clubes e grupos de apoio, estímulo à participação em áreas STEM, campanhas de conscientização, apoio financeiro e sistemas de avaliação para monitoramento contínuo dos progressos alcançados. Tais medidas combinadas potencialmente criam um ambiente educacional mais inclusivo e diversificado, incentivando os estudantes a trilharem carreiras por meio de escolhas desgarradas de preconceitos (Maia Vidal et al. 2022; Souto e Souto 2022).

Nesse contexto, a seção subsequente tratará de algumas medidas governamentais do Brasil que têm como objetivo promover uma atmosfera de inclusão e igualdade nas instituições escolares. Essas políticas buscam respaldar e estimular as mulheres estudantes ao longo de suas jornadas educativas e profissionais.

4. PERMANÊNCIA NA ESCOLA E SUPORTE PARA O FUTURO DAS JUVENTUDES BRASILEIRAS

No Brasil, o Estatuto da Juventude, em vigor desde 2013, estabelece diretrizes para as políticas públicas direcionadas às juventudes, do qual deriva o Sistema Nacional de Juventude. Esse sistema visa promover o acesso a serviços como educação, saúde, cultura, etc., além de fomentar a inclusão social, a participação cidadã e o respeito à diversidade Brasil (2013). Aborda-se o conceito de juventudes, no plural, como modo de contemplar a multiplicidade que a categoria congrega na sociedade brasileira.

O Programa de Proteção e Promoção da Saúde Menstrual, através da Lei 14.214/2021 pode ser um exemplo de política pública que subsidia a permanência na escola. Ela determina que as cestas básicas contendam, obrigatoriamente, itens essenciais para higiene, dentre eles, o absorvente higiênico feminino. Segundo da Silva e Lopes (2022), a falta de instalações adequadas, tanto nas casas quanto nas escolas, resulta em múltiplos obstáculos para os jovens preservarem a higiene menstrual de maneira digna e segura. Como resultado, a ausência de condições apropriadas para essa higiene contribui para a evasão escolar.

Com vistas a promover a expansão das perspectivas futuras das jovens nas carreiras STEM, há o Programa Meninas Digitais. Criado em 2011 na Secretaria Regional do Mato Grosso, da Sociedade Brasileira de Computação e institucionalizado por esta sociedade em 2015, ele visa disseminar a computação e tecnologia entre meninas e mulheres, contribuindo para reduzir as desigualdades de gênero nesse campo e fortalecer a representatividade feminina (Ribeiro et al., 2020).

Embora não seja de diligência estatal, destaca-se o projeto supracitado pelo foco na equidade de gênero e inspiração para a orientação de ações nesse âmbito. Além de incentivar mulheres a buscarem carreiras científicas e tecnológicas, o projeto aborda

questões de gênero em diversas profissões e fomenta as lideranças femininas (Lima et al., 2022).

O programa e seus PROJETOS parceiros realizam uma variedade de atividades, como eventos, oficinas, palestras, pesquisas e criação de materiais. A divulgação é feita por meio de websites, redes sociais, eventos nacionais e internacionais, com um comitê administrativo dedicado à disseminação do campo da Computação, como exemplo temos o projeto Meninas Digitais Mato Grosso (Lima et al., 2022).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A evasão e o abandono escolar entre jovens estudantes do Ensino Médio gera impactos nas oportunidades de emprego, menor renda, barreiras para o desenvolvimento pessoal e profissional, entre outros. Além da perpetuação dos ciclos de carência sócio-econômico-cultural, que dimanam na desigualdade de gênero. Assim, ressalta-se a importância de políticas públicas que promovam a igualdade de gênero na educação e incentivem a permanência das mulheres no sistema educacional.

Nesse sentido, na escola é possível explorar o potencial das juventudes para seu desenvolvimento, para o exercício da cidadania e para sua qualificação profissional, logo, a não participação nesse espaço formativo afeta diretamente as escolhas e a projeção de futuro em carreiras promissoras, especialmente para os jovens do Ensino Médio. Portanto, a implementação da ação e das políticas públicas elencadas é imprescindível para combater de forma institucional as discrepâncias no acesso às oportunidades.

AGRADECIMENTOS

A concretização desta pesquisa foi viabilizada por meio do apoio do International Development Research Centre - IDRC, da Fundação de Apoio e desenvolvimento da Universidade Federal de Mato Grosso - UNISELVA, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

- Anuto, T. F. (2013). *Evasão escolar no ensino médio: possíveis inferências para mudar esse cenário*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- Brasil. (2013). *Institui o Estatuto da Juventude e dispõe sobre os direitos dos jovens, os princípios e diretrizes das políticas de juventude e o Sistema Nacional de Juventude – SINAJUVE*. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/l12852.htm

- Censo da Educação Básica 2022: notas estatísticas. (2023). *Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira | Inep*. <https://www.gov.br/inep/pt-br/centrais-de-conteudo/acervo-linha-editorial/publicacoes-institucionais/estatisticas-e-indicadores-educacionais/censo-da-educacao-basica-2022-notas-estatisticas>
- Chikhungu, L., Kadzamira, E., Chiwaula, L., & Meke, E. (2020). Tackling girls dropping out of school in Malawi: Is improving household socio-economic status the solution? *International Journal of Educational Research*, 103(101578), 101578. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101578>
- Dahal, T., Topping, K., & Levy, S. (2019). Educational factors influencing female students' dropout from high schools in Nepal. *International Journal of Educational Research*, 98, 67-76. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2019.08.010>
- Dore, R., & Lüscher, A. Z. (2011). Permanência e evasão na educação técnica de nível médio em Minas Gerais. *Cadernos De Pesquisas*, 41(144), 770-789. <https://doi.org/10.1590/s0100-15742011000300007>
- Fontoura, N. de O., & Pinheiro, L. S. P. (2009). Síndrome de Juno: gravidez, juventude e políticas públicas. In Castro, J. A. de, Aquino, Luseni Maria C. de, & Andrade, Carla Coelho de (Eds.), *Juventude e políticas sociais no Brasil* (pp. 149-165).
- Gatsi, R., Omidire, M. F., & Human-Vogel, S. (2020). Conceptualization of the Premature School Exit Phenomenon in Mashonaland Region of Zimbabwe: The Voice of Early School Leavers. *Journal of Black Psychology*, 46(2-3), 228-260.
- Gil, A. C. (2022). Como elaborar projetos de pesquisa (7.^a ed.). Atlas.
- Lima, W. G. de, Maciel, C., Casagrande, A. L., Sassi, S. B., & Nunes, M. F. A. F. (2022). STEAM, Gênero e Ensino Médio: ações da extensão em parceria com o Meninas Digitais Mato Grosso. En *Anais do XVI Women in Information Technology (WIT 2022)*.
- Maia Vidal, E., Gonçalves Costa, A., Sírío Oliveira, A. G. L., & Nunes Estrela, E. (2022). Mobilizando Jovens para o Ensino Superior: O Caso do Ceará, Brasil. *Revista iberoamericana de evaluación educativa*, 15(1). <https://doi.org/10.15366/riee2022.15.1.007>
- Mau, W.-C. J., & Li, J. (2018). Factors influencing STEM career aspirations of underrepresented high school students. *The Career Development Quarterly*, 66(3), 246-258. <https://doi.org/10.1002/cdq.12146>
- Moura, D. H., Lima Filho, D. L., & Silva, M. R. (2015). Politecnia e formação integrada: confrontos conceituais, projetos políticos e contradições históricas da educação brasileira. *Revista Brasileira de Educação*, 20(63), 1057-1080. <https://doi.org/10.1590/s1413-24782015206313>

- Parent In Science. (2023). *Parent In Science*. <https://www.parentinscience.com/>
- Ribeiro, K. S. F. M., Maciel, C., Bim, S. A., & Amaral, M. A. (2020). Gênero e tecnologias. In Maciel, Cristino, & Viterbo, José (Eds.), *Computação e Sociedade* (p. 270). Cuiabá-MT: EdUFMT Digital.
- Santana, T. S., Assis, I. T. B., Braga, R. B., & Louzada, N. C. (2017). A importância de atividades de empoderamento feminino como forma de minimizar a evasão das mulheres nos cursos de Tecnologia da Informação. *Anais do Women in Information Technology (WIT)*.
- Shoshana, A. (2020). "I live one day at a time": Future orientation among Muslim high school dropouts in Israel. *Children and Youth Services Review, 119*. <https://doi.org/10.1016/j.chilyouth.2020.105605>
- Silva Filho, R. B., & Araújo, R. M. D. L. (2017). Evasão e abandono escolar na educação básica no Brasil: fatores, causas e possíveis consequências. *Educação Por Escrito, 8*(1), 35. <https://doi.org/10.15448/2179-8435.2017.1.24527>
- Silva, J. V. F. da, & Lopes, Y. D. V. (2022). *A pobreza menstrual como fator de violação de direitos humanos: um olhar para adolescentes em ambiente escolar*. <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/22714>
- Souto, D. C., & Souto, R. C. (2022). Importância das iniciativas de inserção de meninas e mulheres na área de STEM no Brasil. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, 8*(10), 4319-4333. <https://doi.org/10.51891/rease.v8i10.7478>
- Unesco. (2009). *Indicadores de educação: Diretrizes técnicas*. <http://www.uis.unesco.org/Library/Documents/eiguide09-en.pdf>
- Valencia, B. G., Caporale, J., & Romero, A. J. (2023). "I had (my dreams) on hold, I had to ...": Mexican descent youth discuss factors that lead to leaving high school. *Urban Education, 58*(8), 1603-1628. <https://doi.org/10.1177/0042085920909869>

MULHERES EM STEM: PRODUÇÕES ACADÊMICAS NO CONTEXTO BRASILEIRO

GILMARA JOANOL ARNDT

gilmaraarndt@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-0245-1801>

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

MARINA BORGES GONÇALVES

marina291193@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-8917-7713>

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

RAQUEL DE BARROS PINTO MIGUEL

raquelbarrospm@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-2042-7223>

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

LUCIANA BOLAN FRIGO

luciana.frigo@ufsc.br

<https://orcid.org/0000-0002-0156-2959>

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Recibido: 16 de agosto del 2023 / Aceptado: 4 de octubre del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/interfases2023.n018.6615>

RESUMO. O número reduzido de mulheres nas áreas chamadas STEM tem sido objeto de pesquisas ao redor do mundo. Tais investigações são importantes para ampliar, cada vez mais, a discussão e reflexão acerca da disparidade existente entre o número de homens e mulheres nessas áreas. Pensando nisso, o artigo busca contribuir para uma compreensão do cenário acadêmico brasileiro sobre a participação das mulheres no (mundo do) trabalho em STEM. Dessa forma, a pergunta que norteou nosso mapeamento foi: o que há de produção nacional que verse sobre a participação das mulheres no cenário brasileiro de STEM? Para tanto, realizou-se levantamento nas seguintes bases de dados: SCOPUS, Web of Science, Google Acadêmico e Scielo, tendo sido encontrado um total de 47 referências, que foram analisadas e separadas em seis grupos de acordo com sua proposta central.

PALAVRAS CHAVE: mulheres / Brasil / STEM / ciência & tecnologia

MUJERES EN STEM: PRODUCCIONES ACADÉMICAS EN EL CONTEXTO BRASILEÑO

RESUMEN. El bajo número de mujeres en los llamados campos STEM ha sido objeto de investigación en todo el mundo. Tales investigaciones son importantes para aumentar el debate y la reflexión sobre la disparidad entre el número de hombres y mujeres en estas áreas. Con esto en mente, este artículo busca contribuir a la comprensión del escenario académico brasileño en lo que se refiere a la participación de las mujeres en el trabajo STEM. Así, la pregunta que orientó nuestro mapeo fue: ¿cuál es la producción nacional sobre la participación de las mujeres en el escenario STEM brasileño? Para ello, se realizó una encuesta en las siguientes bases de datos: SCOPUS, Web of Science, Google Scholar y Scielo, y se encontró un total de 47 referencias. Éstas fueron analizadas y separadas en seis grupos de acuerdo con su propuesta central.

PALABRAS CLAVE: mujeres / Brasil / STEM / ciencia y tecnología

WOMEN IN STEM: ACADEMIC PRODUCTIONS IN THE BRAZILIAN CONTEXT

ABSTRACT. The low number of women in the so-called STEM fields has been the subject of research around the world. Such investigations are important for expanding the discussion and reflection on the disparity between the number of men and women in these areas. With this in mind, this article seeks to contribute to an understanding of the Brazilian academic scenario regarding the participation of women in the STEM (world of) work. Thus, the question that guided our mapping was: what is the national production on women's participation in the Brazilian STEM scene? To this end, we searched the following databases: SCOPUS, Web of Science, Google Scholar and Scielo, and found a total of 47 references. These were analyzed and separated into six groups according to their central proposal.

KEYWORDS: women / Brazil / STEM / science & technology

1. INTRODUÇÃO

A baixa inserção de mulheres nas áreas chamadas STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) tem sido foco de investigações em diferentes locais do mundo, sobretudo entre 2011-2021, década em que podemos testemunhar uma intensificação da produção científica a respeito do tema (Moreno e Murta, 2023). Também na América Latina, esforços de pesquisa têm sido realizados para mapear a realidade do nosso continente, fornecendo indicadores de participação das mulheres latinoamericanas em STEM (Guzman et al., 2020) e, assim, contribuir para a mitigação da desigualdade de gênero nesses setores. Contexto em que se insere o projeto “Latin American Open Data for gender equality policies focusing on leadership in STEM”, conduzido pela rede ELLAS, que organiza o presente dossiê.

Tais iniciativas também buscam preencher uma lacuna na produção científica, que se refere à escassez de trabalhos que reportem dados coletados nos países da América Latina (Guzman et al., 2020; Moreno e Murta, 2023). Nesse sentido, Moreno e Murta (2023) lembram que países em desenvolvimento tendem a apresentar índices de disparidade de gênero mais altos, reforçando a necessidade de mais investigações científicas nesses locais.

Em sua pesquisa, as referidas autoras mapearam o estado da arte sobre o tema “mulheres nas ciências, engenharia e tecnologia”, chegando a um conjunto de 647 artigos publicados em língua inglesa, produzidos entre os anos de 1969 e 2021. No levantamento realizado, a produção científica estava distribuída entre 12 países, com predomínio dos Estados Unidos (312), seguido do Reino Unido (25). Já o Brasil figurou em décimo lugar, com cinco publicações indexadas em bases internacionais (Moreno e Murta, 2023).

Com base nessas informações e com o objetivo de contribuir para a produção de dados sobre a realidade brasileira, este texto apresentará uma revisão da literatura nacional sobre a participação das mulheres em STEM no Brasil, contendo um diferencial importante com relação à revisão acima referida, que se focou exclusivamente em produções acadêmicas publicadas em base internacional, na língua inglesa. Após a explanação acerca do método, serão apresentados os resultados: inicialmente um panorama geral dos textos encontrados e, na sequência, a categorização das referências classificadas em seis grupos temáticos, de acordo com sua proposta central.

2. MÉTODO

Trata-se de um estudo exploratório, que consistiu em um mapeamento de produções acadêmicas brasileiras que versam a respeito da participação das mulheres brasileiras nas Ciências Exatas, Tecnologia, Engenharia e Matemática. Para tanto, realizamos uma revisão narrativa de literatura, que consiste em uma busca com temática mais ampla, que renuncia a critérios rígidos e sistemáticos e de um protocolo de coleta estabelecido

à priori (Inoue, 2015; Cordeiro et al., 2007). A escolha por uma revisão narrativa se deu, dentre outros motivos, pela liberdade na forma de escolher os procedimentos de mapeamento, não precisando “esgotar as fontes de informações” e nem aplicar “estratégias de busca sofisticadas e exaustivas” (Inoue, 2015). Assim, a etapa do levantamento em base de dados se deu de forma “artesanal”, onde os primeiros passos definiram os seguintes.

O processo de consulta à base de dados, seleção e coleta aconteceu durante os meses de maio e junho de 2023. Uma vez que o nosso interesse inicial era verificar a produção em língua portuguesa a respeito do tema, levando em conta, principalmente, os trabalhos produzidos por autoras brasileiras, em um primeiro levantamento, consultamos a biblioteca digital Scielo - Brasil, a partir de termos de busca em português. Estes termos compuseram os seguintes strings de busca: “mulheres AND tecnologia”; “mulheres AND tecnologia AND trabalho”; “mulheres AND programação”; “mulheres AND tecnologia AND mercado de trabalho”; e “mulheres AND tecnologias OR matemáticas OR engenharias”, gerando um total de 53 resultados.

Para a seleção, foram lidos os títulos e resumos dos 53 resultados e aplicados critérios de inclusão e exclusão. Quanto aos critérios de inclusão, foi definido que seriam selecionados artigos publicados em periódicos e trabalhos apresentados em congresso. Os textos também deveriam ser produzidos por, pelo menos, uma/um pesquisadora/or brasileira/o e abordar, em alguma medida, o contexto do Brasil. Seriam aceitos textos escritos em português, inglês e espanhol. O único critério de exclusão adotado estava relacionado ao livre acesso à integralidade do estudo para garantir a análise por meio de uma leitura integral dos textos localizados. Esta análise inicial permitiu a seleção de seis artigos acadêmicos.

A partir disso, optamos por realizar uma consulta no Google Acadêmico, por meio dos mesmos strings de busca. Foram consultadas as cinco primeiras páginas geradas para cada levantamento. Por meio da leitura dos títulos e resumos e com a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, chegou-se a uma seleção de 21 textos.

Uma vez mapeados os textos produzidos em língua portuguesa, decidimos realizar um mapeamento de textos sobre o contexto brasileiro, mas que fossem produzidos no cenário acadêmico internacional. Dessa vez, foram escolhidos os motores de busca internacionais Scopus e Web of Science. Para a busca, foi adotado o string “woman AND STEM”.

A busca inicial na base Scopus gerou 5.328 resultados. A partir disso, foram aplicados alguns filtros de forma encadeada, que correspondem aos critérios de inclusão e exclusão, a saber: resultados limitados a artigos, apresentação em congresso e revisão (4562); resultados limitados a trabalhos já publicados (4438); resultados limitados ao Brasil (68); publicados em periódicos (54) e apresentados em conferência (13); publicados em inglês (51) e português (18); acessados integralmente (38). A partir da leitura de títulos e resumos, foram selecionadas 14 publicações.

Já a busca inicial na base Web of Science gerou 16.775 resultados, que foram limitados a artigos (15.093) e conferência (982); publicados em inglês (15316) e português (29); relativos ao Brasil (333); de acesso aberto (120). Após os procedimentos de seleção já mencionados, e excluindo resultados repetidos, foram coletados seis textos.

Importante dizer que em nenhuma das buscas realizadas foi aplicado filtro relativo à faixa de tempo/período de publicação. Uma vez que consideramos a produção escassa, optamos por não delimitar período. Com isso, também foi possível visualizar a distribuição de publicações ao longo do tempo, até maio de 2023. Ao fim da etapa de seleção, nosso levantamento possibilitou uma coleta de 47 textos. Partimos, então, para uma análise qualitativa dos dados, com leitura dos trabalhos em sua integralidade.

Assim, o mapeamento permitiu traçar um panorama da produção brasileira e, de forma mais detalhada, uma análise do conteúdo produzido pelos 47 textos selecionados. Para isso, então, desenvolvemos uma análise qualitativa, à luz dos estudos de gênero. A partir da leitura dos textos que compuseram a amostra, foi possível identificar o tema de interesse central de cada um deles. Partindo desses temas, realizamos uma categorização que deu origem a seis grupos temáticos, que serão explicitados nos tópicos seguintes, voltados para apresentar os resultados de nosso mapeamento.

3. RESULTADOS

A seleção é composta por 37 artigos publicados em periódicos acadêmicos e 10 resumos expandidos de trabalhos apresentados em congresso. Os textos foram publicados em inglês (13) e português (34).

Os artigos são oriundos de 17 periódicos brasileiros e 12 estrangeiros, localizados no México, Estados Unidos, Portugal, Londres, Suíça e Austrália. Três das 29 revistas são voltadas para temas multidisciplinares. Os demais periódicos estão distribuídos entre: Administração (1); Ciências e engenharia (1); Ciência da Informação (3); Comunicação (2); Educação (2); Educação e Tecnologia (1); Ensino de engenharia (1); Estudos de gênero (3); Gênero nas organizações (1); Geociências (1); Humanidades e ciências sociais (1); Inclusão social (1); Matemática (1); Química (3); Sustentabilidade (1); Tecnologia da Informação (2) e Tecnologias (1).

Já os resumos expandidos referem-se a trabalhos apresentados em sete eventos brasileiros e três congressos realizados nos Estados Unidos, Holanda e Eslovênia. Os eventos ocorreram entre 2017 e 2022 e são voltados predominantemente para a discussão de temáticas relativas às áreas STEM.

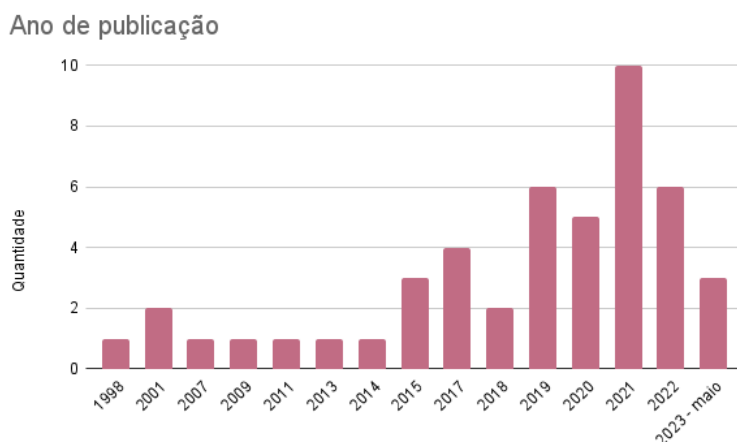
Os textos de nossa seleção foram escritos por 135 mulheres e 31 homens, totalizando 166 autoras/es. As/os autoras/es cujas informações puderam ser consultadas são oriundas predominantemente das Ciências exatas (36). O restante está distribuído entre Ciências sociais aplicadas (14); Ciências humanas (13); Engenharias (12); Ciências

biológicas (10); Ciências da saúde (8); Ciências da Terra (6) e Linguística, letras e artes (1). Dois dos 47 textos foram escritos pela mesma equipe, composta de 12 autoras, cujos nomes são os únicos que se repetem dentre todas as publicações.

Os documentos foram publicados entre 1998 e maio de 2023, como pode ser identificado no gráfico um. Um ponto que merece destaque é o aumento em nossa seleção de textos lançados entre 2015 e 2023 (maio), totalizando 39 documentos, frente aos oito textos publicados entre 1998 e 2014.

Gráfico 1

Distribuição de artigos por ano de publicação



Uma vez que nossa amostra é composta somente de textos de acesso aberto, pode-se conjecturar que o aumento de publicações entre 2015-2023 esteja relacionado ao crescimento do número de periódicos de acesso aberto durante esse período. No entanto, vale ressaltar que em nossa amostra, 24 dos 29 periódicos elencados em nosso levantamento foram criados antes de 2015.

Nesse sentido, também é importante levar em conta que se trata de um recorte temporal que abarca um período de ampliação do debate em torno da inclusão de meninas e mulheres nas áreas de STEM (Moreno e Murta, 2023), em que se é possível presenciar o despertar de um maior interesse em refletir sobre a desigualdade de gênero característica dessa área. Tal interesse reflete-se na abertura dos congressos nacionais e internacionais sobre Ciência e Tecnologia para a apresentação de pesquisas que levem em conta as questões de gênero.

Também se reflete no aumento de projetos de impacto social e iniciativas acadêmicas que visam incentivar a participação de mulheres nas STEM, sobretudo no período entre 2011 e 2021 (Moreno e Murta, 2023). Como exemplo de iniciativas brasileiras de formação e capacitação de meninas e mulheres, podem ser citados os projetos Meninas

na Ciência - UFSC¹; Meninas Digitais - UFSC²; Meninas na Ciência - UFRGS³; Meninas Digitais no Cerrado⁴ e {reprograma}⁵.

3.1 Classificação das referências quanto ao grupo temático

Para apresentar esse breve panorama da literatura acadêmica a respeito da participação das mulheres nas STEM no Brasil, optamos por categorizar os trabalhos encontrados levando em conta a sua proposta central. Com base nessa divisão, foi possível organizar os textos em seis grupos temáticos distintos, conforme listados a seguir:

1. Disparidade de gênero nas áreas STEM: esse grupo é formado por oito artigos, que estão voltados para discutir a presença e ausência das mulheres nas áreas chamadas STEM, a partir de uma investigação teórica, sob a perspectiva dos estudos de gênero. Para tanto, realizaram levantamentos bibliográficos em diferentes bases de dados. São eles: Silva (1998), Soares (2001), Araújo et al. (2001), Saboya (2013), Freitas e Luz (2017), Júnior et al. (2021), Cristina Battirola et al. (2022) e Moreno e Murta (2023).
2. Participação de mulheres nas instituições de pesquisa em STEM: trata-se de pesquisas que buscam mapear a participação das mulheres nas STEM, a partir do levantamento de dados institucionais. Nesse contexto de pesquisa, o cenário de destaque é o das instituições brasileiras de ensino superior. Nestas, predomina o interesse em construir um panorama das desigualdades de gênero, tanto entre graduandas (Silva et al., 2019; Cunha et al., 2020; Loch et al., 2021; Santos et al., 2021), como entre as pesquisadoras (Hayashi et al., 2007; Olinto, 2011; Lima et al., 2015; Valentova et al., 2017; Liberato e Andrade, 2018; Cunha et al., 2020; Oliveira et al., 2020) e entre docentes (Cunha et al., 2020; Loch et al., 2021). Juntamente com os trabalhos de Araújo e Tonini (2020), Gallindo et al. (2021) e Iwamoto (2022), esse grupo é composto por 13 estudos.
3. Fatores de interesse de meninas e mulheres pelas áreas STEM: é composto por cinco estudos desenvolvidos com a proposta de investigar os fatores atrelados ao interesse de meninas e mulheres pelas áreas STEM. Para isso, foram realizadas investigações junto a secundaristas (Cunha et al., 2014), graduandas e ingressantes no ensino superior (Dias Canedo et al., 2019; García-Holgado et al., 2020), além de revisão de literatura (Carneiro et al., 2020) e acesso à base de dados de anúncios publicitários do Facebook (Vieira e Vasconcelos, 2021).

1 <https://meninasnaciencia.paginas.ufsc.br/>.

2 <https://meninasdigitais.ufsc.br/>.

3 <https://www.ufrgs.br/meninasnaciencia/>.

4 <https://meninasdigitaisnocerrado.com.br/>.

5 <https://reprograma.com.br/>.

4. Formação e capacitação de meninas e mulheres em STEM: reúne 10 investigações sobre iniciativas de educação na área STEM para meninas (Brito et al., 2015; Louzada et al., 2019; Benitez-Herrera et al., 2019; Soares et al., 2022; Sacchelli et al., 2022) e mulheres (Dantas et al., 2017; Ferreira et al., 2018; Louzada et al., 2019; Follador, 2021; Maciel et al., 2021). Contexto em que podemos acompanhar o relato de quem colaborou para a construção do projeto (Brito et al., 2015; Dantas et al., 2017; Ferreira et al., 2018; Louzada et al., 2019; Benitez-Herrera et al., 2019; Maciel et al., 2021; Soares et al., 2022; Sacchelli et al., 2022); verificar o aproveitamento das pessoas beneficiadas pelas iniciativas (Follador, 2021); além de conhecer parte da produção acadêmica voltada para educação em STEM no ensino secundário (E. R. B. de Oliveira et al., 2019).
5. Fatores relativos às condições de trabalho em STEM: é composto por sete estudos voltados a investigar fatores relacionados às condições de trabalho na área. Estes foram desenvolvidos a partir de entrevistas (Sousa e Melo, 2009; Bacelar et al., 2021; Kemechian et al., 2023) e aplicação de questionários (Frize et al., 2021; Bezak et al., 2022; Heo et al., 2022; Staniscuaski et al., 2023), com trabalhadoras da área.
6. Redes colaborativas de mulheres em STEM: compreende quatro pesquisas voltadas a investigar redes de colaboração, buscando compreender de que forma as questões relativas à Tecnologia da Informação são articuladas com as reflexões voltadas para as questões de gênero e raça. Tais estudos foram desenvolvidos por meio do acompanhamento das atividades (Paz, 2015; Souza et al., 2017); análise às redes sociais (Frade, 2021) e entrevistas com participantes (Paz, 2015; Lima e Oliveira, 2020; Frade, 2021).

3.2 Principais achados dos estudos

Ao problematizar a baixa inserção das mulheres nas áreas STEM, os estudos organizados sob o grupo um colocam em questão os estereótipos de gênero que fomentam a crença de que as mulheres não estariam aptas a exercer determinadas profissões (Silva, 1998; Soares, 2001; Freitas e Luz, 2017). Além disso, sinalizam a invisibilização da participação de mulheres na construção dessas áreas no decorrer da história fazendo, para isso, um resgate histórico dessa participação (Freitas e Luz, 2017; Júnior et al. 2021). Ainda, apontam os primeiros estudos e mapeamentos produzidos no contexto nacional e internacional, sinalizando a contribuição das reflexões feministas e dos estudos de gênero para a temática (Silva, 1998; Saboya, 2013; Freitas e Luz, 2017).

A despeito da faixa de tempo que contempla esse grupo de estudos (1998 - 2023), a constatação compartilhada segue a mesma: apesar dos avanços no que diz respeito à inserção de mulheres nas STEM, ainda se trata de um grupo sub-representado nesse campo de atuação. Diante desses achados, destacam-se as recomendações feitas pelas

autoras Moreno e Murta (2023). Dentre outras sugestões, as autoras indicam que sejam realizados estudos comparativos entre países e que redes colaborativas internacionais de pesquisa sejam fortalecidas. Além disso, as autoras destacam a importância de estudos que busquem investigar as implicações da inserção das mulheres no desenvolvimento tecnológico e nas ciências exatas, para a construção desse campo de atuação profissional (Moreno e Murta, 2023).

O principal interesse das pesquisas reunidas sob o segundo grupo está voltado para o campo da pesquisa científica, em que são verificadas, dentre outros indicadores, a presença de mulheres em núcleos de pesquisa e inovação tecnológica (Liberato e Andrade, 2018), distribuição de bolsas de produtividade em pesquisas (Hayashi et al., 2017; Olinto, 2011; Lima et al., 2015; Valentova et al., 2017) além da produtividade acadêmica (de Araújo e Tonini, 2019). Tais levantamentos são realizados, principalmente, por meio do acesso à base de dados do CNPq; em que se verificam grupos cadastrados no Diretório dos Grupos de Pesquisa, além da distribuição das bolsas de produtividade. Como exemplo, pode ser citada a minuciosa pesquisa das autoras Oliveira et al. (2020), em que realizaram um mapeamento da participação das mulheres na pesquisa sobre Tecnologia da Informação. Seus achados confirmam os resultados encontrados na literatura internacional, no que diz respeito à “masculinização” do campo de TI. Tal qual outras pesquisas (Olinto, 2011; Lima et al., 2015; Cunha et al., 2020) agrupadas nesta categoria, aponta-se para a “segregação vertical”, em que quanto mais alto é o nível hierárquico, menor é a presença de mulheres.

No terceiro grupo temático, destaca-se a pesquisa de Cunha et al. (2014), em que foram analisadas as respostas de 1034 estudantes de 20 escolas do Brasil. O objetivo foi verificar a probabilidade de as meninas ingressarem na carreira científica, em comparação aos meninos. Por meio do levantamento, foi constatado um baixo interesse pela carreira científica por parte tanto de alunas como de alunos. Ainda assim, o maior percentual de desinteresse (81,4%) foi verificado entre as estudantes.

Já na investigação de García-Holgado et al. (2020), foram ouvidas 208 graduandas de cursos de engenharia no Brasil e na Espanha, a fim de averiguar o impacto do apoio familiar na escolha pelo curso e os fatores atrelados ao seu abandono por parte das mulheres. Semelhantemente, Carneiro et al. (2020), por meio de uma revisão integrativa, investigaram os possíveis motivos atrelados à baixa escolha entre mulheres por cursos de graduação em ciências exatas, engenharia e computação. Por meio da revisão, as autoras apontam fatores como: falta de apoio familiar e escolar que vise o incentivo à procura por áreas atreladas à Ciência e Tecnologia, bem como o pouco contato com atividades tecnológicas durante o período escolar.

A partir de seus achados, as/os autoras/es reforçam o papel das instituições escolares na formação científica de seus estudantes, bem como no incentivo à inserção nas áreas STEM (Cunha et al., 2014). Já Carneiro et al. (2020) sinalizam para a importância da

aproximação entre universidades e escolas, para estimular o interesse das estudantes ainda durante as séries iniciais.

Quatro estudos reunidos no quarto grupo têm como proposta apresentar, descrever e analisar as atividades desenvolvidas em projetos voltados à educação científica de meninas. São eles: *Meninas na Ciência/UFSC* (Sacchelli et al., 2022), *Meninas na Ciência/UFRGS* (Brito et al., 2015), *Meninas digitais no Cerrado* (Louzada et al., 2019) e *Meninas no Museu* (Benitez-Herrera et al., 2019).

Ainda, no quarto grupo, cinco dos trabalhos - já citados - apresentam iniciativas de formação e capacitação para mulheres em Tecnologia, como é o caso do já mencionado {Reprograma}, apresentado pela autora Follador (2021). Por meio de um survey respondido por 118 mulheres que passaram pelo projeto, a autora buscou averiguar em que medida as atividades do {Reprograma} contribuíram para propiciar uma “consciência de gênero” e de que forma impactaram suas vivências profissionais. A autora constatou que o projeto contribuiu para a entrada das participantes no mercado de trabalho por meio de sua capacitação; também facilitando a criação de redes de apoio entre mulheres já inseridas na área de Tecnologia e aquelas que desejam entrar. Além disso, as participantes demonstraram a percepção de que as desigualdades de gênero são sanadas a partir de esforços conjuntos de diferentes setores, não estando restrito à capacitação profissional e à inserção em cargos de tecnologia.

No quinto grupo, destaca-se a investigação de Bacelar et al. (2021), que buscou averiguar os principais desafios enfrentados por mulheres que trabalham na área de Sistemas de Informação. As 19 trabalhadoras entrevistadas relataram que os principais obstáculos enfrentados em seu ambiente de trabalho são: baixa representatividade, pouco reconhecimento de suas opiniões, dificuldade para interagir com os colegas homens, situações de assédio e preconceito (Bacelar et al., 2021). Já as autoras Kemechian et al. (2023), com proposta semelhante, sugerem que questões relativas à igualdade de gênero e às condições de trabalho sejam temas debatidos desde as primeiras etapas da educação. As autoras também propõem que pesquisas que buscam compreender os efeitos dos estereótipos de gênero no ambiente de trabalho levem em conta as especificidades de raça e etnia na construção de tais estereótipos. Sugerem, ainda, pesquisas futuras que busquem traçar um panorama cronológico dos avanços da legislação trabalhista brasileira, a fim de identificar as condições de produção das desigualdades de gênero no país (Kemechian et al., 2023).

Nas investigações contempladas no sexto grupo são descritas as atividades do primeiro ano da Rede Tech Ladies, a partir de um relato apresentado por Souza et al. (2017). Além disso, são entrevistadas participantes do grupo/mnt–mulheres na tecnologia (Paz, 2015); do PretaLab (Lima e Oliveira, 2020), além de líderes de 20 comunidades digitais brasileiras e portuguesas de mulheres em tecnologia (Frade, 2021). Lima e Oliveira (2020), por exemplo, constatam que as redes formadas por meio de demarcadores identitários de gênero e raça permitem a construção de um senso de pertença, e

o fortalecimento por meio de estratégias de resistência ao estigma e marginalização. Já Frade (2021) aponta que os coletivos brasileiros tecnológicos de mulheres, dentre outras características, contribuem para a ampliação da representatividade de mulheres no campo profissional, permitindo a troca de conhecimento e a promoção de network.

4. CONCLUSÕES

A produção sobre o tema no contexto brasileiro está distribuída em diferentes campos e disciplinas. Ainda assim, ressalta-se o predomínio de periódicos, eventos e autores advindos das Ciências Exatas e, mais especificamente, das Tecnologias. Também se destaca a participação dos periódicos feministas em nosso levantamento, já que, com nove das 47 publicações de nossa seleção, foram os únicos a publicar mais de um artigo encontrado em nossa busca. Assim, sinalizamos a importância das revistas feministas para a difusão das reflexões em torno da presença das mulheres em STEM, conferindo um espaço para discussões que levem em conta a perspectiva dos estudos de gênero, para problematizar o caráter estrutural das disparidades nas áreas STEM, ainda presentes, como apontado pelas pesquisas aqui mapeadas.

O mapeamento da situação das mulheres brasileiras nas áreas de STEM foi o principal interesse das pesquisas de nosso levantamento. Contudo, o destaque é dado à participação em pesquisa científica e tecnológica e à presença nas instituições do ensino superior, com indicadores produzidos a partir de dados institucionais. Em menor frequência, no entanto, estão os estudos que buscam mapear a realidade das mulheres já inseridas nesse campo.

Essa pode ser uma lacuna da produção acadêmica brasileira. Assim, sugere-se pesquisas futuras que busquem compreender o que acontece com essas mulheres, que se interessam pela área, inserem-se no mercado e superam as primeiras barreiras uma vez interessadas pela área, inseridas no mercado e superadas as primeiras barreiras, bem como analisar os fatores que podem influenciar a permanência ou não das mesmas, levando em conta perfis sociodemográficos de diferentes profissionais mulheres. Também salientamos a importância de investigações que adotem perspectivas interseccionais, que levem em conta as especificidades de gênero, raça e classe, na experiência de inserção, formação e atuação nas STEM.

REFERÊNCIAS

- Araújo, B. M. de, Sanches, C. A., & Lopes, T. (2001). Mulher e tecnologia. *Comunicação e sociedade*, 3, 209–218. [https://doi.org/10.17231/comsoc.3\(2001\).1324](https://doi.org/10.17231/comsoc.3(2001).1324)
- Bacelar, A. S., Campos, A. C., Santos, L. T., do Nascimento, T. B. P., & de Rezende, D. C. (2021). Gênero e Construcionismo Social: Os Desafios das Mulheres na Tecnologia da Informação. *Revista de Administração IMED*, 11(1), 1-23.

- Benitez-Herrera, S., Spinelli, P. F., Mano, S., & Paula Germano, A. (2019). Pursuing gender equality in Astronomy in basic education: the case of the project "Girls in the Museum of Astronomy and Related Sciences". EPJ web of conferences, 200, 02010. <https://doi.org/10.1051/epjconf/201920002010>
- Bezak, E., Carson-Chahhoud, K. V., Marcu, L. G., Stoeva, M., Lhotska, L., Barabino, G. A., Ibrahim, F., Kaldoudi, E., Lim, S., Marques da Silva, A. M., Tan, P. H., Tzapaki, V., & Frize, M. (2022). The biggest challenges resulting from the COVID-19 pandemic on gender-related work from home in biomedical fields—world-wide qualitative survey analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5), 3109. <https://doi.org/10.3390/ijerph19053109>
- Brito, C., Pavani, D., & Lima Jr, P. (2015). Meninas na ciência: atraindo jovens mulheres para carreiras de ciência e tecnologia. *Revista Gênero*, 16(1).
- Carneiro, S. G., Silva, G. C., da Silva, L. A., da Costa, V. G., & da Silva, A. V. (2020). Mulheres nas ciências de exatas, engenharia e computação: uma revisão integrativa. *Humanidades e Tecnologia (Finom)*, 20(1), 159-175.
- Cordeiro, A. M., Oliveira, G. M. de, Rentería, J. M., & Guimarães, C. A. (2007). Revisão sistemática: uma revisão narrativa. *Revista do Colegio Brasileiro de Cirurgioes*, 34(6), 428-431. <https://doi.org/10.1590/s0100-69912007000600012>
- Cristina Battirola, L., de Oliveira Setti, G., Rodriguez Linares, D., Santana de Almeida, B., Pierina Uliana, M., & da Costa Silva Goncalves, C. (2022). Gender parity in science: An analysis of womens's participation in Argentina, Brazil and Paraguay. *Revista Virtual de Química*, 14(2), 235-246. <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20220004>
- Cunha, M. B. da, Peres, O. M. R., Giordan, M., Bertoldo, R. R., Marques, G. de Q., & Duncke, A. C. (2014). As mulheres na ciência: o interesse das estudantes brasileiras pela carreira científica. *Educación química*, 25(4), 407-417. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2014000400002
- Cunha, U. F. C., Miranda, C. M., & Rambo, M. K. D. (2020). Mulheres nas ciências exatas e tecnologias: um olhar para a Universidade Federal Do Tocantins – UFT na perspectiva de gênero. *Humanidades & Inovação*, 7(2), 276-289. <https://revista.unitins.br/index.php/humanidadeseinovacao/article/view/1754>
- Dantas, C., Gomes, A. M. G., & Venero, M. L. F. (2017). Programação em Python: Inserindo mulheres na tecnologia. Anais dos Workshops do VI Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2017).
- de Araújo, M. T., & Tonini, A. M. (2020). A participação das mulheres nas áreas de STEM (Science, Technology Engineering and Mathematics). *Revista de Ensino de Engenharia*, 38(3). <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/1693/905>

- Dias Canedo, E., Acco Tives, H., Bogo Marioti, M., Fagundes, F., & Siqueira de Cerqueira, J. A. (2019). Barriers faced by women in software development projects. *Information (Basel)*, 10(10), 309. <https://doi.org/10.3390/info10100309>
- Ferreira, H. A. R., Barbosa, A. F., Braga, R. B., Viana, M. N., & Oliveira, C. T. (2018). Metodologia de um Projeto de Extensão para Inclusão, Desmistificação e Empoderamento de Jovens Mulheres em Tecnologias da Informação e Comunicação. *Anais Do Women in Information Technology (WIT)*.
- Follador, S. R. (2021). {reprograma}: gênero e tecnologia em um estudo de caso preliminar. *Estudos feministas*, 29(1). <https://doi.org/10.1590/1806-9584-2021v29n167314>
- Frade, R. L. (2021). Comunidades de mulheres em tecnologia: estudo comunicacional e organizacional. *Anais do XV Women in Information Technology (WIT 2021)*.
- Freitas, L. B. de, & Luz, N. S. da. (2017). Gênero, Ciência e Tecnologia: estado da arte a partir de periódicos de gênero. *Cadernos Pagu*, (49). <https://doi.org/10.1590/18094449201700490008>
- Frize, M., Lhotska, L., Marcu, L. G., Stoeva, M., Barabino, G., Ibrahim, F., Lim, S., Kaldoudi, E., Marques da Silva, A. M., Tan, P. H., Tsapaki, V., & Bezak, E. (2021). The impact of COVID-19 pandemic on gender-related work from home in STEM fields—Report of the WiMPBME Task Group. *Gender, Work, and Organization*, 28(S2), 378–396. <https://doi.org/10.1111/gwao.12690>
- Gallindo, E. L., Cruz, H. A., & Moreira, M. W. L. (2021). Critical examination using business intelligence on the gender gap in information technology in Brazil. *Mathematics*, 9(15), 1824. <https://doi.org/10.3390/math9151824>
- Garcia-Holgado, A., Gonzalez-Gonzalez, C. S., & Peixoto, A. (2020). A comparative study on the support in engineering courses: A case study in Brazil and Spain. *IEEE access: practical innovations, open solutions*, 8, 125179–125190. <https://doi.org/10.1109/access.2020.3007711>
- Guzman, I., Berardi, R., Maciel, C., Cabero Tapia, P., Marin-Raventos, G., Rodriguez, N., & Rodriguez, M. (2020). Gender Gap in IT in Latin America. *AMCIS 2020 Proceedings*.
- Hayashi, M. C. P. I., Cabrero, R. de C., Costa, M. da P. R. da, & Hayashi, C. R. M. (2007). Indicadores da participação feminina em Ciência e Tecnologia. *Transinformação*, 19(2), 169–187. <https://www.scielo.br/j/tinf/a/Ls7NZzhV6fh3ksyP4LfsBQ/?lang=pt>
- Heo, S., Chan, A. Y., Diaz Peralta, P., Jin, L., Pereira Nunes, C. R., & Bell, M. L. (2022). Impacts of the COVID-19 pandemic on scientists' productivity in science, technology, engineering, mathematics (STEM), and medicine fields. *Humanities & Social Sciences Communications*, 9(1). <https://doi.org/10.1057/s41599-022-01466-0>
- Inoue, C. R. (2015). *Tipos de revisão de literatura*. Biblioteca Professor Paulo de Carvalho Mattos. Botucatu-SP.

- Iwamoto, H. M. (2022). Mulheres nas STEM: um estudo brasileiro no diário oficial da união. *Cadernos De Pesquisas*, 52. <https://doi.org/10.1590/198053149301>
- Júnior, E. W. R., Rodrigues, A. C., Silva, I. A. R., & Ferreira, G. M. (2021). A inserção da mulher no mercado de trabalho na área da tecnologia. *Revista Eletrônica da Faculdade Invest de Ciências e Tecnologia*, 3(1). <http://revista.institutoinvest.edu.br/index.php/revistainvest/article/view/32>
- Kemechian, T., Sigahi, T. F. A. C., Martins, V. W. B., Rampasso, I. S., de Moraes, G. H. S. M., Serafim, M. P., Leal Filho, W., & Anholon, R. (2023). Towards the SDGs for gender equality and decent work: investigating major challenges faced by Brazilian women in STEM careers with international experience. *Discover Sustainability*, 4(1). <https://doi.org/10.1007/s43621-023-00125-x>
- Liberato, T. F., & Andrade, T.H.N. (2018). Relações de gênero e inovação: atuação de mulheres nos NITs paulistas. *Revista de Estudos Feminista*, 26(1), 1-18. <https://doi.org/10.1590/1806-9584-2018v26n241763>
- Lima, B. F., Braga, M. L. S., & Tavares, I. (2015). Participação das mulheres nas ciências e tecnologias: entre espaços ocupados e lacunas. *Revista Gênero*, 16(1), 11-31. <https://doi.org/10.1590/1806-9584-2018v26n241763>
- Lima, D. C., & Oliveira, T. (2020). Negras in tech: apropriação de tecnologias por mulheres negras como estratégias de resistência. *Cadernos pagu*, (59), e205906. <https://doi.org/10.1590/18094449202000590006>
- Loch, R. M. B., Torres, K. B. V., & Costa, C. R. (2021). Mulher, esposa e mãe na ciência e tecnologia. *Revista de Estudos Feminista*, 29(1), 1-11. <https://doi.org/10.1590/1806-9584-2021v29n161470>
- Louzada, N., Santana, T., Assis, I., Braga, R., & Braga, A. (2019). *Agindo sobre a diferença: atividades de empoderamento feminino em prol da permanência de mulheres em cursos de Tecnologia da Informação*. [Conference presentation article]. XIII Women in Information Technology, (wit 2019), Rio Grande do Sul, Porto Alegre. <https://sol.sbc.org.br/index.php/wit/article/view/6714>
- Maciel, S. T. R., Gomide, C. S., Silva, T. A. L., Alcântara, G. B., Kern, C., Andreoli, E., Senna, L., & Evangelista, L. O. (2021). Forum theatre as a tool for unveiling gender issues in science, technology, engineering and mathematics (STEM) working environments. *Geosci. Commun.*, 4, 83-93. <https://doi.org/10.5194/gc-4-83-2021>
- Moreno, M. G. M., & Murta, C. M. G. (2023). Mulheres nas ciências, engenharia e tecnologia: o que as publicações científicas apontam? *Em Questão*, 29, 1-27. <https://doi.org/10.19132/1808-5245.29.125842>
- Olinto, G. (2011). A inclusão das mulheres nas carreiras de ciência e tecnologia no Brasil. *Inclusão Social*, 5(1), 68-77. <https://revista.ibict.br/inclusao/article/view/1667>

- Oliveira, J. R., Mello, L. C., & Rigolin, C. C. D. (2020). Participação feminina na pesquisa sobre tecnologia da informação no Brasil: grupos de pesquisa e produção científica de teses e dissertações. *Cadernos pagu*, (58), e205804. <https://doi.org/10.1590/18094449202000580004>
- Oliveira, E. R. B. de, Unbehaum, S., & Gava, T. (2019). Stem education and gender: A contribution to discussions in Brazil. *Cadernos De Pesquisas*, 49(171), 130-159. <https://doi.org/10.1590/198053145644>
- Paz, M. S. D. (2015). Entre o movimento de mulheres da/nas tic's e os feminismos: uma análise do grupo /mnt – mulheres na tecnologia. *Contemporânea|Comunicação e Cultura*, 13(02), 329-347. <https://doi.org/10.9771/contemporanea.v13i2.14023>
- Saboya, M. C. L. (2013) Relações de gênero, Ciência e Tecnologia: uma revisão da bibliografia nacional e internacional. *Educação, Gestão e Sociedade*, 3(12), 1-26. https://uniesp.edu.br/sites/_biblioteca/revistas/20170509155548.pdf
- Sacchelli, C. M., Cardoso, L. L., Machado, T. S., & Silva, J. B. D. (2022). *Projeto Meninas na Ciência e Engenharia*. [Conference presentation article]. 20° LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Education, Research and Leadership in Post-pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions", Florida, USA. <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.570>
- Santos, V., Carvalho, T., & Barreto, M. (2021). *Mulheres na Tecnologia da Informação: Histórico e Cenário Atual nos Cursos Superiores*. [Conference presentation article]. XV Women in Information Technology, (wit 2021), Rio Grande do Sul, Porto Alegre. <https://sol.sbc.org.br/index.php/wit/article/view/15847>
- Silva, E. B. (1998). Des-construindo gênero em ciência e tecnologia. *Cadernos Pagu*, 10, 7-20. <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/cadpagu/article/view/2134>
- Silva, J., Oliveira, L., & Silva, A. (2019). Meninas na Computação: uma análise inicial da participação das mulheres nos cursos de Sistemas de Informação do estado de Alagoas. In *Anais do XXVII Workshop sobre Educação em Computação*, (pp. 444-452). Porto Alegre: SBC. <https://sol.sbc.org.br/index.php/wei/article/view/6649>
- Soares, R., Mello, M. C. S., & Naegle, R. (2022). Impact Assessment of an Affirmative Action to Promote Diversity, Equity, Inclusion, and Respect in Brazilian Chemistry during the COVID-19 Pandemic. *J. Chem. Educ.*, 99(1), 513-518. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.1c00470>
- Soares, T.A. (2001). Mulheres em Ciência e Tecnologia: ascensão limitada. *Quim. Nova*, 24 (2), 281-285. <https://www.scielo.br/j/qn/a/nj3qnfJ8FNr79n9ZdncrVwF/?lang=pt>

- Sousa, R. M. B. C. de, & Melo, M. C. de O. L. (2009). Women in Management of Information Technology: an analysis of expressions of empowerment. *REGE Revista De Gestão*, 16(1), 1-16. <https://doi.org/10.5700/issn.2177-8736.rege.2009.36658>
- Souza, A. C. M., Perkoski, I., Veiga, K. & Romankiv, V. (2017). *Relato Tech Ladies: redes de colaboração entre mulheres na tecnologia*. [Conference presentation article]. XI Women in Information Technology (wit 2017), São Paulo. <https://doi.org/10.5753/wit.2017.3402>
- Staniscuaski, F., Machado, A. V., Soletti, R. C, Reichert, F., Zandonà, E., Mello-Carpes, P.B., Infanger, C., Ludwig, Z. M. C. & Oliveira, L. de (2023). Bias against parents in science hits women harder. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10(201). <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01722-x>
- Valentova, J. V., Otta, E., Silva, M. L., & McElligott, A. G. (2017). Underrepresentation of women in the senior levels of Brazilian science. *PeerJ*: e4000 <https://doi.org/10.7717/peerj.4000>
- Vieira, C. C., & Vasconcelos, M. (2021). Using Facebook ads data to assess gender balance in STEM: Evidence from Brazil. Companion Proceedings of the Web Conference 2021.

ABORDAGEM STEAM NA FORMAÇÃO CONTINUADA: AÇÕES PARA PROMOVER PRÁTICAS SOBRE A IGUALDADE DE GÊNERO EM STEM

GISELI DUARDO MACIANO

giselimacianoc@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-6912-6424>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

CRISTIANO MACIEL

crismac@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9051-5862>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Recibido: 20 de agosto del 2023 / Aceptado: 4 de octubre del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/interfases2023.n018.6616>

RESUMO. Este estudo apresenta discussões sobre a importância de promover ações interventivas no contexto escolar, por meio da formação continuada de professores envolvendo a abordagem STEAM, com vistas a tornar o processo de ensino e aprendizagem mais atrativo e incentivar que mais meninas se interessem por áreas STEM. Para isso, realizou-se uma Qualitative Systematic Review, possibilitando concluir que investir em ações envolvendo a abordagem STEAM configura-se como um potencial para inovar práticas educativas, bem como apoiar a presença de meninas nas áreas STEM.

PALAVRAS CHAVE: STEAM / formação continuada / igualdade de gênero / revisão sistemática qualitativa

ENFOQUE STEAM EN LA FORMACIÓN CONTINUA: ACCIONES PARA PROMOVER PRÁCTICAS DE IGUALDAD DE GÉNERO EN STEM

RESUMEN. Este estudio discute la importancia de promover acciones de intervención en el contexto escolar, a través de la formación continuada del profesorado que involucre el enfoque STEAM, con vistas a hacer más atractivo el proceso de enseñanza y aprendizaje e incentivar el interés de más niñas por las áreas STEM. Para ello, se llevó a cabo una Revisión Sistemática Cualitativa, concluyendo que invertir en acciones que involucren el enfoque STEAM tiene el potencial de innovar las prácticas educativas, así como apoyar la presencia de las niñas en las áreas STEM.

PALABRAS CLAVE: STEAM / formación continua / igualdad de género / revisión sistemática cualitativa

STEAM APPROACH IN CONTINUING EDUCATION: ACTIONS TO PROMOTE GENDER EQUALITY PRACTICES IN STEM

ABSTRACT. This study presents discussions on the importance of promoting interventional actions in the school context, through continuing teacher training involving the STEAM approach, to make the teaching and learning process more attractive and encourage more girls to be interested in STEM areas. For this, a Qualitative Systematic Review was carried out, making it possible to conclude that investing in actions involving the STEAM approach represents a potential for innovating educational practices, as well as supporting the presence of girls in STEM areas.

KEYWORDS: STEAM / continuing education / gender equality / qualitative systematic review

1. INTRODUÇÃO

O cenário nacional atual apresenta uma baixa participação de mulheres nas áreas STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*). Estudos de Iwamoto (2022) apontam que as mulheres representam cerca de 29,3% dos cientistas no mundo; na América Latina as mulheres correspondem a 45,1% de trabalhadores nas áreas STEM; no Brasil, 47% dos trabalhadores são mulheres, no entanto, apenas 24% estão nas carreiras de STEM. Atrelado a isso, encontra-se a desigualdade de gênero (Oliveros Ruiz, 2019; E. R. B. de Oliveira et al., 2019; Radovic, 2022).

Para reverter essa situação, projetos como *Latin American Open Data for gender equality policies focusing on leadership in STEM* que visam contribuir para a geração de dados comparáveis entre países para avaliar políticas e intervenções para reduzir a diferença de gênero em STEM (Maciel et al., 2023), dedicam-se a promover estudos que contribuam com a identificação e implantação de políticas para promover a igualdade¹ e equidade² de gênero em STEM. O referido projeto faz parte da rede ELLAS – *Equality in Leadership for Latin American STEM*, que envolve ações entre Brasil, Bolívia e Peru na pesquisa de dados abertos da América Latina sobre políticas de igualdade de gênero, com foco na liderança em STEM. Os estudos em tela, em um primeiro momento, tratam da busca pela igualdade de gênero, a despeito da possibilidade de tratar também da equidade.

O processo de formação continuada de professores envolve um conjunto de ações que permite compartilhar conhecimentos e experiências. Assim sendo, Lorenzin et al. (2018) destacam que a análise do desenvolvimento de práticas STEAM “possibilita compreender as necessidades, os motivos, as ações e as transformações dos sujeitos envolvidos em sua realização, constituindo-se como espaço para a formação docente”.

Nesse viés, a inserção de ações envolvendo abordagem STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics*) na formação continuada de professores da educação básica pode contribuir para despertar o interesse, bem como incentivar que mais meninas sigam carreiras STEM. A letra “A” das artes em STEAM se relaciona à criatividade para integração dos conhecimentos científicos. A abordagem STEAM possibilita desenvolver práticas inovadoras para fomentar a criatividade, a curiosidade, a igualdade de gênero e os avanços tecnológicos, elementos que contribuem para o progresso da sociedade (Figueiredo et al., 2020).

1 Promover as mesmas oportunidades para as pessoas independentes de suas necessidades; princípio da universalidade, no qual todos devem ser regidos pelas mesmas regras, direitos e deveres. Disponível em: <https://treediversidade.com.br/equidade-e-igualdade-qual-a-diferenca/>

2 Proporcionar às pessoas o que elas precisam, de modo que todos tenham, realmente, acesso às mesmas oportunidades; tratar as pessoas de formas diferentes, considerando o que elas precisam, ou seja, dar mais para quem precisa mais. Disponível em: <https://treediversidade.com.br/equidade-e-igualdade-qual-a-diferenca/>

Ainda, a abordagem STEAM oportuniza a integração entre as áreas, com vistas a pensar e propor soluções para problemas reais e contemporâneos, além de possibilitar articulação com questões de gênero. Outro elemento significativo no processo de ensino e aprendizagem atrelado à realização de ações envolvendo a abordagem STEAM é o desenvolvimento de competências socioemocionais: autoconsciência (se conhecer, identificando pontos fortes e limitações, mantendo atitude otimista); autogestão (gerenciamento sobre o estresse); consciência social (empatia, se colocar no lugar do outro e respeitar a diversidade); habilidades de relacionamento (ouvir o outro com empatia, expressar-se de forma clara e objetiva, cooperar com os colegas, resistir e responder de forma propositiva a conflitos); tomada de decisão responsável (escolhas pessoais e interações sociais conforme normas, padrões éticos e morais) (Diniz, 2020).

Nesse contexto, cabe destacar a importância de promover ações voltadas para atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), com destaque para o ODS 4, que trata sobre “Educação de Qualidade” e o ODS 5, que envolve “Igualdade de Gênero” (ONU, 2023). Assim, uma pergunta nos faz refletir: A formação continuada tem sido uma estratégia utilizada nas instituições de ensino para promover ações envolvendo a abordagem STEAM? Destarte, como objetivo de pesquisa, este estudo se propõe a levantar ações que tratam sobre a importância da formação continuada para incentivar o STEAM.

Para atender ao objetivo proposto e tentar responder ao questionamento apresentado, recorreu-se à Qualitative Systematic Review (Revisão Sistemática Qualitativa). Assim, buscou-se integrar ou comparar os resultados de estudos qualitativos selecionados, por meio de uma amostragem intencional de referenciais (Grant e Booth, 2009) sobre abordagem STEAM, formação continuada de professores, ensino médio e igualdade de gênero.

2. METODOLOGIA

Com intuito de responder à pergunta de pesquisa, por meio de evidências contidas nos estudos e uma posterior apresentação de resultados, realizou-se uma Qualitative Systematic Review (QSR), método utilizado para integrar ou comparar os resultados de estudos qualitativos (Grant e Booth, 2009). A QSR realiza uma busca de temas que perpassam os estudos qualitativos individuais. Para a efetivação da QSR, organizou-se o protocolo da busca dos artigos, de modo a possibilitar a extração dos dados pela análise da qualidade metodológica dos estudos para então proceder à escrita da análise. Nesse sentido, selecionou-se as bases de busca, a string, o período temporal, os critérios de inclusão e exclusão, de modo a permitir a integração ou comparação dos estudos incluídos na busca.

Neste estudo, considerou-se as bases de dados ScienceDirect (Elsevier) e SciELO Citation Index (Web of Science), visto que elas têm em comum a descrição “Multidisciplinar/Ensino” entre as opções de “Categorias/Subcategorias” na Plataforma de Periódicos da

Capes. Para a busca dos estudos foi utilizada a string “STEAM approach” OR “Abordagem STEAM” AND “Continuing Teachers Training” OR “Formação Continuada de Professores” AND “High School” OR “Ensino Médio” AND “Gender Equality” OR “Igualdade de Gênero”, considerando publicações de 2019 a 2023. A escolha pelo corte dos últimos 5 anos se deu pela possibilidade de encontrar um recorte mais específico de artigos envolvendo STEAM, visto que ele é mais recente. Para inclusão dos artigos nesta pesquisa foram considerados apenas aqueles que compreendessem discussões de elementos contidos na string.

A busca nas duas bases de dados originou 132 estudos, sendo 25 na base ScienceDirect (Elsevier) e 107 na base SciELO Citation Index (Web of Science). Cabe ressaltar que, dentre os artigos, alguns retornaram trazendo STEM na discussão, possivelmente pela relação posta entre os dois termos.

Posteriormente, realizou-se procedimento para a exclusão dos estudos duplicados, no qual foi verificada a não duplicidade de estudos nas bases. Desse modo, a primeira etapa da seleção dos artigos foi realizada pela leitura dos 132 títulos dos estudos. Pela leitura do título do artigo, buscou-se identificar a relação com os elementos contidos na string, excluindo estudos não relacionados. Essa etapa resultou em 17 artigos, sendo 06 na base Elsevier e 11 na base Web of Science.

A segunda etapa da seleção foi realizada por meio da leitura dos resumos dos 17 artigos. A leitura do resumo possibilitou analisar se o artigo possuía ou não uma conexão com a string de busca e, conseqüentemente, uma relação com esta pesquisa. Nessa etapa foram obtidos 4 artigos, 01 da base ScienceDirect (Elsevier) e 03 na base SciELO Citation Index (Web of Science). Na terceira etapa, procedeu-se à análise na íntegra dos 4 estudos, envolvendo formação continuada, dos quais foram extraídas as informações centrais de cada estudo, cujos resultados estão apresentados na seção seguinte. Por fim, buscou-se responder à pergunta de pesquisa por meio da análise dos resultados da terceira etapa.

3. INTERFACE ENTRE ABORDAGEM STEAM, FORMAÇÃO CONTINUADA, ENSINO MÉDIO E IGUALDADE DE GÊNERO

O contexto educacional demanda ações formativas aos professores, de modo a possibilitar que as práticas pedagógicas sejam potencializadas e que abarquem discussões para promover igualdade e equidade de gênero. É necessário incentivar e fomentar a presença de mais meninas nas áreas STEM. Para isso, iniciar essa ação desde a educação básica pode reverberar maior participação das mulheres nessas áreas.

Esta seção se dedica a sistematizar e apresentar elementos centrais contidos em cada artigo pertencente a esta pesquisa, de modo a proceder uma interface entre as discussões. Nesse sentido, ao analisar os títulos e resumos dos artigos desta QSR, foi

possível verificar que não há muitos estudos que relacionam a formação continuada e a abordagem STEAM. No entanto, dos 4 estudos analisados na íntegra, constata-se a importância de ações articuladas entre a formação continuada e a abordagem STEAM, conforme informações descritas a seguir pelos autores, em seus respectivos artigos.

Radovic (2022) destaca a importância de ações para fortalecer a formação de professores, iniciativas que corroborem na erradicação da violência de gênero em contextos educacionais. O autor ressalta a complexidade nos discursos de professores e estudantes, que relacionam habilidades para ensinar e aprender matemática com construções sobre gênero.

O estudo de Wu (2022) enfatiza que a falta de conhecimento tácito e experimental, envolvendo habilidades de pensamento interdisciplinar e criativo, representam uma diminuição da confiança e capacidade dos professores para o desenvolvimento de ações envolvendo a abordagem STEAM. Ele destaca que o compartilhamento de conhecimento tácito, como interação e comunicação entre professores, precisa estar envolvido no processo de colaboração, visto que pode facilitar a implementação do STEAM.

Oliveros Ruiz (2019) evidencia 9 fatores relacionadas à sub-representação de mulheres nas áreas STEM: 1. diferenças biológicas entre homens e mulheres; 2. falta de preparação científica dos professores; 3. atitude rude das mulheres em relação à ciência decorrente da falta de experiências positivas desde a infância; 4. ausência de modelos femininos nas áreas STEM; 5. currículos irrelevantes para mulheres; 6. pedagogia do ensino de ciências favorecendo estudantes do sexo masculino; 7. “ambientes frios” para as mulheres nas aulas de ciências; 8. pressão cultural sobre as mulheres para se ajustarem aos papéis tradicionais de gênero; 9. perspectiva predominante do mundo masculino na epistemologia científica.

E. R. B. de Oliveira et al. (2019), apesar de não citarem STEAM, discutem ensino médio e ações para fortalecer a presença de mais meninas em STEM, consequentemente, igualdade e equidade de gênero. Elas apontam a importância de intervenções de incentivo para que as estudantes do ensino médio se interessem pelas áreas STEM. O estudo também apresenta iniciativas voltadas para despertar o interesse das jovens mulheres nas áreas STEM. As autoras enfatizam que, para superar as desigualdades de gênero no campo profissional e científico, as ações devem abranger ensino médio e superior, ou seja, atuar para a igualdade de participação das mulheres nas instâncias social, econômica, política, bem como produção e desenvolvimento científico tecnológico.

Diante dos dados apresentados e com intuito de promover uma integração e comparação entre resultados dos estudos incluídos nesta pesquisa, assim como preconiza Grant e Booth (2009), a próxima seção será dedicada a essa discussão.

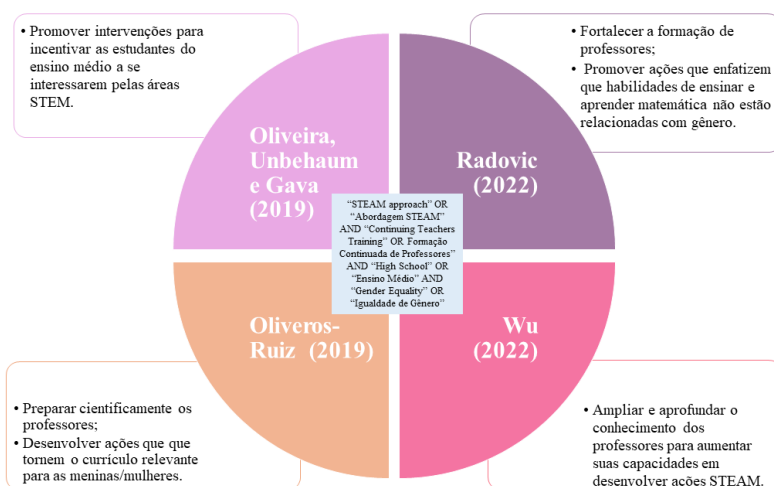
4. INTEGRAÇÃO E COMPARAÇÃO ENTRE OS ESTUDOS

Apresenta-se nesta seção o resultado das discussões contidas nos estudos e a relação com a problematização desta pesquisa. Para isso, procedeu-se à busca de evidências nos estudos e, para contribuir nessa articulação de resultado, de outros autores que pesquisam formação continuada, abordagem STEAM e ensino médio. Destarte, a QSR de Grant e Booth (2009) foi processada na vertente de integrar e comparar os resultados.

Os estudos destacam a necessidade de que os professores estejam preparados para promover ações envolvendo a abordagem STEAM. Para que isso ocorra, é imprescindível fortalecer a formação e a formação continuada. Na Figura 1, apresenta-se alguns dos elementos centrais contidos nos estudos que focalizamos para uma integração e comparação um pouco mais aprofundada.

Figura 1

Elementos centrais dos estudos



Pelas discussões apresentadas nos estudos, é possível constatar que são necessárias ações interventivas no contexto escolar. Ações que promovam um processo de ensino e aprendizagem mais contextualizado e que viabilize a igualdade e equidade de gênero. É essencial a efetivação de ações educacionais relacionadas ao processo formativo contínuo dos professores, de modo a possibilitar que as práticas pedagógicas atendam às necessidades educacionais dos estudantes, bem como aos seus interesses. Assim sendo, para promover a equidade de gênero em STEM os professores devem estar atentos às necessidades individuais dos estudantes, de modo a possibilitar que tenham acesso às mesmas oportunidades.

Dos quatro estudos, verifica-se que três enfatizam a importância de fomentar a participação de mais meninas nas áreas STEM por meio do desenvolvimento de ações

que tornem o currículo mais atrativo, visto que habilidades de aprender não estão relacionadas ao gênero. Logo, para promover a equidade e igualdade de gênero em STEM deve-se atentar às necessidades das meninas, incentivando e fortalecendo a aproximação e presença nessas áreas, impulsionando práticas que abarquem também exemplos femininos em STEM.

Nesse sentido, promover formação continuada aos professores, envolvendo a abordagem STEAM, é caminhar para efetivar uma educação de qualidade, conforme os ODS 4 e 5. Maciano et al. (2022) afirmam que a inserção das artes em STEM pode potencializar o aprendizado. Bacich e Holanda (2020) destacam a importância de ações integradas entre as áreas, bem como apresentam discussões sobre os resultados positivos dessa articulação propositiva entre as áreas. Assim, para ocorrer a integração entre as áreas, ações conjuntas entre os professores, a percepção dos problemas sociais, bem como desenvolver o interesse e o protagonismo dos estudantes, é preciso investir na formação continuada.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo levantou algumas ações que podem ser desenvolvidas para reverter a sub-representação de mulheres em áreas STEM. Um exemplo é a promoção de ações formativas para professores sobre a abordagem STEAM, qualificando-os para desenvolverem atividades interventivas com estudantes, com ênfase em carreiras STEM e a atuação das mulheres.

Foram apresentados estudos sobre a importância de promover ações para potencializar o processo de ensino e aprendizagem de meninas, estudantes do ensino médio, incentivar e despertar seu interesse nas áreas STEM. Atrelado a isto está a necessidade de políticas que fomentem a inclusão de mais meninas e mulheres nas áreas STEM, assim como aponta a pesquisa do ELLAS, por meio da qual serão disponibilizados dados e informações em uma plataforma, que possibilitarão melhorar a colaboração entre os setores de educação, governo e indústria na redução da diferença de gênero em STEM na América Latina.

Quanto ao nosso questionamento, se a formação continuada tem sido uma estratégia utilizada para promover ações sobre a abordagem STEAM, poucos são os estudos do tema. No entanto, os que foram encontrados indicam que envolver a abordagem STEAM na formação continuada pode contribuir para potencializar as práticas no contexto escolar e conseqüentemente, motivar mais meninas a seguirem carreiras nas áreas STEM. Logo, investir em ações envolvendo a abordagem STEAM na formação continuada se configura como uma ação em potencial acerca da igualdade e equidade de gênero. Os estudos destacam que, para (Coords)promover a igualdade de oportunidades para as meninas, é essencial que ações interventivas sejam desenvolvidas para esse público, fomentando assim, igualdade e equidade de gênero em STEM.

Assim, ressalta-se a importância de práticas pedagógicas inovadoras que possibilitem a criticidade e criatividade, estabelecendo conexões entre os conhecimentos científicos e problemas que abarquem o contexto dos estudantes, promovendo também o desenvolvimento de competências socioemocionais. Ainda, chama-se a atenção para a necessidade de políticas sobre ações relacionadas à abordagem STEAM na formação continuada de professores, de modo a propiciar ações para potencializar as práticas pedagógicas no ensino médio que possibilitem articular a igualdade de gênero no contexto educacional.

Identificamos como fatores limitantes: poucos estudos explorando a abordagem STEAM na formação continuada, considerando as bases consultadas. Em trabalhos futuros, pretende-se analisar a contribuição de universidades brasileiras na disseminação de práticas que envolvem a abordagem STEAM e a igualdade e equidade de gênero.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio do projeto *Latin American Open Data for gender equality policies focusing on leadership in STEM*, ao *International Development Research Centre (IDRC)*, a Fundação de Apoio e Desenvolvimento da Universidade Federal de Mato Grosso (UNISELVA), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Secretaria de Estado de Educação de Mato Grosso (SEDUC/MT).

REFERÊNCIAS

- Bacich, L., & Holanda, L. (2020). *STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica*. Penso Editora.
- Diniz, Y. (2020). Competências Socioemocionais BNCC: o que são e como desenvolver. *Imagine Educação*. <https://educacao.imagineie.com.br/competencias-socioemocionaisbncc/>
- Figueiredo, K. S., Maciel, C., Bim, S. A. e Amaral, M. A. (2020). "Gênero e tecnologias". In: Cristiano Maciel; José Viterbo. (Org.). *Computação e Sociedade: A Profissão* (Vol. 1, pp. 104-140). EdUFMT - Editora da Universidade Federal de Mato Grosso.
- Grant, M. J., & Booth, A. (2009). A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information and Libraries Journal*, 26(2), 91-108. <https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>
- Iwamoto, H. M. (2022). Mulheres nas STEM: um estudo brasileiro no diário oficial da união. *Cadernos De Pesquisas*, 52. <https://doi.org/10.1590/198053149301>
- Lorenzin, M., Assumpção, C. M. & Bizerra, A. (2018). Desenvolvimento do currículo STEAM no ensino médio: a formação de professores em movimento. Em L. Bacich & J. Moran (Coords.), *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática* (pp. 199-219). Penso.

- Maciano, G. D., de Lima, W. G., & Maciel, C. (2022). Educação STEAM: potencializando o STEM por meio da arte. *Revista UFG*, 22.
- Maciel, C., Guzman, I.R., Berardi, R., Branisa, B., Rodriguez, N., Frigo, L., Salgado, L., Jimenez, E., Bim, S.A., Cabero, P. (2023). "Open Data Platform to Promote Gender Equality Policies in STEM." Proceedings of the Western Decision Sciences Institute (WDSI). April 2023. Portland, Oregon, USA.
- Oliveira, E. R. B. de, Unbehaum, S., & Gava, T. (2019). Stem education and gender: A contribution to discussions in Brazil. *Cadernos De Pesquisas*, 49(171), 130–159. <https://doi.org/10.1590/198053145644>
- Oliveros Ruiz, M. A. (2019). STEAM as a tool to encourage engineering studies. *Revista Científica*, 2(35), 158-166. <https://doi.org/10.14483/23448350.14526>
- ONU. (2023). *Nações Unidas Brasil. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>.
- Radovic, D. (2022). Traduciendo discursos sobre equidad de género en intervenciones escolares: conflictos entre la visibilidad/invisibilidad del género y la construcción de habilidades matemáticas. *Revista Colombiana de Educación*, 86, 277-304. <https://doi.org/10.17227/rce.num86-12400>
- Wu, Z. (2022). Understanding teachers' cross-disciplinary collaboration for STEAM education: Building a digital community of practice. *Thinking Skills and Creativity*, 46(101178), 101178. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101178>

“LUGAR DE MULHER É NA TECNOLOGIA”: UMA ANÁLISE DE PERFIS BRASILEIROS NO INSTAGRAM SOBRE MULHERES NAS TECNOLOGIAS

MARINA BORGES GONÇALVES

marina291193@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-8917-7713>

Universidade Federal de Santa Catarina,

GILMARA JOANOL ARNDT

gilmaraarndt@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-0245-1801>

Universidade Federal de Santa Catarina,

RAQUEL DE BARROS PINTO MIGUEL

raquelbarrospm@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-2042-7223>

Universidade Federal de Santa Catarina,

LUCIANA BOLAN FRIGO

luciana.frigo@ufsc.br

<https://orcid.org/0000-0002-0156-2959>

Universidade Federal de Santa Catarina,

Recibido: 16 de agosto del 2023 / Aceptado: 4 de octubre del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/interfases2023.n018.6617>

RESUMO. A disparidade entre o número de mulheres e homens atuantes nas áreas de STEM é um assunto difundido entre pesquisadores e pesquisadoras ao redor do mundo, no entanto, dada a sua complexidade, sempre há elementos a serem refletidos e problematizados. Pensando nisso, o presente trabalho apresenta uma pesquisa que teve como objetivo analisar, a partir de preceitos da análise do discurso de Pêcheux, perfis eiros do Instagram sobre mulheres nas tecnologias, tendo como base para a escolha dos perfis um levantamento feito pela rede ELLAS. Foram encontrados 63 perfis, e dentre eles, foram escolhidos como alvo de análise 18 perfis individuais, nos quais pôde-se verificar o foco em ensinar como se inserir e progredir nessa área.

PALAVRAS CHAVE: mulheres / tecnologia / redes sociais

“EL LUGAR DE UNA MUJER ESTÁ EN LA TECNOLOGÍA”: UN ANÁLISIS DE PERFILES BRASILEÑOS DE INSTAGRAM SOBRE MUJERES EN TECNOLOGÍA

RESUMEN. La disparidad en el número de mujeres y hombres que trabajan en campos STEM es un tema generalizado entre los investigadores de todo el mundo; sin embargo, dada su complejidad, siempre hay elementos para reflexionar y problematizar. Con esto en mente, este trabajo presenta un estudio que tuvo como objetivo analizar perfiles de Instagram sobre mujeres en tecnología utilizando los preceptos del análisis del discurso de Pêcheux, a partir de una encuesta realizada por la red ELLAS. Se encontró un total de 63 perfiles, y de ellos se eligieron 18 perfiles individuales para el análisis, en los que el foco fue enseñar cómo entrar y progresar en esta área.

PALABRAS CLAVE: mujeres / tecnología / redes sociales

“A WOMAN’S PLACE IS IN TECHNOLOGY”: AN ANALYSIS OF BRAZILIAN INSTAGRAM PROFILES ABOUT WOMEN IN TECHNOLOGY

ABSTRACT. The disparity in the number of women and men working in STEM fields is a widespread issue among researchers around the world; however, given its complexity, there are always elements to be reflected on and problematized. With this in mind, this paper presents a study that aimed to analyze, based on the precepts of Pêcheux’s discourse analysis, Brazilian Instagram profiles about women in technology, based on a survey carried out by the ELLAS network. A total of 63 profiles were found, and of these, 18 individual profiles were chosen for analysis, in which it was possible to verify the focus on teaching how to enter and progress in this area.

KEYWORDS: women / technology / social network

1. INTRODUÇÃO

O apagamento da presença das mulheres na história das tecnologias é antigo e muito discutido entre pesquisadoras e pesquisadores ao redor do mundo. Segundo Louzada et al. (2019), antes dos anos 1980 havia um predomínio de mulheres nos cursos de computação. Porém, após a invenção do computador de uso pessoal e uma valorização dessas carreiras, houve uma inversão nessa realidade, culminando na predominância de homens nessas áreas de estudo e trabalho. Essa disparidade entre o número de homens e de mulheres nas tecnologias acontece porque a forma como são construídas socialmente as maneiras de ser homem e mulher acabam ditando o rumo das áreas de estudos ligadas às tecnologias (Louzada et al., 2019).

Para problematizar essa construção, é importante entendermos o conceito de gênero. De acordo com Scott (1995), ele diz respeito à organização social de uma diferença sexual percebida. Para a autora, a existência de uma dominação masculina e uma subordinação feminina é o que nomeia as relações de poder existentes nas relações de gênero. Isso faz com que, ao longo da história da humanidade, as mulheres tenham sido subjugadas e, muitas vezes, excluídas de lugares que não eram destinados a elas de acordo com determinadas normas sociais. Pensando nisso é que o quinto objetivo da ONU (Organização das Nações Unidas) para o desenvolvimento sustentável (ODS), estabelecido em 2015, consiste em “Alcançar a igualdade de gênero por meio do fortalecimento das mulheres e meninas” (Presidência da República do Brasil, 2017 p. 60). Considerando tal contexto, nos últimos anos, tem-se observado por toda a América Latina a criação de políticas e ações de incentivo para a inserção de mulheres e meninas nas tecnologias.

Nesse sentido, é importante destacar o papel das redes sociais digitais, como Instagram, Facebook e LinkedIn para a divulgação de projetos de inserção de meninas e mulheres nas tecnologias, bem como para apresentar o trabalho de mulheres nas áreas de STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática), estimulando a curiosidade e incentivando a participação. Compartilhar, explicar e mostrar o trabalho feito por mulheres nessa área contribui para a sua transformação em um espaço mais igualitário (Mello e Pedro, 2019). Assim é que tem sido possível observar a formação de comunidades de mulheres que atuam em STEM e fazem uso do meio digital para tecer uma rede de conexões, aliando ativismo, educação, formação e empreendedorismo, fazendo expandir a participação de meninas e mulheres nas ciências e tecnologias (Frade, 2021). Além de perfis de comunidades, também encontramos nas redes perfis individuais de mulheres inseridas no mercado de trabalho da tecnologia. Elas, em sua maioria, podem ser descritas como “influenciadoras”, figura que surgiu no início dos anos 2000 com as blogueiras e que tem o poder de influenciar a decisão daqueles que a seguem e de colocar discussões em circulação (Karhawi, 2017), porque falam sobre seus trabalhos em um meio formado majoritariamente por homens.

Também no campo acadêmico, cresce o número de pesquisas voltadas para mapear as iniciativas direcionadas à inclusão de meninas e mulheres nas áreas de STEM. Um exemplo é a rede ELLAS¹ (Maciel et al., 2023), que tem como principal objetivo auxiliar na geração de dados sobre políticas e intervenções que reduzam a lacuna de gênero em STEM. Um dos objetivos específicos deste projeto foi fazer um levantamento em três países - , Peru e Bolívia -, de perfis que incentivem a presença de mulheres nas tecnologias (Instagram, Facebook e LinkedIn). Esse levantamento foi realizado entre os meses de maio e julho de 2022 e revisado em novembro do mesmo ano, localizando 248 perfis nas redes citadas, distribuídos entre os três países.

Ao visitar o conjunto de perfis eiros no Instagram mapeados e que seguem ativos em 2023, foi possível identificar alguns elementos que despertaram um novo interesse de pesquisa. Assim, para a presente pesquisa, nosso objetivo foi analisar os perfis eiros do Instagram de mulheres inseridas no mercado de trabalho da tecnologia, com a última postagem feita há 3 meses ou menos.

2. MÉTODO

Para atingir os propósitos desta pesquisa, retomamos o levantamento de perfis que incentivem a presença de mulheres nas tecnologias desenvolvido por pesquisadoras da rede ELLAS, a fim de realizar uma triagem para selecionar os perfis eiros no Instagram. O referido levantamento realizou, inicialmente, uma busca no Instagram utilizando as palavras-chave: menina e tecnologia; garota e tecnologia; guria e tecnologia; mana e tecnologia; cunhantã e tecnologia; mulher e tecnologia. Porém, somente esse critério não foi suficiente para um alcance maior dos perfis de iniciativas disponíveis. Então, a partir dos perfis encontrados com o uso das palavras-chave, usou-se a lógica do método “bola de neve” (Vinuto, 2014) juntamente com a ferramenta do Instagram “Sugestões para você”², tendo assim acesso a outros perfis que não haviam aparecido anteriormente, mas que apresentavam similaridade com aqueles encontrados usando as palavras-chave. Cabe ressaltar que as buscas foram feitas a partir dos perfis das quatro pesquisadoras eiras envolvidas nessa atividade.

A partir dele, localizamos 117 perfis nessa rede social. Como já mencionado, em um primeiro momento nos concentramos nos perfis eiros no Instagram cuja última postagem tenha sido feita entre os meses de maio, junho e julho de 2023. Isso nos trouxe um total de 68 perfis. Durante a realização da análise, alguns perfis ficaram inativos, o que nos levou a uma amostra final de 63 perfis.

1 A rede ELLAS está atrelada ao projeto Latin American Open Data for gender equality policies focusing on leadership in STEM

2 Tal ferramenta sugere perfis para você com base na similaridade deste com o perfil que você encontrou

Durante o processo, dividimos os perfis encontrados em duas categorias: perfis de coletivos e perfis individuais, estes últimos de mulheres já inseridas no mercado de trabalho da tecnologia. Percebeu-se que a maioria dos perfis coletivos produzem conteúdo e promovem ações no sentido de incentivar uma maior presença de mulheres nas áreas de tecnologia, o que é primordial para diminuir a disparidade de gênero encontrada nessa área.

Porém, em uma revisão bibliográfica que teve como objetivo realizar um levantamento das produções acadêmicas sobre mulheres nas tecnologias no , feita pelas autoras do presente artigo (Arndt et al., s.f.), verificou-se uma lacuna na produção acadêmica sobre mulheres no mercado de trabalho da tecnologia. Pensando nisso, escolhemos prosseguir a presente pesquisa com a análise dos perfis individuais, focando no conteúdo produzido por mulheres que já estão inseridas e atuando no campo da tecnologia. Dessa forma, esperamos contribuir para o preenchimento da lacuna encontrada, bem como para o estímulo de novas pesquisas acerca dessa especificidade.

Para a análise, utilizamos preceitos da análise de discurso francesa, de inspiração pecheutiana, que entende que a linguagem está relacionada com os processos sociais e psicológicos (Rocha-Coutinho, 1998). Também foi realizada uma análise imagética, considerando as imagens a partir do seu modo de produção de sentidos (Joly, 1996).

3. RESULTADOS

Entre os perfis encontrados, 45 são coletivos e 18 individuais. Ainda que o foco desta pesquisa sejam os perfis individuais, cabe mencionar que entre os coletivos, metade deles está vinculado a uma instituição de ensino (Institutos Federais ou Universidades) e a outra metade é composta por projetos independentes. Todos os perfis coletivos têm como foco incentivar as mulheres a acessarem as áreas de tecnologia. Para tanto, oferecem cursos e/ou formações visando instrumentalizá-las tecnicamente, fortalecendo o vínculo entre mulheres que se interessam pela área. A divulgação de vagas de emprego na área também é algo presente com frequência nestes perfis.

No que tange aos perfis individuais, todos eram de mulheres inseridas no campo de STEM, mais especificamente na área da tecnologia. A maioria dos perfis é de mulheres na faixa etária entre 26 e 30 anos, habitantes da região Sudeste do país. 17 destas mulheres têm nível superior completo ou estão frequentando um curso superior, apenas uma é formada no ensino técnico. Dos cursos, sete são oriundas de alguma engenharia, oito de algum outro curso da área de tecnologia e três de outros cursos (Design, Publicidade e Logística). Todas elas estão inseridas no mercado de trabalho, sendo oito delas desenvolvedoras, três engenheiras e oito ocupantes de outros cargos, tais como: assistente de marketing, UX (*User Experience*) research, professora, analista de gestão de identidade de acesso, cientista de dados e líder tech. Uma das mulheres dos perfis pesquisados é formada em engenharia e não foi possível especificar em qual área atua, mas por suas

postagens é possível concluir que a mesma está inserida na área de tecnologia. Com relação ao número de seguidores, no mês de julho de 2023, a maior parte dos perfis tem entre 3 e 20 mil seguidores (7), seguidos de 21 a 50 mil (5), 51 e 100 mil (4) e dois perfis têm mais de 100 mil seguidores: um com 147 mil e outro com 141 mil.

Visualmente, são perfis que adotam uma estética bastante colorida, com a utilização de uma extensa gama de cores, passando pelo azul, laranja, amarelo e verde. Alguns perfis trazem fotos pessoais, assim como vídeos com referências a situações tragicômicas vivenciadas quando se atua na área de tecnologia. Quando o rosa e o roxo são utilizados, parecem fazer mais alusão às cores da tecnologia do que algo que traga elementos de uma “feminilidade”, isso porque os perfis dessas mulheres não trazem em sua composição características estereotipadas associadas no senso comum à “coisa de mulher”, que geralmente é formada por uma ideia de leveza, delicadeza e fragilidade (Arndt et al., 2018). Em contraposição, nos perfis coletivos foi possível verificar, com grande frequência, o uso do rosa como uma forma de trazer o “feminino” para uma área dominada pelos homens.

No que diz respeito à forma como as mulheres se apresentam, apenas três perfis fazem menção explícita ao tema “mulheres e tecnologia” na bio (espaço destinado a incluir informações relevantes sobre você ou sobre sua empresa). Oito perfis trazem no nome do perfil alguma menção a mulheres: @programacaoparaelas, @garotadati, @lindasdaengenharia, @girlcoding, @cod.agirl, @conecta_elas, @mulheres.na.ti e @elasprogramam. Nos demais, as mulheres utilizam seus próprios nomes. Ainda que quase a metade dos perfis faça menção (no @ ou na bio) ao tema citado, a grande maioria não problematiza as especificidade e desafios de ser uma mulher atuando em uma área ocupada majoritariamente por homens. De acordo com o *Global Gender Gap Report* (World Economic Forum, 2018), no 10,70% das alunas do ensino superior estão matriculadas em cursos STEM, contra 28,60% dos alunos do gênero masculino. Isso faz o ocupar a 92ª posição no ranking global e a 22ª na região da América Latina e do Caribe, apresentando uma das maiores diferenças de gênero da América Latina.

Os perfis individuais analisados têm como foco, majoritariamente, ensinar técnicas de como se inserir e progredir no mercado de trabalho na área da tecnologia. As mulheres, ao falarem de suas estratégias para alcançar o sucesso, reportam-se ao público em geral e não apenas às mulheres. Talvez esta seja uma das razões de a maior parte dos perfis analisados não problematizar o fato de serem mulheres em STEM. Quando a problematização acontece, está mais voltada para a inserção de mulheres nesta área, e não na permanência e desafios encontrados no dia a dia. Porém, sabe-se que o mal-estar acompanha muitas daquelas que atuam nesta área tida como “masculina”. Em pesquisa feita por Bacelar et al. (2021), as mulheres inseridas nas áreas tecnológicas mencionaram sentir-se deslocadas nos ambientes de trabalho, com sentimentos de não pertencimento a esses lugares. Esses acabam sendo polarizados entre homens e mulheres, e por elas

estarem em minoria, ficam marginalizadas e encontram dificuldades de serem ouvidas pela equipe.

Entre os três perfis que fazem menção explícita ao tema “mulheres e tecnologia” na bio, dois, de fato, publicam conteúdos mencionando a questão de gênero na área da tecnologia. São os perfis @mulheres.na.ti e @elasprogramam. O primeiro faz isso por meio de: indicação de livros, séries e filmes sobre a temática de mulheres nas tecnologias; dicas direcionadas ao público feminino; apresentação de dados sobre a participação das mulheres na área de tecnologia; além de posts com mulheres que atuam no mercado de trabalho tecnológico contando suas trajetórias e experiências na área. O segundo perfil costuma fazer mais posts em formato de vídeo, em que faz reflexões sobre a vivência das mulheres no campo da tecnologia. Por se tratar de uma mulher de 49 anos, o perfil faz postagens abordando a questão do etarismo. Além disso, é o único perfil individual, entre os achados na presente pesquisa, que, ao celebrar o Dia Internacional das Mulheres, problematiza a questão de gênero, colocando em pauta assuntos como demissão pós licença-maternidade e o maior impacto das demissões em massa nas carreiras de mulheres em comparação aos homens. Também, ele questiona um termo muito utilizado ao homenagear as mulheres nesse dia: “guerreiras”.

Diante do expressivo número de perfis que não tecem tais problematizações, cabem algumas reflexões. Inicialmente, pode-se conjecturar que ser uma mulher atuante nas tecnologias, com visibilidade nas redes sociais, e não tecer reflexões sobre os desafios inerentes à sua posição, pode passar a falsa impressão de que o mercado de trabalho tecnológico não é “generificado”. Pode-se, talvez, passar a ideia de que uma vez vencida a barreira do incentivo e da inserção, as mulheres encontram igualdade ao longo de suas carreiras em STEM.

Por outro lado, é importante considerar o que pode significar encontrar um perfil de uma mulher que atua na área de tecnologia ao navegar pelo Instagram. Pode-se formular a hipótese que o fato de ser uma mulher na tecnologia seja o suficiente para se colocar nas redes sociais com o intuito de “conectar e empoderar mulheres na TI” (sic) e, de fato, a representatividade pode ser uma maneira de emancipar os/as pessoas integrantes de grupos minoritários e sub-representados em muitas áreas (Dess, 2022), como é o caso das mulheres na tecnologia.

4. CONCLUSÃO

Por meio da análise de perfis eiros no Instagram que têm como foco a interface mulheres e STEM, foi possível verificar que os perfis coletivos compreendem a maioria. Independentemente disso, a opção, nesta pesquisa, pela análise dos perfis individuais, visou contribuir para suprir a lacuna da exígua produção acadêmica acerca de mulheres já inseridas no mercado de trabalho em STEM.

Por entender que as redes sociais produzem uma materialidade discursiva, constituindo importante espaço de produção de sentidos (Dias, 2018), verificar o que mulheres que atuam em STEM falam em seus perfis no Instagram possibilita identificar os discursos que têm circulado ao redor desta temática. Nesse sentido, ainda que a questão da representatividade seja bastante importante, a reduzida problematização de questões atreladas ao fato de serem mulheres e atuarem em uma área predominantemente masculina chamou atenção. Não falar deste assunto pode ser uma estratégia, afinal, como visto, a maioria dos perfis analisados fala sobre tecnologia para um público amplo, não apenas para as mulheres.

Por outro lado, como apontam algumas pesquisas (Bacelar et al., 2021), sabe-se que a disparidade entre homens e mulheres no mercado das tecnologias gera sofrimento a muitas mulheres. Dessa forma, o silêncio não significa inexistência de desafios e obstáculos, mas, talvez uma estratégia de sobrevivência em um mundo em que demonstrar sentimentos e/ou falar de desigualdade de gênero é visto como fragilidade, fraqueza e falta de profissionalismo.

Assim, este estudo aponta para a importância de pesquisadoras/es da interface gênero e STEM debruçarem-se sobre estudos que explorem o que acontece após a inserção de mulheres nessas áreas. Seria importante que estas pesquisas considerassem, além do gênero, outros marcadores, tais como raça, classe e deficiência, a fim de contribuir com um olhar interseccional e plural para as discussões acerca da presença e permanência de mulheres nas tecnologias e, também, em cargos de liderança.

Dessa forma, espera-se, com esta pesquisa, contribuir para o fortalecimento da interface entre estudos de gênero e tecnologia, bem como ampliar a possibilidade de problematização sobre a maneira como a expansão da visibilidade de mulheres presentes nessas áreas vêm acontecendo.

REFERÊNCIAS

- Arndt, G. J., Miguel, R. de B. P., Michaelsen, M. V., & Barbosa, L. H. (2018). "Como uma garota": novas regras na publicidade de absorventes. *Estudos Feministas*, 26(2). <https://doi.org/10.1590/1806-9584-2018v26n245585>
- Arndt, G. J., Gonçalves, M. B., Miguel, R. de B. P., & Frigo, L. B. (em submissão). *Mulheres em STEM: produções acadêmicas no contexto eiro*.
- Bacelar, A. S., Campos, A. C., Santos, L. T., Nascimento, T. B. P. do, & Rezende, D. C. de. (2021). Gênero e Construcionismo Social: Os Desafios das Mulheres na Tecnologia da Informação. *Revista de Administração IMED*, 11(1), 1. <https://doi.org/10.18256/2237-7956.2021.v11i1.4364>
- Dess, C. (2022). Notas sobre o conceito de representatividade. *Urdimento – Revista de Estudos em Artes Cênicas*, 1(43), 1-30.

- Dias, C. (2018). *Análise do discurso digital: sujeito, espaço, memória e arquivo*. Pontes.
- Frade, R. L. (2021). Comunidades de mulheres em tecnologia: estudo comunicacional e organizacional. In *Anais do XV Women in Information Technology* (pp. 41-50). SBC.
- Joly, M. (1996). *Introdução à Análise da Imagem*. Edições 70.
- Karhawi, I. (2017). Influenciadores digitais: conceitos e práticas em discussão. *Communicare*, 17(12), 46-6.
- Louzada, N., Santana, T., Assis, I., Braga, R., & Braga, A. (2019, July). Agindo sobre a diferença: atividades de empoderamento feminino em prol da permanência de mulheres em cursos de Tecnologia da Informação. In *Anais do XIII Women in Information Technology* (pp. 69-78). SBC.
- Maciel, C., Guzman, I., Berardi, R., Caballero, B. B., Rodriguez, N., Frigo, L., Salgado, L., Jimenez, E., Bim, S. A., & Tapia, P. C. (2023). "Open Data Platform to Promote Gender Equality Policies in STEM." In *Proceedings of the Western Decision Sciences Institute (WDSI)*. Portland, Oregon, USA.
- Mello, K., & Pedro, W. J. A. (2019). Gênero, ciência e tecnologia: as mulheres inventoras na Universidade Federal de São Carlos. *R. Tecnol. Soc.*, 15(36), 134-150.
- Presidência da República do Brasil. (2017). *Relatório Nacional Voluntário sobre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*.
- Rocha-Coutinho, M. L. (1998). A análise do discurso em psicologia: algumas questões, problemas e limites. Em L. Souza, M. F. Q. Freitas, & M. M. P. Rodrigues (Orgs.), *Psicologia: reflexões (im)pertinentes* (pp. 317-345). Casa do Psicólogo.
- Scott, J. (1995). Gênero: uma categoria útil de análise histórica. *Educação & Realidade*, 20(2), 71-99.
- Vinuto, J. (2014). A amostragem em bola de neve na pesquisa qualitativa: um debate em aberto. *Temáticas*, 22(44), 203-220.
- World Economic Forum (2018). *Global Gender Gap Report. Insight Report*.

SOCIALISMO DIGITAL Y CIBERCOMUNISMO EN LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

PIERO ARTURO GAYOZZO HUAMANCHUMO

piero.gayozzo@unmsm.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-5112-5431>

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú

Recibido: 19 de noviembre del 2022 / Aceptado: 16 de octubre del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/interfases2023.n018.6160>

RESUMEN. El socialismo es una ideología política que propone que el Estado debe controlar los medios de producción para administrar una economía planificada. La posibilidad de que dicha tesis pueda concretarse ha sido objeto de debate a lo largo del siglo xx. La Cuarta Revolución Industrial (4RI) incluye tecnologías, como la inteligencia artificial o la *big data*, que podrían reabrir el debate a través de la formulación de nuevos modelos digitales de economía planificada. La presente investigación es de carácter cualitativo y presenta sucintamente algunos modelos teóricos propuestos en la academia para actualizar el socialismo en la 4RI. Se describen seis nuevas formas teóricas de socialismo digital: la economía de plataforma, la infraestructura de retroalimentación socialista, el planeamiento central algorítmico, el cibercomunismo, el comunismo de lujo totalmente automatizado (FALC, por su sigla en inglés) y la planificación económica de ciclo abierto *in natura*. Se concluye la necesidad de profundizar en el análisis de estos modelos para enriquecer el estudio de las ideologías políticas y el debate sobre el futuro de la sociedad.

PALABRAS CLAVE: comunismo / ideologías políticas / inteligencia artificial / política / socialismo

DIGITAL SOCIALISM AND CYBER-COMMUNISM IN THE FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION

ABSTRACT. Socialism is a political ideology that proposes that the state should control the means of production to manage a planned economy. The possibility of realizing this thesis has been debated throughout the 20th century. The Fourth Industrial Revolution (4IR) includes technologies such as artificial intelligence or big data that could reopen the debate through the formulation of new digital models of planned economy. This qualitative research presents some theoretical models proposed in academia to update socialism in the 4IR. It describes six new theoretical forms of digital socialism:

P. A. Gayozzo

Platform Economy, Socialist Feedback Infrastructure, Algorithmic Central Planning, Cyber-Communism, Fully Automated Luxury Communism (FALC), and Open Loop In Natura Economic Planning. The study concludes that the study of political ideologies and the debate about the future of society would benefit from further analysis of these models.

KEYWORDS: artificial intelligence / communism / political ideologies / politics / socialism

1. INTRODUCCIÓN

El socialismo se define como un sistema de pensamiento político y económico que se caracteriza por promover el traspaso del control de los medios de producción —y de la producción general— de los actores privados a la sociedad organizada, representada por el Estado, que asumiría la función de dirigir y planificar la economía (Von Mises, 1968; Miró Quesada Rada, 2001; Schumpeter, 2003). Del socialismo utópico de Saint-Simon, Fourier y Owen, el sector que abrazó esta propuesta y fue caracterizado como la izquierda política, modificó drásticamente su corpus ideológico con la obra de Marx y Engels, quienes hicieron lo posible por convertir las aspiraciones socialistas en una nueva ciencia a la que denominaron *socialismo científico*. Esta nueva cosmovisión, que combinó la filosofía materialista con la filosofía de Hegel y propuso leyes dialécticas como motores del cambio social, sirvió de andamiaje para la promoción de nuevas formas de socialismo. Entre las más conocidas destacan los trabajos de Lenin y Mao, principalmente *El Estado y la revolución* y *Sobre la práctica*, respectivamente, que enriquecieron la propuesta marxista original y sirvieron de inspiración para otras posteriores.

De la amplia literatura socialista, lo que en parte atañe al presente trabajo es el capitalismo de Estado, desarrollado por Lenin (1983). A lo largo de sus discursos, Lenin propuso la necesidad de atravesar una fase transitoria hacia la materialización del comunismo, una que combine el capitalismo con el socialismo. Este modelo provisional albergaría empresas controladas por el proletariado, de quien dependería la planificación y el control absoluto, a fin de evitar que la influencia de la burguesía subvierta el camino hacia el comunismo. Años más tarde, la teoría de la intervención del Estado sobre la economía hallaría detractores y, naturalmente, también defensores. A continuación, revisaremos algunos de los participantes en este debate.

Una de las más certeras objeciones al proyecto económico socialista la propuso el economista Ludwig von Mises (1983). Según él, la abolición del libre mercado y el subsecuente control de precios son los mayores impedimentos para la consecución de una economía planificada, pues si se elimina el sistema de precios, sería imposible calcular la oferta y demanda de los bienes y servicios futuros. El economista socialista Fred M. Taylor intentó resolver esta dificultad y propuso el método de ensayo y error, el cual fue agregado a nivel teórico en la operación de una economía socialista por el economista comunista polaco Oskar Lange (Camarinha Lopes, 2021). Esta solución demandaba una vigilancia continua de existencias, a fin de poder establecer el precio correcto. Años después, Friedrich Hayek y Lionel Robbins objetaron la funcionalidad del método y lo descartaron. Ambos adujeron que para hacerlo efectivo se requería de una data inmensa, que se modifica continuamente en poco tiempo, y de la solución de millones de ecuaciones y de cálculos (Wang & Li, 2017). Incluso, por la necesidad de reformular frecuentemente los cálculos para hallar las soluciones apropiadas, el cálculo económico terminaría por colapsar (Wang & Li, 2017). Aquel fue parte del debate sobre la viabilidad de una economía planificada durante el siglo xx.

Actualmente se atraviesa una Cuarta Revolución Industrial, cuya principal característica es el desarrollo de tecnologías NBIC, herramientas con capacidades que se creían propias de la ciencia ficción, tales como el trabajo a escala diminuta (nanotecnologías), la manipulación del material biológico (biotecnologías), nuevos mecanismos de procesamiento de datos (infotecnologías) y avances en ciencias cognitivas (Schwab, 2016; Gayozzo, 2020). Las infotecnologías y, específicamente, la inteligencia artificial, se articulan como el corazón de la 4RI (Thomas, 2020), al configurar lo que denominaremos como *big system*, un sistema de captación, almacenamiento y procesamiento de datos masivos en tiempo real. Compuesto por diversas tecnologías de la información, este sistema es una renovación de la gestión computacional a partir de una nueva generación de herramientas que permite mayor control, mayor capacidad predictiva, mayor seguridad, una interconectividad entre la realidad física y la realidad virtual, así como un aumento significativo de la automatización de los procesos. Los agentes que, al articularse, prometen revolucionar la vida social, la productividad y el quehacer político, son las plataformas digitales, el internet de las cosas (también denominado IoT), los aparatos inteligentes (ordenadores, celulares, televisores, etcétera), la inteligencia artificial, la *big data*, la computación en la nube, los sistemas de encriptación *blockchain* y la conectividad 5G, entre otros.

De acuerdo con el trabajo de múltiples autores, se puede sugerir que estas novedades tecnológicas permitirán la especulación, desarrollo y modelado de un verdadero capitalismo de Estado o socialismo económico. Si los impedimentos para la planificación estatal de la economía eran la incapacidad de obtener datos minuciosos sobre los factores primarios de producción, así como sobre las preferencias particulares de cada individuo y la imposibilidad de efectuar los millones de ecuaciones necesarias para que un sistema complejo se adaptara continuamente, en la actualidad y a futuro, con la inclusión del *Big System* estos podrían volverse limitantes del ayer. Trabajos como los de Cockshott (1990), en el que se simuló el tiempo que demoraría lidiar con cerca de cuatro mil industrias con un resultado de 320 segundos con un ordenador capaz de realizar un millón de operaciones por segundo; o, más reciente, el de los economistas Wang y Li (2017), en el que se propone una plataforma económica capaz de fortalecer el control estatal y reducir los costos de la burocracia, son algunas de las aproximaciones teóricas de un nuevo modelo de planificación económica que involucran tecnologías de la información de última generación.

Ha habido desarrollos teóricos que actualizaron diferentes sistemas de pensamiento a los nuevos tiempos que promete la Cuarta Revolución Industrial. Hughes (2004) renovó el análisis sobre la dicotomía política que enfrenta a progresistas y conservadores a propósito del impacto de las biotecnologías sobre la vida humana; lo mismo hicieron Faye (2010) y Jorjani (2017) con la ideología posfascista, cuyos objetivos fueron adecuados a las tecnologías NBIC; mientras que en trabajos anteriores se analizó cómo es que la Cuarta Revolución Industrial habría renovado el nacionalismo (Gayozzo, 2022a),

el capitalismo (Gayozzo, 2022b) y el humanismo secular (Gayozzo, 2022c). Por lo anterior, siguiendo con la búsqueda del impacto de este nuevo fenómeno tecnológico en las ideologías políticas, la presente investigación tiene como objetivo realizar una primera aproximación a algunos modelos teóricos propuestos para actualizar el socialismo en la Cuarta Revolución Industrial.

Lo importante de esta labor reside, primero, en contribuir a la investigación académica sobre el estudio de las ideologías políticas, situando la atención en el futuro de estas. Básicamente se trata de poner a disposición de los interesados los trabajos que en paralelo se están desarrollando sobre el tema, así como poner en evidencia cómo la 4RI promete modificar dramáticamente los procesos sociales como consecuencia del adelanto tecnológico que la impulsa. En segundo lugar, esta labor permitirá contribuir al debate sobre la importancia de las ideologías políticas para el futuro de la sociedad. En su trabajo sobre el futuro de las ideologías, Schwarzmantel (1998) afirma que las ideologías políticas clásicas son importantes para la democracia, por lo que, a pesar de las críticas posmodernas, como la negación de que exista el sujeto como promotor del cambio o el rechazo a la construcción de una comunidad política, estas deben renovarse y adecuarse a nuevos tiempos. Ya que estos sistemas de pensamiento tienen un impacto directo sobre la sociedad (Bunge, 2009), el debate sobre el futuro de la sociedad debe incluir el futuro de las ideologías políticas. Además, no puede dejarse de lado el que la evolución y adaptación conceptual y sociocultural a lo largo del tiempo es propia de los sistemas de pensamiento (Freeden, 1994), por lo que ignorar la posible mejora del socialismo en un contexto tan novedoso como la 4RI resultaría poco prudente. Más bien, este se constituye en un tema importante de estudio.

En la segunda sección de este artículo se revisarán seis propuestas académicas que buscan revivir el debate sobre el cálculo económico y contribuir al desarrollo de una adaptación del capitalismo de Estado a una suerte de socialismo tecnológico o socialismo digital. En la tercera sección se comentarán brevemente algunas de las objeciones al socialismo digital. En la cuarta se discute sobre el futuro económico y en la quinta y última sección se expone cómo este trabajo puede servir como guía para los interesados en profundizar en el debate sobre el futuro de las ideologías políticas.

2. REVISIÓN DE SEIS MODELOS DE SOCIALISMO DIGITAL

2.1. Economía de plataforma

En el año 2017 Binbin Wang y Xiaoyan Li publicaron el artículo "Big Data, platform economy and market competition". En él, los autores, proporcionaron una perspectiva novedosa en el análisis del debate sobre la economía planificada, al considerar que las tecnologías que conforman lo que se describió como *big system* ofrecen el ambiente de operaciones en el que se renueva la posibilidad de construir una economía planificada.

Su propuesta ha sido bautizada como *economía de plataforma* y es una actualización del mercado planificado para la 4RI.

La economía de plataforma es un modelo socialista que intenta resolver el problema de la información planteado por Von Mises a través de la *big data*. En vista de que actualmente es posible almacenar, recolectar y acceder a grandes volúmenes de datos, así como analizarlos para obtener gran diversidad cualitativa de manera rápida, la *big data* resulta un gran aliado para personalizar, cuantificar y medir la oferta y la demanda, así como para afectar considerablemente la toma de decisiones. La interacción en el mundo digital facilita que, mediante el procesamiento de datos y algunos algoritmos, se lleve a cabo la identificación de información directa e indirecta, general y personalizada de gustos, preferencias, cantidad de bienes, servicios demandados y otros patrones de consumo, directamente de las acciones y del comportamiento de cada usuario en las redes. La masificación de medios de computación como nubes electrónicas, aparatos inteligentes, celulares móviles, el IoT y demás componentes de lo que se conoce como computación ubicua, o masificación de la presencia de aparatos computacionales en nuestras vidas, articulan al usuario y a los bienes con el *big system*, permitiendo que sean ellos quienes creen y produzcan información de manera continua y escalable.

Según Wang y Li (2017), una manera de evitar que las tecnologías de la información sean empleadas para obtener mayor plusvalía y que la información sea controlada por capitales privados (empresas tecnológicas transnacionales) es que tanto estas como las redes sean controladas por el Estado. Así, los autores se adscriben a una economía impulsada por un plan centralizado y basada en el mercado, en lugar de a los idealistas modelos de participación socialista planificada democráticamente. La razón de ello es que el segundo modelo requiere de un mundo con economías socialistas y, en vista de que vivimos en un mundo capitalista, la única manera de los países para evitar la captura global del capital y lograr el socialismo, es que se desarrollen economías de mercado dirigidas por Estados fuertes.

En términos de la economía de plataforma, un Estado fuerte implica la existencia de un único ecosistema digital empresarial. Los mismos autores proponen que el ecosistema empresarial esté integrado por tres tipos de actores: grupos líderes, grupos claves y grupos de soporte. Los primeros serán los encargados de armar la plataforma y siempre actuarán como intermediarios; los segundos se desempeñan como los espacios en los que se ofertan y demandan bienes y servicios; mientras que los terceros brindan servicios tecnológicos, de consultoría, marketing y similares. Los proveedores o grupos líderes desempeñan el rol principal de esta plataforma económica planificada, ya que evitan la jerarquización y la burocracia innecesaria de los sistemas de planificación económica socialistas anteriores, cuya toma de decisiones se daba en una dirección vertical de arriba hacia abajo (como la economía planificada soviética).

Aunque planificada, la economía de plataforma propone descentralizar en cierto grado la toma de decisiones y superar así al modelo soviético. Para conseguir esta nueva

dinámica, los grupos líderes estarán conformados por tres comunidades: tanto los creadores de mercado, como los creadores de audiencia y las coordinadoras de demanda. Al hacerlo, los autores prevén que se reduzca la corrupción, se tomen decisiones de manera más directa, flexible, con menos margen de error y mayor capacidad predictiva. No obstante, para funcionar, la plataforma tiende a la restricción de la competencia, lo cual consolida la aparición de monopolios y posiciona al Estado en un rol de supermonopolio o plataforma económica principal. Este rol es posible gracias a que el gobierno usa tecnologías de la información para monitorear los cambios en la plataforma. El modelo de Wang y Li (2017) es básicamente un mercado basado en *big data* controlado por empresas estatales.

En síntesis, este modelo busca que sea el mercado el que brinde la información necesaria a la plataforma económica mediante la infraestructura tecnológica (*big system*) de propiedad estatal. Una vez que ocurra esto, los operadores de la plataforma (monopolios, agentes gubernamentales y otros) podrán evaluar la información recolectada de los intereses y comportamientos de los usuarios para asignar los recursos de mejor manera, implementar regulaciones, proveer servicios de valor agregado y otras formas de planificación centralizada. La economía de plataforma usa los recursos digitales para centralizar en el Estado las interacciones mercantiles, pero —a diferencia de otros modelos planificados, como el soviético que era en extremo centralista—, permite que tales interacciones sean procesadas de manera descentralizada.

2.2. Infraestructura de retroalimentación socialista

La digitalización de los negocios y de los canales de atención comercial ha permitido nuevas dinámicas en las relaciones mercantiles. Gracias a la posibilidad de obtener mayor información en tiempo real, los precios y las decisiones de los usuarios se ven tremendamente afectados. La infraestructura de retroalimentación se refiere a la actual dinámica de valoración del servicio, la reputación y otros detalles de la experiencia del usuario. Se trata de nuevos modelos de mercado digital que funcionan en tiempo real a partir del cruce, intercambio y retroalimentación constante de datos, los cuales ayudan a mejorar la calidad del servicio brindado o a decidir con más información sobre si tomar o no algún servicio.

De acuerdo con Morozov (2019), esta infraestructura puede ser aprovechada por la izquierda para crear nuevas formas no mercantiles de coordinación social. Para lograr su cometido, Morozov propone tres alternativas a la infraestructura de retroalimentación neoliberal: la solidaridad como procedimiento de descubrimiento, el diseño de no-mercados y la planificación descentralizada/automatizada.

La solidaridad como procedimiento de descubrimiento es una alternativa que exporta el beneficio de retroalimentación constante del mercado actual a la planificación y desarrollo sociales. Se trata del reemplazo de la visión hayekiana de “la competencia

como el motor del mercado”, por la colaboración activa; es decir, que los nuevos motores de la innovación sean la búsqueda conjunta y solidaria de soluciones. Al hacerlo, se aprovecharán las plataformas digitales de la infraestructura enfocada en la retroalimentación para identificar y discutir sobre problemas sociales de manera comunitaria.

Por su parte, los no-mercados son descritos como espacios de distribución de recursos sin intervención del sistema de precios; tan solo recurren al emparejamiento de gustos y preferencias de acuerdo con ciertos requerimientos preestablecidos. Este es el caso de la donación de órganos, las ONG, la Iglesia y otras organizaciones sin ánimo de lucro. Llevar aquel modelo de intercambio de bienes a una escala macro requiere de la consideración de múltiples variables. Frente a dicha dificultad, las infotecnologías de la 4RI, por medio de la infraestructura de retroalimentación, se posicionan como la alternativa más adecuada, según Morozov (2019, p. 60).

Con respecto a la planificación descentralizada/automatizada, Morozov (2019, pp. 62-65) confía en que es una alternativa a las limitaciones que presenta el usar potentes computadoras para la planificación, así como para la centralización al estilo soviético y para el sistema de precios motivado por la competencia del sistema neoliberal. Una planificación descentralizada/automatizada demanda del uso socialista de las nuevas tecnologías de la información y de la infraestructura de retroalimentación, por lo que propone se desarrolle un modelo a partir del trabajo de Saros (2014). El modelo de Saros funciona más o menos de la siguiente manera: productores y consumidores registran sus producciones y necesidades en un catálogo general similar a la plataforma de Amazon. Gracias al análisis de la *big data* (gustos, cantidades indicadas por consumidor, preferencias, patrones de consumo, etcétera) los productores pueden producir lo necesario para satisfacer la demanda real y los precios son asignados por los consejos de trabajadores en función de la necesidad de agotar las existencias y no del lucro. En caso no haya demanda suficiente para un bien, este podría repartirse de manera gratuita.

Digamos que el modelo de Morozov es, básicamente, un gran espacio virtual en el que se selecciona lo que se consumirá y se ofrece lo necesario para que funcione la sociedad, una especie de gran no-mercado en el que no hay empresas, sino gremios de producción y en el que la dinámica de intercambio de bienes y servicios es guiada por la solidaridad y algunas características del sistema de precios, pero libre del *ethos* capitalista. Distinto al modelo soviético en el que un Comité decidía el futuro de los bienes, en este modelo los bienes serán repartidos siguiendo las lógicas de la infraestructura de la retroalimentación y, por ende, del *big system*.

2.3. Planeamiento central algorítmico

Pałka (2020) tiene una proyección un poco más experimentada. Siguiendo el credo marxista de la socialización de los medios de producción, el reemplazo de la producción con fines de lucro por la producción para el uso y la necesidad de que un planificador

central decida cuánto producir, Pałka propone una reactualización del modelo de economía planificada en tiempos de 4RI: el planeamiento central algorítmico. El modelo de Pałka no concuerda con aquellos enfoques moderados que proponen medidas regulatorias o redistributivas del mercado, sino que busca la anulación estatal del mercado y su reemplazo por una planificación central absoluta.

Ante las dificultades que supone la instauración de semejante régimen, la recolección de datos, la colocación de productos y la computación de la información, entre otros, Pałka responde que ninguno será próximamente un problema. La distribución casi omnipresente de los *gadgets* y el internet de las cosas servirán para recolectar datos de los usuarios, sus gustos y preferencias. De la misma forma, las dinámicas de puntuación o intercambio que se suscitan en las plataformas digitales y redes sociales las mantendrán actualizadas. Con toda esa información acumulada en *big data*, las técnicas de análisis y la inteligencia artificial identificarán patrones de conducta fácilmente, por lo cual su uso para simular las operaciones de mercado y velar por la colocación de bienes más eficiente será posible. Así, se propone explorar la alternativa de la economía planificada en nuevos tiempos tecnológicos y desafiar la dicotomía entre preferir la libertad de mercado por ser moralmente superior o el control y la planificación por ser más eficiente. Libertad o eficiencia.

2.4. Cibercomunismo

El científico computacional y economista marxista Paul Cockshott ha venido trabajando en modelos informáticos para la actualización de la propuesta socialista desde los años noventa. En 1993, junto al economista de la Universidad de Oxford Allin Cottrell, publicó el libro *Hacia un nuevo socialismo* en el cual apuntó a crear una forma de socialismo marxista distinto al soviético.

Desde entonces, sus investigaciones computacionales lo han llevado a proponer la ruta para la consecución de un cibercomunismo. El modelo de Cockshott (2017) sigue la lógica de economía planificada digital desarrollada por Pałka, el uso de *big data* para captar información, el internet como espacio de planeamiento y concentración de información y el avance computacional para procesar la gran cantidad de datos de una economía entera, pero le agrega la necesidad de que se complemente con algún modelo de democracia directa.

Cockshott cree que la primera etapa del comunismo será posible siguiendo la receta marxista: lograr la dictadura del proletariado, la socialización de medios de producción y la eliminación del control del capital por parte de la burguesía. Hasta ese punto no existen cambios evidentes del planeamiento marxista. Sin embargo, el cibercomunismo surge tras el desarrollo de un sistema de internet centralizado que registre todas las transacciones y tras el reemplazo del dinero físico por créditos electrónicos. De acuerdo a Cockshott, estas tecnologías se aunarán a las disposiciones económicas marxistas y

permitirán el tránsito hacia un modo de cálculo comunista en el que se valoren los bienes en función del tiempo de trabajo. Una vez logradas estas nuevas relaciones de producción, se podrá dar fin a la explotación y, por consiguiente, a la lucha de clases, con lo cual se abrirán las puertas hacia una nueva forma de organización social en el mundo digital con repercusiones en la realidad física.

2.5. Comunismo de lujo totalmente automatizado (FALC)

Otro de los gobiernos ideales que surgen para utilizar las promesas de la 4RI en la reanimación del modelo socialista es el propuesto por Bastani (2019): el Comunismo de lujo completamente automatizado (*Fully Automated Luxury Communism* – FALC). Esta utopía comunista se traza como objetivos la superación de las consecuencias del cambio climático, la escasez de recursos, el envejecimiento de la sociedad, la pobreza creciente y el desempleo generado por la automatización. Para lograrlo, Bastani (2019) afirma que solo hará falta desplegar los mayores adelantos tecnológicos, como la automatización total de los procesos laborales, la suplantación de nuestra demanda energética con fuentes de energía renovables, la escasez de materiales con la minería y la exploración espacial, los problemas de salud y las limitaciones del tiempo de vida con las biotecnologías. Al ejecutar este proyecto tecnológico se apuntaría a una vida social sostenible con repercusiones tremendas en la sociedad, pues el trabajo habría sido eliminado y la escasez habría sido reemplazada por abundancia.

2.6. Planificación económica de ciclo abierto in natura

Desarrollado y simulado por Samothrakis (2021) del Instituto de Análisis y Ciencia de Datos de la Universidad de Essex del Reino Unido, el sistema nombrado como “Planificación económica de ciclo abierto *in natura*” es una propuesta menos utópica y algo más mesurada. Parte de la necesidad de cambiar el sistema de precios para el cálculo económico por el cálculo directo de la demanda de bienes y servicios, proceso conocido como cálculo *in natura*. Samothrakis acepta que las preferencias individuales son tan variadas que la objeción epistémica contra el socialismo, según la cual el planificador no sabría qué computar, tiene solidez y, por lo tanto, el mercado sería el adecuado para distribuir los bienes. Sin embargo, partiendo de la asunción de que los individuos pueden tener preferencias comunes con respecto a los bienes y servicios prioritarios y estas preferencias variarán poco en relación al tiempo, sí sería posible planificar su distribución con modelos de *machine learning*, al menos para productos y servicios de primera necesidad.

El modelo no es propuesto como una forma de centralismo estatal clásico que regule la economía y la planifique de arriba hacia abajo (de los productores a los consumidores), sino como una forma de monopolio democrático descentralizado. Esto quiere decir que serán los usuarios los que proyectarán y comunicarán sus demandas diariamente, el

sistema ajustará sus ingresos y salidas y enviará los nuevos resultados para actualizar la planificación por medio de nuevas plataformas digitales.

El objetivo de este modelo es el de quitar algunos productos de necesidad básica de circulación, con el fin de proveerlos directamente a los ciudadanos. De esta manera, el modelo no intenta reemplazar el mercado (es decir, que el Estado socialice todos los medios de producción), sino únicamente eliminar la incertidumbre sobre la producción de un bien y relacionar ciudadanos y unidades de producción de manera directa.

3. ¿COMUNISMO DE VIGILANCIA?

Más allá de las limitaciones infraestructurales todavía presentes para conseguir el modelo FALC, el proyectarse a medir los precios dentro de una sociedad requeriría del conocimiento absoluto de las relaciones mercantiles (cada transacción, bancos de datos con las preferencias particulares, cantidades vendidas y producidas, registro de materiales, etcétera). Este panorama convertiría al ideal capitalismo de Estado en una suerte de comunismo de vigilancia en el que el ya conocido afán de los gobiernos totalitarios por espiar y vigilar a los ciudadanos, con la excusa de una economía planificada, termina por situar a una sociedad en una suerte de *Big Brother society*. El rostro desfigurado del capitalismo de Estado en tiempos de la 4RI ha sido nombrado como Comunismo 2.0 o *Big mother society* por el investigador Helbing (2019). De acuerdo a su análisis, la *Big mother society* se caracterizaría por renovar la imposición en las formas de ver el mundo, planificar verticalmente la distribución de recursos y socavar la competencia y la innovación. El final de esta distopía sería el agotamiento de los recursos disponibles y el racionamiento de los recursos que queden.

Para algunos, como el sociólogo Torpey (2019), las políticas actuales de China deben ser vistas como una forma de capitalismo de vigilancia. Si bien las empresas chinas acumulan datos de los usuarios, quien accede a esa información, es capaz de manejarla, manipularla y supervisar para tomar decisiones a nivel nacional, es el gobierno central chino (Nicas, 2021). Si a ello le agregamos que el llamado "modelo chino" es un capitalismo de Estado que, desde las reformas de finales de los setentas iniciadas por Deng Xiao Ping, combina el libre mercado con la participación del aparato gubernamental en el control político y financiero (precios, subsidios, proyectos, etcétera) a través de empresas de propiedad estatal que combinan más estrechamente la economía nacional con la economía global (Hirson, 2019; Xing & Shaw, 2013; Li et al., 2012), nos es lícito indicar que, en realidad, China es una forma de socialismo de vigilancia. Esto supone nuevas discusiones derivadas de la aplicación de un modelo económico en particular. Por un lado, la búsqueda de la funcionalidad y eficiencia económica, pero por otro la discusión ética sobre si es conveniente sacrificar la privacidad a cambio del crecimiento económico.

Para ofrecer mayor evidencia del giro que la República Popular China ha iniciado a propósito de la 4RI, debe indicarse que actualmente cuenta con la intención de articular, digitalizar y concentrar los procesos de gestión de su territorio y de su economía. El año 2018, China fusionó diversas instituciones y ministerios, entre ellos los de urbanismo y desarrollo rural y el de ecología, para conformar el Ministerio de Recursos Naturales como parte de la reforma de su proyecto de planificación territorial. El “Planeamiento Espacial del Territorio Nacional” es el nombre de la fase actual de integración de procesos para la gestión de recursos y promoción del desarrollo sostenible mediante tecnologías informáticas de vanguardia y *big data* (Liu & Zhou, 2021). Por otro lado, el año 2022, el Ministerio de Educación de la República Popular China publicó un documento oficial que daba a conocer las intenciones del gobierno de fortalecer y mejorar la economía digital a partir de la obtención, explotación y gestión apropiada de la data informática y el uso de plataformas estandarizadas y centralizadas en las que los datos circulen de manera confiable y segura, a la vez que sirvan para la cooperación donde los beneficios sean equitativos. Naturalmente, este último proceso se llevaría a cabo acorde al pensamiento guía asumido por el gobierno chino, el denominado “Pensamiento Xi Jinping”.

Todo lo anterior nos sitúa ante nuevas discusiones derivadas de la aplicación de un modelo económico en particular, e incluso de los procesos de digitalización y control. Con respecto al viraje de China, la evidencia apuntaría a la asunción de una forma de vigilancia socialista totalitaria.

4. DISCUSIÓN: ¿SERÁ EL FUTURO SOCIALISTA?

Luego de revisar los modelos anteriores, surge una pregunta legítima: ¿será el futuro socialista? Sin embargo, responderla resulta una tarea sumamente compleja. Por ahora, el modelo económico imperante es el globalizado y capitalista; de ahí que no sea el momento para especular sobre el porvenir. Sobre todo porque el debate del cálculo económico podría no haber sido resuelto, pues -en función de la nueva evidencia y herramientas disponibles- sigue pendiente la revisión de si los impedimentos para hallar una solución planificada son ideológicos, técnicos o una mezcla de ambos factores (Camarinha Lopes, 2021). A pesar de ello, sí es posible analizar los nuevos escenarios de discusión que la 4RI trae consigo. En este trabajo se ha revisado cómo la tesis económica socialista, que propone que el Estado debe controlar los medios de producción para administrar una economía planificada, posee nuevos mecanismos para su concreción, los cuales deberán ser debidamente evaluados. A ello debemos agregar que el capitalismo también se ha renovado, pues diferentes teóricos han desarrollado modelos económicos de capitalismo digital que fortalecen la autoorganización y la renovación del mercado a través de los datos y la cooperación competitiva en los ecosistemas digitales (Gayozzo, 2022b). Invita, incluso, a reflexionar sobre si existe una convergencia entre los modelos de mercado digital y economía digital planificada, si ambos pueden o no complementarse y ser viables simultáneamente, pero cubriendo diferentes niveles y áreas del

mercado. Esta última situación complejiza aún más la solución definitiva al problema del cálculo económico y el futuro de la economía en el mundo. No obstante, en última instancia, la refutación o confirmación de la viabilidad de dichos mecanismos dependerá, una vez más, de la experimentación, la revisión de las simulaciones y las experiencias que se obtengan de las futuras políticas públicas que inspiran estos modelos. Finalmente, no debe dejarse de lado la posibilidad de que la fobia al socialismo, tanto como el fanatismo marxista, constituyan taras para el debate académico. Este es un factor importante, considerando el hecho de que un nuevo frente de discusión se ha abierto.

5. CONCLUSIONES

En esta breve investigación se han revisado algunos modelos de socialismo digital propuestos en los últimos años a propósito de las tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial. Es posible verificar en algunos de ellos cierta intención por alejarse del fracaso soviético, como es el caso del sistema propuesto por Wang y Li, que apelan a descentralizar la toma de decisiones. Sin embargo, ya sea que intenten cambiar el rostro al centralismo absoluto, como la economía de plataforma o la planificación económica de ciclo abierto *in natura*, o que actualicen la utopía sin clases a la inteligencia artificial y la ingeniería genética, como el modelo FALC, todas siguen el ideario de Marx o se ven influenciadas por sus principios económicos, principalmente la socialización de medios de producción.

La existencia de modelos teóricos socialistas para nuevos tiempos muestra que, lejos de quedar en el olvido, las iniciativas marxistas intentan mantenerse vigentes y continuar en la pugna por hacerse un espacio en la discusión académica.

Con respecto a la naturaleza de la investigación, el presente trabajo es principalmente de carácter descriptivo. Esto quiere decir que no cubre diversos aspectos del fenómeno en cuestión, pero que, al ser mencionados a continuación, podrían servir de referencia para futuras investigaciones. Por un lado, no se ha cubierto el aspecto ético, un factor fundamental para el análisis de situaciones futuras y la aplicación de las tecnologías disruptivas. Uno de los problemas que surgen en este rubro es el de la oposición entre privacidad y control, que se deduce de la necesidad de que las tecnologías de la información proliferen y colecten datos de múltiples dimensiones de la interacción social. Tampoco se ha analizado la viabilidad de los modelos descritos, discusión que debe ser desarrollada por expertos en materia económica e infotecnológica, sobre todo porque aún existe la discusión sobre si el problema del cálculo económico es únicamente ideológico, técnico o una mezcla de ambos. A ello debe agregarse que, en caso den muestra de funcionalidad, el marco de competencia internacional podría suponer una limitación para que compita en un entorno predominantemente capitalista. Por lo anterior, se espera que este trabajo sirva para analizar el futuro de las sociedades en un contexto que promete cambios rápidamente.

REFERENCIAS

- Bastani, A. (2019). *Fully Automated Luxury Communism. A Manifesto*. Verso.
- Bunge, M. (2009). *Filosofía política. Solidaridad, cooperación y democracia integral*. Gedisa.
- Camarinha Lopes, T. (2021). Technical or political? The socialist economic calculation debate. *Cambridge Journal of Economics*, 45(4), 787-810. doi: <https://doi.org/10.1093/cje/beab008>
- Cockshott, P. (1990). Application of Artificial Intelligence Techniques to Economic Planning. https://www.dcs.gla.ac.uk/~wpc/reports/plan_with_AIT.pdf
- Cockshott, P. W. (2017). Big data and super-computers: foundations of cyber communism. *9th International WARP-VASS Vanguard Science Congress. Socialist Models and the Theory*. <http://paulcockshott.co.uk/oldwp/BigData.pdf>
- Faye, G. (2010). *Archeofuturism*. Arktos Media Ltd.
- Freeden, M. (1994). Political concepts and ideological morphology. *The Journal of Political Philosophy*, 2(2), 140-164. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9760.1994.tb00019.x>
- Gayozzo, P. (2020). La Cuarta Revolución Industrial: una revolución venidera. *Futuro Hoy*, 1(1), 11-13. doi:<https://doi.org/10.52749/fh.v1i1.2>
- Gayozzo, P. (2022a). Tecno-nacionalismo y nacionalismo digital en la cuarta revolución industrial. *Teknokultura. Revista de Cultura Digital y Movimientos Sociales*, 19(2), 213-220. doi:<https://doi.org/10.5209/tekn.80449>
- Gayozzo, P. (2022b). El capitalismo de vigilancia y capitalismo digital en la Cuarta Revolución Industrial. *Pensar*. <https://pensar.org/2022/10/el-capitalismo-de-vigilancia-y-capitalismo-digital-en-la-cuarta-revolucion-industrial/>
- Gayozzo, P. (2022c). Los retos del humanismo secular en la Cuarta Revolución Industrial. *Pensar*. <https://pensar.org/2022/12/los-retos-del-humanismo-secular-en-la-cuarta-revolucion-industrial/#piero-gayozzo>
- Helbing, D. (2019). *Towards Digital Enlightenment. Essays on the Dark and Light Sides of the Digital Revolution*. Springer.
- Hirson, M. (2019). State capitalism and the evolution of "China, Inc.": Key policy issues for the United States. *Testimony before the U.S. China Economic and Security Review Commission on "China's Internal and External Challenges"*.
- Hughes, J. (2004). *Citizen Cyborg*. Westview Press.
- Jorjani, J. (2017). *World State of Emergency*. Arktos Media.
- Lenin, V. (1983). *On State Capitalism During the Transition to Socialism*. Progress Publishers.

- Li, X., Liu, X., & Wang, Y. (2012). A model of China's state capitalism. *Chinese University of Hong Kong*.
- Liu, Y., & Zhou, Y. (2021). Territory spatial planning and national governance system in China. *Land Use Policy*, 102. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105288>
- Ministerio de Educación de la República Popular de China. (02 de Diciembre de 2022). Zhōnggòng zhōngyāng guówùyuàn guānyú gòujiàn shùjù jīchū zhìdù gèng hao fāhuī shùjù yàosù zuòyòng de yijiàn [Opiniones del Comité Central del Partido Comunista de China y del Consejo de Estado sobre la construcción de un sistema de infraestructura de datos]. Obtenido de http://www.moe.gov.cn/s78/A01/s4561/jgfwzx_zcwj/202212/t20221221_1035505.html
- Miró Quesada Rada, F. (2001). *Manual de ciencia política*. Editorial Libros y Publicaciones.
- Morozov, E. (2019). Digital socialism? The calculation debate in the age of big data. *New Left Review*, (116/117), 33-67. <https://newleftreview.org/issues/ii116/articles/evgeny-morozov-digital-socialism.pdf>
- Nicas, J. (2021). *Apple's Compromises in China: 5 Takeaways*. The New York Times. <https://www.nytimes.com/2021/05/17/technology/apple-china-privacy-censorship.html#:~:text=Apple%20stores%20customer%20data%20on,and%20operate%20the%20data%20center>
- Patka, P. (2020). Algorithmic central planning: Between efficiency and freedom. *Law and Contemporary Problems*, 83(2), 125-149. <https://scholarship.law.duke.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4954&context=lcp>
- Samothrakis, S. (2021). Artificial intelligence inspired methods for the allocation of common goods and services. *PLoS One*, 16(9), e0257399. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257399>
- Saros, D. (2014). *Information Technology and Socialist Construction: The End of Capital and the Transition to Socialism*. Routledge.
- Schumpeter, J. A. (2003). *Capitalism, Socialism, and Democracy*. Routledge.
- Schwab, K. (2016). *La Cuarta Revolución Industrial*. Debate.
- Schwarzmantel, J. (1998). The future of ideology. En J. Schwarzmantel, *The Age of Ideology* (187-199). Macmillan Press.
- Thomas, R. (2020). *How AI is Driving the New Industrial Revolution*. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/ibm/2020/03/04/how-ai-is-driving-the-new-industrial-revolution/?sh=3f856515131a>
- Torpey, J. (2019). *From Surveillance Communism to Surveillance Capitalism and Beyond*. Forbes. www.forbes.com/sites/johntorpey/2019/11/08/from-surveillance-communism-to-surveillance-capitalism-and-beyond/

Von Mises, L. (1968). *Socialismo*. Instituto Nacional de Publicaciones.

Von Mises, L. (1983). El cálculo económico en el sistema socialista. *Estudios Públicos* (10), 213-241. https://www.hacer.org/pdf/rev10_vonmises.pdf

Wang, B., & Li, X. (2017). Big Data, platform economy and market competition: A preliminary construction of plan-oriented market economy system in the information era. *World Review of Political Economy*, 8(2), 138-161. <https://doi.org/10.13169/worlrevipoliecon.8.2.0138>

Xing, L., & Shaw, T. (2013). The political economy of China state capitalism. *JCIR*, 1(1), 88-113.

CIBERSEGURIDAD Y DESARROLLO DE HABILIDADES DIGITALES: PROPUESTA DE ALFABETIZACIÓN DIGITAL EN EDADES TEMPRANAS

OLDA BUSTILLOS ORTEGA

obustillos@uia.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0003-2822-3428>

Escuela de Ingeniería Informática de la Universidad Internacional de las Américas, Costa Rica

JAVIER ROJAS SEGURA

jrojass@uia.ac.cr

<https://orcid.org/0000-0002-0488-4056>

Escuela de Ingeniería Informática de la Universidad Internacional de las Américas, Costa Rica

JORGE MURILLO GAMBOA

jorgemurillo2011@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5548-8283>

Docente Investigador de la Escuela de Ingeniería Informática de la Universidad Internacional de las Américas, San José Costa Rica

Recibido: 29 de agosto del 2023 / Aceptado: 18 de octubre del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/interfases2023.n018.6626>

RESUMEN. Los niños son el segmento más vulnerable de esta sociedad ciberfísica, pudiendo ser fácilmente explotados por su bajo nivel de percepción del riesgo cibernético. Iniciar la educación y el desarrollo de habilidades digitales en edades tempranas incentiva a esta población a seguir en el futuro carreras profesionales como ciberseguridad, aportando de manera sostenible a cerrar la brecha de la fuerza laboral en este campo. Mediante un enfoque cualitativo, se realizó una revisión documental, una revisión de la literatura y una consulta a expertos académicos, para proponer un programa de alfabetización digital en edades tempranas. A manera de caso de estudio se presenta el Programa de Alfabetización Digital de la Universidad Internacional de las Américas de Costa Rica y las experiencias con el Taller de Ciberseguridad para Niños, dirigido hacia el desarrollo de habilidades digitales, el bienestar cibernético en edades tempranas y el interés de los niños en seguir nuevas carreras profesionales. Se propone reducir la brecha de la fuerza laboral en puestos sobre ciberseguridad a través de programas de formación en edades tempranas, que concienticen sobre los riesgos en seguridad

cibernética, su evolución, su impacto en la sociedad y destaquen su importancia en un mundo cada vez más dominado por la tecnología.

PALABRAS CLAVE: ciberseguridad / niñez / alfabetización / academia / cibernética

CYBERSECURITY AND DIGITAL SKILLS DEVELOPMENT: A PROPOSAL FOR DIGITAL LITERACY AT EARLY AGES

ABSTRACT. Children are the most vulnerable segment of this cyberphysical society and can be easily exploited due to their level of perception of cyber risk. Starting education and the development of digital skills at an early age encourages this population to pursue professional careers such as cybersecurity in the future and contribute in a sustainable way to closing the gap in the workforce. Using a qualitative approach, a documentary review, a literature review, and consultation with academic experts are carried out to propose a digital literacy program at an early age. As a case study, the Digital Literacy Program of the International University of the Americas of Costa Rica and the experiences with the Cybersecurity Workshop for Children are presented. Workshop aimed at the development of digital skills, cyber well-being at an early age and children's interest in following new professional careers. It aims to reduce the gap in the workforce in cybersecurity positions with training programs at an early age, raising awareness about cybersecurity risks, their evolution, their impact on society and highlighting their importance in a world increasingly driven by technology.

KEYWORDS: cybersecurity / childhood / literacy / academy / cybernetics

1. INTRODUCCIÓN

Ya hace más de una década, Zhuge (2010) proponía que los seres humanos vivirían y se desarrollarían en un nuevo mundo que él denominó “sociedad ciberfísica”, la cual concierne no solo al ciberespacio y al espacio físico, sino también al espacio socioemocional y mental. Sin embargo, la vida cotidiana de las personas se vio afectada considerablemente por la propagación global del COVID-19, pandemia que trajo consigo una mayor dependencia a las plataformas en línea, y dio paso a una mayor vulnerabilidad en la seguridad. A esta situación, AlShabibi y Al-Suqri (2021) la denominaron “ciberpandemia”.

Los niños debieron trasladar su escolarización al ciberespacio, incrementando el tiempo que pasaban *online*, lo cual es asociado a un incremento en el riesgo en ciberseguridad (Martínez-Pastor et al., 2019). Siddiqui y Zeeshan (2020) consideran que los niños son una presa fácil de muchas amenazas cibernéticas, debido a la falta de conciencia de tales amenazas. Las familias y los maestros pueden desempeñar un papel importante en lograr una mejor conciencia sobre las amenazas de las plataformas cibernéticas para los niños (Aldawood & Skinner, 2018). Por otro lado, Herkanaidu et al. (2021) indican que un área poco explorada de la educación para la concientización sobre seguridad en línea es el papel de la cultura y, específicamente, las diferencias culturales que pueden conducir a resultados de aprendizaje muy diferentes.

El uso de internet está generalizado en la vida cotidiana de los escolares, quienes empiezan a utilizarlo a una edad cada vez más temprana (Gómez et al., 2020). Martínez-Pastor et al. (2019) vinculan esto a la necesidad que sienten de conocer de forma casi inmediata las novedades de su círculo *online*. El uso de las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC) y del internet sin duda beneficia en gran medida a niños y jóvenes, pero a la vez genera desafíos en relación a la seguridad cibernética (Waldock et al., 2022), especialmente en momentos en que la brecha en la fuerza laboral de seguridad cibernética aumenta en América del Norte, Europa y Latinoamérica, donde se menciona que será necesario que todas las partes del ecosistema trabajen juntas para proporcionar más recursos de preparación técnica en todos los niveles y roles del sector para cerrar la brecha de la fuerza laboral y garantizar la preparación cibernética (ISC2, 2023). Además de a la industria, esta brecha también afecta a la academia en su objetivo de atraer investigadores y profesores con conocimiento teórico y práctico (OEA & CISCO, 2023).

Acorde a Gómez et al. (2020), uno de los problemas es que una parte importante de los escolares no ha recibido ningún tipo de formación o información previa sobre ciberseguridad. Para Astorga-Aguilar et al. (2019), el que los menores de edad no tengan una adecuada educación en seguridad cibernética les hace más vulnerables. Los niños deben poder evaluar la información y tomar decisiones objetivas sobre la credibilidad del contenido (Sadaghiani-Tabrizi, 2018). Sin embargo, la sensibilización sobre la seguridad en línea sigue siendo un ámbito poco investigado (Herkanaidu et al., 2021).

El contenido considerado para la educación en seguridad cibernética varía mucho entre las naciones; por lo tanto, es inconsistente y está lleno de vacíos (Sağlam et al., 2023). Por ello, Herkanaidu et al. (2021) consideran que en los programas de concientización se deben tomar en cuenta los contextos culturales y nacionales. Esto nos conduce a las preguntas: ¿Qué ha hecho Costa Rica por la protección de la niñez en línea y la concientización sobre los riesgos de seguridad cibernética? ¿Cómo puede ayudar la academia en la culturización y sensibilización de la niñez en temas de ciberseguridad?

Dado que las alianzas público-privadas-académicas juegan un papel importante en un plan de acción para la educación en ciberseguridad (OEA & AWS, 2020), y siguiendo la recomendación de la OEA y CISCO (2023) de acuerdo a la que los proveedores de educación terciaria deben garantizar que la ciberseguridad se considere una opción de estudio deseable para atraer a los mejores y más motivados estudiantes, el objetivo de este estudio es proponer un programa de alfabetización digital en edades tempranas. Esto se haría mediante la capacitación de temáticas relacionadas con seguridad informática, con el objetivo de reducir la brecha de la fuerza laboral en ciberseguridad.

2. METODOLOGÍA

Con el fin de concientizar y sensibilizar en ciberseguridad en las edades tempranas, se concibió el programa de alfabetización digital empleando un enfoque cualitativo y siguiendo las etapas que se describen a continuación:

2.1 Revisión documental (desk review)

Para investigar qué ha hecho Costa Rica por la protección de la niñez en línea y la concientización sobre los riesgos de seguridad cibernética, siguiendo a Waldock et al. (2022), se realizó una revisión documental. Se consultaron agencias gubernamentales tales como el MICITT¹ y la Asamblea Legislativa, así como agencias no gubernamentales, como la ONU y sus dependencias, la OEA, entre otras.

2.2 Revisión de literatura

La currícula de ciberseguridad sugerida por la Association for Computing Machinery (ACM, por su sigla en inglés) y la organización Computer Society del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE-CS) incluye un plan integral de ciberseguridad y el desarrollo de habilidades en los estudiantes, para prepararlos desde una edad temprana a enfrentar los retos de la ciberseguridad, para fomentar su interés en carreras profesionales en este campo y para contribuir a cerrar la brecha de la fuerza laboral en ciberseguridad (ACM & IEEE-CS, 2017).

1 Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones. Gobierno de Costa Rica.

Para responder a la pregunta de investigación “¿Cómo puede ayudar la academia en la culturización y sensibilización de la niñez en temas de ciberseguridad?”, siguiendo a Bustillos Ortega y Rojas Segura (2022), se realizó una revisión de literatura consultando diversas bases de datos tales como Google Académica, ProQuest Digital Dissertation and Theses, IEEE Xplore, entre otros. Además, se examinaron diversos trabajos de investigación y tesis, así como buenas prácticas y tendencias en ciberseguridad para la niñez en línea, utilizando el término en inglés *child online protection*.

2.3 Consulta a expertos

Siguiendo lo propuesto por Sağlam et al. (2023), se utilizó el asesoramiento de expertos para valorar la información obtenida de los procesos metodológicos anteriores. Ello permitió proponer un programa de alfabetización digital en edades tempranas, en el cual las perspectivas de los estudiantes, los padres y las autoridades de seguridad cibernética están representadas, así como la consideración de la cultura local, según recomendación de Herkanaidu et al. (2021).

2.4 Taller sobre ciberseguridad para niños

Se llevó a cabo un taller denominado *CyberKids*, durante cinco sesiones de tres horas, cada una proporcionando lecciones valiosas sobre cómo educar y concienciar a la juventud en torno a la ciberseguridad, destacando la necesidad de abordar este desafío a nivel global (ver apartado 3.5 para más detalles sobre el taller llevado a cabo). El enfoque permitió abrir un espacio para brindar una educación sólida y bien fundamentada hacia los futuros profesionales en ciberseguridad, preparando a los participantes para hacerles frente a los desafíos de la sociedad ciberfísica y contribuyendo de manera significativa a la seguridad y bienestar en el mundo digital.

3. RESULTADOS

Aun cuando el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia - UNICEF (2020) ha propuesto que los formuladores de política pública, las organizaciones que trabajan con niños y jóvenes o cualquier otro ente interesado en crear oportunidades para este grupo promueva y apoye la alfabetización digital y el desarrollo de habilidades, la educación en seguridad en línea para niños y jóvenes aún necesita fortalecerse (Waldock et al., 2022).

3.1 Revisión de la literatura

A lo largo del tiempo, la tecnología ha generado cambios en nuestra sociedad, y, a pesar de las controversias que el tema suscita, ha forjado la evolución de la raza humana (Díaz, 2022). Las TIC, especialmente el internet, han reconfigurado nuestras vidas. Actualmente formamos parte de una sociedad interactiva, vivimos en hogares con múltiples pantallas y las opciones de ocio que nos envuelven son mayoritariamente digitales (Gómez et

al., 2020). Nuestra sociedad continúa evolucionando hacia una era digital, debido al uso extensivo de las TICs y sus mecanismos de interconexión, tales como redes sociales, almacenamiento en la nube, el internet de las cosas (Robles-Gómez et al., 2020), y es aplicable a todas las áreas de nuestra vida: trabajo, educación, salud, ocio y responsabilidades ciudadanas.

La pandemia del COVID-19 demostró mundialmente que los internautas no están bien preparados para hacer frente a los ciberataques (AlShabibi & Al-Suqri, 2021). El nivel actual de conciencia de ciberseguridad de los ciudadanos no es el deseado y se deben tomar medidas para mejorarlo (Stavrou, 2020). Esa conciencia de ciberseguridad significa comprender las posibles amenazas y tomar las medidas adecuadas para contrarrestarlas (Vanderhoven et al., 2014). Por el contrario, según indican AlShabibi y Al-Suqri (2021), la falta de esta conciencia aumenta drásticamente las violaciones de datos y los ataques cibernéticos. Mejorar la concientización pública en ciberseguridad podría elevar el nivel general de inmunidad a los ciberataques (Díaz, 2021).

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, 2023), órgano especializado en telecomunicaciones de las Naciones Unidas, nos dice que los niños y jóvenes son cada vez más activos en línea: el 71 % de ellos, a nivel mundial, utiliza el internet. Sus vidas en línea y fuera de línea están inherentemente interrelacionadas y ambas se combinan para afectar sus resultados de bienestar y oportunidades de vida. Esto concuerda con lo expuesto por Zhuge (2010), quien indica que, con el rápido desarrollo de las TIC, el ciberespacio está conectando el espacio físico, el espacio social y el espacio mental para formar un nuevo mundo denominado la sociedad ciberfísica.

En esta sociedad ciberfísica, los niños son el segmento más vulnerable y pueden ser fácilmente explotados debido a su bajo nivel de discernimiento (AlShabibi & Al-Suqri, 2021). Los investigadores han observado que los niños se han visto impulsados a realizar compras indebidas, incluso aceptan mensajes emergentes no deseados e interactúan con personas extrañas en el ciberespacio (Mihci Türker & Kılıç Çakmak, 2019), colocando en riesgo no solamente su propio bienestar, sino también la seguridad de los datos almacenados en esos dispositivos y en la red. La amenaza del robo de datos personales a través de páginas web falsas se denomina *phishing* y, según Moncada Vargas (2020), es uno de los mayores riesgos en la actualidad. Por ese medio se han materializado la mayor cantidad de robos y estafas cibernéticas en los últimos años. Cuando un archivo malicioso implantado por el atacante es activado, nos dicen Bustillos Ortega y Rojas Segura (2022), este abre un sitio de *phishing* en el navegador web. Haciéndose pasar por una red social o bien el sitio de uno de los juegos preferidos por el usuario, solicita credenciales u otra información confidencial, que luego es enviada al atacante. Lamentablemente, en la mayoría de los casos, no solo los niños, sino también sus padres, desconocen estas amenazas de seguridad (Siddiqui & Zeeshan, 2020).

Los niños no pueden aumentar su conciencia cibernética solos, y los padres no son conscientes de estos riesgos o los subestiman, por lo que una de las soluciones

inmediatas que se pueden tomar para protegerlos es a través de programas efectivos de capacitación y educación (Aldawood & Skinner, 2018; AlShabibi & Al-Suqri, 2021), siendo esencial la cooperación entre la academia y los gobiernos, para promover la ciberseguridad (Bustillos Ortega, 2023).

Internet está totalmente integrado en la vida de los infantes y preadolescentes, quienes adquieren habilidades técnicas con bastante facilidad, pero carecen de habilidades digitales suficientes para navegar seguros en la red (Gómez et al., 2020). La UNICEF (2020) propone que las organizaciones que trabajan con niños y jóvenes fomenten y apoyen la alfabetización digital y el desarrollo de habilidades digitales. Por su parte, Venter et al. (2019) enfatizan la necesidad de tratar la ciberseguridad como una habilidad fundamental, junto con otras habilidades básicas en todo el sistema educativo. En la misma línea, AlShabibi y Al-Suqri (2021) concluyen que los programas integrales de concientización sobre ciberseguridad para niños pueden reducir significativamente la propagación y garantizar la seguridad de sus datos.

Por su parte Waldock et al. (2022) nos muestran otra ventaja de iniciar la educación cibernética en edades tempranas, ya que una exposición anticipada influiría a más niños y jóvenes a considerar una carrera profesional en ciberseguridad, ayudando a cerrar la brecha. Según el Information Security Consortium (ISC2, 2023) o, como también se le conoce, el Consorcio Internacional de Certificación de Seguridad del Sistema de Información, la brecha de la fuerza laboral de ciberseguridad es la cantidad de profesionales adicionales que las organizaciones necesitan para defender adecuadamente sus activos críticos. Según las estimaciones de su estudio realizado entre 3790 miembros de la organización, con sedes en Europa, las Américas y la región Asia Pacífico, para el 2021 había 4,19 millones de profesionales de ciberseguridad en todo el mundo (es decir, 20 % más de profesionales que en 2020). Aun cuando la brecha global disminuyó en 12,8 %, pasando de 3,12 millones en 2020 a 2,72 millones en 2021, en América del Norte, Europa y LATAM, la brecha está creciendo.

Después de un extenso proceso de dos años, un grupo de trabajo conjunto liderado por la Association for Computing Machinery (ACM) y el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) en su organización Computer Society (IEEE-CS) publicaron un primer conjunto de recomendaciones curriculares globales en educación en seguridad cibernética. Este nuevo conjunto de pautas, denominado *Cybersecurity Education Curriculum* (CSEC 2017) está diseñado para ser el principal recurso para elaborar contenidos curriculares integrales sobre seguridad cibernética en el nivel postsecundario y universitario. Más de 320 asesores e investigadores de 35 países diferentes contribuyeron a la publicación del CSEC 2017 (Ormond, 2018; ACM, 2017).

En la publicación mencionada anteriormente, CSEC 2017, se señala que el mundo enfrenta una escasez actual y creciente de mano de obra calificada en profesionales de ciberseguridad. Las fuentes gubernamentales y no gubernamentales proyectan casi 1,8

millones de puestos relacionados con la ciberseguridad sin cubrir para el año 2022, con una demanda de mano de obra aguda, inmediata y creciente. Con el fin de desarrollar el talento requerido, los departamentos académicos de todo el espectro de las disciplinas en informática, están lanzando iniciativas para elaborar nuevos contenidos o incluir cursos de ciberseguridad: ya sea desarrollando nuevos programas completos, definiendo nuevos temas dentro de las carreras, o aumentando el contenido de los cursos existentes. Estas instituciones necesitan orientación en su plan curricular, para que su formulación se base en una visión integral del campo de la ciberseguridad, considere las demandas específicas de la disciplina, y la relación entre el currículo y los marcos de trabajo en seguridad cibernética (ACM, 2017).

La situación sigue siendo crítica, ya que la demanda global de profesionales de ciberseguridad continúa superando la oferta. No solo la escasez de talento humano genera riesgos en las organizaciones, sino también la escasez de habilidades en la fuerza laboral (OEA & CISCO, 2023). Estas habilidades son la combinación de destrezas, conocimientos y experiencia que permiten a un individuo completar bien una tarea dentro de un rol de ciberseguridad en una organización (Stein et al., 2017).

Concientizar y sensibilizar a los estudiantes a temprana edad sobre los riesgos que enfrentan en línea es importante, pero también lo es ofrecerles la oportunidad de aprender sobre ciberseguridad a un nivel más profundo, permitiéndoles tener habilidades cibernéticas de por vida. Por ello, las entidades del sector público junto con la academia deben identificar y compartir prácticas efectivas para promover la conciencia de los niños y jóvenes y el descubrimiento de la carrera de ciberseguridad (OEA & CISCO, 2023).

Adicionalmente, fomentando su interés en carreras profesionales en este campo y contribuyendo a cerrar la brecha de la fuerza laboral en ciberseguridad con una educación sólida y bien fundamentada, los futuros profesionales en ciberseguridad estarán preparados para hacer frente a los desafíos de la sociedad ciberfísica y contribuir de manera significativa a la seguridad y bienestar en el mundo digital.

3.2 Costa Rica y la protección de la infancia en línea

Como Estado miembro de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en noviembre de 1989 Costa Rica se adhirió a la Convención sobre los Derechos del Niño, considerada la primera ley internacional sobre los derechos de los niños y las niñas (UNICEF, 2006). Posteriormente se aprobó en la Asamblea Legislativa la Ley 7739, Código de la Niñez y la Adolescencia (1998), la cual da derecho a los niños de obtener información, sin importar su fuente o modo de expresión.

Patrocinado por Costa Rica, en noviembre de 2008 y como un esfuerzo de múltiples partes interesadas en el marco de la Agenda Mundial de Ciberseguridad, la Unión Internacional de Telecomunicaciones de la ONU puso en marcha la Iniciativa para la

Protección de la Infancia en Línea (COP por su sigla en inglés). La iniciativa reunió a socios de todos los sectores de la comunidad mundial para crear una experiencia en línea segura y empoderadora para los niños de todo el mundo (COP, 2008). En el decreto ejecutivo que hizo posible la creación de la Comisión Nacional de Seguridad en Línea (2010) se definió que uno de sus objetivos era crear proyectos dirigidos a la sensibilización y formación de niños y adolescentes.

Posteriormente, a nivel nacional y en un mismo año, se aprobaron dos legislaciones importantes para la protección de la niñez: la Ley de Protección de Datos (2011) y la Ley de Protección de la Niñez y la Adolescencia frente al Contenido Nocivo de Internet y otros Medios Electrónicos (2011). Al año siguiente, mediante el Decreto Ejecutivo 37052 del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT), en 2012 se creó un Centro de Respuesta de Incidentes de Seguridad Informática (CSIRT-CR), uno de cuyos objetivos fue crear proyectos dirigidos a la sensibilización y formación de niños, adolescentes y sus familias en el uso adecuado de internet y las tecnologías digitales.

El MICITT (2017), bajo una visión holística con atención multisectorial, instauró la Estrategia Nacional de Ciberseguridad de Costa Rica. Colocó a las personas como el eje central, procuró que cualquier acción tuviera como prioridad la atención y mitigación de los riesgos que impactan a población vulnerable, como la niñez. Con esta estrategia se buscó promover el uso de las TIC como instrumento para el mejoramiento de la calidad de vida de manera segura, generando conciencia por medio de la educación desde edades tempranas sobre los efectos del uso responsable de estas tecnologías. Cuatro años después, en el año 2021, el MICITT, con el apoyo de la Organización de Estados Americanos (OEA) realizó una revisión de la Estrategia Nacional de Ciberseguridad, a fin de evaluar su nivel de implementación. Uno de sus hallazgos fue que las campañas de concientización dirigidas a la población en condición vulnerable fueron limitadas, habiendo sido el Centro de Respuesta de Incidentes de Seguridad Informática el único que impulsó capacitaciones de ciberseguridad para menores. En esta revisión, el MICITT recomendó una campaña nacional de mensajería centralizada dirigida a la niñez y a cada uno de estos grupos vulnerables (niños y jóvenes con problemas de salud mental, personas sin hogar y ancianos entre otros). Para visualizar estos hechos en una línea de tiempo, véase la Tabla 1.

Al momento de elaborar este artículo, un proyecto de ley de ciberseguridad se encuentra en discusión en la Asamblea Legislativa de Costa Rica (2022). Allí se indica que el estado de madurez en cuanto a normativas sobre ciberseguridad, a nivel país, es apenas formativo, ubicándolo en una fase incipiente, con una madurez embrionaria. Además, se tiene un balance negativo de personal capacitado en ciberseguridad, según el cual el 55 % de las instituciones del Estado no cuentan con personal dedicado a esta labor.

Tabla 1

Costa Rica y la protección de la infancia en línea

Año	Hecho relevante en Costa Rica	Tipo
1990	Convención sobre los Derechos del Niño	Convención
1993	WWW World Wide Web, código fuente liberado y se abre al público	WWW liberado
1998	Código de la Niñez y la Adolescencia. Ley 7739	Ley 7739
2001	Convenio de Budapest. Creado por Consejo de Europa sobre Ciberdelincuencia, aprobado por la Unión Europea y muchos países	Convenio
2005	Ley de Certificados, Firmas Digitales y Documentos Electrónicos. Ley 8454	Ley 8454
2008	Rectoría del MICITT, creación de iniciativa Children Online Protection (COP) con el patrocinio de Costa Rica	Ley 8454
2010	Comisión Nacional de Seguridad en Línea y Adhesión al COP	
2011	Legislación importante: Ley de Protección de la Niñez y la Adolescencia frente al Contenido Nocivo de Internet y otros Medios Electrónicos, Ley 7739	Ley 7739
2012	Ministerio Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones MICITT, Decreto Ejecutivo 37052. Centro de Respuesta de Incidentes de Seguridad Informática CSIRT-CR	Decreto 37052
2017	Estrategia Nacional de Ciberseguridad. Adhesión al Convenio de Budapest mediante Ley 9452	Ley 9452
2021	Revisión Estrategia Nacional de Ciberseguridad (2017). MICITT – Programa de Ciberseguridad del Comité Interamericano contra el Terrorismo (OEA)	Programa OEA
2022	Ciberataques fuertes al Estado. Proyecto de Ley de Ciberseguridad Abril 2022 – Grupo Cibercriminal "Conti" atacó fuertemente Octubre 2022 – Se presenta el Proyecto de Ley de Ciberseguridad	Proyecto de Ley

Fuente: Tomado del proyecto de Ley de Ciberseguridad de Costa Rica, (MICITT, 2017).

3.3 Desde la academia

En un caso similar al de Costa Rica (MICITT, 2017, 2021), la estrategia de seguridad cibernética de Singapur se definió por primera vez en 2016 y se actualizó en 2021. Waldock et al. (2022) nos indican que Singapur, en su nueva estrategia del 2021, abordó explícitamente la educación en ciberseguridad como un proceso robusto de atracción de talentos cibernéticos, fomentando el desarrollo, desde la niñez y adolescencia, de interés y habilidades cibernéticas, para alentar a más jóvenes a seguir una carrera en ciberseguridad, así como el apoyo de la academia para guiar a los jóvenes en su formación.

La OEA y Twitter (2021) consideraron la alfabetización digital como un proceso dinámico de experiencias vividas, que se completa cuando incluye conocimientos, habilidades y actitudes; cuando abarca el acceso, la evaluación, el uso, la producción y la comunicación de información, de contenido mediático y tecnológico. Además, para fortalecer las habilidades esenciales, lograr la alfabetización digital, combatir la desinformación y otros fenómenos que atentan contra una navegación digital segura, recomiendan a la academia expandir la investigación empírica.

Para la OEA y AWS (2020), por su labor en investigación y extensión, es esencial la participación de universidades, centros de investigación y otras instituciones académicas en la educación de la próxima generación de la fuerza laboral en ciberseguridad. Con el fin de concientizar y sensibilizar en ciberseguridad durante la edad temprana, las entidades del sector público relacionadas, junto con la academia, deben identificar y compartir prácticas efectivas para promover la conciencia de los niños y jóvenes y el descubrimiento de la carrera de ciberseguridad (OEA & CISCO, 2023).

3.4 Programa de alfabetización digital

El Programa de Alfabetización Digital de la Escuela de Ingeniería Informática se lanzó en 2016, con el propósito de ofrecer a la sociedad costarricense diversas actividades de acción social desde las carreras de la Escuela. Ha sido un componente integral de la acción social de la institución, brindando a jóvenes y adultos costarricenses la oportunidad de adquirir habilidades digitales cruciales para su desarrollo social y económico. A pesar de los desafíos presentados por la virtualidad, el programa ha continuado prosperando, ofreciendo capacitación gratuita en tres categorías principales: *Digital kids*, *Digital youth* y *Digital adults*.

Uno de los pilares fundamentales del programa es *Digital kids*, diseñado específicamente para la niñez costarricense. Se enfoca en inspirar a los niños a explorar y comprender el mundo de la tecnología de una manera lúdica y educativa. Los talleres y actividades promueven la creatividad, la resolución de problemas y la alfabetización digital en edades tempranas.

Al cultivar el interés de los niños en la alfabetización digital, el programa está sentando las bases para una futura generación de innovadores y líderes en tecnología, incluyendo la formación en temáticas relacionadas con seguridad informática, para alentar a más jóvenes a seguir una carrera en ciberseguridad y ayudar a reducir la brecha de la fuerza laboral en esta materia.

El programa se subdivide en siete áreas temáticas: conciencia tecnológica, conciencia procedimental, protección de datos, identidad en línea, conciencia socio/cultural, sensibilización comercial y redes sociales. Estas temáticas fueron desarrolladas durante cinco sesiones, según se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2

Programa de alfabetización en ciberseguridad en edades tempranas

Sesión	Área temática	Contenido
1	Conciencia tecnológica	Qué es y para que se utiliza internet Tipos de ataques y amenazas Salvaguardas contra ataques
	Conciencia procedimental	Administración de contraseñas Actualizaciones de software y antivirus Evitar enlaces desconocidos y phishing Reportar contenido y actividades ilegales
2	Protección de datos	Concientización de la privacidad Qué son datos y datos personales Valor comercial de los datos personales, piratería Consecuencia de compartir los datos
	Identidad en línea	Comprender cómo se construye la identidad, la imagen, la representación y la reputación en línea Cómo protegerse uno mismo y la imagen propia Comprender el significado de robo de identidad Reputación e integración online/offline
3	Conciencia socio cultural	Comprensión del comportamiento ético en línea Prevención de la intimidación, racismo y discurso de odio en línea Evaluación crítica de la información falsa Denuncia de actos delictivos Conocer qué es y cómo evitar el contenido ilegal Peligro de extraños Fomentar el uso responsable de las tecnologías
4	Sensibilización comercial	Comprender el carácter comercial de internet Sensibilización y gestión responsable de costos, compras y facturación en línea Conocimiento del fraude Conciencia del potencial de adicción (juegos, apuestas, entre otros)
	Redes sociales	Cuáles son las redes sociales Cómo usarlas responsablemente Riesgos y beneficios Socialización offline

(continúa)

(continuación)

Sesión	Área temática	Contenido
5	Presentación de proyectos	El niño desarrollará una propuesta creativa (video, caricaturas, cuentos, entre otros), donde se visualice el uso de internet sin limitaciones.
	Encuesta	Consulta a los niños sobre el tipo de contenido sobre el que desean ser capacitados, para ser implementado en futuras iteraciones.

Tanto la Universidad, la Dirección de la Escuela de Ingeniería Informática, así como estudiantes y docentes participan en estas actividades y, de esta forma, generan un cambio en nuestra sociedad. Para conocer algunos proyectos de este programa de alfabetización, véase el Anexo 1.

3.5 Taller *CiberKids*

El taller *CiberKids* se propuso como objetivo principal la educación y concienciación de un grupo demográfico crítico (niños y adolescentes con edades comprendidas entre 10 y 15 años), en relación con los riesgos y desafíos que conlleva el uso del ciberespacio. A lo largo de cinco sesiones de tres horas cada una, cada semana, y con el apoyo de sus padres, se buscó prepararlos para un manejo responsable y seguro de las tecnologías de la información, promoviendo así la ciberseguridad, la privacidad en línea y la promoción de relaciones interpersonales virtuales saludables y respetuosas. El contenido del taller y sus objetivos se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3

Taller de CiberKids (alfabetización en ciberseguridad en edades tempranas)

Sesión	Objetivos
1. Introducción al internet y la ciberseguridad	Conocer el uso del internet, identificar logotipos en línea y aprender medidas de ciberseguridad en redes sociales, relaciones en línea y juegos en línea.
2. Ciberacoso y contenidos inadecuados	Sensibilizar a los participantes sobre el ciberacoso y contenidos inadecuados en internet, así como enseñarles cómo actuar ante estos problemas y la importancia de la privacidad.
3. Relaciones en línea y uso excesivo de internet	Fomentar una comunicación respetuosa, reflexionar sobre el tiempo en línea y promover el equilibrio entre actividades en línea y fuera de línea.
4. Comunicación online y seguridad en dispositivos	Enseñar a configurar la seguridad en los dispositivos personales y del hogar, usar contraseñas seguras, descargar aplicaciones de manera segura y utilizar herramientas como Kiddle, que busca evitar o minimizar la vulnerabilidad en línea.

(continúa)

(continuación)

Sesión	Objetivos
5. Presentación de proyectos	Los participantes presentarán proyectos basados en lo aprendido en las sesiones anteriores, demostrando su comprensión de la ciberseguridad y cómo aplicarla en su vida en línea.

En síntesis, el taller *CyberKids*, una vez aplicado, se ha revelado como una iniciativa educativa valiosa y efectiva para empoderar a la niñez y juventud digital, ofreciendo herramientas necesarias para navegar de manera segura y responsable en el entorno virtual, preparándose adecuadamente para enfrentar los desafíos inherentes y contribuyendo así a la formación de ciudadanos digitales responsables en la era de la información. De forma proactiva, la academia va asumiendo su responsabilidad de ser un actor fundamental en la sociedad.

4. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS. CÓMO ALFABETIZAR

Con la intención de acercar a los jóvenes desde edades tempranas a las universidades, para fomentar el deleite por carreras con formación en ciberseguridad, este programa de alfabetización digital se diseñó para ser impartido en los laboratorios de ciberseguridad del campus universitario, por docentes universitarios expertos en el tema y adecuados para ser impartido a niños y adolescentes entre los 11 y los 14 años.

En el caso específico del taller *CiberKids*, las actividades formativas utilizan recursos tales como juegos, dibujos animados, vídeos, simulación de casos reales en entornos virtuales, entre otros.

Al elaborar el contenido de los distintos cursos y talleres, los docentes buscaron mejorar la imaginación moral² (Hyry-Beihammer, 2022) en línea, a través de historias y narraciones, en vez de seguir enfoques tradicionales. Se tomaron en cuenta los factores culturales que afectaron a la población, hacia un comportamiento seguro en línea, utilizando específicamente áreas STEM³ apostando por la enseñanza conjunta de las ciencias, las matemáticas y la tecnología, apoyadas por la ingeniería (Aneas et al., 2023).

Para proponer en Costa Rica un programa de alfabetización digital en edades tempranas con la visión de reducir la brecha de la fuerza laboral en ciberseguridad, tal como lo recomiendan Waldock et al. (2022), la OEA y CISCO (2023), se debe hacer una exposición anticipada que promueva la concientización de niños, adolescentes y jóvenes al descubrimiento de carreras profesionales en ciberseguridad.

2 La imaginación moral se refiere a la capacidad de considerar una situación desde la distancia y comprender diferentes perspectivas a través de la imaginación.

3 Ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas por su sigla en inglés

La concientización en ciberseguridad tiene un importante papel en la reducción del impacto de los ciberataques contra los niños (AlShabibi & Al-Suqri, 2021) y Costa Rica ha demostrado sus acciones en este campo (ver Tabla 1).

A nivel nacional, desde una etapa incipiente en el uso del ciberespacio, el gobierno de Costa Rica aprobó el Código de la Niñez y la Adolescencia (1998) donde se garantiza a los menores de edad el derecho a obtener información sin importar su fuente ni modo de expresión. Ante la comunidad internacional, esta decisión sirvió de base para promover la puesta en marcha de la iniciativa COP (2008). Posteriormente se presentó ante la Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU, 2013) como mensaje de los jóvenes al mundo, quienes solicitaban a las autoridades mundiales, entre varios puntos relevantes, la preparación técnica para la protección en línea. Siendo que el éxito económico de una nación depende de un acceso sin trabas al conocimiento que las TIC pueden contribuir haciéndolas llegar a todos. La difusión de información entre los niños y jóvenes puede fomentar directamente la autonomía y la innovación a escala mundial (ITU, 2013).

Los delitos cibernéticos se incrementaron durante la transformación digital de la educación, a partir del momento en que se facilitó a los niños acceder al ciberespacio incondicionalmente (AlShabibi & Al-Suqri, 2021), abriendo más espacio a los ciberdelincuentes para manipular a los niños (Robles-Gómez et al., 2020).

Existe una necesidad urgente de capacitar a los estudiantes en el tema de la ciberseguridad, para que adquieran habilidades prácticas (Robles-Gómez et al., 2020). La OEA y CISCO (2023), que indican que la academia debe identificar y compartir prácticas efectivas para promover la conciencia de los niños y jóvenes. Para Siddiqui y Zeeshan (2020) esta falta de conciencia es la principal amenaza que los lleva a ser presa fácil. Desde otra perspectiva, al ser la academia el actor más representativo y que genera impacto en la oferta laboral (OEA & CISCO, 2023), es el ente indicado para acompañar a los futuros profesionales en su viaje de seguridad cibernética desde edades tempranas, colaborando así a reducir la brecha existente en la fuerza laboral en ciberseguridad.

Aun cuando en la literatura se encontraron varias investigaciones sobre la protección de la niñez en línea, mayoritariamente se dirigían a la educación primaria y secundaria en sus respectivas escuelas, como es el caso de Gómez et al. (2020), o bien refiriéndose a la educación preuniversitaria (Waldock et al., 2022), pero con mayor énfasis en la capacitación a los educadores de escuelas. Esto es considerado una limitación en la investigación. Sin embargo, para futuras investigaciones sobre ciberseguridad, tal como lo consideran la OEA y CISCO (2023) la academia tendrá dificultades para atraer investigadores con conocimiento, experiencia práctica y antecedentes en investigación, ya que el sector industrial absorberá a estos profesionales.

Es fundamental crear un ciberespacio más seguro en Latinoamérica y el Caribe (Cudjoe et al., 2022), ya que los jóvenes han demostrado que las TIC son la fuerza motriz para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible (Touré, 2013).

5. CONCLUSIONES

En un mundo cada vez más interconectado y digitalizado, la creación de un ciberespacio seguro se ha convertido en una prioridad ineludible para la sociedad moderna. El taller *CyberKids* proporciona lecciones valiosas sobre cómo educar y concientizar a la juventud en torno a la ciberseguridad, destacando la necesidad de abordar este desafío a nivel global. Esta iniciativa también abre una vía alternativa desde la academia para cerrar la brecha de la fuerza laboral en ciberseguridad, al combinar la educación temprana en ciberseguridad y el desarrollo de habilidades digitales en edades tempranas.

Además del enfoque más tradicional de una estrategia educativa de arriba hacia abajo que se basa en consejos generados por la industria, gobierno y academia, este programa contó con la perspectiva de la niñez; es decir, tuvo un enfoque de abajo hacia arriba. Se aplicaron encuestas a los niños participantes y se les consultó en qué tipo de contenido requerían ser capacitados. Se previó incluso, para futuras iteraciones de este programa, aplicar a los estudiantes una encuesta en la última sesión sobre las necesidades desde su punto de vista, con el objetivo de utilizarlo como insumo para mantener actualizado el currículo del programa.

Algunos de los temas a considerar en futuros trabajos de investigación subrayan la importancia de educar y fomentar la creación de un ciberespacio más seguro donde se incorporen temas como: la protección de la infancia, prevenir el cibercrimen, proteger la infraestructura crítica (seguridad nacional), preservación de la privacidad, fomento de la confianza digital, educación y empoderamiento, y cierre de la brecha de la fuerza laboral en ciberseguridad.

REFERENCIAS

- ACM, IEEE-CS (2017). *Cybersecurity Education Curriculum 2017. A Report in the Computing Curricula Series*. Joint Task Force on Cybersecurity Education. Version 1.0 Report. 31 December 2017. Association for Computing Machinery ACM & Institute of Electrical and Electronics Engineer IEEE Computer Society publication. <https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/curricula-recommendations/csec2017.pdf>
- Aldawood, H., & Skinner, G. (2018). Educating and Raising Awareness on Cyber Security Social Engineering: A Literature Review. *IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)*, 62-68. <https://doi.org/10.1109/TALE.2018.8615162>
- AlShabibi, A., & Al-Suqri, M. (2021). Cybersecurity Awareness and Its Impact on Protecting Children in Cyberspace. *22nd International Arab Conference on Information Technology (ACIT)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ACIT53391.2021.9677117>

- Aneas, A. B., Domingo, J. A. M., Ortiz, B. B., & Navas-Parejo, M. R. (2023). Análisis de la metodología STEM en el aula de educación infantil. Una revisión sistemática. *Hacheteapé. Revista Científica de Educación y Comunicación*, 26. <https://doi.org/10.25267/Hachetepe.2023.i26.1101>
- Astorga-Aguilar, C., Schmidt-Fonseca, I., Astorga-Aguilar, C., & Schmidt-Fonseca, I. (2019). Peligros de las redes sociales: cómo educar a nuestros hijos e hijas en ciberseguridad. *Revista Electrónica Educare*, 23(3), 339-362. <https://doi.org/10.15359/ree.23-3.17>
- Bustillos Ortega, O., & Rojas Segura, J. (2022). Protocolo básico de ciberseguridad para pymes. *Interfases*, 016. <https://doi.org/10.26439/interfases2022.n016.6021>
- Bustillos Ortega, O., & Rojas Segura, J. (2023). Cómo promueven los estados la ciberseguridad de las PYMEs. *Interfases*, 016.
- Child Online Protection. (2008). ITU. https://www.itu.int:443/en/cop/Pages/about_cop.aspx
- Creación Comisión Nacional de Seguridad en Línea, Decreto Ejecutivo 36274 (2010). http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=69239&nValor3=83075
- Creación Centro de Respuesta de Incidentes de Seguridad Informática CSIRT-CR, Decreto 37052 (2012). http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=72316&nValor3=88167&strTipM=TC
- Cudjoe, B., Lagakali, C., Name, V., Lykoura, G., & Noij, A. (2022, octubre 31). *Iniciativas regionales sobre concienciación sobre ciberseguridad – Foro mundial sobre ciberconocimientos especializados*. GFCE. <https://thegfce.org/regional-initiatives-on-cyber-security-awareness/>
- Díaz, R. M. (2021). Estado de la ciberseguridad en la logística de América Latina y el Caribe (serie Desarrollo Productivo, 228). *Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/47240>
- Díaz, R. M. (2022). Ciberseguridad en cadenas de suministros inteligentes en América Latina y el Caribe. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/48065>
- Gómez, R. G., Llorente, P. A., Morales, M. T. V., & Hernández, I. L. (2020). Seguridad y protección digital de la infancia: retos de la escuela del siglo XXI. *Educación*, 56(1). <https://doi.org/10.5565/rev/educar.1113>
- Herkanaidu, R., Furnell, S. M., & Papadaki, M. (2021). Towards a cross-cultural education framework for online safety awareness. *Information & Computer Security*, 29(4), 664-679. <https://doi.org/10.1108/ICS-11-2020-0183>

- Hyry-Beihammer, E. K., Lassila, E. T., Estola, E., & Uitto, M. (2022). Moral imagination in student teachers' written stories on an ethical dilemma. *European Journal of Teacher Education*, 45(3). <https://doi.org/10.1080/02619768.2020.1860013>
- ISC2. (2023, 20 de noviembre). *Cybersecurity on The Hill: The Future of the Cybersecurity Workforce*. International Information System Security Certification Consortium. <https://www.isc2.org/Insights/2023/11/Cybersecurity-on-The-Hill-The-Future-of-the-Cybersecurity-Workforce?queryID=bf6b78c06c85f7eca1d1d923d9baa0c0>
- ITU. (2013). *BYND2015 Global Youth Declaration*. International Telecommunication Union. <https://www.itu.int:443/en/bynd2015/Pages/global-youth-declaration.aspx>
- ITU. (2023). *POP: Protection through online participation*. <https://www.itu.int:443/en/ITU-D/Cybersecurity/Pages/COP/POP.aspx>
- Ley 7739. Código de la Niñez y la Adolescencia, Asamblea Legislativa de Costa Rica (1998). http://www.pgrweb.go.cr/scij/busqueda/normativa/normas/nrm_texto_completo.aspx?param2=1&nValor1=1&nValor2=43077&lResultado=4&strSelect=scl
- Ley 8968. Ley de Protección de la persona frente al tratamiento de sus datos personales. Asamblea Legislativa de Costa Rica (2011). http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=70975&nValor3=85989&strTipM=TC
- Ley 8934. Ley de Protección de la Niñez y la Adolescencia frente al contenido nocivo de Internet y otros medios electrónicos. Asamblea Legislativa de Costa Rica (2011). http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=71024&nValor3=0
- Martínez-Pastor, E., Catalina-García, B., & López-de-Ayala-López, M.-C. (2019). Smartphone, menores y vulnerabilidades. Revisión de la literatura. *Revista Mediterránea de Comunicación*, 10(2). <https://doi.org/10.14198/MEDCOM2019.10.2.5>
- MICITT. (2017). *Estrategia Nacional de Ciberseguridad de Costa Rica 2017* (ISBN: 978-9968-732-52-9; p. 59). Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones. <https://www.micitt.go.cr/wp-content/uploads/2022/05/Estrategia-Nacional-de-Ciberseguridad-Costa-Rica-Oficial.pdf>
- MICITT. (2021). *Revisión de la Estrategia Nacional de Ciberseguridad de Costa Rica (2017)* (p. 52). Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones. <https://www.micitt.go.cr/wp-content/uploads/2022/05/Revision-de-la-Estrategia-Nacional-de-Ciberseguridad-de-Costa-Rica-2017.pdf>

- Mihci Türker, P., & Kılıç Çakmak, E. (2019). An investigation of cyber wellness awareness: Turkey secondary school students, teachers, and parents. *Computers in the Schools*, 36(4), 293-318. <https://doi.org/10.1080/07380569.2019.1677433>
- Moncada Vargas, A. E. (2020). Comparación de técnicas de machine learning para detección de sitios web de phishing. *Revista Interfases*, (013), 77-103. <https://doi.org/10.26439/interfases2020.n013.4886>
- OEA, & AWS. (2020). Alfabetización y seguridad digital: la importancia de mantenerse seguro e informado. *Programa de Ciberseguridad del Comité Interamericano contra el Terrorismo*. <https://www.oas.org/es/sms/cicte/docs/20200925-ESP-White-Paper-Educacion-en-Ciberseguridad.pdf>
- OEA, & CISCO. (2023). Reporte sobre el desarrollo de la fuerza laboral de ciberseguridad en una era de escasez de talento y habilidades. *Programa de Ciberseguridad del Comité Interamericano contra el Terrorismo*. https://www.oas.org/es/sms/cicte/docs/Reporte_sobre_el_desarrollo_de_la_fuerza_laboral_de_ciberseguridad_en_una_era_de_escasez_de_talento_y_habilidades.pdf
- OEA & Twitter. (2021). Alfabetización y seguridad digital: la importancia de mantenerse seguro e informado. *Programa de Ciberseguridad del Comité Interamericano contra el Terrorismo*. <https://www.oas.org/es/sms/cicte/docs/alfabetizacion-y-seguridad-digital.pdf>
- ONU. (2013). *BYND2015 Global Youth Declaration*. Organización de las Naciones Unidas. <https://www.un.org/youthenvoy/2013/09/bynd2015-the-worlds-youth-send-message-from-costa-rica-to-the-united-nations-general-assembly/>
- Ormond, Jim (2018). Well-Trained Cybersecurity Pros Needed to Fill 1.8 Million Open Jobs. First-Ever Global Curriculum Guidelines Reflect Worldwide Demand for Qualified Professionals and Urgent Industry Needs. *ACM Association for Computing Machinery publication in Advancing Computing as a Science & Profession*. <https://www.acm.org/binaries/content/assets/press-releases/2018/february/cybersecurity-curricula-17.pdf>
- Proyecto de Ley de Ciberseguridad de Costa Rica, Expediente 23292, Asamblea Legislativa, Gaceta 172 Alcance 189 (2022). http://www.asamblea.go.cr/Centro_de_informacion/Consultas_SIL/SitePages/ConsultaProyectos.aspx
- Robles-Gómez, A., Tobarra, L., Pastor-Vargas, R., Hernández, R., & Cano, J. (2020). Emulating and evaluating virtual remote laboratories for cybersecurity. *Sensors*, 20(11). <https://doi.org/10.3390/s20113011>
- Sadaghiani-Tabrizi, A. (2018). *Integrating Cybersecurity Education in K-6 Curriculum: Schoolteachers, IT Experts, and Parents' Perceptions [DM/IST]*. <https://www.proquest.com/docview/2029241565/abstract/7334F06BB5114751PQ/1>

- Sağlam, R. B., Miller, V., & Franqueira, V. N. L. (2023). A Systematic Literature Review on Cyber Security Education for Children. *IEEE Transactions on Education*, 66(3), 274-286. <https://doi.org/10.1109/TE.2022.3231019>
- Siddiqui, Z., & Zeeshan, N. (2020). A Survey on Cybersecurity Challenges and Awareness for Children of all Ages. *International Conference on Computing, Electronics & Communications Engineering (ICCECE)*, 131-136. <https://doi.org/10.1109/iCCECE49321.2020.9231229>
- Stavrou, E. (2020). Back to Basics: Towards Building Societal Resilience Against a Cyber Pandemic. *Journal on Systemics, Cybernetics and Informatics (JSCI)*, 18(7).
- Stein, D., Scribner, B., Kyle, N., Newhouse, W., Williams, C., & Yakin, B. (2017). National Initiative for Cybersecurity Education (NICE) Framework Work Role Capability Indicators: Indicators for Performing Work Roles (NIST Internal or Interagency Report (NISTIR) 8193 (Draft); p. 98). National Institute of Standards and Technology. <https://csrc.nist.gov/CSRC/media/Publications/nistir/8193/draft/documents/nistir8193-draft.pdf>
- Touré, H. (2013). Global Youth Summit BYND2015. <https://www.un.org/youthenvoy/2013/09/bynd2015-the-worlds-youth-send-message-from-costa-rica-to-the-united-nations-general-assembly/>
- UNICEF. (2006). Convención sobre los Derechos del Niño. <https://www.un.org/es/events/childrenday/pdf/derechos.pdf>
- UNICEF. (2020, marzo 11). Digital civic engagement by young people. <https://www.unicef.org/globalinsight/reports/digital-civic-engagement-young-people>
- Vanderhoven, E., Schellens, T., & Valcke, M. (2014). Educational Packages about the Risks on Social Network Sites: State of the Art. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 112, 603-612. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.1207>
- Venter, I. M., Blignaut, R. J., Renaud, K., & Venter, M. A. (2019). Cyber security education is as essential as "the three R's". *Heliyon*, 5(12). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02855>
- Waldock, K., Miller, V., Li, S., & Franqueira, V. (2022). Pre-University Cyber Security Education: A report on developing cyber skills amongst children and young people (p. 159). Institute of Cyber Security for Society, University of Kent. <https://cybilportal.org/wp-content/uploads/2022/08/GFCE-report-20220731.pdf>
- Zhuge, H. (2010). Cyber Physical Society. 2010 Sixth International Conference on Semantics, Knowledge and Grids, 1-8. <https://doi.org/10.1109/SKG.2010.7>

ANEXO**Universidad Internacional de las Américas de Costa Rica – Escuela de Ingeniería Informática****Programa de Alfabetización Digital – Proyectos realizados de extensión universitaria**

Nombre del proyecto	Población meta
Taller de herramientas <i>Office</i>	Todo público
Capacitación en soporte técnico para jóvenes	Jóvenes entre 15 a 18 años
Aplicación de escritorio para el aprendizaje de operaciones básicas	Niños entre 9 y 10 años
Capacitación en soporte técnico y redes	Jóvenes entre 17 y 24 años
<i>Software</i> para el manejo del servicio de comedor del Liceo Napoleón Quesada en Guadalupe	Jóvenes de educación media del Liceo
Taller para el uso del computador e internet	Todo público
Capacitación para el aprendizaje del lenguaje de programación Java	Jóvenes entre 15 y 24 años
Taller de herramientas <i>Office</i> para Aldeas SOS	Niños y jóvenes de la organización
Taller de herramientas <i>Office</i> para la Fuerza Pública	Adultos miembros de la institución policial
Taller de Herramientas <i>Office</i> AGECO	Adultos mayores miembros de la Asociación Gerontológica de Costa Rica
Capacitación en soporte técnico y redes	Jóvenes entre 16 y 19 años
Taller de herramientas <i>Office</i> para IFEMSI	Adultos miembros de la organización
Capacitación para el aprendizaje del lenguaje de programación Java	Jóvenes entre 15 y 24 años
Capacitación sobre el desarrollo de páginas web	Jóvenes entre 17 y 24 años
Taller de soporte técnico	Todo público
Capacitación en desarrollo para aplicaciones de escritorio	Todo público
Taller para uso de redes para adultos mayores	Adultos mayores
Taller de ciberseguridad para niños	Niños
Taller de ciberseguridad para pymes	Miembros de emprendimientos de pequeñas y medianas empresas (pymes)

PRUEBA DE CONCEPTO DE INTERFAZ *TOUCHLESS* EN TECLADO NUMÉRICO ALEATORIO PARA MITIGACIÓN DE *SHOULDER SURFING* EN CAJEROS AUTOMÁTICOS

BRUNO FABRIZIO RÍOS VILLEGAS
20163498@aloe.ulima.edu.pe
<https://orcid.org/0009-0009-7832-5589>
Universidad de Lima, Perú

CARLOS MARTIN TORRES PAREDES
cmtorres@ulima.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-7464-5392>
Universidad de Lima, Perú

Recibido: 27 de julio del 2023 / Aceptado: 23 de octubre del 2023
doi: <https://doi.org/10.26439/interfases2023.n018.6557>

RESUMEN. La inclusión financiera en el Perú está en aumento, pues ya el 56 % de los adultos tiene productos financieros. Esto ha incrementado el uso de cajeros automáticos y los riesgos asociados a ellos, como el *shoulder surfing*. Buscando mitigar el riesgo de este ataque, se hizo una prueba de concepto de interfaz *touchless* que permite a los usuarios ingresar su PIN de manera segura, proponiendo un ejemplo para que sea usado por entidades bancarias o fabricantes de cajeros automáticos. Para esto, se generaron secuencias desordenadas aleatoriamente con los números del 0 al 9 sin que estos se repitan. Luego, se implementan sensores infrarrojos para ingresar los números del PIN. Se realizaron pruebas de mitigación y usabilidad con un grupo de 16 personas. La primera prueba mostró resultados alentadores, pues a los atacantes se le dificulta identificar los dígitos ingresados por los usuarios y solo lograron registrar el 25 % correctamente. Asimismo, en las pruebas de usabilidad se obtuvo un promedio general de usabilidad de 78.4375, situando a la interfaz en un rango B +, por encima del umbral de 68 puntos. Considerando esto, se concluye que la propuesta cumple con el objetivo de permitir al usuario ingresar su PIN de manera segura ante ataques de *shoulder surfing*.

PALABRAS CLAVE: interfaces *touchless* / cajeros automáticos / *shoulder surfing* / teclado numérico aleatorio

PROOF OF CONCEPT OF TOUCHLESS INTERFACE ON RANDOM KEYPAD FOR ATM SHOULDER SURFING MITIGATION

ABSTRACT. Financial inclusion in Peru is on the rise, with 56% of adults already having financial products. This has increased the use of ATMs and the risks associated with them, such as shoulder surfing. To mitigate the risk of this attack, a proof of concept of a touchless interface that allows users to enter their PIN securely was developed, proposing an example for use by banking institutions or ATM manufacturers. For this purpose, randomly disordered sequences of numbers from 0 to 9 were generated without repeating them. Then, infrared sensors were implemented to enter the PIN numbers. Mitigation and usability tests were performed with a group of 16 people. The first test showed encouraging results, as the attackers found it difficult to identify the digits entered by the users and only managed to register 25% correctly. Likewise, in the usability tests, an usability average of 78.4375 was obtained, placing the interface in a B+ range, above the threshold of 68 points. Considering this, it is concluded that the proposal meets the objective of allowing the user to enter his PIN securely against shoulder surfing attacks.

KEYWORDS: touchless interfaces / automated teller machines / shoulder surfing / random keypad

1. INTRODUCCIÓN

Los cajeros automáticos son una infraestructura de tecnología computarizada que provee a clientes de instituciones financieras el acceso a transacciones en un espacio público sin la necesidad de personal humano (Edem Udo Udo et al., 2017). Según la Superintendencia de Banca y Seguros y AFP (2020), se estimó que la cantidad de cajeros automáticos en el Perú en el año 2019 era de 28 407. Además, según datos de Statista (2023a), en el año 2021 había 117,24 cajeros automáticos por cada 100 000 adultos peruanos. Esto es relevante puesto que, según Toledo y León (2023), la inclusión financiera en el país alcanzó el 56 %, lo cual significa que ese mismo porcentaje de personas adultas tienen, al menos, un producto financiero.

Lamentablemente, el uso de estos dispositivos también conlleva riesgos. En el ámbito de la seguridad, uno de estos riesgos está asociado al PIN. Un inconveniente es que las personas tienen por costumbre utilizar el mismo código para autenticar diversos dispositivos o cuentas (celular, laptop, tarjeta, etcétera) (Rajarajan et al., 2014). Asimismo, se suele elegir secuencias fácilmente recordables, como fechas de nacimiento o números de casa. Paralelamente, los delincuentes han ideado diversos métodos para obtener el PIN de las personas como el *shoulder surfing*, el *keylogging* y el *phishing* (Rajarajan et al., 2014). Según Abhishek et al. (2019), el número de robos y fraudes relacionados con cajeros automáticos crece cada día porque más del 90 % son vulnerables a ataques como el *shoulder surfing*. De hecho, una encuesta realizada por Ipsos (2019) revela que ya son 400 000 los peruanos que han sido víctimas de algún tipo de robo o fraude financiero.

A pesar de que esta problemática ha tratado de ser mitigada por investigadores en años previos, haciendo uso de teclados aleatorios, se encuentra un vacío en la adición de nuevas tecnologías a las propuestas presentadas. Por esto, el presente trabajo tuvo como objetivo la creación de una prueba de concepto de interfaz *touchless* en teclado numérico aleatorio para la mitigación del riesgo de *shoulder surfing* en cajeros automáticos.

El artículo inicia explorando los antecedentes. Después, se presenta la sección del marco conceptual. Luego, se describe la metodología utilizada, así como la experimentación y resultados. Finalmente, se discuten los resultados mostrados, se presentan las conclusiones, se indican las limitaciones de la investigación y se exploran trabajos futuros.

2. ANTECEDENTES

En este apartado se exploran investigaciones realizadas por diversos autores en las dos dimensiones de la solución a implementar.

2.1. Soluciones ante ataques de acceso a información confidencial

Para prevenir el ataque de *shoulder surfing*, Adithya et al. (2018) implementaron un método llamado *key shuffling method*, el cual hace que los dígitos de un teclado numérico (o *keypad*)

aparezcan de manera aleatoria cada vez que un usuario ingresa su PIN. Los investigadores señalaron que esta forma particular de mostrar el *keypad* evitará que se pueda descifrar el PIN que se está ingresando, basándose en la posición usual que las teclas ocupan. Siguiendo esta misma línea, Shukla et al. (2018) implementaron un teclado numérico aleatorio y agregaron tecnología de reconocimiento facial. Los autores indican que esta combinación ayudará a evitar el *shoulder surfing*, pero que la tecnología de reconocimiento facial está asociada con altos costos. Por otro lado, Agarwal et al. (2011) implementaron un método que ayude a mitigar el riesgo de *shoulder surfing* y también el de *key logging* Para esto crearon un teclado dinámico que cambia su disposición cada vez que se da clic en él; además, las teclas únicamente eran visibles durante unos segundos antes de tocarlas, luego eran cubiertas por una capa de color. Finalmente, Maiti et al. (2017) complementaron la idea de un teclado aleatorio con realidad aumentada. Los autores inician explicando diferentes técnicas de aleatorización que pueden ser utilizadas y, una vez que la técnica ha sido elegida, el usuario debe colocarse unas gafas que muestran la nueva disposición del teclado. En la Tabla 1 puede observarse un resumen de estas propuestas.

Tabla 1
Resumen de propuestas de teclado

Autores	Propuesta de teclado	Conclusiones
Adithya et al. (2018)	"Key shuffling method". La disposición del <i>keypad</i> será diferente para cada usuario.	Se disminuirá la posibilidad de identificar los dígitos del PIN basándose en la posición usual de las teclas.
Shukla et al. (2018)	<i>Keypad</i> dinámico virtual que cambia con cada usuario y reconocimiento facial.	Confunde a las personas que tratan de adivinar la contraseña que se está digitando y evita que puedan robarla.
Agarwal et al. (2011)	Teclado dinámico virtual que cambia con cada usuario y cada vez que se da clic en él, más una capa de colores que cubre las teclas antes de presionarlas.	El <i>software</i> de <i>key logging</i> solo capturó colores y los atacantes solo lograron identificar entre el 33 % y 67 % de teclas presionadas.
Maiti et al. (2017)	Teclado aleatorio visible mediante gafas de realidad aumentada.	Es virtualmente imposible para un atacante adivinar las teclas que están siendo presionadas. Sin embargo, aumenta el tiempo y se reduce la precisión del digitado.

Gracias a las investigaciones realizadas en años previos, puede notarse que el uso de teclados aleatorios es una técnica útil para mitigar el riesgo del ataque de *shoulder surfing*. Asimismo, dentro de los métodos complementarios no se ha encontrado una propuesta *touchless*.

2.2. Propuestas de interfaz touchless

Montanaro et al. (2016) implementan una interfaz para el control de un elevador. Los investigadores basaron la interfaz en el movimiento de las manos del usuario y propusieron tres implementaciones distintas, las cuales posteriormente se evaluaron utilizando la prueba

UMUX. Este es un cuestionario diseñado para medir la usabilidad percibida; tiene cuatro ítems que son evaluados desde el 1 (muy en desacuerdo) hasta el 7 (muy de acuerdo) (Lewis et al., 2013). En primer lugar, se tiene una interfaz lineal basada en el seguimiento de la mano del usuario en los ejes X e Y. Luego, una interfaz circular en la que el usuario selecciona el piso moviendo su mano circularmente. Finalmente, una interfaz de botones que replica el panel de botones usual de un elevador.

Por otro lado, Chakraborty et al. (2016) implementan una interfaz llamada *Sporshohin*, la cual consiste en cuatro LED y cuatro fototransistores ubicados en pares, en cuatro lados de un cubo. Para que funcione, el usuario debe acercar su mano a uno de los lados para que la luz del LED rebote en ella, sea recibida por el fototransistor y se ejecute una acción en pantalla. En la Tabla 2 se presenta un resumen de las mencionadas propuestas.

Tabla 2

Resumen de propuestas touchless

Autores	Propuesta <i>touchless</i>	Ventajas	Limitaciones
Chakraborty et al. (2016)	<i>Sporshohin</i>	Dispositivo versátil que puede adaptarse a diversas situaciones; de bajo costo, bajo consumo energético, robusto y fácil de usar. Permite que dispositivos puedan ser usados en espacios públicos de manera limpia y segura, pues estos no son tocados.	Rango de reconocimiento de los gestos no muy amplio. Se menciona que un extraño podría memorizar los gestos y saber qué datos se ingresaron, por lo que se propone que los dígitos sean dinámicos en vez de estáticos.
	<i>Widget linear</i>	Puntaje promedio UMUX de 84,27 y desviación estándar de 12,62. No desorienta a los usuarios.	Necesidad de suficiente espacio para que sea usado correctamente.
Montanaro et al. (2016)	<i>Widget de botones.</i>	Puntaje promedio UMUX de 83,40 y desviación estándar de 19,15.	
	<i>Widget circular.</i>	Puntaje promedio UMUX de 70,30 y desviación estándar de 24,81.	Dificultad por parte de los usuarios para comprender cómo usarlo.

3. MARCO CONCEPTUAL

En esta sección se explican, con rigurosidad académica, algunos conceptos necesarios para entender la investigación realizada.

3.1. PIN

Uno de los métodos de autenticación más comunes es el número de identificación personal (PIN, por su sigla en inglés), el cual usualmente consta de cuatro o seis dígitos. Este código es usado para desbloquear un teléfono inteligente, retirar dinero de un cajero automático,

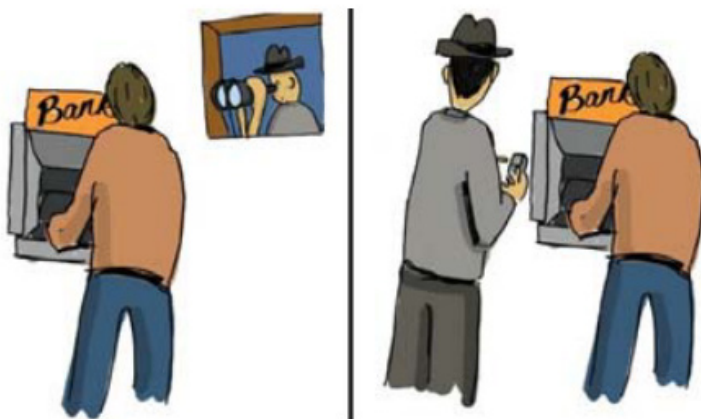
abrir una puerta bloqueada, etcétera. Este tipo de autenticación es conocida por ser rápida y fácil de utilizar; pero puede ser peligroso usarla bajo ciertas circunstancias. Por ejemplo, un atacante podría obtener el PIN de una persona al observarla cuando lo ingresa al utilizar un cajero automático. Esto es algo conocido como *shoulder surfing* (Bultel et al., 2018).

3.2. *Shoulder surfing*

El *shoulder surfing* es un ataque que no requiere de tecnología, pues utiliza técnicas de observación directa como el seguimiento de los movimientos del hombro o mano del usuario para obtener información (Adithya et al., 2018). Asimismo, Abhishek et al. (2019) lo definen como el robo de contraseñas, códigos o del PIN directamente, observando los gestos de la víctima mientras esta se encuentra ingresando los datos en un teclado. En la Figura 1 puede observarse un ejemplo de este ataque.

Figura 1

Ejemplo de shoulder surfing



Nota. De Abhishek et al. (2019).

3.3. Pruebas de mitigación

La detección de vulnerabilidades estudia métodos para detectar los problemas de seguridad conocidos basándose en las características de estos. La mitigación de vulnerabilidades son los métodos que se utilizan para solucionarlas o mitigar el impacto que tienen (Yu et al., 2020). Las pruebas de mitigación se realizan para medir el efecto del método de mitigación que se haya aplicado.

3.4. Pruebas de usabilidad

La usabilidad percibida es un componente importante del constructo de alto nivel de la usabilidad, la cual es una parte fundamental de la experiencia de usuario (UX). Motivados

por la afluencia de psicólogos experimentales en este campo a inicios de la década del ochenta, los primeros cuestionarios de usabilidad estandarizados aparecieron a finales de la mencionada década. Dos de los cuestionarios estandarizados más populares usados para medir este componente son el *Computer System Usability Questionnaire* (CSUQ) y el *System Usability Scale* (SUS); no obstante, existen otros como el *Usability Metrics for User Experience* (UMUX) y su variante UMUX-LITE (Lewis, 2018).

3.5. SUS

El SUS se ha vuelto bastante popular para la evaluación de la usabilidad percibida y es considerado el estándar de la industria debido a su excelente fiabilidad, validez y sensibilidad a diferentes variables. Este cuestionario cuenta con diez ítems. Cinco de ellos (los impares) están expresados en un tono positivo, y los otros cinco (los pares), en un tono negativo. Todos los ítems pueden ser respondidos en una escala del 1 (muy en desacuerdo) al 5 (muy de acuerdo) (Lewis, 2018).

Para calcular la puntuación global, se realizan los siguientes pasos. Primero, cada ítem se convierte a una escala del 0 al 4, donde los números más altos indican una mayor cantidad de usabilidad percibida. Luego, estos puntajes son sumados. Finalmente, la suma se multiplica por 2.5. Este proceso produce puntajes en un rango entre 0 y 100. Usando datos de 446 estudios y más de 5000 respuestas individuales se determinó que la puntuación media general del SUS es de 68 puntos, con una desviación estándar de 12.5 (Borsci et al., 2015). Asimismo, se establecieron grados a los rangos de puntaje obtenidos usando SUS, los cuales van desde F (absolutamente insatisfactorio) hasta A+ (absolutamente satisfactorio). Estos rangos son: F (0-51.7), D (51.8-62.6), C- (62.7-64.9), C (65-71), C+ (71.1-72.5), B- (72.6-74), B (74.1-77.1), B+ (77.2-78.8), A- (78.9-80.7), A (80.8-84), A+ (84.1-100).

3.6. UMUX

El *Usability Metric for User Experience* es un cuestionario diseñado para medir la usabilidad percibida de un sistema. Es consistente con el cuestionario estándar de la industria, SUS, pero utilizando únicamente cuatro ítems, en vez de los diez de SUS. Los ítems de este cuestionario varían en tono y, a diferencia de SUS, van en una escala del 1 (muy en desacuerdo) al 7 (muy de acuerdo). En las pruebas realizadas entre SUS y UMUX, se pudo encontrar que hay una correlación muy alta entre los puntajes obtenidos mediante ambos cuestionarios, lo cual sugiere fuertemente que UMUX es estadísticamente equivalente a SUS (Lewis et al., 2013).

3.7. Arduino

Arduino es una plataforma de computación física de código abierto, basada en una placa microcontroladora y un entorno de desarrollo. Usando Arduino se pueden crear diseños fácilmente, con conocimientos sencillos de electrónica y programación. Los proyectos realizados de esta manera pueden ser autónomos o pueden comunicarse con un *software*

ejecutado mediante una computadora. La placa Arduino UNO cuenta con catorce pines de entrada/salida y seis pines de entrada analógica, un puerto USB, un puerto de energía, un botón de reinicio, entre otras partes. El entorno de desarrollo puede ser desplegado en Windows, Linux o MacOS y es llamado Arduino IDE. En este se puede escribir código, el cual es llamado *Sketch* y está basado en lenguaje C y C++ (Ahmad, 2013).

4. METODOLOGÍA Y EXPERIMENTACIÓN

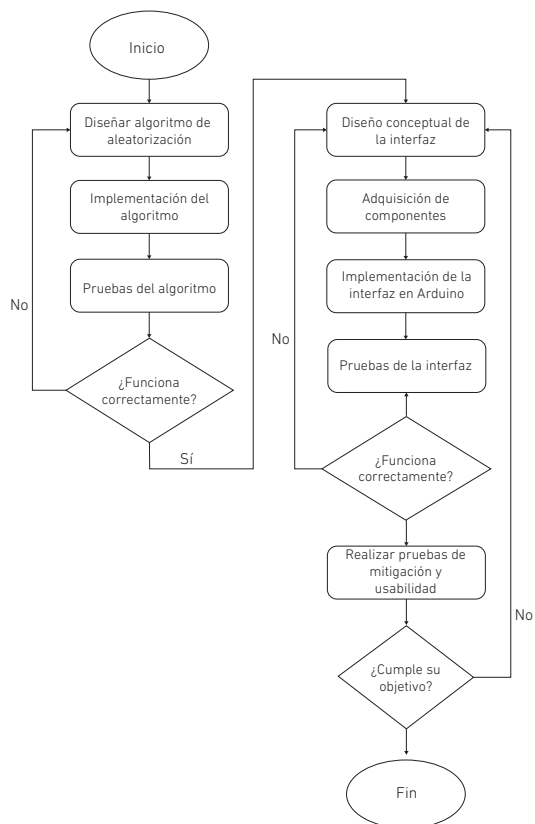
En este apartado se presentan los pasos de la metodología para la implementación de la prueba de concepto de interfaz, así como la descripción detallada de las pruebas de mitigación y usabilidad aplicadas.

4.1. Resumen de la metodología

Con intención de dar un panorama general de la investigación, en la Figura 2 se muestra un diagrama que resume el proceso que la metodología siguió.

Figura 2

Diagrama resumen



La metodología inicia con el diseño e implementación de un algoritmo para la generación de números aleatorios. Estos son usados para producir la secuencia que se le presenta en pantalla a cada usuario. Una vez que el algoritmo fue implementado se realizaron pruebas para medir su efectividad. Estas pruebas consistieron en comparar las secuencias aleatorias que el algoritmo va generando, de forma que se obtuvo el número de secuencias iguales en un determinado número de ejecuciones. Se estableció como límite que el promedio de secuencias repetidas en 1500 usos (ejecuciones) de la interfaz sea menor a uno.

Luego, se procedió a adquirir los componentes necesarios para construir la interfaz de manera física. Finalizado este proceso, se validó que los datos puedan ser ingresados correctamente. Para realizar esta validación, se generaron secuencias aleatorias y se colocaron diferentes códigos PIN, revisando que cada valor ingresado correspondiera con el dígito del PIN que se desea colocar. Al corresponder los valores en su totalidad, entonces se está logrando la funcionalidad deseada y se pasó a la siguiente fase.

En la etapa final se aplicaron dos tipos de pruebas: de mitigación y de usabilidad. La primera tuvo como objetivo comprobar que la interfaz cumple su misión de mitigar el riesgo de ataque de *shoulder surfing*. En esta prueba se reunió a un grupo de personas, el cual se subdividió en dos grupos de igual tamaño: usuarios y atacantes. La prueba consistió en que los atacantes intentan descubrir los dígitos del PIN de los usuarios mientras estos los ingresan en la interfaz; el grupo de usuarios no supo que estaba siendo observado. Para medir la efectividad de esta prueba, se recogieron y analizaron los resultados, para posteriormente compararlos con los de la literatura actual, de forma que se conozca si la implementación obtuvo resultados similares a otras implementaciones. La segunda prueba buscó conocer la experiencia de los usuarios hacia el uso de la interfaz implementada. Para esto, se le solicitó al grupo previamente reunido que haga uso de la interfaz y que, al terminar, completen el cuestionario SUS. Para medir la efectividad de esta prueba, se recogieron y analizaron los datos y se compararon con la puntuación media general de usabilidad SUS, la cual es de 68 puntos.

4.2. Diseño del algoritmo de aleatorización

El algoritmo que se desarrolló tiene como objetivo la generación de un arreglo que contenga los números del 0 al 9 y que los presente en un orden aleatorio. Para esto se creó un arreglo de diez elementos. Luego, se generaron los números del 0 al 9 de manera pseudo aleatoria y se agregaron al arreglo. Para que ninguno de los números se repita, se implementó una función que compara los números generados con los que están dentro del arreglo, de forma que únicamente agregue los que no están presentes.

4.3. Implementación del algoritmo de aleatorización

La implementación del algoritmo generador de secuencias aleatorias será realizada en Arduino IDE, el entorno de programación para Arduino. Véase la Figura 3.

Figura 3

Algoritmo generador de secuencias aleatorias

La función **GeneraciónSecuencias** realiza las operaciones necesarias para generar secuencias aleatorias que le serán presentadas a cada usuario cuando utilice la interfaz.

Entrada: arreglo: arreglo de 10 elementos.

Salida: arreglo: el arreglo con los números ya ingresados que forman la secuencia aleatoria.

Variables: randNumber: entero que almacena un número aleatorio entre el 0 y 9.
iniciado: indica que el algoritmo ha funcionado y la secuencia ha sido generada.
pos: indica la posición en el arreglo.

GeneraciónSecuencias(arreglo):

1. arreglo \leftarrow VaciarArreglo()
2. Mientras pos < 10:
3. randNumber \leftarrow random(10)
5. Si ValorEnArreglo(randNumber, arreglo) = falso Entonces
6. arreglo[pos] \leftarrow randNumber
7. pos \leftarrow pos + 1
8. Fin Si
10. Fin Repetir
11. pos \leftarrow 0
13. Imprimir arreglo

El Algoritmo 1 se encarga de generar e imprimir las secuencias aleatorias y utiliza otros dos algoritmos para funcionar correctamente. El primero es «VaciarArreglo()», el cual se encarga de quitar los elementos del arreglo para que el proceso pueda volver a iniciar. El segundo algoritmo usado es el encargado de verificar si los números generados se encuentran en el arreglo. Véase la Figura 4.

Figura 4

Algoritmo encargado de verificar si los números aleatorios generados se encuentran en el arreglo

La función **ValorEnAreglo** se encarga de comprobar si el número generado aleatoriamente se encuentra o no en el arreglo.

Entrada: arreglo: arreglo de 10 elementos.
 randomNumber: número entre el 0 y 9 generado aleatoriamente.

Salida: estado: indica verdadero si el número ya está en el arreglo o falso si no se encuentra en él.

Variables: i: contador para el bucle Desde.

ValorEnAreglo(randomNumber, arreglo):

1. $i \leftarrow 0$
2. Desde $i = 0$ hasta 10 Hacer
3. Si $\text{arreglo}[i] = \text{randomNumber}$ Entonces
4. estado \leftarrow verdadero
5. Sino
6. estado \leftarrow falso
7. Fin Si
8. Fin Repetir
9. Retornar estado

4.4. Diseño conceptual de la interfaz en Arduino

Con base en la investigación de Montanaro et al. (2016), se decidió usar una pantalla lineal, pues fue la que obtuvo un mayor promedio de usabilidad. Esto se tradujo, en el contexto de la presente investigación, en el uso de una pantalla que muestra la secuencia para cada usuario de manera lineal. Del mismo modo, el método de entrada de datos (es decir, lo que el usuario utilizará para ingresar los números presentados en la pantalla para formar su PIN) está dispuesto de manera horizontal. Finalmente, se agregó un botón que el usuario debe presionar para que aparezca su secuencia aleatoria en pantalla y otro botón para confirmar su PIN. La Tabla 3 muestra un resumen de los resultados de la mencionada investigación.

Tabla 3

Resultados de usabilidad utilizando el cuestionario UMUX

Tipo	Puntaje promedio	Desviación estándar
Lineal	84,27	12,62
Circular	70,30	24,81
Botones	83,40	19,15

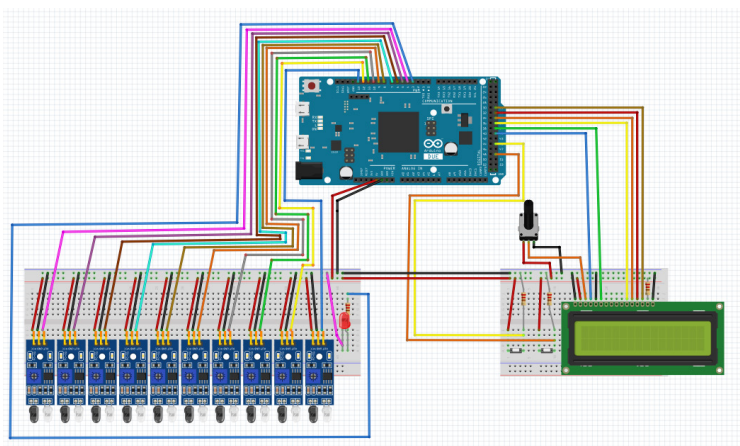
Nota. Adaptado de Montanaro et al. (2016).

4.5. Implementación de la interfaz en Arduino

La placa que se usó es un Arduino DUE. Para visualizar la secuencia generada, se usó una pantalla LCD1602A. En esta misma pantalla se imprimen los números del PIN que el usuario ingrese. Además, se cuenta con un pulsador que el usuario deberá presionar para que el algoritmo inicie y muestre la secuencia. Para el ingreso del PIN se usaron diez sensores infrarrojos FC-51. Cuando un usuario utiliza la interfaz, se generan los diez números del 0 al 9 en un orden aleatorio y se imprimen en pantalla. Luego, el usuario es capaz de ingresar su PIN de cuatro dígitos usando estos sensores FC-51. Cada sensor sirve para ingresar uno de los números mostrados en pantalla, estando asignada la posición del número en pantalla a la posición del sensor. Por ejemplo, si la secuencia fuera 9013674258 y el PIN del usuario fuera 1234, el usuario debería acercarse en orden al tercer sensor, luego al octavo sensor, después al cuarto sensor y, finalmente, al séptimo sensor para ingresar su PIN. Debido a que la secuencia cambia con cada usuario, el valor que se ingresa con cada sensor cambia dinámicamente en cada uso. Para mayor orden se usaron dos *protoboards* distintas. Por un lado, en una *protoboard* pequeña se colocó la pantalla LCD, el pulsador de inicio y el pulsador de confirmación. Por otro lado, en una *protoboard* más larga, se hizo la implementación de los diez sensores y también se incluyó un LED, el cual se enciende cuando se ingresa un número del PIN y busca otorgarle retroalimentación al usuario, de forma que sepa que el dígito de su PIN fue ingresado satisfactoriamente. Cabe destacar que, debido a que un PIN cuenta con cuatro dígitos, la interfaz solo permite ingresar cuatro números. En caso de que el usuario cometa un error al digitar uno de los números de su PIN, deberá presionar nuevamente el pulsador de inicio para que se le genere otra secuencia aleatoria. También es importante indicar que el pulsador de fin únicamente funcionará cuando el usuario haya ingresado cuatro dígitos. En la Figura 5 puede observarse el diagrama de conexión.

Figura 5

Diagrama de conexión



Para que el *hardware* de sensores funcionara correctamente, se desarrolló el algoritmo de control de sensores, el cual puede verse en la Figura 6.

Figura 6

Algoritmo de control de sensores

La función ControlDeSensores se encarga de implementar las sentencias necesarias para el correcto funcionamiento de los sensores.

Entrada: arreglo: arreglo de 10 elementos.
 iniciado: booleano que indica cuando la secuencia aleatoria ha sido creada.
 sensor (K): los 10 sensores, del 0 al 9

Salida: ninguna

Variabes: contador: entero encargado de almacenar la cantidad de sensores presionados.

ControlDeSensores(iniciado, arreglo, sensor):

1. contador ← 0
2. Si sensorK es activado & iniciado = verdadero & contador < 4 Entonces
3. Imprimir arreglo [K]
4. contador ← contador + 1
5. Fin Si

4.6. Pruebas de mitigación y usabilidad

A continuación, se brinda una explicación detallada de las dos pruebas que fueron realizadas: de mitigación y de usabilidad.

4.6.1. Pruebas de mitigación

Para esta primera prueba, se reunió a un grupo de personas que cumplen tres condiciones: ser mayores de edad, tener una cuenta bancaria y haber usado un cajero automático previamente. La primera acción fue explicarles cómo se utiliza la interfaz. Seguidamente, el grupo de personas fue dividido de manera aleatoria en dos: al primer grupo se le asignó la función de usuarios y al segundo, la de atacantes. El grupo 1 tuvo como labor interactuar con la interfaz, para lo cual se les asignó un PIN aleatorio al momento de la prueba, para asegurar que nadie de los presentes lo haya conocido con antelación. Luego, se les dispuso en fila y, uno a uno, debieron ingresar el PIN que les fue asignado. El segundo grupo debió observar a los usuarios mientras ingresaban el PIN, para lo cual se les indicó que se sitúen en la fila, como si también estuvieran esperando su turno. Cabe destacar que no se le comunicó al grupo de usuarios que el otro grupo estaba allí para observarlos, a fin de que ingresaran su PIN con la mayor naturalidad posible.

4.6.2. Pruebas de usabilidad

Para realizar la prueba de usabilidad percibida, se les pidió a ambos grupos (los usuarios y los atacantes) que utilicen la interfaz e ingresen un PIN que se les brindó en ese mismo momento. El primer grupo, el de previos usuarios, ya había usado la interfaz en la prueba de mitigación, por lo que se encontró más familiarizado con ella y pudo ayudar brindando datos sobre cómo los usuarios más experimentados se sienten al utilizar la interfaz. Además, para acentuar esta diferencia, se realizaron tres rondas con este grupo; es decir, cada uno de los integrantes ingresó tres PIN distintos, uno por cada ronda. Por el contrario, el grupo que fungió como atacante en la prueba de mitigación, ahora, en una única ronda, tuvo su primera interacción con la interfaz y, por lo tanto, proveyó datos sobre usuarios totalmente nuevos con su uso. Para obtener resultados cuantitativos en esta prueba, se usó la métrica SUS (*System Usability Scale*), que es el cuestionario utilizado por expertos en la industria. A pesar de haber sido desarrollados por separado y tener distintos formatos, los diferentes cuestionarios (CSUQ, SUS, UMUX y UMUX-Lite) están fuertemente correlacionados y, al ser transformados a una escala común de 0 a 100 puntos, sus puntuaciones medias tienen magnitudes y calificaciones similares. Sin embargo, debido a la enorme cantidad de investigaciones realizadas con SUS, esta métrica es probablemente la mejor opción por defecto (Lewis, 2018). Una vez que los grupos concluyeron con el ingreso del, o de los, PIN, se les solicitó que completen el cuestionario individualmente y se registraron sus puntajes. Estos puntajes fueron analizados posteriormente, para obtener los resultados de la prueba de usabilidad. La Tabla 4 contiene las preguntas del cuestionario SUS validadas al idioma español.

Tabla 4
Preguntas del cuestionario SUS validadas al español

Número	Pregunta
1	Me gustaría usar esta herramienta frecuentemente.
2	Considero que esta herramienta es innecesariamente compleja.
3	Considero que la herramienta es fácil de usar.
4	Considero necesario el apoyo de personal experto para poder utilizar esta herramienta.
5	Considero que las funciones de la herramienta están bien integradas.
6	Considero que la herramienta presenta muchas contradicciones.
7	Imagino que la mayoría de las personas aprenderían a usar esta herramienta rápidamente.
8	Considero que el uso de esta herramienta es tedioso.
9	Me sentí muy confiado al usar la herramienta.
10	Necesité saber bastantes cosas antes de poder empezar a usar esta herramienta.

Nota. Tomado de Sevilla-González et al. (2020).

5. RESULTADOS

A continuación, se darán a conocer los resultados obtenidos al seguir los pasos de la metodología, así como los resultados de las pruebas de mitigación y usabilidad.

5.1. Resultados del algoritmo

Para validar los pasos 4.2 y 4.3 de la metodología, se realizó un algoritmo que utilice la misma lógica que el implementado en Arduino IDE. En este algoritmo se creó un arreglo que almacenará las secuencias generadas y las comparará con las nuevas que se vayan generando. Una vez que el algoritmo se haya detenido, se habrá obtenido un contador, el cual representa la cantidad de secuencias iguales dentro de un determinado número de repeticiones. Se midió usando 100, 500, 1000, 1500, 2000 y 5000 repeticiones. En la Tabla 5 puede observarse el resultado de las ejecuciones.

Tabla 5

Ejecuciones por conjunto de repeticiones

Rep.	Ejecuciones															Prom.	D.E.
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15		
5000	4	7	1	1	3	2	2	1	2	1	4	2	3	0	1	2,267	1,75
2000	2	0	0	2	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0,667	0,723
1500	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0,267	0,593
1000	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,133	0,352
500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

La Tabla 5 muestra las 15 ejecuciones independientes realizadas para cada número de repeticiones (indicadas como E1 a E15). Se eligió un número amplio de ejecuciones para tener la posibilidad de obtener un promedio y una desviación estándar adecuadas. En los grupos que involucran 100 y 500 repeticiones, puede observarse que nunca se presentaron secuencias repetidas, por lo que tanto el promedio como la desviación estándar (D.E.) fueron de 0. En los grupos de 1000 repeticiones, se evidencia que en las ejecuciones E3 y E9 se encontró una secuencia repetida; debido a esto, el promedio obtenido es de 0,133 con una desviación estándar de 0,352. Por su parte, las ejecuciones con 1500 repeticiones mostraron poca repetición de secuencias; se calculó un promedio de 0,267 y una desviación estándar de 0,593. Respecto a las ejecuciones con 2000 repeticiones, empieza a notarse una cantidad ligeramente mayor de secuencias repetidas. Una vez obtenidos todos los datos, se calculó que en promedio se repiten 0,667 secuencias con una desviación estándar de 0,723. Finalmente, teniendo en cuenta las ejecuciones con 5000 repeticiones, puede observarse que en solo una ejecución, la E14, no se presentaron secuencias repetidas; en promedio, se repitieron 2,267 secuencias y

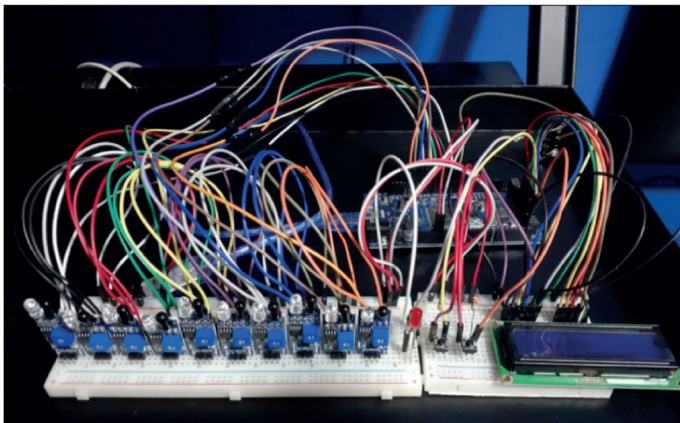
se tuvo una desviación estándar de 1,75. Posteriormente, en el apartado de discusión se hará un análisis de estos resultados.

5.2. Resultados de la implementación

Una vez que los componentes estuvieron disponibles, se procedió con la construcción de la interfaz. En la Figura 7 se muestra una imagen de la interfaz física.

Figura 7

Interfaz implementada



Se aprovechó que la pantalla LCD1602A cuenta con dieciséis columnas y dos filas para imprimir las letras «Sec:» en la fila superior, para que el usuario sepa dónde aparecerá la secuencia aleatoria generada. Además, se imprimieron las siglas «PIN:» en la fila inferior, para señalar al usuario en dónde aparecerán los dígitos que ingrese con los sensores. Además, la pantalla también es usada para mostrar la frase «PIN aceptado» cuando el usuario haya ingresado los cuatro dígitos de su PIN y haya presionado el pulsador de finalización. La Figura 5 muestra la implementación de la pantalla.

Figura 8

Implementación de la pantalla

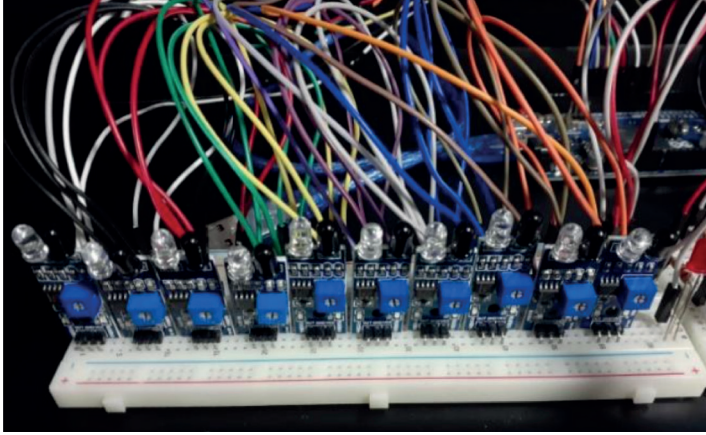


Nota. En la foto de la izquierda puede observarse la secuencia en pantalla; al centro se observa que se ha ingresado el dígito de la primera posición (7); a la derecha se visualiza la pantalla de confirmación.

Del mismo modo, se hizo la implementación de los sensores para el ingreso del PIN del usuario. En la Figura 9 se puede observar una imagen con los diez sensores implementados.

Figura 9

Implementación de los sensores infrarrojos FC-51



Con la interfaz implementada y funcional, se procedió a realizar los diseños de la caja que contendrá el cableado de la interfaz. En la Figura 10 puede observarse la vista isométrica de esta caja, así como una vista superior. Asimismo, se realizó el modelado 3D de la caja, el cual puede visualizarse en la Figura 11.

Figura 10

Vista isométrica (izquierda) y superior (derecha) de la caja

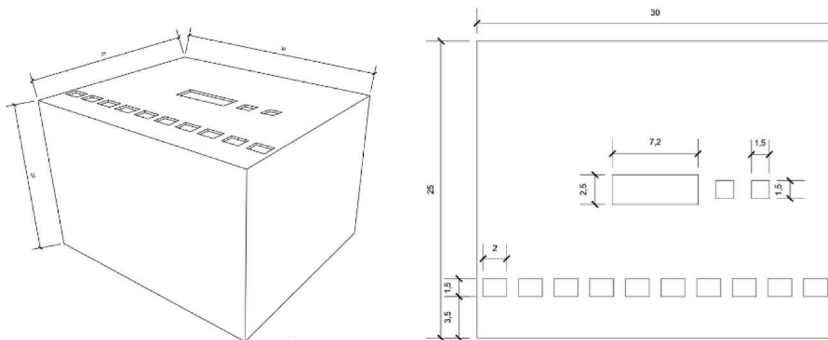
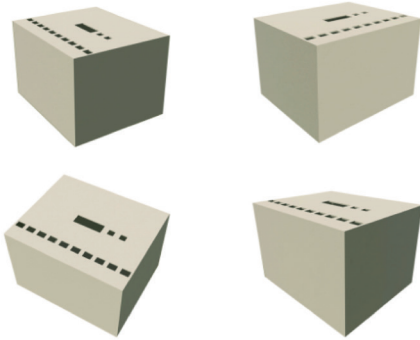


Figura 11

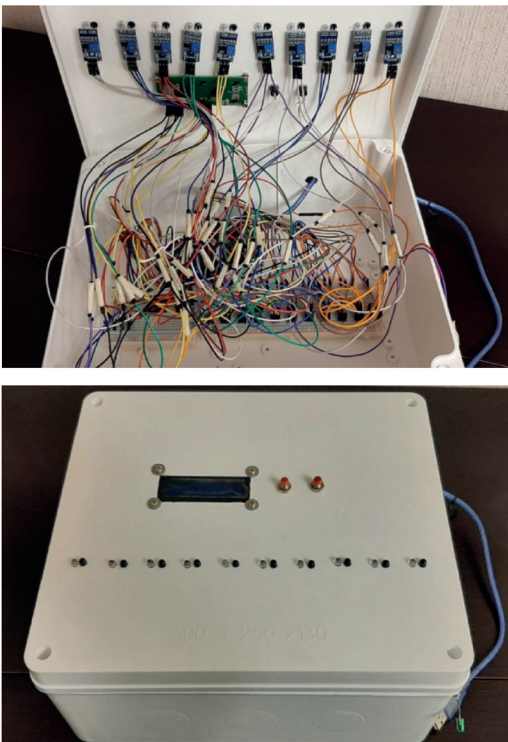
Modelado 3D de la caja



Como puede notarse, este contenedor permite que los usuarios únicamente vean los componentes necesarios para interactuar con la interfaz: la pantalla LCD, los pulsadores de inicio y fin, y los sensores. En la Figura 12 se muestra tanto la vista interna como la vista externa de la caja.

Figura 12

Vistas interna y externa de la caja final



5.3. Muestra para las pruebas

Para las pruebas se reunió a un grupo de 16 personas que cumplieran con las condiciones establecidas en la experimentación y se les dividió aleatoriamente en dos grupos. En la Tabla 6 pueden observarse características demográficas de la muestra.

Tabla 6

Demografía de la muestra

Usuario	Edad	Género	Nivel de estudios	Profesión/Ocupación	Grupo
1	67	Masculino	Superior universitaria incompleta	Jubilado	1
2	34	Masculino	Superior no universitaria completa	Ingeniero de Sistemas	1
3	34	Femenino	Superior universitaria completa	Abogada	1
4	58	Femenino	Superior universitaria completa	Ama de casa	1
5	53	Masculino	Superior universitaria completa	Militar	1
6	20	Femenino	Superior universitaria incompleta	Estudiante	1
7	22	Femenino	Superior universitaria incompleta	Estudiante	1
8	23	Femenino	Superior universitaria incompleta	Estudiante	1
9	55	Femenino	Superior universitaria completa	Abogada	2
10	69	Femenino	Secundaria completa	Ama de casa	2
11	23	Femenino	Superior universitaria incompleta	Estudiante	2
12	61	Femenino	Superior universitaria completa	Docente	2
13	19	Masculino	Superior universitaria incompleta	Estudiante	2
14	21	Masculino	Superior universitaria incompleta	Estudiante	2
15	23	Masculino	Superior universitaria incompleta	Estudiante	2
16	24	Masculino	Superior universitaria completa	Administrador	2

5.4. Resultados de las pruebas de mitigación

Se realizaron dos pruebas de mitigación en dos momentos del día, ambas con iguales condiciones y el mismo número de individuos: ocho personas. De este número de personas, en cada prueba, cuatro formaron parte del grupo 1 (usuarios) y otras cuatro integraron el grupo 2 (atacantes), dando un total de 16 personas distintas. Una vez que se tuvo a los grupos 1 y 2 separados, se procedió a explicar a cada uno la labor que debían realizar. Al grupo 1 se le volvió a instruir en el uso de la interfaz y se le brindó a cada integrante el PIN que deberán ingresar. Al grupo 2 se le reveló la verdadera naturaleza de la prueba y, en vez de brindarles un PIN que ingresar, se les encomendó la tarea de observar el PIN de la persona que tuvieran delante en la fila y memorizar los dígitos que logaran visualizar. Además, a los integrantes de este grupo se les solicitó que simularan hacer uso de la interfaz, pero sin ingresar ningún dígito realmente, pues la prueba de usabilidad a la que se los sometería después, requería que no hubieran usado antes la interfaz. Finalmente, se reunió a ambos grupos y se les colocó de forma intercalada

en una fila para iniciar la prueba. En la Figura 13 pueden visualizarse fotos tomadas en ambas pruebas de mitigación realizadas. Cabe destacar que, una vez finalizada la prueba, se volvió a separar a los grupos, se brindó otro PIN a cada usuario y se volvió a realizar la prueba, es decir, se realizaron dos rondas del experimento.

Figura 13

Fotos de las pruebas de mitigación



Al concluir cada ronda, se les pidió a los integrantes del grupo 2 que mencionen en privado los dígitos que habían podido observar. En la Tabla 7 se encuentra el PIN ingresado por los usuarios en cada ronda y, entre corchetes, los dígitos que los atacantes señalaron haber descubierto. La presencia de un guion «-» indica que los atacantes no pudieron identificar el número.

Tabla 7*PIN brindado a cada usuario y dígitos descubiertos*

Usuarios	Ronda	PIN asignado			
Usuario 1	1	3 [3]	6 [6]	2 [2]	8 [8]
	2	7 [7]	7 [7]	3 [3]	6 [6]
Usuario 2	1	4 [-]	3 [-]	1 [-]	6 [-]
	2	9 [-]	2 [-]	8 [-]	2 [-]
Usuario 3	1	5 [-]	3 [-]	2 [-]	1 [-]
	2	9 [-]	2 [-]	5 [-]	4 [-]
Usuario 4	1	0 [0]	1 [1]	7 [7]	8 [8]
	2	5 [5]	9 [9]	9 [9]	5 [5]
Usuario 5	1	9 [-]	6 [-]	6 [-]	4 [-]
	2	4 [-]	7 [-]	1 [-]	3 [-]
Usuario 6	1	2 [-]	4 [9]	5 [-]	6 [-]
	2	5 [-]	5 [-]	3 [-]	1 [-]
Usuario 7	1	3 [-]	7 [-]	4 [-]	8 [-]
	2	1 [-]	8 [-]	7 [-]	1 [-]
Usuario 8	1	8 [-]	8 [-]	0 [-]	8 [-]
	2	6 [-]	7 [-]	7 [-]	9 [-]

Como puede observarse, la mayoría de los atacantes no logró visualizar ninguno de los dígitos ingresados por el usuario que tenían enfrente e incluso cuando lograron observar uno (atacante 6, ronda 1), el número indicado no correspondía con el dígito ingresado. Estos resultados han sido comparados con los encontrados en la literatura actual en la sección de discusión, con el fin de determinar la efectividad del experimento.

5.5. Resultados de las pruebas de usabilidad

Para las pruebas de usabilidad se utilizaron los mismos grupos que en las pruebas de mitigación. Ahora, sin embargo, ambos grupos deberán interactuar con la interfaz e ingresar uno o varios PIN. El primer grupo, el de usuarios, ya había utilizado previamente la interfaz y ayudó brindando datos sobre cómo los usuarios más experimentados se sienten al usarla. Para acentuar esto, se realizaron tres rondas, en las que cada usuario debió ingresar un PIN diferente. Por el contrario, el grupo 2, el de atacantes, tuvo su primera interacción con la interfaz, lo cual sirvió para obtener datos sobre cómo los usuarios nuevos se sienten al usarla. Con el fin de medir cuantitativamente la usabilidad, se pidió a los integrantes de ambos grupos que llenaran una encuesta que contenía las diez preguntas del cuestionario SUS al terminar la prueba. En la Tabla 8 se muestra el promedio SUS de cada uno de los participantes, así como el promedio SUS de cada grupo.

Tabla 8*Promedio SUS de los participantes*

Usuarios	Grupo	Promedio SUS	Promedio por grupo
Usuario 1	1	65	
Usuario 2	1	85	
Usuario 3	1	90	
Usuario 4	1	97,5	85
Usuario 5	1	85	
Usuario 6	1	97,5	
Usuario 7	1	77,5	
Usuario 8	1	82,5	
Usuario 9	2	75	
Usuario 10	2	65	
Usuario 11	2	80	
Usuario 12	2	85	71,875
Usuario 13	2	97,5	
Usuario 14	2	42,5	
Usuario 15	2	50	
Usuario 16	2	80	

6. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La seguridad que brinda el algoritmo de generación de secuencias aleatorias es un punto clave de la investigación, por lo que se estableció como límite que el promedio de secuencias repetidas en 1500 usos de la interfaz sea menor a uno. Esto se determinó haciendo un análisis de los datos investigados respecto al uso de cajeros automáticos en el Perú. En primer lugar, según Statista (2023b), el número acumulado de usos de cajeros automáticos en el Perú durante el año 2019 fue de 495 millones. Como segundo dato importante, la Superintendencia de Banca y Seguros y AFP (2020) señala que el número de cajeros en el Perú para el 2019 era de 28 407. Al dividir estos números se obtiene un promedio de aproximadamente 17 425 usos de cajeros automáticos al año. Del mismo modo, para obtener el uso promedio mensual, se divide esta cifra entre 12, lo cual dio como resultado aproximadamente 1452 usos. Más adelante, en el apartado de resultados, se mostraron los datos recolectados al ejecutar el algoritmo en conjuntos de 100, 500, 1000, 1500, 2000 y 5000 repeticiones. Debido a que el promedio mensual de usos de un cajero es aproximadamente 1452, se propuso como objetivo obtener menos de una secuencia repetida en 1500 repeticiones del algoritmo. Al haber obtenido, en 1500 repeticiones, un promedio de repetición de 0.267 secuencias con una desviación estándar de 0.593, se evidencia que el algoritmo está cumpliendo con la finalidad requerida para su adecuado uso.

Pasando a las pruebas de mitigación, una vez analizados los datos se hace claro que a los atacantes se les dificulta en gran medida la tarea de identificar los dígitos ingresados por los usuarios, ya que, a excepción de dos casos, fallaron en la identificación de los dígitos. Indagando más profundamente en las dos excepciones, en la Tabla 6 se puede ver que ambos participantes eran adultos mayores, quienes, a pesar de entender que la prueba se estaba dando en un contexto de cajero automático, no utilizaron medidas de seguridad y permitieron que los atacantes observen libremente los dígitos que ingresaban. Se obtuvo que los atacantes lograron identificar en total el 25 % de los dígitos ingresados por el grupo de usuarios, una cifra menor a la señalada por Agarwal et al. (2011) en el resultado de su estudio utilizando un teclado aleatorio, puesto que dichos investigadores indicaron que su prueba de mitigación de riesgo de *shoulder surfing* obtuvo un rango entre 33 % y 66 % de dígitos descubiertos por los atacantes. Asimismo, Alsubibany (2021) en su investigación realizó tres diferentes pruebas con ciertas variaciones en el método propuesto para la mitigación del riesgo de *shoulder surfing*, cada prueba difiere en la cantidad de texto ingresado previa y posteriormente al digitado de la contraseña del usuario para confundir al atacante. En el primer método, en el que el número de caracteres ingresados antes y después es igual, obtuvo entre un 17,6 % y 29,4 % de contraseñas descubiertas; en el segundo método, en el que la cantidad de dígitos es distinta, obtuvo entre 26,4 % y 44,1 % de contraseñas descubiertas; y en el último método, en el que usa un solo dígito previo y posterior, pero también una cantidad decidida por el usuario de caracteres extra, obtuvo entre 5,8 % y 8,8 % de contraseñas descubiertas por los atacantes. Tomando un promedio de sus resultados, se tiene que los atacantes obtuvieron una media de 22,02 % de todas las contraseñas utilizadas en el experimento, cifra similar al porcentaje de dígitos obtenidos por los atacantes en el presente artículo. Por otro lado, Roth et al. (2004) realizaron dos pruebas llamadas *Inmediate Oracle Choice (Inmediate OC)* y *Delayed Oracle Choice (Delayed OC)* para la mitigación de ataque de *shoulder surfing* en las que se reclutó 37 participantes de entre 20 y 30 años con educación académica. Debido a diversos motivos, cuatro participantes debieron ser excluidos, lo que dejó a la muestra con 33 participantes, a los cuales se les asignó aleatoriamente el método IOC o el método DOC y debieron completar 10 ciclos de ingreso de PIN. En la primera se logró identificar uno de los cuatro dígitos del PIN del usuario en el 8,75 % de los intentos, mientras que en 5 % de estos, se identificaron dos de los dígitos. Al usar *Delayed OC* los atacantes pudieron identificar una de las cifras del PIN en el 7,5 % de los intentos, mientras que en el 5 % de estos se pudieron reconocer 2 dígitos. Tanto con *Inmediate OC* como con *Delayed OC* no se lograron identificar tres o los cuatro dígitos del PIN en ningún intento. Finalmente, Still et al. (2018) en la investigación que realizaron sobre un método de selección de datos resistente al *shoulder surfing*, encontraron que el 30 % de los participantes que fungieron como atacantes fueron capaces de descubrir el PIN ingresado dados tres intentos.

Respecto a las pruebas de usabilidad, se obtuvo que el promedio SUS del grupo 1 es de 85 puntos, lo cual le da a la interfaz una calificación de A+ según los rangos SUS. Por otro lado, el promedio SUS del grupo 2 es de 71,875 puntos, ubicándose en el rango C+. Tal diferencia es una característica esperable de los resultados de la prueba, puesto que es común que los usuarios se sientan más cómodos con la interfaz conforme la utilicen más veces. No obstante, a pesar de la diferencia entre los promedios, ambos se encuentran sobre la puntuación media general, la cual es de 68 puntos.

7. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se implementó una prueba de concepto de interfaz *touchless* en un teclado numérico aleatorio para mitigar el riesgo de *shoulder surfing*. En primer lugar, gracias a las pruebas realizadas al algoritmo encargado de la generación de las secuencias, se pudo corroborar que, en promedio, no se obtienen secuencias repetidas en 1500 ejecuciones, por lo que se considera este objetivo cumplido. En segundo lugar, los resultados de las pruebas de mitigación revelaron resultados alentadores, puesto que únicamente se identificaron el 25 % de los dígitos ingresados por los usuarios. Finalmente, las pruebas de usabilidad mostraron una diferencia esperable entre los grupos 1 y 2, los cuales se sitúan en los rangos A+ y C+ de la escala SUS respectivamente, ambos sobre la media general de 68 puntos. Asimismo, en promedio global, la interfaz se encuentra en el rango B+ con 78,4375 puntos, por lo cual este ámbito se considera cumplido también.

8. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La principal limitación de la investigación es la aplicación de la prueba de mitigación en un entorno que no es exactamente igual al de un cajero automático. En este sentido, se utilizó un ambiente semicerrado y se dispuso a las personas en una fila para simular un entorno real y reducir la implicancia de la limitación. Asimismo, otra limitación se encuentra en que los integrantes del grupo 2 en las pruebas de mitigación (es decir, quienes fungieron de atacantes), no cuentan con experiencia en ataques de *shoulder surfing*. Se buscó minimizar la implicancia de esta limitación al explicarles claramente las funciones que debían realizar y se hicieron dos rondas en las pruebas, de forma que se les dé una ventana más amplia.

9. TRABAJOS FUTUROS

Como trabajos futuros, se plantea reducir en mayor medida las limitaciones al realizar nuevas pruebas de mitigación en ambientes más semejantes a los de un cajero automático, además de contar con un mayor número de participantes en el que la variedad de atacantes brinde resultados en un contexto más cercano al real. Del mismo modo, se explorarán nuevas formas de generación de números aleatorios para reducir la posible predictibilidad del algoritmo y dar mayor seguridad a la aleatoriedad del sistema.

REFERENCIAS

- Abhishek, K., Verma Kumar, M., & Prasad Singh, M. (2019). Automated random colour keypad. *International Journal of Information and Communication Technology*, 15(2), 162-175. <https://doi.org/10.1504/IJICT.2019.10018383>
- Adithya, P., Aishwarya, S., Megalai, S., Priyadharshini, S., & Kurinjimalar, R. (2018). Security enhancement in automated teller machine. *Proceedings of 2017 International Conference on Intelligent Computing and Control, I2C2 2017, 2018-January*. <https://doi.org/10.1109/I2C2.2017.8321773>
- Agarwal, M., Mehra, M., Pawar, R., & Shah, D. (2011). Secure authentication using dynamic virtual keyboard layout. *International Conference and Workshop on Emerging Trends in Technology 2011, ICWET 2011 - Conference Proceedings, Icwet*, 288-291. <https://doi.org/10.1145/1980022.1980087>
- Ahmad, A. G. (2013). Arduino as a learning tool. *Sensing Technologies for Global Health, Military Medicine, and Environmental Monitoring III*, 8723, 872313.
- Alsuhibany, S. A. (2021). A Camouflage Text-Based Password Approach for Mobile Devices against Shoulder-Surfing Attack. *Security and Communication Networks*. <https://doi.org/10.1155/2021/6653076>
- Borsci, S., Federici, S., Bacci, S., Gnaldi, M., & Bartolucci, F. (2015). Assessing user satisfaction in the era of user experience: Comparison of the SUS, UMUX, and UMUX-LITE as a function of product experience. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 31(8), 484-495. <https://doi.org/10.1080/10447318.2015.1064648>
- Bultel, X., Dreier, J., Giraud, M., Izaute, M., Kheyrikhah, T., Lafourcade, P., Lakhzoum, D., Marlin, V., & Motá, L. (2018). Security analysis and psychological study of authentication methods with PIN codes. *Proceedings - International Conference on Research Challenges in Information Science, 2018-May*, 1-11. <https://doi.org/10.1109/RCIS.2018.8406648>
- Chakraborty, T., Nasim, M., Bin Malek, S. M., Sami, M. T. H. M., Saeef, M. S., & Al Islam, A. B. M. A. (2016). Sporshohin: A tale of devising visible light based low-cost robust touchless input device. *Proceedings of the 7th Annual Symposium on Computing for Development, ACM DEV-7 2016*. <https://doi.org/10.1145/3001913.3001914>
- Edem Udo Udo, E., Abiso Kabir, A., Yusuff, A. M., & Bukola Simeon, A. (2017). Impact of automated teller machine on customer satisfaction and profitability of commercial banks. *IIARD International Journal of Banking and Finance Research*, 3(2). <http://www.iiardpub.org>
- Ipsos. (2019, 14 de octubre). *Hay 400,000 que sufrieron algún tipo de robo o fraude financiero*. Ipsos. <https://www.ipsos.com/sites/default/files/ct/publication/>

documents/2019-10/hay_400000_que_sufrieron_algun_tipo_de_robo_o_fraude_financiero.pdf

- Lewis, J. R. (2018). Measuring perceived usability: The CSUQ, SUS, and UMUX. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 34(12), 1148-1156. <https://doi.org/10.1080/10447318.2017.1418805>
- Lewis, J. R., Utesch, B. S., & Maher, D. E. (2013). UMUX-LITE - When there's no time for the SUS. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, October, 2099-2102. <https://doi.org/10.1145/2470654.2481287>
- Maiti, A., Jadliwala, M., & Weber, C. (2017). Preventing shoulder surfing using randomized augmented reality keyboards. *2017 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, PerCom Workshops 2017*, 630-635. <https://doi.org/10.1109/PERCOMW.2017.7917636>
- Montanaro, L., Sernani, P., Dragoni, A. F., & Calvaresi, D. (2016). A touchless human-machine interface for the control of an elevator. *CEUR Workshop Proceedings*, 1746, 58-65.
- Rajarajan, S., Maheswari, K., Hemapriya, R., & Sriharilakshmi, S. (2014). Shoulder surfing resistant virtual keyboard for internet banking. *World Applied Sciences Journal*, 31(7), 1297-1304. <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2014.31.07.378>
- Roth, V., Richter, K., & Freidinger, R. (2004). A PIN-entry method resilient against shoulder surfing. *Proceedings of the ACM Conference on Computer and Communications Security*, 236-245. <https://doi.org/10.1145/1030083.1030116>
- Sevilla-Gonzalez, M. D. R., Moreno Loaeza, L., Lazaro-Carrera, L. S., Bourguet Ramirez, B., Vázquez Rodríguez, A., Peralta-Pedrero, M. L., & Almeda-Valdes, P. (2020). Spanish version of the system usability scale for the assessment of electronic tools: Development and validation. *JMIR Human Factors*, 7(4), e21161. <https://doi.org/10.2196/21161>
- Shukla, S., Helonde, A., Raut, S., Salode, S., & Zade, J. (2018). Random keypad and face recognition authentication mechanism. *IRJET*, 5(3), 3685-3688.
- Statista. (2023a). Number of automated teller machines (ATMs) per 100,000 adults in Peru from 2005 to 2021. <https://www.statista.com/statistics/1079224/peru-automated-teller-machines-atm-penetration/>
- Statista. (2023b). Number of ATM transactions in selected countries in Latin America in 2019. <https://www.statista.com/statistics/823923/number-atm-transactions-latin-america-country/>
- Still, J. D., & Bell, J. (2018). Incognito: Shoulder-surfing resistant selection method. *Journal of Information Security and Applications*, 40, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jisa.2018.02.006>

- Superintendencia de Banca y Seguros y AFP. (2020). *Perú: indicadores de inclusión financiera de los sistemas financieros, de seguros y de pensiones - junio 2020*. <https://intranet2.sbs.gob.pe/estadistica/financiera/2020/Junio/CIIF-0001-jn2020.PDF>
- Toledo Concha, E., & León Reyes, V. (2023). Financial inclusion in Peru: Appraisal and perspectives. *Quipukamayoc*, 31(65), 73-84. <https://doi.org/10.15381/quipu.v31i65.25882>
- Yu, M., Zhuge, J., Cao, M., Shi, Z., & Jiang, L. (2020). A survey of security vulnerability analysis, discovery, detection, and mitigation on IoT devices. *Future Internet*, 12(2), 1-23. <https://doi.org/10.3390/fi12020027>

SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN BIOMÉTRICO BASADO EN RECONOCIMIENTO DE VOZ MEDIANTE COEFICIENTES CEPSTRALES PARA DETECCIÓN DE *SPOOFING* EN LLAMADAS TELEFÓNICAS

ALBERTO KAREL GUZMAN ZUMAETA
20160663@aloe.ulima.edu.pe
<https://orcid.org/0009-0009-4298-0215>
Universidad de Lima, Perú

Recibido: 28 de agosto del 2023 / Aceptado: 31 de octubre del 2023
doi: <https://doi.org/10.26439/interfases2023.n018.6625>

RESUMEN. Los delitos informáticos en los sistemas telemáticos de las empresas perjudican a la sociedad porque ocasionan un clima de incertidumbre en los clientes, quienes tienen la percepción de que el sistema informático encargado de gestionar el servicio o producto a consumir no es tan seguro como para confiar su dinero o hacer transacciones de forma remota. Uno de los delitos informáticos más extendidos es el *spoofing*, el cual consiste en suplantar la identidad de una persona o una entidad. El objetivo es implementar un sistema de reconocimiento de voz, como una aplicación móvil, para que permita identificar casos de suplantación de voz por *spoofing* mediante llamadas telefónicas. Para este propósito, se utilizaron los coeficientes cepstrales en la escala de Mel (MFCC) como clasificadores para la limpieza de anomalías en los audios, así como redes neuronales de retro propagación para el sistema de identificación de usuarios que trabaja en conjunto dentro de un aplicativo móvil. En las pruebas realizadas, el sistema propuesto tuvo una tasa de éxito del 83,5 %. Para diseñar las 20 entidades necesarias en el trabajo de investigación, se utilizó un conjunto de 2000 audios. Estos audios se dividieron en grupos de 100, donde cada grupo correspondía a un autor diferente. Es decir, se contó con 100 audios de voz provenientes de cada uno de los 20 autores distintos, lo que permitió crear y probar las entidades del sistema de manera representativa y diversa. Se concluye que el sistema es exitoso en el ámbito de seguridad, ya que tiene una tasa de aceptación óptima y un sistema robusto para los diferentes tipos de *spoofing* que se ha logrado recopilar en este trabajo de investigación.

PALABRAS CLAVE: biometría de voz / coeficientes cepstrales en las frecuencias de Mel / prevención de *spoofing*

BIOMETRIC IDENTIFICATION SYSTEM BASD ON VOICE RECOGNITION USING CEPSTRAL COEFFICIENTS FOR SPOOFING DETECTION IN TELEPHONE CALLS

ABSTRACT. Computer crimes in the telematic systems of company's harm society because they cause a climate of uncertainty in customers, who have the perception that the computer system, in charge of managing the service or product to be consumed, is not so secure as to trust its money or make transactions remotely. One of the most widespread computer crimes is Spoofing, which consists of impersonating the identity of a person or entity. The objective is to implement a voice recognition system as a mobile application to identify cases of voice impersonation by Spoofing through telephone calls. For this purpose, the Mel scale cepstral coefficients (MFCC) were used as a classifier for cleaning anomalies in the audios, as well as back-propagation neural networks for the user identification system that works together within a mobile application. In the tests carried out, the proposed system had a success rate of 83.5% with 20 entities that were designed by the author out of a total of 2000 audios with 100 corresponding audios from each author for the respective research work. It is concluded that the system is successful in the field of security since it has an optimal acceptance rate and must have a robust system for the different types of Spoofing that has been collected in this research work.

KEYWORDS: voice biometrics / Mel frequency cepstral coefficients / spoofing prevention.

1. INTRODUCCIÓN

El delito informático llamado *spoofing* hace referencia al uso de técnicas a través de las cuales un atacante, generalmente con usos maliciosos o de investigación, se hace pasar por una entidad distinta, a través de la falsificación de los datos en comunicación (Fuertes et al., 2010). A nivel mundial, según la cadena de televisión BBC News, (Zorro, 2022), en los 12 meses previos al mes de agosto de 2022, se realizaron alrededor de 10 millones de llamadas fraudulentas en todo el mundo utilizando el servicio de ISpoof.cc, donde los atacantes se hacían pasar por corporaciones confiables para obtener información confidencial. Europol, agencia de la unión europea para la cooperación policial, estima una pérdida financiera de más de 100 millones de libras esterlinas.

Las llamadas telefónicas afectadas con *spoofing* generan anualmente quince millones de dólares americanos en pérdidas (Mustafa et al., 2014), lo cual trae consigo la pérdida de reputación y el descontento de usuarios de diferentes empresas del mundo. Estos problemas de fraudes podrían ser solucionados con métodos de autenticación del usuario.

Según Cabeza (2023), a nivel nacional, en el primer trimestre de este año se tiene -igual que el año pasado - un total de 2445 casos que fueron víctimas de delitos cibernéticos. El 2022 cerró con 3946 delitos informáticos denunciados a Divindat (División de investigación de Delitos de Alta Tecnología de la Policía Nacional del Perú - PNP). El año pasado se obtuvo un récord de 229 detenidos y se espera mantener o elevar esta cifra.

Dado el avance tecnológico de las modalidades para transacciones comerciales existe una mayor incidencia en el *spoofing*, práctica que utiliza diversos mecanismos para vulnerar la seguridad de los sistemas.

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo ofrecer una alternativa de solución a la suplantación y plantea para ello la implementación de un sistema robusto de reconocimiento de voz. Con este sistema se evitan/ evitarían problemas de identificación de personas, tomando en cuenta que la suplantación de voz se ve agravada con el uso de diferentes técnicas como grabaciones de voz, uso de sintetizadores de voz, imitación de voz, entre otras posibilidades de fraude. Martínez Mascorro y Aguilar Torres (2013) realizaron una comparación de diferentes técnicas de reconocimiento de voz y llegaron a la conclusión de que la más efectiva es el MFCC, con un 97,77 % de tasa efectiva de reconocimiento de voz.

2. ESTADO DEL ARTE

En esta sección describimos trabajos que se orientan a la identificación por voz y las diferentes complicaciones que pueden ocurrir en sus aplicaciones. Para el caso de las llamadas telefónicas donde se utiliza un sistema de identificación de voz, se tiene que obtener el audio que transmite la voz del usuario. Por ello, el sistema que se analiza se centra

en reconocer el audio que identifica al usuario mediante diversos estudios de reconocimientos de audios.

2.1 Sistemas de identificación de voz con el fin de prevenir el spoofing.

Este segmento trata de enfocarse en posibles soluciones. Al tratar de contrarrestar el delito informático *Spoofing* por medio de grabaciones de audios, se tratará de observar cómo los veinte diferentes patrones de la biometría de voz influyen respecto de las grabaciones de audios. A su vez, se tratará de relacionar los diferentes tipos de algoritmos ocultos de Márkov y analizar cómo influyen en la detección de audios en las grabaciones.

Singh et al. (2016) mencionan que disfrazar la voz implica hacerse pasar por otra persona, ocultar la identidad del hablante o hacer ambas cosas a la vez. Este proceso puede llevar a la identificación de dos voces: una correspondería al autor original de la voz disfrazada, mientras que la otra sería la persona a la que se intenta imitar o reemplazar. La metodología utilizó el conocimiento de sonidos usados típicamente para hallar la variante voluntaria más susceptible por parte del hablante. Como también se trata de analizar la voz de ambos objetivos, se estudian suplantaciones de voz realizadas por un imitador experto, centrándose específicamente en mediciones y averiguando el tipo de alcance y de manipulación que realiza el experto a nivel de fonemas individuales. Los resultados producirán un patrón de referencia, lo que permitirá identificar a los imitadores de voz expertos como una categoría distinta. Este patrón será considerado como un estándar de excelencia en su nivel. En conclusión, los autores pudieron detectar tanto la voz que se quiere imitar (ya que está guardada en la base de datos del sistema) y la voz del imitador, ya que se relaciona con la voz que dice ser. Esto generará un sistema de autenticación muy peculiar con alta aceptación para futuros trabajos.

Le et al. (2019), tienen como objetivo separar las voces naturales humanas de las voces reproducidas por cualquier tipo de dispositivo de audio en el contexto de una interacción en la interfaz de un usuario con su voz. La metodología utilizada implica recopilar información de diversos conjuntos de datos del mundo real para construir modelos predictivos basados en *Deep Neural Network* (DNN), los cuales se han desarrollado utilizando diferentes combinaciones de funciones de audio. Los resultados confirman la viabilidad de la tarea: la combinación de las incrustaciones de audio extraídas de la red SoundNet y VGGish produce una precisión de su clasificación de aproximadamente un 90 %. Se concluye que es un conjunto de datos a gran escala en condiciones bien controladas -para adaptarse mejor al entorno del hogar- y de esta forma permitir entrenar la predicción basada en modelos DNN con una tasa de acierto de 90,43 %.

Kinnunen et al. (2012) tienen como objetivo identificar la importancia de las vulnerabilidades que deben tomar en cuenta los sistemas frente a los ataques de *spoofing*

por medio de voz. La metodología que implementaron fue convertir automáticamente las expresiones propias en sonidos, como si fueran expresados por otro hablante. Se implementó un sistema de conversión de voz de dos tipos de características: coeficientes de 30 mel-cepstrales (MCEP) y pares de espectro de líneas (LSP). Los resultados demostraron que aumentó la tasa de falsos positivos del 3,24 % al 17,33 %. Se concluye que un oyente podría juzgar las voces convertidas, mas no el sistema; por lo tanto, se necesitan soluciones para la discriminación del habla natural y no natural, a fin de que puedan ser reconocidas por alguna alteración o no.

Alegre et al. (2013) tienen como objetivo presentar una contramedida para el *spoofing* basada en análisis de señales de voz y usando patrones binarios locales seguidos de una clase única de enfoque de clasificación. La metodología busca capturar diferencias en la textura espectro-temporal del hablante genuino y del discurso falso, y se realiza sobre tres enfoques diferentes de suplantación: conversión de voz, síntesis de voz y señales artificiales. Después de este proceso, el programa muestra patrones binarios que ofrecen precisión en la detección de voces alteradas por un programa. Los resultados dieron una detección confiable contra ataques de *spoofing* por medio de voz sintetizada, señales artificiales y ataques que no están optimizados en su totalidad. Se concluye que existe una necesidad de desarrollar contramedidas para la suplantación, ya que los sistemas biométricos son susceptibles a una amplia gama de ataques que podrían afectar significativamente la seguridad de las empresas.

2.2 Técnicas de autenticación basados en MFCC.

Este segmento se enfoca en sistemas que implementa el algoritmo MFCC, el cual se aplica para diferentes sistemas de autenticación de usuarios. Este algoritmo pasa por diferentes procesos para limpiar los diferentes ruidos que obtiene al momento de grabar el audio emitido, para así tener un reconocimiento óptimo de las señales de voz.

Reconocimiento de locutor basado en MFCC y Redes Neuronales BP

Wang y Lawlor (2017) tienen como objetivo realizar un sistema de identificación de usuario con MFCC (uno de los métodos más exitosos debido a que generalmente el algoritmo se basa en un sistema auditivo humano), y las redes neuronales, porque solucionan las complicaciones que existen en algunas regiones al reconocer las frecuencias, lo que llevaría una menor eficacia en el sistema. La metodología que usan es un método de reconocimiento de hablantes basado en MFCC y redes neuronales de retro propagación. Los resultados demostraron que el reconocimiento es exitoso cuando el número de hablantes cuestionables es menor. Cuando el número de hablantes aumenta, el reconocimiento disminuye. Se concluye, por tanto, que el sistema es factible cuando la cantidad de hablantes no es muy grande. Se hace necesario mejorar la capacitación de las redes neuronales, que están en constante desarrollo y tienen un papel importante en el campo de reconocimiento de voces.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. MFCC:

Es una técnica muy usada para la autenticación de autores de voz. Devuelve como coeficientes a los representantes de audios. Este algoritmo, al momento de implementarse, extrae características de la señal de audio para una identificación de usuario competente, para que el proceso sea de muy alta calidad, para que entre a ciertas fases de optimización, limpiado de ondas, división de segmentos, entre otras. Esto genera que se elimine la información que no es relevante al momento de captar la señal de audio. Por ejemplo, la acentuación, tono, volumen, emociones, ruidos extraños de anomalías, entre otros.

3.1.1 Definición de MFCC:

Martínez Mascorro y Aguilar Torres (2013), definen los coeficientes cepstrales en la escala de Mel (MFCC) como una representación de la amplitud del espectro del habla de manera compacta. Por esta razón, se ha vuelto una técnica muy usada de extracción de características. El MFCC es una técnica de parametrización de la voz, cuyo objetivo es tener una representación apropiada, robusta y compacta para obtener un modelo estadístico de un grado alto de precisión.

Figura 1

Imagen sacada del artículo original, indicando el proceso de obtención de los coeficientes MFCC



Nota. De Martínez et al. (2013).

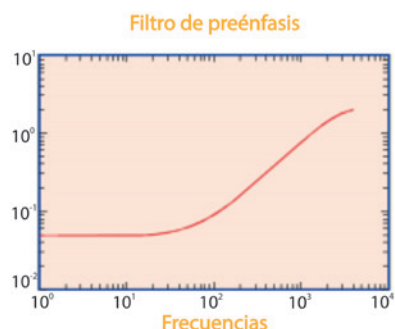
3.1.2 Cálculo de MFCC

Rueda (2011) señala que, en primer lugar, se aplica un filtro de pre-énfasis a la señal para contrarrestar la pendiente espectral negativa, que describe el grado de decaimiento de la amplitud espectral. Se obtiene directamente de realizar una regresión lineal, obteniendo así la pendiente de la recta para suavizar el espectro, provocando una reducción en

las inestabilidades de cálculo relacionadas con las operaciones aritméticas de precisión finita. De esta forma ayuda a las etapas posteriores de análisis a modelar los aspectos importantes del espectro de la voz. Por ejemplo, en la Figura 2 se muestra el dominio frecuencial del filtro de pre-énfasis.

Figura 2

Frecuencia de filtro de pre-énfasis

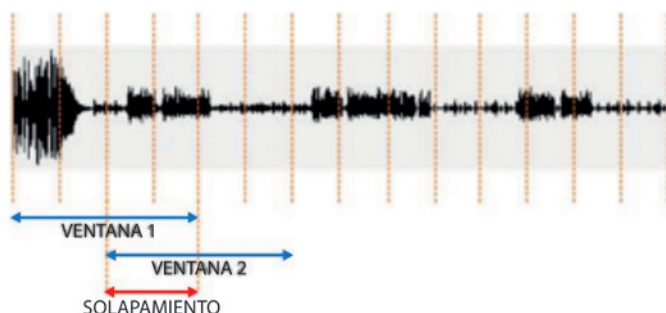


Nota. De Rueda (2011)

Las señales de voz, al ser un proceso aleatorio y no estacionario, provocan una dificultad al momento de analizarlas. Para resolver esta dificultad se dividen las tramas en cortos plazos de tiempo para ser más específicos en milisegundos (ms) y esto convierte a las señales en casi-estacionarias. En la Figura 3 se observa cómo se dividen las tramas en segmentos, los cuales, por lo general, se dividen en 20 milisegundos, ya que el sistema de señales de voz se vuelve muy pesado para procesar la información. Por otro lado, se lleva a cabo otro proceso para mantener la continuidad de la información de la señal: se muestran bloques solapados, de tal manera que los eventos de transición no se pierden

Figura 3

División de tramas de las señales de voz



Nota. De Morejón S. (2011)

Luego las tramas se dividen y se aplica una función de ventana, que sirve para dar una mejor acentuación a la parte central de la trama, eliminando los bordes de la señal para su análisis. Existen diferentes tipos de ventaneo que son muy utilizados. Entre ellos están: *Rectangular*, *Hanning*, *Hamming*, *Barlett* y *Blackman*. Se utilizará la función *Hamming*, ya que se adecua en esta sección para limpiar el audio.

Se usará *Hamming*, que tiene la siguiente denotación:

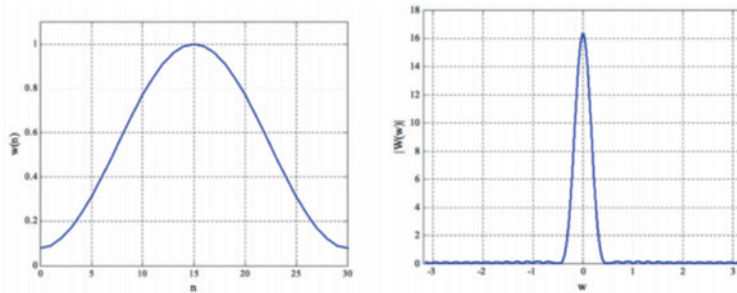
$$w(n) = \frac{27}{50} - \frac{23}{50} \cdot \cos \cos \left(\frac{2\pi n}{N} \right) \quad \text{Donde } N \text{ es el largo de cada cuadro o } \quad (1)$$

segmento de análisis

Donde n es el número de muestras

Figura 4

Aplicación de cómo influye la ventana de Hamming



Nota. De Toro Cerón (2018)

Una vez obtenida la Transformada Discreta de Fourier (DFT) de cada una de las tramas, se aprovecha la amplitud del espectro. Esto permite una optimización de la descomposición de la transformada a unas más simples y se transforma en valores de ceros y unos. Luego, las transformadas más simples se agrupan en otras de nivel superior y nuevamente tienen que pasar por el proceso. Así sucesivamente, hasta llegar al nivel más alto. Al final del proceso, se requiere reorganizar los resultados obtenidos para transferir la información al dominio de Mel mediante el banco de filtros, lo que ayuda a aclarar la incertidumbre sobre este dominio.

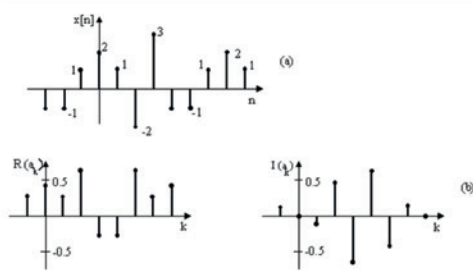
En la etapa de la transformada discreta de Fourier se usará la siguiente denotación:

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{-j\frac{2\pi kn}{N}} \quad (2)$$

Dada una señal en tiempo discreto $x(n)$ con N muestras su transformada $X(k)$ está dada por esta ecuación (La ecuación se explica a más detalle en la página 4 ecuación número (1))

Figura 5

Representación gráfica de una señal discreta en el tiempo

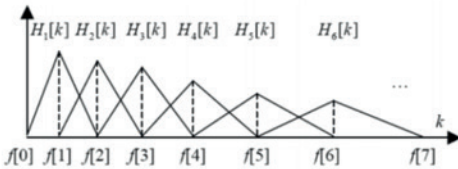


Nota. De Fraga (2001)

El banco de filtros de Mel es altamente recomendable ya que proporciona una expresión matemática que permite calcular el valor de cada filtro. Aunque en la Figura 6 se muestran los filtros con formas triangulares, es importante tener en cuenta que estos filtros pueden adoptar otras formas según los tipos de ventanas mencionados previamente.

Figura 6

Grafica del banco de filtros de Mel



Nota. De Aguilar, (2020)

En la escala Mel, el sistema está en función del comportamiento psico-acústico humano. Se mapea la frecuencia actual al *pitch* que percibe. Esta escala es lineal por debajo de 1 kHz y logarítmica por encima del umbral.

Luego, es importante tener en cuenta que los MFCC constituyen un esquema de análisis segmental en el que se recopilan los coeficientes de energía del espectro de un banco de filtros cuyas frecuencias centrales están distribuidas de manera uniforme en la escala Mel. El comportamiento del sistema psico-acústico humano se representa con la siguiente ecuación:

Donde:

$$Mel(f) = 2595 * \left(1 + \frac{f}{700}\right) \tag{3}$$

f corresponde con la frecuencia representada en el eje de escala lineal.

Una vez que la envolvente del espectro de la señal de voz es multiplicada por el banco, se calcula la energía correspondiente en cada uno de los filtros: Como las tramas están centradas la energía de estas se calcula de la siguiente manera:

$$s_t[m] = \ln \ln \left(\sum_{n=0}^{N-1} |x_t[n]|^2 H_m[n] \right), 0 \leq m \leq M \quad (4)$$

Donde:

- $x_t[n]$, es la transformada discreta de Fourier (DFT) de la t-ésima trama de la señal de voz de entrada.
- $H_m[n]$, es la respuesta en frecuencia de la n-ésima del filtro de banco de audio.
- n , es el tamaño de la ventana de la transformación.
- M , es el número total de filtros.

Después de obtener la energía, es necesario calcular su logaritmo. Este paso lleva la energía al dominio de la potencia espectral logarítmica. Una consecuencia de trabajar en este dominio es que los filtros de las bandas adyacentes generan coeficientes espectrales que están altamente correlacionados entre sí, debido a su alto grado de correlación.

Una vez obtenido el logaritmo de la señal, finalmente se aplica la transformada de coseno discreta (DCT), que se utiliza en diversas aplicaciones de compresión de datos debido a una propiedad denominada "compactación de la energía". Este proceso tiende a concentrar una cantidad considerable de información de la señal en los coeficientes de baja frecuencia, por lo que se necesita un menor número de coeficientes para representarla. Este proceso se utiliza para eliminar la dependencia o correlación estadística.

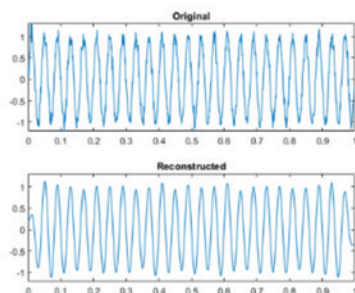
Shukla et al. (2019) indicaron que $f(0, 1, \dots, N-1)$ denota una secuencia de datos discretos de señal f , n indica el número de muestras, $F(0, 1, \dots, N-1)$ denota coeficientes de transformadas de coseno.

$$F(u) = \alpha(u) \sum_{i=0}^{N-1} \cos \cos \left[\frac{\pi \cdot u}{2N} (2i + 1) \right] f(i) \quad (5)$$

En la Figura 7 se muestra la reconstrucción de la onda que empieza desde la frecuencia 0. Por otro lado, se observa que las ondas se vuelven más limpias, lo que resulta en una mejor ondulación y una percepción mejorada al momento de comparar en el MFCC. Los resultados de este vector generan la cantidad de coeficientes deseados por trama, concluyendo así el proceso MFCC.

Figura 7

Representación de cómo influye la transformada de coseno discreta en MATLAB

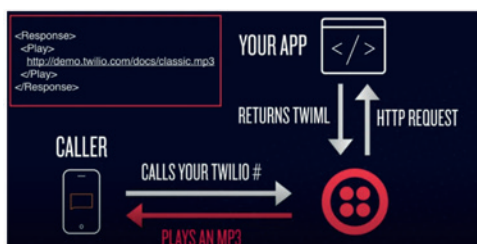


3.2. Api Twilio

Twilio es una plataforma de Comunicaciones como Servicio (CPaaS) que permite a los desarrolladores de software realizar y recibir llamadas telefónicas, así como enviar y recibir mensajes de texto, entre otras funciones de comunicación, como mensajería instantánea en redes sociales. Normalmente, las llamadas salientes de Twilio se realizan mediante una biblioteca auxiliar. Cuando se necesita realizar una llamada, la aplicación envía una solicitud de publicación para iniciar la llamada dentro de Twilio, que a su vez realiza la llamada al teléfono celular. Una vez que la llamada está conectada, Twilio solicita instrucciones a la aplicación mediante TwiML (lenguaje de marcado de Twilio). Por otro lado, Twilio recibe llamadas entrantes a través de solicitudes web desde la aplicación, luego envía una solicitud HTTP a su aplicación para recibir instrucciones (TwiML) y finalmente reproduce un archivo de audio pregrabado.

Figura 8

Proceso de Twilio básico en una llamada telefónica



Nota. <https://en.wikipedia.org/wiki/Twilio>

4. METODOLOGÍA

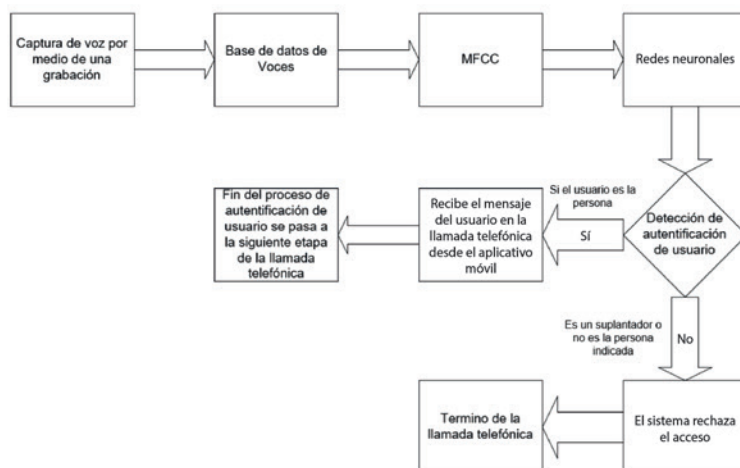
4.1 Propuesta de solución:

El objetivo de este trabajo de investigación es brindar autenticación instantánea de personas en el servicio de llamadas telefónicas por medio de la biometría de voz para

hacer frente a los ataques de *Spoofing*. El sistema se centra en la etapa de validación de identidad del usuario. De esta manera, se presentará un diagrama de bloques de esta propuesta, añadiendo un aplicativo que sirva como un identificador del suplantador.

Figura 9

Metodología de la propuesta de solución de la investigación en diagrama de bloques



El proceso comienza con la captura de voz del usuario mediante una grabación, que luego se almacena en una base de datos creada para la investigación. Las grabaciones, de tres segundos de duración, se someten al algoritmo MFCC para eliminar ruidos. Después de esta limpieza, se realiza una etapa de retroalimentación y, finalmente, las grabaciones se procesan a través de un segmento de redes neuronales.

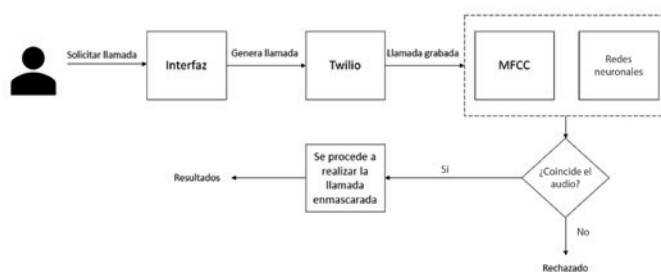
Se utilizarán redes neuronales en *Anaconda Navigator*, en el lenguaje de programación llamado Python, para autenticar al usuario una vez entrenadas las redes neuronales. Las redes neuronales se usan porque el algoritmo MFCC no garantiza al 100% la autenticidad y tampoco detecta si existe un intento de suplantación de la persona. El uso de redes neuronales servirá al segmento de detección de autenticación de usuario y permitirá que se tome una decisión: si es un suplantador de voz o es una persona que no dice ser, el sistema rechazará el acceso y dará por terminada la llamada telefónica; en cambio, si el sistema detecta la autenticidad del usuario, dará permiso para que se pueda comunicar con el receptor de la llamada telefónica y, en este caso, el proceso terminará cuando concluya la llamada telefónica. Una vez que se obtenga el sistema, se procederá a implementarlo en una aplicación móvil para que se trabaje en el ámbito de telecomunicaciones, específicamente en el área de llamadas telefónicas.

El aplicativo tendrá una interfaz gráfica que solicitará el nombre del usuario, el teléfono celular que posee y el teléfono celular al que desea llamar. Una vez completados

estos pasos, se procederá a realizar una primera llamada con Twilio, la cual será guardada. Una vez guardada la llamada, se procederá a realizar el mismo proceso para el audio generado, debido a que se tendrá que comparar este audio con los datos entrenados por las redes neuronales. Si el audio no coincide con una de las entidades de los datos, se procede a rechazar el proceso generando un error y avisando que no es la persona que dice ser. Si el audio coincide, se procederá a ejecutar una segunda llamada: Twilio actuará como intermediario en una llamada enmascarada entre el receptor y el emisor, proporcionando un sistema que previene los ataques de suplantación de identidad (*spoofing*).

Figura 10

Diagrama de bloques del aplicativo que se realizará en el sistema propuesto



4.2 Experimentación:

Luego de tener una base de datos de audios óptima para su respectivo uso, se tendrá como objetivo resolver la suplantación de las personas que imitan la voz del usuario requerido. Por ello, al sistema se le añadirá una aplicación móvil para que funcione con llamadas telefónicas y detecte al usuario en tiempo real. Se realizó la experimentación en Anaconda, y se tuvo como plantilla un repositorio en GitHub que utilizaba el algoritmo MFCC, modificando lo que se desea implementar con datos reales generados por el autor de esta investigación. Se tuvo que usar un convertidor estándar de los archivos .M4A, que se guardaban directamente de la grabadora de voz, a .WAV. Esto sucede porque los convertidores de archivos tienen diferentes velocidades de bits.

En algunos casos el algoritmo no detectaba bien la voz del usuario, por lo que se tenía que volver a grabar al usuario y volver a realizar la conversión necesaria. El sistema deberá tener datos estandarizados (formato de audio, audios de tres segundos, que sea una voz directa, entre otros), para que funcione correctamente la comparación.

Dado que la base de datos está estandarizada, es complicado usar una grabación ya que el sistema tendría diferentes características. Por ejemplo, existen diferentes tipos de grabadoras y micrófonos que estabilizan la voz, ya sea en un audio analógico o digital. Como el sistema tendrá en consideración la velocidad de bits del audio emitido, si no se obtiene la velocidad estandarizada, el sistema detectará, por defecto, que se trata de una grabación.

Por otro lado, se utiliza un promedio de la amplitud máxima de las ondas sonoras de cada longitud de onda de cada audio establecido por usuario. Esto da como resultado un arreglo de promedios, con lo cual el algoritmo detecta la aproximación de la voz del usuario. La ventaja de usar esta implementación es que es una herramienta de gran utilidad al momento de extraer parámetros de una señal de voz. Por otro lado, según el artículo de los autores Wang y Lawlor (2017), las redes neuronales dan flexibilidad en el sistema y una capacidad de procesar información incierta para luego verificar con más claridad al usuario indicado; por ello se utilizan complementariamente: para tener un sistema más robusto de verificación de usuario.

Una vez obtenida la base de datos necesaria, se procederá a utilizar *Anaconda Navigator*, que es una interfaz gráfica de usuario GUI con un potencial enorme, pues puede gestionar de manera avanzada paquetes relaciones a ciencia de datos con Python. Esto permitirá facilitar la implementación de redes neuronales para su correcta retroalimentación. Después de esto, se intentará comprobar cuántas veces el sistema consigue detectar si existe una suplantación o no.

5 PRUEBA DE CONCEPTO

Se procederá a contratar el servicio de API de Twilio, que permitirá agregar la autenticación. Twilio es una plataforma de comunicaciones en la nube, que más de dos millones de desarrolladores utilizan para la participación de sus clientes. El servicio que ellos brindan incluye SMS, mensajería de redes sociales, llamadas telefónicas, entre otros.

Figura 11

Interfaz gráfica del aplicativo donde se iniciará las llamadas



Se diseñó una interfaz gráfica en Qt Designer. El programa requiere tres datos: el nombre de la persona, el número telefónico del usuario y, finalmente, el número telefónico de la persona que quiere realizar la llamada. Una vez realizada la llamada, Twilio procede a grabarla y esta grabación servirá para comprobar si la persona que está solicitando la llamada es la que dice ser. Si la grabación no coincide con los audios entrenados, se rechazará y terminará el proceso. Por otro lado, si el audio coincide, Twilio hará una llamada enmascarada tanto al receptor como al emisor, para que puedan comunicarse sincrónicamente.

Figura 12

Lista de grabaciones hechas para las pruebas solicitadas

Recording Logs

DATE	SOURCE	STATUS	DURATION	RECORDING	CALL DETAILS	DATE DELETED	TRACK	CHANNELS
01:31:43 UTC 2021-05-14	OutboundAPI	Completed	9 sec	▶	Call Details		Both	1
01:31:15 UTC 2021-05-14	OutboundAPI	Completed	9 sec	▶	Call Details		Both	1
01:28:35 UTC 2021-05-14	OutboundAPI	Completed	9 sec	▶	Call Details		Both	1
01:19:23 UTC 2021-05-14	OutboundAPI	Completed	13 sec	▶	Call Details		Both	1
23:51:26 UTC 2021-05-12	OutboundAPI	Completed	13 sec	▶	Call Details		Both	1
23:38:53 UTC 2021-05-12	OutboundAPI	Completed	13 sec	▶	Call Details		Both	1

Se tendrá un repositorio de las llamadas grabadas, el cual indica su respectivo estado: si resultó exitosa, si tuvo una complicación al momento de la grabación o en la misma llamada. Por otro lado, en cada llamada grabada se encripta en formato json un archivo .wav binario, que se deberá desencriptar para proceder a la etapa en la que se tuvieron que realizar todos los audios. La grabación procederá a realizar los mismos pasos previos que tuvieron los audios anteriores; es decir, los coeficientes cepstrales de Mel y las redes neuronales.

5.1. Resultados

La propuesta final de la investigación es un sistema automático que espera la aceptación o rechazo de la llamada entrante. Luego, se descarga manualmente el audio grabado, ya que el sistema envía un archivo .json encriptado junto con un archivo binario .wav a la galería de llamadas grabadas. El proceso de desencriptación se llevará a cabo durante la fase de ajuste del sistema. Una vez descargado el audio, se realizan los procedimientos previos por los que todos los audios pasaron en el trabajo de investigación.

Se realizaron audios de prueba utilizando grabaciones de llamadas telefónicas, principalmente de los 400 audios anteriores. Dado que no se dispone de todas las entidades, se reproducirá y grabará el audio en la llamada entrante. El objetivo es comparar estos resultados con los obtenidos previamente. Se llevará a cabo para verificar las

métricas del sistema. Además, se está realizando una llamada enmascarada para que, al aceptarse, el API de Twilio actúe como intercomunicador entre el receptor y el emisor. A continuación se presentan los resultados.

Figura 13

Registro de todas las pruebas realizadas

Resultados	
1	[80]
2	[20]
3	0.835
4	[[20]
	[0 20 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0]
	[0 0 20 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0]
	[0 0 0 20 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0]
	[0 0 1 0 18 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0]
	[0 0 0 0 0 20 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0]
	[0 0 0 0 0 0 20 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0]
	[0 0 0 0 0 0 0 18 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0]
	[0 0 0 0 0 0 0 0 19 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0]
	[0 0 0 0 0 0 0 0 0 19 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0]
	[0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 19 0 0 0 2 0 0 0 0]
	[0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 19 0 0 0 0 0 0 0]
	[0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 5 0 2 12 0 0 0 0 0 0 0]
	[0 0 5 1 0 0 1 0 5 0 1 0 0 7 0 0 0 0 0 0 0]
	[0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 17 0 0 0 1 0 0]
	[0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 17 0 0 0 0]
	[0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 20 0 0 0]
	[0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 19 0 0]
[0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 19 0]	
[0 20]]	
5	(0.8415302586538005, 0.835, 0.8132053971556372, None)
6	(0.835, 0.835, 0.835, None)
7	(0.8415302586538005, 0.835, 0.8132053971556371, None)

1. Se obtuvo un registro de los audios entrenados y con ellos se creó una lista con el número de audios utilizados (en total, ochenta por persona). La lista tendrá veinte números, dado que existen veinte entidades en el sistema.
2. Luego, se obtuvo un registro de los audios de pruebas y con ellos se creó una lista con el número de audios utilizados (en total 20 por persona). La lista tendrá veinte números, dado que existen veinte entidades en el sistema.
3. Se obtuvo la tasa de aceptación de las pruebas de testeo con un 83,5 %.
4. Se creó una matriz de confusión, donde están representadas las métricas que se obtienen al momento de ser evaluadas entre ellas. Las diagonales representan la cantidad de aciertos (veinte será el número mayor, ya que solo se obtienen veinte muestras de cada una).

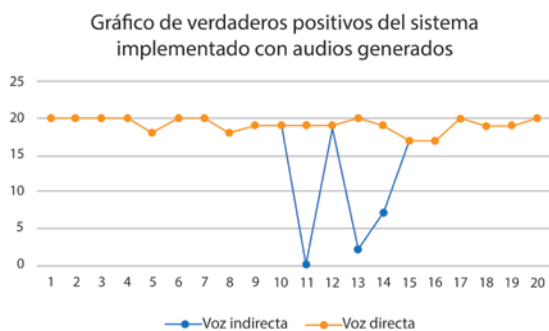
5. Se obtuvo un soporte, en el cual se calculan las métricas para cada etiqueta y se encuentra la media no ponderada. No se tiene en cuenta el desequilibrio de las etiquetas.
6. Se obtuvo un soporte, en el cual se calculan las métricas globalmente, contando el total de verdaderos positivos, falsos negativos y falsos positivos.
7. Se obtuvo un soporte, en el cual se calculan las métricas para cada etiqueta y encuentra el promedio ponderado por soporte (el número de instancias reales para cada etiqueta).

5.2 Analizando los resultados

Se da una variación en los resultados, dado que no se está realizando con voz directa (es decir, entre usuario y micrófono directamente), si no que se está reproduciendo el audio de prueba grabado de voz directa en un equipo de sonido Sony MHC-V72D interconectado con un Roland DJ-202 de la marca Serato. Se escogieron equipos de alta calidad para que puedan reproducir el audio sin ninguna alteración en el proceso. El micrófono de celular que se utilizó fue de un Samsung Galaxy S8 Plus, que recibía la llamada para luego grabarla y tenerla en el repositorio. Para explicar la variación de los resultados se presentará un gráfico donde se representan los verdaderos positivos del sistema en voz directa y voz indirecta, respectivamente.

Figura 14

Comparación de verdaderos positivos en pruebas de voz directa e indirecta



Nota. Se comparan los verdaderos positivos obtenidos en pruebas de voz directa e indirecta, representando la cantidad en el eje vertical y los individuos en el eje horizontal.

De la Figura 14 podemos concluir que, a pesar de ser audios idénticos, pero adaptados al sistema en diferentes condiciones (voz directa e indirecta), existen algunas entidades que llegaron a bajar su reconocimiento. Incluso existe una entidad (para ser más específicos, la entidad once) a la que el sistema no le reconoce ni un solo audio. Estos cambios surgen por la grabación en plena llamada telefónica, ya que (aun implementando el

algoritmo MFCC que se utiliza para ser lo más limpio posible) existen algunas anomalías que influyen y perjudican este proceso: de tener 95,75 %, con el aplicativo móvil se obtiene un 83,5 % de tasa de aceptación.

6 DISCUSIÓN

En el presente trabajo de investigación se utilizó como clasificador la matriz MFCC. Una vez que se obtiene los coeficientes cepstrales, se pasa a una red neuronal para la obtención de los resultados. Este proceso separa los audios de voz directa e indirecta. Así mismo, existen cambios en la tasa de aceptación, dado que el audio emitido por un reproductor de sonido no será igual que emitido por el mismo usuario, a pesar de que fueron los mismos audios de pruebas que se tenían en voz directa. Actualmente, el sistema que utiliza el aplicativo móvil ha logrado identificar a la persona con una tasa de aprobación de 83,5 % con respecto a los 1 600 audios que se obtuvieron para entrenar la red neuronal y los otros cuatrocientos audios grabados por medio de llamadas telefónicas que se obtuvieron para testear su efectividad entre las redes neuronales.

Existen experiencias previas que utilizan el algoritmo MFCC junto a las redes neuronales de retro propagación, como indica el artículo de Wang y Lawlor (2017); sin embargo, ningún trabajo de investigación implementa una aplicación móvil para tratar de combatir el delito informático llamado *spoofing*. El valor agregado del sistema propuesto es la capacidad de detectarlo, en tiempo real, para poder mitigar el riesgo de este delito a través de una aplicación móvil que pasa a una etapa de retroalimentación por medio de las redes neuronales.

El sistema propuesto con voz directa tiene un reconocimiento de 95,75 % y con voz indirecta un 83,5 %. Este es un resultado esperable, ya que, al utilizar voces grabadas de una llamada telefónica, se pierde calidad y con ello disminuye la posibilidad de su correcta detección.

La implementación del algoritmo MFCC se complementa con las redes neuronales, debido a que limpia los ruidos externos y también extrae las características de los datos para que posteriormente se entrenen con la red neuronal. Con ello se logra una exitosa tasa de aceptación del 83,5 % con voz indirecta. Adicionalmente, el sistema propuesto en esta investigación tiene como valor agregado aumentar el grado de seguridad ante el riesgo de suplantación de identidades por medio de llamadas telefónicas, debido a que el sistema brinda reconocimiento en tiempo real del hablante.

7 CONCLUSIONES

Debido a la fuente de origen, los audios emitidos pueden ser considerablemente afectados en cuanto a su tasa de aceptación. El estudio comprobó que la captación de un audio

por medio de voz directa tiene un mejor desempeño al momento de verificar la identidad de un usuario, si se compara con el audio emitido por una voz indirecta. Estos detalles en la captación de audios influyen mucho, debido a que un simple detalle puede alterar la tasa de aceptación (por ejemplo, la distancia entre el micrófono y el usuario, si es una grabación de voz o si existe ruido en el entorno donde se graba la voz, entre otros).

De los resultados obtenidos se desprende que mientras mayor sea la cantidad de personas o entidades existentes en la base de datos, será más difícil identificar de manera correcta a una persona. Este resultado coincide con la investigación de Wang y Lawlor (2017), quienes también concluyeron que mientras más entidades existan en el sistema, será más difícil reconocer a la persona, porque las redes neuronales tendrán que verificar con más usuarios y esto resulta una desventaja para el sistema propuesto. Una forma de contrarrestar esto es aumentar la cantidad de audios para que las redes neuronales tengan un mejor entrenamiento. En el presente trabajo de investigación solo se cuenta con 100 audios por cada entidad, pero si se aumentara la cantidad, se produciría un aumento en su tasa de exactitud.

Se obtienen resultados significativos al considerar los diversos cambios existentes. Si se busca obtener un rendimiento óptimo, es crucial implementar redes neuronales en el sistema. Debido a que el sistema opera en tiempo real, es necesario realizar un seguimiento continuo durante el proceso. Estos procesos mejorarán con el tiempo, ya que el sistema se volverá más complejo a medida que aumente el número de usuarios que requieran el servicio de autenticación, dependiendo de la empresa que adopte este sistema propuesto en la investigación.

REFERENCIAS

- Alegre, F., Amehraye, A., & Evans, N. (2013). A one-class classification approach to generalised speaker verification spoofing countermeasures using local binary patterns. *IEEE 6th International Conference on Biometrics: Theory, Applications and Systems, BTAS 2013*. <https://doi.org/10.1109/BTAS.2013.6712706>
- Cabeza, Y. (2023). *Denuncias por ciberdelincuencia se incrementan en un 150% en el 2023: mayoría son por fraude*. <https://www.infobae.com/peru/2023/09/09/denuncias-por-ciberdelincuencia-se-incrementan-en-un-150-en-el-2023-mayoria-son-por-fraude/>
- Fraga, L. (2001). *La transformada discreta de Fourier y la transformada rápida de Fourier*. <https://delta.cs.cinvestav.mx/~fraga/Cursos/PDI/tdf.pdf>
- Fuertes, W., Zapata, P., Ayala, L., & Mejía, M. (2010). *Plataforma de experimentación de ataques reales a redes IP utilizando tecnologías de virtualización*. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6057/1/AC-RIC-ESPE-034343.pdf>

- Kinnunen, T., Wu, Z. Z., Lee, K. A., Sedlak, F., Chng, E. S., & Li, H. (2012). Vulnerability of speaker verification systems against voice conversion spoofing attacks: The case of telephone speech. *ICASSP, IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing - Proceedings*, 4401-4404. <https://doi.org/10.1109/ICASSP.2012.6288895>
- Le, T., Gilberton, P., & Duong, N. Q. K. (2019). Discriminate natural versus loudspeaker emitted speech. *arXiv*, 1901.11291.
- Martínez Mascorro, G. A., & Aguilar Torres, G. (2013). Reconocimiento de voz basado en MFCC, SBC y Espectrogramas. *Ingenius* (10), 12-20. <https://doi.org/10.17163/ings.n10.2013.02>
- Morejón S. (2011). *Segmentación de audio y de locutores para recuperación de información multimedia y su aplicación a videos de información turística*. 118-170. https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/6734/39702_20110603LeticiaRueda.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mustafa, H., Xu, W., Sadeghi, A. R., & Schulz, S. (2014). You can call but you can't hide: Detecting caller ID spoofing attacks. *Proceedings of the International Conference on Dependable Systems and Networks*. <https://doi.org/10.1109/DSN.2014.102>
- Rueda, L. (2011). *Mejoras en reconocimiento del habla basadas en mejoras en la parametrización de la voz*. https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/6734/39702_20110603LeticiaRueda.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Shukla, S., Ahirwar, M., Gupta, R., Jain, S., & Rajput, D. S. (2019). Audio Compression Algorithm using Discrete Cosine Transform (DCT) and Lempel-Ziv-Welch (LZW) Encoding Method. *Proceedings of the International Conference on Machine Learning, Big Data, Cloud and Parallel Computing: Trends, Perspectives and Prospects, COMITCon 2019*. <https://doi.org/10.1109/COMITCon.2019.8862228>
- Singh, R., Gencaga, D., & Raj, B. (2016). Formant manipulations in voice disguise by mimicry. *4th International Conference on Biometrics and Forensics (IWBF)*, pp. 1-6, <https://doi.org/10.1109/IWBF.2016.7449675>
- Toro Cerón, L. G. (2018). *Análisis de Estrés en la Voz Utilizando Coeficientes Cepstrales de Mel y Máquina de Vectores de Soporte*. <https://bibliotecadigital.usb.edu.co/entities/publication/41b81de7-886a-4763-bd62-386dbddad29b>.
- Wang, Y., & Lawlor, B. (2017). Speaker recognition based on MFCC and BP neural networks. *28th Irish Signals and Systems Conference, ISSC 2017*, 0-3. <https://doi.org/10.1109/ISSC.2017.7983644>
- Zorro, M. (2022). *Irish arrests in global anti-fraud operation*. BBC News NI. <https://www.bbc.com/news/articles/czq3d1ld6l9o>

UNA REVISIÓN DE MÉTODOS, TÉCNICAS Y ALGORITMOS PARA SISTEMAS DE RECOMENDACIÓN DE PRODUCTOS TECNOLÓGICOS

ALEXANDER GUEVARA FERNANDEZ

2017101042@ucss.pe

<https://orcid.org/0000-0001-5032-5522>

Universidad Católica Sedes Sapientiae, Lima, Perú

MARCO A. CORAL YGNACIO

mcoral@ucss.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0001-6628-1528>

Universidad Católica Sedes Sapientiae, Lima, Perú

Recibido: 28 de abril del 2023 / Aceptado: 16 de octubre del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/interfases2023.n018.6357>

RESUMEN. Los sistemas de recomendación son herramientas de filtrado de información que ayudan a presentar elementos a los usuarios en función de sus gustos y preferencias. Por ejemplo, pueden realizar sugerencias de artículos para el hogar o productos específicos para un usuario. Actualmente, existen diversos tipos de sistemas de recomendación (SR) para abordar el incremento de información en internet por parte de las empresas y, de esa manera, mejorar la eficiencia en sus procesos de venta de productos. Así mismo, existen diferentes tipos de sistemas de recomendación que utilizan técnicas específicas para cumplir con los objetivos del rubro de la empresa. Están los sistemas de popularidad, por ejemplo, que se centran en la popularidad de un producto, teniendo como criterios los *likes*, comentarios, el tiempo que un cliente se tomó para revisar el producto, etcétera. También existen los de contenido que, basándose en el historial de un cliente, intentan predecir qué busca el usuario y sugerir productos en relación a posibles gustos del cliente. Finalmente, los sistemas de recomendación de filtrado colaborativo, que generan recomendaciones analizando datos, identificando usuarios y comparando la información del perfil del usuario con la de un colectivo de usuarios. En base a lo antes mencionado, en el presente artículo de investigación se propone una revisión de métodos, técnicas y algoritmos para sistemas de recomendación de productos eléctricos. El objetivo es apoyar y facilitar la toma de decisiones, así como también ayudar en el mejoramiento continuo de las empresas y, de esta manera, incrementar la eficiencia de los sistemas al momento de su implementación.

PALABRAS CLAVE: sistema de recomendación / métodos / técnicas / modelos / algoritmos / electrodomésticos

A REVIEW OF METHODS, TECHNIQUES AND ALGORITHMS FOR TECHNOLOGY PRODUCT RECOMMENDATION SYSTEMS

ABSTRACT. Recommendation systems are information filtering tools that help present elements to users based on their tastes and preferences, for example, making suggestions for household items or specific products for a user. Currently, there are various types of recommendation systems. recommendation (SR) to address the increase in information on the Internet by companies and thus improve efficiency in their product sales processes through recommendations. Likewise, there are different types of recommendation systems that use specific techniques that meet the business objectives such as popularity systems that focus on the popularity of a product based on the criteria of likes, comments, the time a customer took to review the product, content that based on history of a client tries to predict what the user is looking for and suggest products in relation to the client's possible tastes and collaborative filtering in recommendation systems generate recommendations by analyzing data, identifying users and comparing the information of the user's profile and that of a group of users, in Based on the aforementioned, this research article proposes a review of methods, techniques and algorithms for electrical product recommendation systems, with the objective of supporting and facilitating decision making as well as helping in the continuous improvement of companies and in this way increase the efficiency of the systems at the time of their implementation.

KEYWORDS: recommender system / methods / techniques / models / algorithms / home appliances

1. INTRODUCCIÓN

Internet crece a un ritmo acelerado. En el 2019 se registraron 4388 billones de usuarios, y en el año 2017 el comercio electrónico a nivel global obtuvo ganancias de 7,7 billones de dólares (Salas-Rubio et al., 2021). Hoy en día, internet se ha convertido en el centro principal de transferencia de datos, soportando procesos de comercio electrónico, ventas *online* de productos, bienes o servicios. Gracias a internet, las empresas pueden actualizar su información de productos, ofertas y promociones desde cualquier lugar, para que sean vistas a nivel global. Esto genera una sobrecarga de información entre los clientes, los cuales cambian de opinión, gusto o estado de ánimo rápidamente (Barrientos Felipa, 2017).

En Latinoamérica existen muchas empresas que venden con el método tradicional. Un ejemplo son las micro, pequeñas o medianas empresas (PyME) en el Perú, las cuales no cuentan con personal capacitado ni soporte tecnológico para el comercio electrónico. Algunas de estas iniciativas muestran páginas web que no están debidamente estructuradas y el contenido que se presenta a los usuarios no es el adecuado (Soler Grillo, 2021). Esto evidencia que los procesos de *marketing* digital o la forma de hacer *marketing* de las PyME carece de implementación tecnológica. Para ello se propone un sistema de recomendación que permita mejorar estos procesos de *marketing* basados en tecnología, y de esta manera ayude a los usuarios a elegir sus recursos en base a sus gustos y preferencias (Milovančević & Gračanac, 2019).

Existen sistemas de recomendación orientados a las ventas que tienen dificultades para realizar recomendaciones porque existe el problema del arranque frío (escasez de datos), presentando así recomendaciones inexactas al momento de filtrar la información (Amer et al., 2021). También se han visto sistemas de recomendación que utilizan las sugerencias basándose en iteraciones previas, para así guiar a los usuarios a descubrir contenido de sus preferencias de manera más rápida y adaptándose a las necesidades de los usuarios (Mlika & Karoui, 2020).

En estos sistemas de recomendación se ha verificado que existen inadecuadas combinaciones entre los métodos, técnicas y algoritmos para el tema de ventas *online* orientadas a productos tecnológicos, debido a que no se utilizaron los métodos, técnicas o algoritmos adecuados y relacionados con el cumplimiento del objetivo de la organización. Ello nos motiva a investigar las implementaciones de sistemas de recomendación existentes para la venta de productos tecnológicos. El trabajo busca identificar los métodos, técnicas y algoritmos que pueden ser utilizados en una implementación de un sistema de recomendación de productos tecnológicos, a fin de optimizar el proceso de ventas (C. Zhang et al., 2018), y también se busca mejorar su eficiencia al momento de ser implementados (Fang et al., 2021). Para lograr el objetivo, se ha realizado una revisión sistemática de literatura, utilizando las bases de datos ScienceDirect e IEEEExplore.

El trabajo está organizado de la siguiente manera: en la sección 1 se detalla la introducción, la sección 2 muestra el estado del arte del tema, seguido de la revisión

sistemática en la sección 3; la sección 4 muestra el análisis de datos, seguido de las conclusiones; y, finalmente, se dan a conocer las referencias utilizadas.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Sistema de recomendación

Son herramientas que interactúan directamente con el usuario, mediante la recomendación de artículos. Se basan en predicciones hechas a partir de las valoraciones que los usuarios dan a los artículos, para poder filtrar información de acuerdo con sus gustos y preferencias, mejorando la efectividad de las ventas y atrayendo la atención de más usuarios que buscan comprar según sus intereses (Belkhadir et al., 2019). Estos sistemas incluyen el hecho de que, cuanto más precisas sean las recomendaciones, el sitio recuerda quién es el usuario y qué le gusta, dándole así un sentido de pertenencia, mostrando el contenido de su preferencia y sin perder su atención (Mendoza Olguín et al., 2019).

2.2 Ontologías para sistemas de recomendación

Una ontología es una especificación explícita de una conceptualización, que consiste en un conjunto de atributos que describen conceptos propios o heredados (Huamán Acuña & Cánepa Pérez, 2018). Además, ofrecen al desarrollador la libertad de consultar dinámicamente la información solicitada, la posibilidad de establecer relaciones entre la información, y agregar registros nuevos de información sin afectar su funcionamiento (P. Vera & Ulloa, 2018).

2.2.1 Propiedades de la ontología

Las propiedades que cumple la ontología son: la claridad, que sirve para que los términos definidos sean entendibles; la coherencia, que ayuda a presentar un razonamiento correcto al hacer inferencias, y la extensibilidad que contribuye a mejorar su precisión al anticipar (Gamba Castro, 2013).

2.2.2 Ontología y comercio electrónico

La ontología se utiliza en este campo para estructurar la información. También ayuda a detallar la tendencia y relación que existe entre los usuarios, facilitando la agrupación de los usuarios de acuerdo con sus comportamientos e intereses similares por los productos (Gamba Castro, 2013). Además, sirve para la clasificación de productos, el mapeo de propiedades y la creación de valores de instancias (Blandón Andrade & Zapata Jaramillo, 2018).

2.3 Tipos de sistemas de recomendación

La variedad de algoritmos que pueden utilizar los sistemas de recomendación conduce a la formación de diferentes familias o tipos de sistemas recomendadores, los cuales se detallan a continuación.

2.3.1 Sistemas de popularidad

Este sistema es utilizado con el fin recomendar de acuerdo con la popularidad de un producto. No recomienda a las preferencias de los usuarios, sino que recomienda de manera general al rubro en el que se encuentre el artículo. Este sistema se basa en la cantidad de ventas, en la valoración del producto y las promociones (Jain et al., 2020). También se basa en la varianza de los vectores de calificación de otros usuarios con respecto a los productos, para de esta manera recomendar de manera más precisa (Pajuelo Holguera, 2021).

2.3.2 Sistemas de contenido

Los sistemas basados en contenido son aquellos que utilizan el historial de los usuarios (ya sea marca, color, precio y calificaciones) para predecir qué producto puede ser interesante, tanto para el usuario como para la empresa, y a raíz de ello mostrar sugerencias similares a los intereses del cliente (Afoudi et al., 2021). El objetivo de este sistema en la empresa es mejorar el desempeño y facultar la toma de decisiones de manera más rápida (Soto-Rodríguez & Hernández-Cervantes, 2019).

2.3.3 Filtrado colaborativo

El sistema de recomendación basado en filtrado colaborativo es uno de los sistemas más utilizados hoy en día, ya que su mecanismo de recomendación se basa en filtrar únicamente los gustos y preferencias de los usuarios. También se encarga de evaluar las calificaciones de los productos y predecir cuáles podrían gustar al cliente (Tewari, 2020). Una de las deficiencias que presenta este sistema es que, si los usuarios no evalúan la mayor cantidad de ítems, la recomendación será imprecisa (Mendoza Olguín et al., 2019).

2.4 Marketing digital

El *marketing* digital comprende la utilización de sistemas de información para promover la venta de productos o servicios. En concreto, se basa en la utilización de internet y redes de telecomunicación. En este sentido, el *marketing* digital viene a ser la estrategia que tienen las organizaciones para llegar a sus clientes mediante la implementación de tecnologías de información (Luque-Ortiz, 2021). Para lograr los objetivos del *marketing* y mejorar los procesos de ventas en las empresas, se utilizan los diseños de páginas web, una tienda virtual y tecnologías digitales como sistemas de recomendación mediante la aplicación de inteligencia artificial para vender en línea (Uribe & Sabogal Neira, 2021).

2.4.1 Tecnología para marketing digital

Machine Learning y *Big Data* analítica son modelos de aprendizaje profundo, expertos en el reconocimiento de patrones y en la toma de decisiones, para las empresas que buscan recopilar una gran cantidad de datos tomados de las redes sociales y entornos IoT

(Luque-Ortiz, 2021). Estas técnicas ayudan a aumentar las visitas de los clientes, categorizando las diferentes respuestas de *clicks* que los usuarios dan a productos y filtrando solo la información de importancia (Ullal et al., 2021).

Los sistemas de recomendación y análisis de sentimientos son herramientas esenciales en el campo del *marketing* digital, pues aplicando algoritmos inteligentes, lógica difusa y percepción por análisis de valores, aumentan la productividad en las empresas y mejoran la eficiencia en las ventas ayudando a los usuarios a encontrar productos de su preferencia y acordes a sus gustos (Marín López & López Trujillo, 2020). Esta lógica de análisis se basa en las preferencias, en las calificaciones sobre un producto y busca a los usuarios que han tomado decisiones parecidas para poder realizar las recomendaciones (Guevara Albán et al., 2018).

3. METODOLOGÍA

Se realiza una revisión sistemática de literatura en base al método que plantea Hanna Snyder, que consta de cuatro fases: diseño de la revisión, realización de la revisión, análisis de datos y redacción de la reseña (Snyder, 2019).

3.1. Diseño de la revisión

El propósito de la siguiente investigación es determinar cuáles son los métodos y técnicas más usados para llevar a cabo la implementación de un sistema de recomendación orientado a productos tecnológicos. También se busca conocer cuáles son los algoritmos más usados para la implementación de un sistema de recomendación en ventas de productos tecnológicos y, de esta manera, dar respuesta a las siguientes preguntas de investigación planteadas.

P1: ¿Cuáles son las técnicas y algoritmos que utilizan los sistemas de recomendación orientados a las ventas de productos tecnológicos?

P2: ¿Cuáles son los modelos de construcción utilizados en sistemas de recomendación orientados a productos tecnológicos?

P3: ¿Qué técnicas son las más eficientes para los sistemas de recomendación orientados a las ventas de productos tecnológicos?

Para elaborar la investigación, se ha definido un análisis cuantitativo. Como se ha mencionado antes, el propósito de la investigación consiste en encontrar los métodos más eficientes para la implementación de un sistema de recomendación, así como también los algoritmos y modelos usados para la recomendación de productos tecnológicos. Además, se formularon las palabras clave referentes al tema en estudio y basándonos en las preguntas de investigación, para luego, mediante las cadenas de búsqueda, hacer uso de las bases de datos ScienceDirect e IEEEExplore. El principal motor de búsqueda

utilizado fue la base de datos “ScienceDirect”, ya que mostró la mayor cantidad de resultados y proporcionó acceso directo a sus artículos mediante la búsqueda avanzada. La cadena de búsqueda se introdujo el 28 de abril del 2022. La investigación se llevó a cabo durante 4 meses, durante los cuales se introdujo la cadena de búsqueda en diferentes bases de datos en esa fecha específica. Esto se hizo así porque los resultados podrían variar si se realizaba la búsqueda en momentos diferentes en distintas bases de datos. Después de aplicar los criterios de inclusión y exclusión establecidos, como el año y el tipo de investigación, se obtuvieron 487 artículos. Para realizar un análisis más exhaustivo y aplicar todos los criterios de inclusión y exclusión, se presenta la Tabla 1.

Tabla 1

Criterios de inclusión y exclusión

Inclusión	Exclusión
Artículos de base de datos conocidas como (ScienceDirect, IEEEExplore).	Artículos que no sean de investigación.
Artículos del 2018, 2019, 2020, 2021.	Se excluyeron documentos como libros, tesis o capítulos de libros.
Los términos de búsqueda en inglés (Methods, algorithms, recommendation system, home appliances, techniques, Implementation).	Artículos publicados en el año 2018 que no hablen de sistemas de recomendación y recomendación para ventas.
Se considera literatura de la forma (Artículos de investigación).	Artículos que no cuenten con un Doi.
Los artículos incluidos deben tener un Doi.	Artículos en español.
Artículos de acceso libre.	Artículos no indexados
Artículos en inglés.	

3.2. Realización de la revisión

En esta fase se realizó la ejecución de la cadena de búsqueda elaborada en base a las preguntas de la investigación ya mencionadas. Habiendo realizado la búsqueda, se detallan en una tabla los datos obtenidos en las bases de datos ScienceDirect e IEEEExplorer: título, autor, journal, año de publicación, doi, país, palabras clave y número de citas. Con los datos obtenidos detallados anteriormente se elaboró la Tabla 2 en la que se muestra la cadena de búsqueda y la cantidad de artículos seleccionados.

Tabla 2

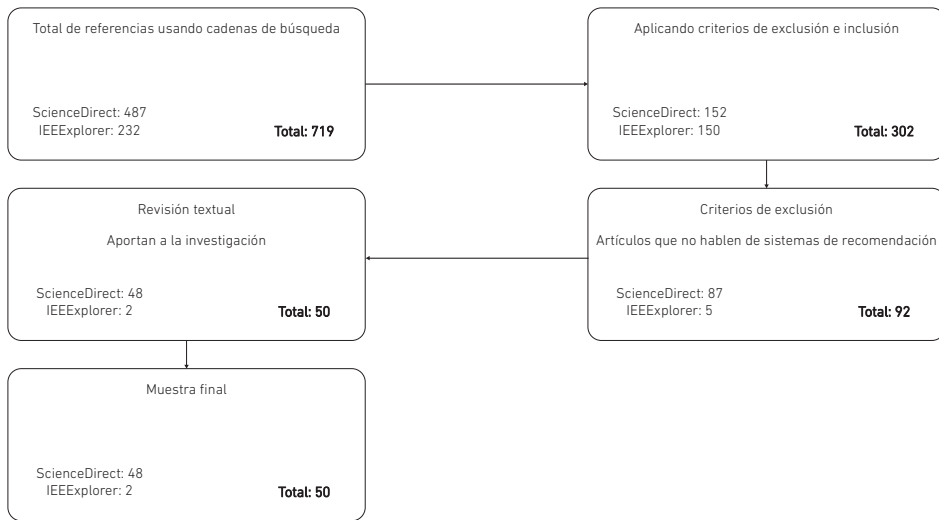
Cadena de búsqueda

Fecha	Cadena de búsqueda	Journal	Cantidad de artículos	Artículos seleccionados
28/04/2022	(methods OR techniques OR algorithms) AND ("recommendation system" OR "implementation")AND ("home appliances").	ScienceDirect	487	48
		IEEEExplore	232	2

Junto con ello, se procedió a elaborar una figura donde se expande el detalle de la selección de artículos paso a paso, tal y como se muestra en la Figura 1.

Figura 1

Fases de la revisión



En primer lugar, se obtuvieron 487 artículos en la base de datos ScienceDirect y 232 en IEEEExplore. Aplicando los criterios de inclusión y exclusión (como el año, tipo y acceso libre), se redujo la cantidad de investigaciones y se conservaron sólo las que hablan sobre nuestro tema. Quedaron así 150 artículos para la base de datos IEEEExplore y 152 para ScienceDirect. En el tercer paso, aplicamos el criterio de exclusión y filtramos solo los artículos que traten de sistemas de recomendación, con lo cual quedaron 87 para ScienceDirect y 5 para IEEEExplore. En el cuarto paso se realizó una revisión textual

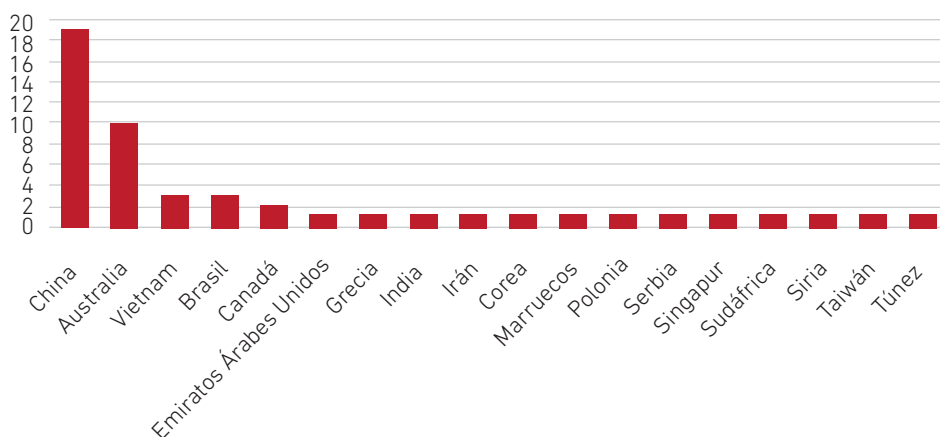
exhaustiva en base a la cual se seleccionaron sólo aquellos que aporten estrictamente con el tema de investigación y traten acerca de métodos, técnicas, algoritmos e implementación de sistemas de recomendación. De este modo, quedaron 48 artículos de ScienceDirect y dos de IEEEExplore, llegando a tener una muestra final de 50 artículos que aportan nuestra investigación.

3.3. Análisis de datos

Después de haber seleccionado los artículos válidos para nuestra investigación, se analizó la cantidad de investigaciones relacionadas con el tema por país (de un total de 18 países). China se ubica en el primer lugar y como el país que más investigaciones realiza con respecto a nuestro tema de estudio; le sigue Australia, que se ubica como el segundo país con más investigaciones. Vietnam y Brasil, en cambio, tienen un índice de investigaciones más bajo, así como Canadá y los demás países cuyo índice de investigación con respecto a sistemas de recomendación es muy bajo, tal como se detalla en la Figura 2.

Figura 2

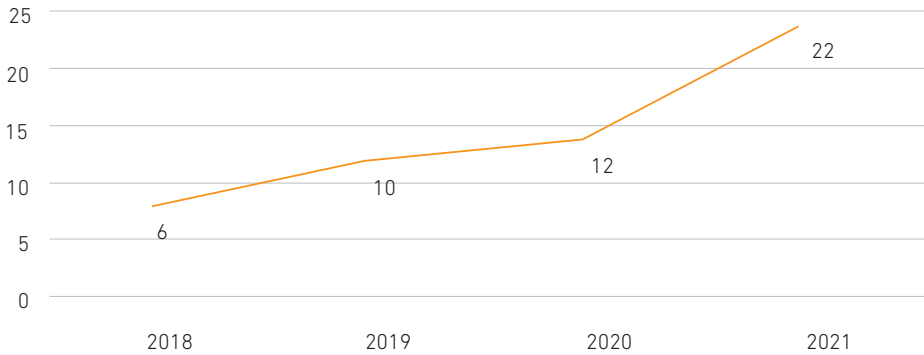
Número de investigaciones publicadas por país



En la Figura 3 se muestra la cantidad de investigaciones publicadas por año, considerando los años del 2018 al 2021. Se observa que a partir del año 2020 la tendencia aumenta considerablemente con respecto a los años anteriores. Esto se explica porque, debido a la pandemia, la tecnología digital empieza a crecer a un ritmo muy acelerado. Si observamos la Figura 3, del 2020 al 2021 el aumento de investigaciones sobre nuestro tema de estudio es casi del doble. Consideramos que el presente trabajo es oportuno y constituye un aporte a las investigaciones con respecto al tema.

Figura 3

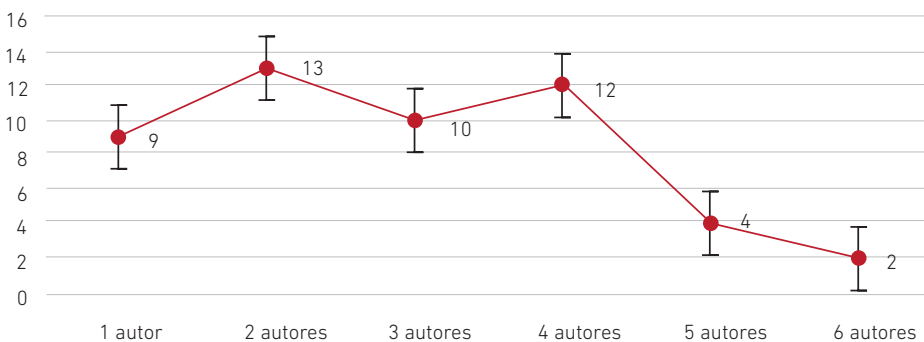
Cantidad de investigaciones publicadas por año



Con respecto a la cantidad de autores por artículo, realizando un análisis de la Figura 4 se observa que la frecuencia de autores varía, aunque la mayoría de los artículos están escritos por entre uno a cuatro autores. Esto nos lleva a la conclusión de que la mayoría de los investigadores prefiere realizar una investigación de entre dos y cuatro personas y que existen pocos que desean trabajar en una investigación con más de cinco investigadores por artículo.

Figura 4

Cantidad de autores por artículo



En la Tabla 3 se muestran los 10 artículos más citados. Allí se observa que el primero, cuya publicación se realizó en el año 2021, tiene 102 citaciones; el segundo tiene 82 citaciones y fue publicado en el año 2019; y el que fue publicado en el año 2018 tiene 55 citaciones. Estos datos representan el incremento del interés de investigadores por el tema en estudio en los últimos años.

Tabla 3*Los artículos más citados*

Referencia de autor	Año	Citas
(Ficel et al., 2021).	2021	102
(Ojagh et al., 2020).	2020	82
(Li et al., 2021).	2021	72
(Nguyen Hoai Nam, 2021).	2021	70
(Ziarani & Ravanmehr, 2021).	2021	65
(Bag et al., 2019).	2019	58
(K. Zhang et al., 2021a).	2021	56
(Rezaeimehr et al., 2018).	2018	55
(Sang et al., 2021).	2021	53
(Chiu et al., 2021).	2021	52

En cuanto a los temas revisados en las publicaciones seleccionadas, como se observa en la Tabla 4, la palabra clave que más se repite es “*Recommender systems*” con 46 incidencias, seguido de “*Collaborative filtering*” con 10, y “*Matrix factorization*” con 5. También aparecen “*Recommendation algorithm*”, “*Deep learning*” y “*Clustering*” (cada uno con 3), seguido de “*Machine learning*”, “*Social networks*”, “*Slope One algorithm*” y “*Ontology*” (cada uno con 2). Finalmente, se contabilizan 149 palabras clave que se repiten una vez, lo cual demuestra que existen múltiples temas asociados a la investigación y evidencia el incremento de las investigaciones sobre sistemas de recomendación.

Tabla 4*Frecuencia de palabras clave*

Palabras clave	Frecuencia
Recommender systems	46
Collaborative filtering	10
Matrix factorization	5
Recommendation algorithm, Deep learning, Clustering	3
Machine learning, Social networks, Slope One algorithm, Ontology	2

(continúa)

(continuación)

Palabras clave	Frecuencia
The expert knowledge recommendation systems (EKRS), Differential privacy, Tourist trip design problem, Bat Algorithm, E-commerce, E-commerce recommendation system, Behavior features, Adversarial training, NLP, Ecommerce, Smart product service system, Collaborating filtering, Regression-based binary recommendation, Recommendation, Transformer, Knowledge graph, Probabilistic matrix factorization, Tag, Privacy protection, Genetic matrix factorization algorithm (GMF), Similarity, Behavioral analytics, Genetic algorithms, User-knowledge integrated decision-making (UKID), Latent factor model, Knowledge graph, MStream analysis, Markov chains, Sparsity, Orienteering problem, Group recommendation, Big data, Serendipity, Restricted Boltzmann machine, Conditional holoentropy, Feature, BPR, TF-ID, Sentiment analysis, ranking function, Natural language processing, Problem, Neural architecture, Forgetting function, Binary code learning, Clustering, Factorization machine, Autoencoder, Many-objective optimization, Deep learning, Context, edge computing, recommendation precision, tag, Movies, Extreme learning, Network science, Crowdsourcing task allocation, Consumption behavior modeling and prediction, Context-awareness, Bhattacharyya coefficient, Sequential prediction, Bipartite network, Aggregation method, Deep neural network, Artificial Bee Colony algorithm, Data sparsity, Unsupervised learning, Deep Belief Network, graph features, User reviews, learning to Rank, Semantics, Machine learning, Similarity, Trichotomy, Neural networks, Deep neural network, K-medoids algorithm, Fine-grained features, hybrid recommender algorithm, ItemRank, recommendation diversity, time factor, Deep Learning, Aggregate diversity, Artificial immune systems, Overlapping community structure, Graph convolutional networks, Ranking recommendation approach, Score preferences, Orientation context, Multistage rating prediction, Clustering nodes, Simulated annealing, Criteria preferences, Social network, Convolutional neural network, Swarm Intelligence, Content based filtering, Diffusion-based algorithms, Temporal information, Optimized deep learning, CNN, Recommendation Opinion, differential evolution, Personalization, KNN algorithm, Full search, Wu & Palmer similarity, Neural collaborative hashing, Kullback–Leibler (KL) divergence, Rating prediction, Score preferences, Cold start, User/item similarity, Collaborative learning, rough set theory, multiobjective recommendation optimization, Movielens Datasets, Reliability, Attention mechanism, Knowledge graphs, IoT devices, Non-linear similarity, Clustering algorithm, k-means, Social relationships, Genre preference, Trust, Particle swarm optimization, User profile, Grey linked chick update-based chicken swarm optimization, text features, Sentiment score, Metaheuristic, Cross validation, Recursive algorithm, Probability, Probability distribution, Synthetic coordinates, distributed parallelism, Entropy maximization, profile injection attack, Empirical evaluation, message passing interface(MPI), Fuzzy rule, cooperative coevolution, K-means clustering	1

4. ANÁLISIS

Para analizar los resultados obtenidos y responder a nuestras preguntas de investigación, se muestra a continuación la primera pregunta con los resultados respecto de los métodos que utilizaron otros autores.

P1: ¿Cuáles son las técnicas y algoritmos que utilizan los sistemas de recomendación orientados a las ventas de productos tecnológicos?

La siguiente sección responde a la pregunta uno, donde se detallan las técnicas y algoritmos conforme se especifica en las tablas 5 y 6. Para esto, en la Tabla 5 se muestran las técnicas para sistemas de recomendación, que consisten en un conjunto de procedimientos en los que se determina cierta cantidad de instrucciones para cumplir con una tarea determinada, a fin de lograr el mejor manejo de la información y de esta manera alcanzar el objetivo establecido (Avadiappan & Maravelias, 2021).

En base a nuestra primera pregunta, tenemos las técnicas que utilizan los sistemas de recomendación, como se observa en la Tabla 5. Una técnica es un conjunto de instrucciones para resolver un proceso dentro del sistema y cumplir con el objetivo de la programación: evitar posibles fallos, lograr que el programa tenga la máxima eficiencia para el campo en el que fue creado, y conseguir, de esta manera, resolver los problemas de sobrecarga de información que pueden sufrir los usuarios de plataformas tecnológicas (Madeti & Singh, 2017).

Tabla 5

Técnicas para sistemas de recomendación

Referencias	Técnicas
(Yassine et al., 2021), (Ojagh et al., 2020), (Nassar et al., 2020)	Filtrado colaborativo.
(K. Zhang et al., 2021)	Técnica de inferencia de relación social implícita.
(Belkhadir et al., 2019)	Técnicas de factorización matricial.
(Yadav et al., 2018)	Técnica heurística basada en el algoritmo Bat.
(Tewari, 2020)	Técnica de recomendación de factorización de matrices de última generación.
(Kumar Sharma et al., 2023)	Técnica NLP.
(Karthik & Ganapathy, 2021)	Técnica basada en lógica difusa.
(Amer et al., 2021)	Técnica de validación cruzada de K-fold.
(Deng et al., 2019)	Filtrado de la información.

En cuanto a los algoritmos de recomendación, existen diversos tipos para abordar problemas de sobrecarga de información de diferentes maneras, como se observa en la Tabla 6. Los algoritmos de recomendación son un conjunto de instrucciones que se

ejecutan de manera secuencial, con el fin de proporcionar soluciones de optimización y de esta manera filtrar a los usuarios toda la información de valor o interés (Korus et al., 2021).

Tabla 6

Algoritmos para sistemas de recomendación

Referencias	Algoritmos	Campo de uso
(Yassine et al., 2021), (Seo et al., 2021)	Algoritmo k-means.	Este algoritmo de agrupamiento permite recoger información de productos con características más cercanas al de las preferencias de los usuarios mediante un método de descomposición.
(Bag et al., 2019)	Algoritmo Significant Nearest Neighbors (vecino más cercano)	Este algoritmo se centra en buscar las variables más significativas y con más peso de los vecinos más cercanos, para generar recomendaciones más precisas.
(Duma & Twala, 2019)	Algoritmo genético y algoritmo artificial del vecino más cercano.	Este algoritmo inteligente artificial del vecino más cercano con alteración genética recomienda productos a partir de imputación rápida de datos faltantes que ayuda a generar recomendaciones más precisas a raíz del incremento de datos dispersos.
(Chen et al., 2021)	Algoritmo de filtrado colaborativo (CF).	Este algoritmo de filtrado colaborativo utiliza un sistema de recomendación basado en clustering que agrupa un conjunto de datos por categoría y luego las ajusta a las del usuario objetivo y recomienda en base a la selección de un conjunto de datos de vecinos más cercanos.
(F. Zhang et al., 2020)	Algoritmo de clustering.	Este algoritmo permite la agrupación de productos según la similitud de datos que estos contengan.
(Tewari, 2020)	Algoritmo combinado filtrado colaborativo y filtrado basado en contenido.	Este algoritmo utiliza la técnica de filtrado colaborativo y filtrado basado en contenido para recomendar productos basados en productos similares y hacerlo en base a preferencias de un grupo con similitud de elementos objetivos.
(Bertani et al., 2020)	Algoritmo de difusión orientada al perfil del usuario.	Este algoritmo se centra en conocer el perfil de usuario para generar recomendaciones personalizadas a través de la difusión mediante la combinación de la popularidad de un artículo y la novedad que este tiene.
(Kumar Sharma et al., 2023)	Algoritmos de lenguaje natural procesado.	El algoritmo de lenguaje natural procesado busca predecir lo que el usuario está buscando en base a los atributos de un artículo (como el nombre y las imágenes) para recomendar productos similares, en caso no haya el producto buscado por el usuario.
(Amer et al., 2021)	Algoritmo del vecino más cercano (KNN).	Este algoritmo utiliza el cálculo de distancia euclidiana para calcular productos más cercanos a las preferencias del usuario y recomendar artículos en relación a los atributos preferenciales del usuario objetivo.

(continúa)

(continuación)

Referencias	Algoritmos	Campo de uso
(Khadem & Forghani, 2020)	Algoritmo slope one.	Se centra en las opiniones y pruebas de diferentes usuarios mediante combinación de tablas con atributos similares para generar recomendaciones personalizadas.
(Milovančević & Gračanac, 2019)	Algoritmo del vecino más cercano de tres vías.	Este algoritmo utiliza una técnica de etiquetas y ontologías basadas en el factor tiempo para generar recomendaciones en función a la evaluación de datos.
(Deng et al., 2019)	El algoritmo de recomendación de agrupamiento de K-medoids basado en la distribución de probabilidad para filtrado colaborativo.	El algoritmo pretende solucionar la escasez de datos mediante el agrupamiento de k-medoids basado en la distribución de la probabilidad.
(Song & Wu, 2020)	El algoritmo slope one en el sistema y K-means.	El algoritmo se centra en la agrupación de usuario y las preferencias de puntuación. El primer k-means divide los usuarios en varias categorías según su grado de similitud y slope one integra las preferencias de calificación de los usuarios para realizar la predicción.

En función de las tablas 5 y 6, se puede concluir que las técnicas y algoritmos más usados en los sistemas de recomendación basados en la venta de productos, se centran en realizar recomendaciones basadas en el usuario. Por ejemplo, el algoritmo k-mean, k-medias y knn, que se centran en la agrupación y distribución de datos que tengan similitud a los de otros usuarios, en relación con las preferencias de un usuario específico, y generan recomendaciones de productos que podrían llevar a realizar la compra a un cliente. Así mismo, mediante las técnicas de filtrado colaborativo, factorización matricial, lógica difusa y lenguaje procesado, mejoran la eficiencia de las recomendaciones al momento de procesar datos.

Habiendo ya respondido la pregunta uno sobre cuáles son las técnicas y algoritmos que utilizan los sistemas de recomendación, se concluye que existen diversas técnicas y algoritmos que se estructuran dentro de un sistema para agilizar el proceso de recomendación de productos. Así mismo, cada técnica y algoritmo se adapta para recomendar en relación con el motivo por el cual se desarrolló el sistema y para que trabajen de manera más eficiente y generen recomendaciones más precisas. A continuación, pasamos a responder la pregunta número dos, que habla sobre los modelos de recomendación más usados en sistemas de recomendación.

P2: ¿Cuáles son los modelos de construcción utilizados en sistemas de recomendación orientados a productos tecnológicos?

En la Tabla 7 se muestran los modelos de construcción utilizados en sistemas de recomendación de productos tecnológicos, recabados de investigaciones relacionadas con el tema. Además, se describen los estudios de diversos autores centrados con

el objetivo de la investigación, lo cual ayuda a un mejor entendimiento de los modelos utilizados.

Tabla 7

Modelos para sistemas de recomendación

Referencias	Modelo	Descripción
(Valdiviezo Díaz, 2019), (Walid, 2017), (Vanesa et al., 2022), (Afoudi et al., 2021).	Modelo de filtrado basado en contenido	Este modelo se usa para recomendar productos similares a los que a un usuario predeterminado le gustó en un tiempo pasado, basado en los ítems e iteraciones con el sistema.
(Mendoza Olguín et al., 2019), (Gómez et al., 2019), (V. & S., 2006), (Criso González, 2018).	Modelo de recomendación con filtrado colaborativo	Este modelo ayuda al sistema de recomendación a realizar predicciones de preferencias de los usuarios de forma automática, mediante la recopilación de datos en su historial.
(Valecillos, 2019), (Vences Nava et al., 2019), (Choi et al., 2012), (Cai et al., 2020).	Modelo de recomendación basado en filtrado híbrido	Este modelo de recomendación permite realizar recomendaciones a los usuarios basados en métricas de similitud (es decir, en usuarios con iguales intereses).
(Y. Zhang & Liu, 2021), (Valcarce et al., 2019), (Kong et al., 2018), (Lima et al., 2020).	Modelo de recomendación con filtrado basado en memoria	Este modelo permite realizar recomendaciones de productos a raíz de las valoraciones que otros usuarios realizaron en función de sus preferencias y mostrarlos al usuario.
(Srilakshmi et al., 2022), (Xu et al., 2023), (J. Vera et al., 2018), (Walid, 2017).	Modelo de recomendación basado en ítems	El modelo de recomendación basado en ítems realiza recomendaciones de productos de acuerdo con la valoración del usuario hacia un producto y su popularidad.
(Tewari, 2020), (Hurtado Ortiz, 2020), (H. Wang et al., 2022)	Modelo de recomendación basado en usuarios	Este modelo recomienda productos en base a los gustos de usuarios similares y recomienda las preferencias de los nodos más cercanos al usuario base.

(continúa)

(continuación)

Referencias	Modelo	Descripción
(Afoudi et al., 2021), (Vega Moreno & Ismael Hurtado Ortiz, 2021), (J. Zhang et al., 2021), (J. Wang & Liu, 2020)	Modelo de recomendación basado en redes neuronales	Estos modelos de redes neuronales simulan el procesamiento de la información a similitud del cerebro humano, mediante el procesamiento de neuronas interconectadas que ayudan en el proceso de la información.
(Romero et al., 2017), (Pita Pérez, 2020),	Modelo de recomendación basado en aprendizaje supervisado (knn)	Este modelo utiliza un modelo matemático basado en los clusters de distancia más cercanas a los usuarios vecinos con similitud de preferencias para realizar recomendaciones en base a ellas.

La pregunta 3 indaga sobre las técnicas que utilizan los sistemas de recomendación e intenta analizar cuáles son más eficientes.

P3: ¿Qué técnicas son las más eficientes para los sistemas de recomendación orientados a las ventas de productos tecnológicos?

Se elaboró la Tabla 8 en la que se especifican las técnicas usadas por diferentes investigadores en relación con el tema, según los resultados que obtuvieron en base a la investigación realizada y la eficiencia con la que calificaron las técnicas al final de la investigación. Esto último se detalla en la columna "eficiencia".

Tabla 8

Análisis de técnicas para sistemas de recomendación

Técnica	Resultados obtenidos	Eficiencia
Filtrado colaborativo.	La técnica de filtrado colaborativo descrita es factible en cuanto a la precisión y el rendimiento de las recomendaciones (Yassine et al., 2021). Una de las ventajas de esta técnica es usar criterios múltiples con redes profundas para la colaboración de sistema de recomendación de filtrado (Nassar et al., 2020). Todo esto ayuda a generar recomendaciones más precisas y personalizadas (Ojagh et al., 2020).	Eficiente.
Técnica de inferencia de relación social implícita.	La técnica de recomendación social propuesta supera los enfoques tradicionales, tanto para usuarios activos y de arranque en frío, en la predicción de calificaciones de criterios (K. Zhang et al., 2021).	Muy eficiente.

(continúa)

(continuación)

Técnica	Resultados obtenidos	Eficiencia
Factorización matricial.	La técnica fusiona la matriz de calificación de usuario-elemento y la técnica factorización matricial. Los resultados experimentales muestran que esta combinación supera los algoritmos de filtrado colaborativo tradicionales y puede evitar el problema del arranque en frío (Belkhadir et al., 2019).	Muy eficiente.
Técnica heurística basada en el algoritmo Bat.	La técnica heurística basada en el algoritmo Bat ayudó a proporcionar recomendaciones a todos los usuarios, ya que generó un conjunto diferente de pesos para cada uno. Los resultados también confirmaron que la técnica basada en el algoritmo bat logra un error absoluto medio más bajo en comparación con otras técnicas tradicionales de filtrado colaborativo, y también se desempeña mejor que otras técnicas basadas en enjambres (Yadav et al., 2018).	Poco eficiente.
Técnica de factorización de matrices de última generación.	La técnica de factorización de matrices de última generación mostró una mejora significativa del 21 % en comparación con la técnica estándar de filtrado colaborativo basada en el usuario, y del 8 % en comparación con la técnica actual de recomendación de factorización matricial de última generación (Tewari, 2020).	Eficiente.
Técnica de lenguaje natural procesado.	El sistema de recomendación propuesto mediante la técnica de lenguaje natural procesado y un algoritmo pueden predecir muy bien los productos parecidos a los que el usuario había seleccionado (Kumar Sharma et al., 2023).	Muy eficiente.
Técnica basada en lógica difusa.	La técnica basada en lógica difusa muestra un mejor rendimiento en el sistema de recomendación. A diferencia de los otros sistemas, la técnica mejora la precisión en la predicción de productos destacados para el usuario y mejora el tiempo para realizar las recomendaciones (Karthik & Ganapathy, 2021).	Muy eficiente.
Técnica de filtrado de la información.	La técnica de filtrado de la información aplicada más el algoritmo de recomendación hacen exitoso al sistema por su simplicidad y alta eficiencia al momento de recomendar (Deng et al., 2019).	Eficiente.

En base a las preguntas propuestas, se expresa la diferencia entre técnica, modelo, algoritmo y métodos. Un método está propuesto por una función dentro del sistema que nos ayudará a obtener datos filtrados en relación a las preferencias de un cliente. Un algoritmo propone funciones matemáticas que ayudan en el procesamiento de la información, a diferencia de un modelo que se centra en la estructuración del sistema para poder implementar de manera eficiente sus objetivos. Una técnica está relacionada a la combinación de algoritmos que ayuden a mejorar la eficiencia del sistema, predecir y recomendar productos de manera oportuna, basados en datos de preferencias de los usuarios.

El análisis realizado evidencia que la técnica de inferencia de relaciones sociales implícitas, que se basa en la predicción de las valoraciones por criterios, es la más eficiente para

abarcar problemas de arranque frío que se dan al tener un usuario nuevo y no contar con un historial sobre sus gustos y preferencias. La técnica de factorización matricial fusiona una matriz de valoración del usuario y la red social del usuario para añadir más precisión a las recomendaciones finales, mejorando las predicciones al momento de hacer recomendaciones. Otra técnica eficiente en cuanto a la predicción de productos parecidos es el procesamiento del lenguaje natural (NLP). Por último, la lógica difusa mejora la precisión en la predicción de productos destacados y mejora el tiempo de respuesta de los sistemas.

En el transcurso de la investigación y consecuente análisis de las preguntas sobre cuáles son los métodos, técnicas y algoritmos para sistemas de recomendación de productos tecnológicos, encontramos el método de precisión Rcall, que se basa en el reconocimiento de patrones y clasificación de información para hacer recomendaciones precisas. Otro de los métodos para sistemas de recomendación eficientes es el aprendizaje profundo. También encontramos el de procesamiento de lenguaje natural no supervisado, que se basa en el análisis para ayudar a mejorar las recomendaciones. También está el método de factorización matricial, "*Softmax-ATT*" y "*Correlated-ATT*". En cuanto a las técnicas de implementación más eficientes, se tiene el filtrado colaborativo, factorización matricial (MF) y la técnica de filtrado de la información. Finalmente, para dar respuesta a la pregunta uno, se encontraron los algoritmos más utilizados en los sistemas de recomendaciones, siendo el *k-mean* el más importante. También se encuentra el algoritmo knn, conocido como "el vecino más cercano", que se basa en la clasificación correcta de instancias nuevas, y el algoritmo K-medoids, que se basa en el agrupamiento y que guarda mucha relación con los algoritmos antes mencionados.

5. CONCLUSIONES

Las investigaciones evidencian el uso de métodos, técnicas y algoritmos para las implementaciones de sistemas de recomendación asociados a productos tecnológicos. Los algoritmos más utilizados para sistemas de recomendación de productos tecnológicos se centran en la agrupación de datos con similitud de otros usuarios que compartan algunos criterios de preferencias con los demás usuarios. Por ejemplo, los algoritmos *k-means*, knn, k-medoids y *slope one* que, mediante técnicas, filtran recomendaciones en relación con las preferencias de los clientes. También se considera adecuado el uso de la técnica de filtrado colaborativo, por ser considerada una técnica eficiente, ya que su principal objetivo es recoger los datos de los usuarios que presenten una medida alta en similitud a la de los demás usuarios y generar recomendaciones de diversos productos que podrían ser de interés para los clientes; además, son capaces de solucionar el problema de arranque frío en sistemas de recomendación.

Para las recomendaciones de productos tecnológicos, los algoritmos funcionan en base a los datos generados por cada producto a ser evaluado. En este sentido, la popularidad del producto genera los primeros datos de evaluación, seguido por las calificaciones del usuario. También puede utilizarse la similitud del producto, siendo esta

la más utilizada en la lógica de una recomendación. Entre los algoritmos más utilizados para este fin tenemos el *K-means*, KNN y K-medoids.

En base a los antecedentes revisados, se puede concluir que los sistemas recomendación de productos tecnológicos se centran en utilizar algoritmos que busquen encontrar vecinos más cercanos para predecir y recomendar en función a las preferencias de un usuario, mediante la toma de datos dispersos que se adapten a los deseos de otros clientes.

REFERENCIAS

- Afoudi, Y., Lazaar, M., & Al Achhab, M. (2021). Hybrid recommendation system combined content-based filtering and collaborative prediction using artificial neural network. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 113(April), 102375. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2021.102375>
- Amer, A. A., Abdalla, H. I., & Nguyen, L. (2021). Enhancing recommendation systems performance using highly-effective similarity measures [Formula presented]. *Knowledge-Based Systems*, 217, 106842. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2021.106842>
- Avadiappan, V., & Maravelias, C. T. (2021). State estimation in online batch production scheduling: concepts, definitions, algorithms and optimization models. *Computers and Chemical Engineering*, 146, 107209. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2020.107209>
- Bag, S., Ghadge, A., & Tiwari, M. K. (2019). An integrated recommender system for improved accuracy and aggregate diversity. *Computers and Industrial Engineering*, 130(February), 187-197. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.02.028>
- Barrientos Felipa, P. (2017). Marketing + internet = e-commerce: oportunidades. *Finanzas y Política Económica*, 9(1), 41-56.
- Belkhadir, I., Omar, E. D., & Boumhidi, J. (2019). An intelligent recommender system using social trust path for recommendations in web-based social networks. *Procedia Computer Science*, 148, 181-190. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.01.035>
- Bertani, R. M., Bianchi, R. A. C., & Costa, A. H. R. (2020). Combining novelty and popularity on personalised recommendations via user profile learning. *Expert Systems with Applications*, 146, 113149. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.113149>
- Blandón Andrade, J. C., & Zapata Jaramillo, C. M. (2018). Una revisión de la literatura sobre población de ontologías. *Ingeniería y Desarrollo*, 36(1), 26.
- Cai, X., Hu, Z., Zhao, P., Zhang, W. S., & Chen, J. (2020). A hybrid recommendation system with many-objective evolutionary algorithm. *Expert Systems with Applications*, 159, 113648. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113648>

- Chen, Z., Wang, Y., Zhang, S., Zhong, H., & Chen, L. (2021). Differentially private user-based collaborative filtering recommendation based on k-means clustering. *Expert Systems with Applications*, 168, 114366. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.114366>
- Chiu, M. C., Huang, J. H., Gupta, S., & Akman, G. (2021). Developing a personalized recommendation system in a smart product service system based on unsupervised learning model. *Computers in Industry*, 128, 103421. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103421>
- Choi, K., Yoo, D., Kim, G., & Suh, Y. (2012). A hybrid online-product recommendation system: Combining implicit rating-based collaborative filtering and sequential pattern analysis. *Electronic Commerce Research and Applications*, 11(4), 309-317. <https://doi.org/10.1016/j.elerap.2012.02.004>
- Criado González, M. (2018). *Análisis e implementación de un sistema de recomendación para la lista de la compra* [Trabajo de Grado, Universidad Carlos III de Madrid]. https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/29430/TFG_Marta_Criado_Gonzalez.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Deng, J., Guo, J., & Wang, Y. (2019). A Novel K-medoids clustering recommendation algorithm based on probability distribution for collaborative filtering. *Knowledge-Based Systems*, 175, 96-106. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2019.03.009>
- Duma, M., & Twala, B. (2019). Sparseness reduction in collaborative filtering using a nearest neighbour artificial immune system with genetic algorithms Duma, Mlungisi, and Bhekisipho Twala. *Expert Systems with Applications*, 132, 110-125. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.04.034>
- Fang, X., Wang, J., Seng, D., Li, B., Lai, C., & Chen, X. (2021). Recommendation algorithm combining ratings and comments. *Alexandria Engineering Journal*, 60(6), 5009-5018. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.04.056>
- Ficel, H., Haddad, M. R., & Baazaoui Zghal, H. (2021). A graph-based recommendation approach for highly interactive platforms. *Expert Systems with Applications*, 185, 115555. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115555>
- Gamba Castro, C. (2013). *Diseño de una ontología de representación del conocimiento desde el dominio de la lectura* [Trabajo de Grado, Universidad de La Salle, Bogotá]. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1043&context=sistemas_informacion_documentacion
- Gómez, P., Guarda, T., Cedeño, J., Benavides, A., Alejandro, C., Mosquera, G., García, T., & Benavides, V. (2019). Sistemas de recomendación: un enfoque a las técnicas de filtrado. *Egyptian Informatics Journal*, 16(3), 261-273.
- Guevara Albán, G. P., Guevara Albán, C., & Valverde, I. (2018). Sistemas de recomendaciones: una herramienta para mejorar la gestión de la información en las PYMES. *Journal*

- of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 3(CITT2017), 121-127. <https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol3isscitt2017.2018pp121-127>
- Huamán Acuña, D. G., & Cánepa Pérez, C. A. (2018). Diseño de un sistema de recomendación de libros y tesis basado en ontologías asociadas a tesauros: el caso de las bibliotecas de la UNMSM. *Revista Peruana de Computación y Sistemas*, 1(2), 13. <https://doi.org/10.15381/rpcs.v1i2.15379>
- Hurtado Ortiz, R. (2020). *Recomendación a grupos de usuarios usando el concepto de singularidades*. http://oa.upm.es/58148/1/REMIGIO_ISMAEL_HURTADO_ORTIZ.pdf
- Jain, A., Nagar, S., Singh, P. K., & Dhar, J. (2020). EMUCF: Enhanced multistage user-based collaborative filtering through non-linear similarity for recommendation systems. *Expert Systems with Applications*, 161, 113724. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113724>
- Karthik, R. V., & Ganapathy, S. (2021). A fuzzy recommendation system for predicting the customers interests using sentiment analysis and ontology in e-commerce. *Applied Soft Computing*, 108, 107396. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107396>
- Khadem, M. M., & Forghani, Y. (2020). A recursive algorithm to increase the speed of regression-based binary recommendation systems. *Information Sciences*, 512(2), 1324-1334. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.10.072>
- Kong, F., Li, J., & Lv, Z. (2018). Construction of intelligent traffic information recommendation system based on long short-term memory. *Journal of Computational Science*, 26, 78-86. <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2018.03.010>
- Korus, K., Salamak, M., & Jasiński, M. (2021). Optimization of geometric parameters of arch bridges using visual programming FEM components and genetic algorithm. *Engineering Structures*, 241(April). <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112465>
- Kumar Sharma, A., Bajpai, B., Adhvaryu, R., Dhruvi Pankajkumar, S., Parthkumar Gordhanbhai, P., & Kumar, A. (2023). An efficient approach of product recommendation system using NLP technique. *Materials Today: Proceedings*, 80(3), 3730-3743. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.371>
- Li, G., Zhuo, J., Li, C., Hua, J., Yuan, T., Niu, Z., Ji, D., Wu, R., & Zhang, H. (2021). Multi-modal visual adversarial Bayesian personalized ranking model for recommendation. *Information Sciences*, 572, 378-403. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2021.05.022>
- Lima, G. R., Mello, C. E., Lyra, A., & Zimbrão, G. (2020). Applying landmarks to enhance memory-based collaborative filtering. *Information Sciences*, 513, 412-428. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.10.041>

- Luque-Ortiz, S. (2021). Estrategias de marketing digital utilizadas por empresas del retail deportivo. *Revista CEA*, 7(13), 0-22. <https://doi.org/10.22430/24223182.1650>
- Madeti, S. R., & Singh, S. N. (2017). A comprehensive study on different types of faults and detection techniques for solar photovoltaic system. *Solar Energy*, 158(June), 161-185. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.08.069>
- Marín López, J. C., & López Trujillo, M. (2020). Análisis de datos para el marketing digital emprendedor: caso de estudio Parque de Innovación Empresarial - Universidad Nacional sede Manizales. *Revista Universidad y Empresa*, 22(38), 65. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.7135>
- Mendoza Olguín, G., Laureano de Jesús, Y., & Pérez de Celis Herrero, M. C. (2019). Métricas de similaridad y evaluación para sistemas de recomendación de filtrado colaborativo. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información*, 7(14), 224-240. <https://doi.org/10.36825/riti.07.14.019>
- Milovančević, N. S., & Gračanac, A. (2019). Time and ontology for resource recommendation system. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 525, 752-760. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.04.005>
- Mlika, F., & Karoui, W. (2020). Proposed model to intelligent recommendation system based on markov chains and grouping of genres. *Procedia Computer Science*, 176, 868-877. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.09.082>
- Nassar, N., Jafar, A., & Rahhal, Y. (2020). A novel deep multi-criteria collaborative filtering model for recommendation system. *Knowledge-Based Systems*, 187. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2019.06.019>
- Nguyen Hoai Nam, L. (2021). Latent factor recommendation models for integrating explicit and implicit preferences in a multi-step decision-making process. *Expert Systems with Applications*, 174(227), 114772. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114772>
- Ojagh, S., Malek, M. R., Saeedi, S., & Liang, S. (2020). A location-based orientation-aware recommender system using IoT smart devices and social networks. *Future Generation Computer Systems*, 108, 97-118. <https://doi.org/10.1016/j.future.2020.02.041>
- Pajuelo Holguera, F. (2021). *Sistemas de recomendación basados en filtrado colaborativo: Aceleración mediante computación reconfigurable y aplicaciones predictivas sensoriales* [Tesis Doctoral, Universidad de Extremadura]. https://dehesa.unex.es/flexpaper/template.html?path=https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/12476/1/TDUEX_2021_Pajuelo_Holguera.pdf#page=1
- Pita Pérez, C. E. (2020). Proyecto de sistema de recomendación de filtrado colaborativo basado en machine learning. *Revista PGI. Investigación, Ciencia y Tecnología en Informática*, 48-51.

- Rezaeimehr, F., Moradi, P., Ahmadian, S., Qader, N. N., & Jalili, M. (2018). TCARS: Time- and community-aware recommendation system. *Future Generation Computer Systems, 78*, 419-429. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.04.003>
- Romero, J. G., Riveros, O. A., & Herrera, J. F. (2017). Implementación de la técnica de los k-vecinos en un algoritmo recomendador para un sistema de compras utilizando NFC y android. *Inge Cuc, 13*(1), 9-18. <https://doi.org/10.17981/ingecuc.13.1.2017.01>
- Salas-Rubio, M. I., Ábrego-Almazán, D., & Mendoza-Gómez, J. (2021). Intención, actitud y uso real del e-commerce. *Investigación Administrativa, 50*(127). <https://doi.org/10.35426/iav50n127.03>
- Sang, L., Xu, M., Qian, S., & Wu, X. (2021). Knowledge graph enhanced neural collaborative recommendation. *Expert Systems with Applications, 164*, 113992. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113992>
- Seo, Y. D., Kim, Y. G., Lee, E., & Kim, H. (2021). Group recommender system based on genre preference focusing on reducing the clustering cost. *Expert Systems with Applications, 183*(June), 115396. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115396>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research, 104*(March), 333-339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Soler Grillo, S. F. (2021). Comercio electrónico y marketing digital en tiempos de Covid-19. Análisis en una empresa privada peruana. *Gestión en el Tercer Milenio, 24*(48), 59-66. <https://doi.org/10.15381/gtm.v24i48.21819>
- Song, Y. T., & Wu, S. (2020). Slope one recommendation algorithm based on user clustering and scoring preferences. *Procedia Computer Science, 166*, 539-545. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.02.042>
- Soto-Rodríguez, C. A., & Hernández-Cervantes, J. (2019). Evaluación de tecnologías de sistemas de gestión de contenidos (CMS) para el desarrollo de modelos de negocio electrónicos e-business. *Revista de Desarrollo Económico, (June)*, 24-31. <https://doi.org/10.35429/jed.2019.19.6.24.31>
- Srilakshmi, M., Chowdhury, G., & Sarkar, S. (2022). Two-stage system using item features for next-item recommendation. *Intelligent Systems with Applications, 14*, 200070. <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2022.200070>
- Tewari, A. S. (2020). Generating items recommendations by fusing content and user-item based collaborative filtering. *Procedia Computer Science, 167*, 1934-1940. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.215>
- Ullal, M. S., Hawaldar, I. T., Soni, R., & Nadeem, M. (2021). The role of machine learning in digital marketing. *SAGE Open, 11*(4). <https://doi.org/10.1177/215824402111050394>

- Uribe, C. I., & Sabogal Neira, D. F. (2021). Marketing digital en micro y pequeñas empresas de publicidad de Bogotá. *Revista Universidad y Empresa*, 23(40), 1-22. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.8730>
- Valcarce, D., Landin, A., Parapar, J., & Barreiro, Á. (2019). Collaborative filtering embeddings for memory-based recommender systems. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 85(1), 347-356. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2019.06.020>
- Valdiviezo Díaz, P. M. (2019). *Sistema recomendador híbrido basado en modelos probabilísticos* [Tesis de Doctorado, Universidad Politécnica de Madrid]. https://oa.upm.es/57250/1/PRISCILA_MARISELA_VALDIVIEZO_DIAZ_2.pdf
- Valecillos, O. (2019). *Desarrollo de un sistema de recomendaciones para un sitio de comercio electrónico* [Tesis de Licenciatura, Universidad Central de Venezuela]. <http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/20508/1/Tesis%20-%20Oscar%20Valecillos%20-%20Final.pdf>
- Vanessa, R., Sarmiento, F., Carolina, D., & Ricaurte, G. (2022). Roxana Vanessa Flores Sarmiento. *Polo Del Conocimiento*, 7(8), 625-640. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i8>
- Vega Moreno, B. D., & Ismael Hurtado Ortiz, R. (2021). *Diseño y desarrollo de un sistema de recomendación basado en filtrado colaborativo utilizando datos secuenciales mediante redes neuronales recurrentes*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21209>
- Vences Nava, R., Menéndez Domínguez, V. H., & Medina Peralta, S. (2019). Evaluación de un sistema de recomendación híbrido de trabajos de titulación. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 20(3), 1-12. <https://doi.org/10.22201/ii.25940732e.2019.20n3.025>
- Vera, J., Villalba-Condori, K., & Castro Cuba-Sayco, S. (2018). Modelo de sistema de recomendación basado en el contexto a partir del análisis de código estático para el desarrollo del pensamiento computacional: caso de programación web. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 19(2), 103-126. <https://doi.org/10.14201/eks2018192103126>
- Vera, P., & Ulloa, M. (2018). *Diseño y desarrollo de un sistema recomendador de contenidos accesibles basados en perfiles de usuarios para ambientes virtuales y objetos de aprendizaje a partir de metadatos de accesibilidad haciendo uso de ontologías* [Tesis de titulación, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16350/1/UPS-CT007962.pdf>
- Walid, E. (2017). *Un sistema de recomendación basado en perfiles generados por agrupamiento y asociaciones*. 74. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/94049/WALID>

- Wang, H., Hong, Z., & Hong, M. (2022). Research on product recommendation based on matrix factorization models fusing user reviews. *Applied Soft Computing*, 123, 108971. <https://doi.org/10.1016/J.ASOC.2022.108971>
- Wang, J., & Liu, L. (2020). A multi-attention deep neural network model base on embedding and matrix factorization for recommendation. *International Journal of Cognitive Computing in Engineering*, 1, 70-77. <https://doi.org/10.1016/j.ijcce.2020.11.002>
- Xu, L., Zeng, J., Peng, W., Wu, H., Yue, K., Ding, H., Zhang, L., & Wang, X. (2023). Modeling and predicting user preferences with multiple item attributes for sequential recommendations. *Knowledge-Based Systems*, 260, 110174. <https://doi.org/10.1016/J.KNOSYS.2022.110174>
- Yadav, S., Vikesh, Shreyam, & Nagpal, S. (2018). An improved collaborative filtering Based recommender system using bat algorithm. *Procedia Computer Science*, 132, 1795-1803. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.155>
- Yassine, A., Mohamed, L., & Al Achhab, M. (2021). Intelligent recommender system based on unsupervised machine learning and demographic attributes. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 107, 102198. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2020.102198>
- Zhang, C., Yang, M., Lv, J., & Yang, W. (2018). An improved hybrid collaborative filtering algorithm based on tags and time factor. *Big Data Mining and Analytics*, 1(2), 128-136. <https://doi.org/10.26599/BDMA.2018.9020012>
- Zhang, F., Qi, S., Liu, Q., Mao, M., & Zeng, A. (2020). Alleviating the data sparsity problem of recommender systems by clustering nodes in bipartite networks. *Expert Systems with Applications*, 149, 113346. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113346>
- Zhang, J., Ma, C., Mu, X., Zhao, P., Zhong, C., & Ruhan, A. (2021). Recurrent convolutional neural network for session-based recommendation. *Neurocomputing*, 437, 157-167. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2021.01.041>
- Zhang, Y., & Liu, X. (2021). Learning attention embeddings based on memory networks for neural collaborative recommendation[Formula presented]. *Expert Systems with Applications*, 183, 115439. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115439>
- Ziarani, R. J., & Ravanmehr, R. (2021). Deep neural network approach for a serendipity-oriented recommendation system. *Expert Systems with Applications*, 185, 115660. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115660>

LATTICE-BASED CRYPTOGRAPHY IN THE QUANTUM ERA: A SURVEY

MAURICIO CISNEROS

20192624@aloe.ulima.edu.pe

<https://orcid.org/0009-0007-4056-4467>

Universidad de Lima, Perú

JAVIER OLAZABAL

20191425@aloe.ulima.edu.pe

<https://orcid.org/0009-0003-2728-8614>

Universidad de Lima, Perú

Recibido: 31 de agosto del 2023 / Aceptado: 2 de octubre del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/interfases2023.n018.6631>

ABSTRACT. The advent of quantum computing reveals current classical cryptography's incapacity to withstand attacks within the new paradigm. Quantum algorithms break such encryption with impressive ease, with Shor and Grover algorithms being the main perpetrators. Lattice-based key encryption is the suggested solution in multiple instances, as the complexity and randomness that these methods add to message encryption make them one of the best short- and medium-term solutions. In 2016, NIST launched a contest to find algorithms to incorporate into its security standard. Four algorithms from the third round were selected to be standardized, including the lattice-based CRYSTALS-kyber. Of the latter, variants have been and are still being developed that manage to amend some weaknesses found in its implementation, such as side-channel attacks or performance issues. This investigation discusses different publications on lattice-based cryptography in conjunction with cryptanalysis in the quantum era.

KEYWORDS: post-quantum / lattice-based / quantum computing / kyber / quantum cryptanalysis

CRIPTOGRAFÍA *LATTICE-BASED* EN LA ERA CUÁNTICA: UNA REVISIÓN

RESUMEN. La llegada de la informática cuántica anuncia la inadecuación de la criptografía clásica actual para resistir los ataques dentro de este nuevo paradigma. Los algoritmos cuánticos rompen este tipo de cifrado con una facilidad impresionante, siendo los algoritmos de Shor y Grover los principales culpables. El cifrado de claves basado en celosías es la solución propuesta en múltiples ocasiones, ya que la complejidad y aleatoriedad añadidas al cifrado de mensajes mediante estos

métodos los convierten en una de las mejores soluciones a corto y medio plazo. En 2016, el NIST lanzó un concurso para encontrar los algoritmos que formarán parte del estándar de seguridad, y en la tercera ronda se seleccionaron cuatro algoritmos para ser estandarizados, entre ellos uno basado en celosía, CRYSTALS-kyber. A partir de él, se desarrollaron y se están desarrollando variantes que consiguen solventar algunas debilidades encontradas en la implementación, como ataques de canal lateral o problemas de rendimiento. En la presente investigación se discuten diferentes publicaciones relativas a la criptografía basada en celosías en conjunción con el criptoanálisis en la era cuántica.

PALABRAS CLAVE: post-quantum / lattice-based / quantum computing / kyber / quantum cryptanalysis

1. INTRODUCTION

Quantum computing is the latest effort to combine physics and computer science. This novel computing paradigm was first introduced by Paul Benioff (1980) in his 1980 investigation, where he used Schrödinger's equation to describe the Turing machine. (Mor & Renner, 2014). These quantum computers can generate information by exploiting the principles of quantum mechanics, especially quantum entanglement and superposition through the use of qubits, or quantum bits, which are the building blocks of quantum circuits (Schumacher, 1995).

The primary study for the use of qubits is quantum superposition and error correction. Quantum superposition consists of a qubit's ability to take a probabilistic state of two values. As is shown in Figure 1, qubits are represented by spheres known as "Bloch's spheres" with two opposing poles that represent "1" and "0" respectively. These spheres also include a vector that "points" in an arbitrary direction to signify an increased or decreased chance of measuring "1" or "0". This distribution of probabilities is presented in the following linear combination:

$$|\psi\rangle = \alpha |0\rangle + \beta |1\rangle \quad (1)$$

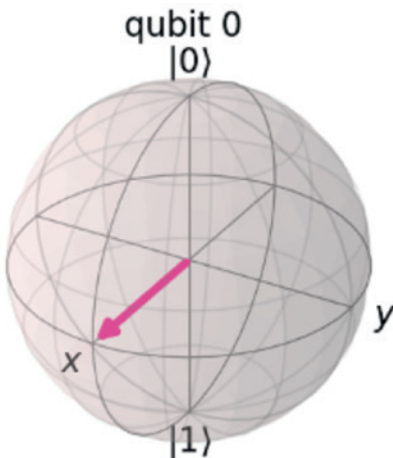
where ψ is the probability column vector and follows the next restriction:

$$|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1 \quad (2)$$

where " α " presents the probability of "0" and " β " a measurement of "1". However, because these machines are mostly made of physical components, they generate noise when being used; for this reason, error correction is utilized. (Nielsen & Chuang, 2000)

Figure 1

Qubit representation through Bloch's sphere



Note. qiskit.visualization library

Because of the ability to effectively use quantum superposition, this computing paradigm poses a threat to the public key encryption protocols, currently regarded as the most resilient protocols in use (Allende et al., 2023). In 1994, Peter Shor developed the super algorithm now known as Shor's algorithm. This algorithm is capable of factoring integers in logarithmic time using quantum computing (Hekkala et al., 2023).

Presently, cryptographic keys based on complex mathematical operations like AES, RSA, ECC, Diffie-Hellman, and Blowfish are trusted. A longer key involves more complex mathematical operations. These mathematical operations utilized by cryptographic methods are nearly impossible to crack using classical computers. However, as we have stated, quantum computing utilizes qubits instead of regular bits, which changes the codification of data and allows for multiple stages to be completed simultaneously. As the number of qubits increases, so does the calculation speed. This should be worrying, as it is a threat to the current encryption protocols for public keys (Vaishnavi & Pillai, 2021).

Peter Shor's discovery in 1994 effectively marks the introduction of this threat. His algorithm efficiently solves the IFP (Integer Factoring Problem) in logarithmic time (Wang & Zhang, 2021), as well as the DLP (Discrete Logarithm Problem). What it demonstrated was that, by starting with the superposition of two integers and executing a series of Fourier transforms, it is possible to achieve a new superposition with a high probability of yielding two integers that satisfy the equation (Mavroeidis et al., 2018). Furthermore, the work of Schwebel and Westerbaan (2016), demonstrated that over time, as the quantity of qubits needed for cracking encryption decreases, so does the complexity of the implementation of quantum algorithms. In short, this will lead to a vulnerability in the cryptographic algorithms and will be exploited for cyberattacks.

Cyberattacks are as old as computers. The value perceived in having access to confidential information makes the data an enticing target for cybercriminals. The reasons behind cyberattacks are outside the scope of this research, but it's worth pointing out that according to the book "Psychology and Crime" most attacks are motivated by a monetary incentive; the perceived value of accessing private networks or sensitive and confidential information is very high. Additionally, the intrinsic anonymity of cyberattacks protects the attackers (Sammons & Putwain, 2018).

The introduction of quantum computing at a commercial level will create an uncomfortable situation for industries and companies that don't prepare ahead of time. Focusing solely on public key encryption algorithms, the prowess of quantum computers will phase out most of these algorithms, forcing information systems to make a radical change in their encryption systems (Alyami et al., 2022).

Google and IBM are already developing quantum processors. In 2019, Google released Sycamore, a 56-qubit processor capable of making a million quantum measurements in 200 seconds. Google claimed to have reached quantum supremacy, as the same measurements would take a classical supercomputer 10,000 years, by their estimation. (Arute

et al., 2019). However, security is bound to get better. Three years before this release, the National Institute of Standards and Technology (NIST) launched a contest for the standardization of post-quantum algorithms, that is to say, a call for algorithms capable of resisting cyberattacks launched through quantum computers and algorithms (Moody, 2022).

It was found that the lattice-based algorithm family provides enough protection against quantum attacks. Consequently, this research will now be centered around lattice-based encryption algorithms, which are generally computationally efficient and resilient against quantum attacks (Kumari et al., 2022). These algorithms work by creating two sets of n 'n' vectors that replace public and private keys. The number of dimensions factored in increases or decreases the complexity, and with it, the security. Analogous to typical private and public key encryption, the private set will make it easier to calculate the lattice (Bernstein et al., 2017).

The development and implementation of new post-quantum algorithms or variants of existing algorithms is necessary for the maintenance of the present information systems. For this reason, there appears to be a necessity to explore and develop novel approaches to fortify the security and efficiency of these algorithms, in preparation for the quantum era. At present, relatively few algorithms are designed to be resistant to quantum attacks. There are existing inquiries into algorithms resistant to quantum attacks, such as the work of Xiao et al. (2023), where a lattice-based cryptosystem is presented and compared with other cryptosystems in order to demonstrate that their proposal is better in terms of resilience. Another situation where lattice-based cryptography has proven to be better is in the application of the Regev scheme to the LWE problem (Learning With Errors), which, in its worst-case scenario, can be reduced to the SIVP (Shortest Independent Vector Problem), enhancing the performance and security of the algorithm. (Nejatollahi et al., 2019). This performance can also be improved with the new paradigm, as shown in Ura et al. (2023), where quantum annealing is used to solve the SVP for the search of states in qubits.

Based on the given context, this survey will serve to answer the following questions:

- What advances have there been regarding quantum computing?
- What is necessary to know in order to analyze the weaknesses of current cryptography?
- What is the proposal of lattice-based cryptography for protection?

The research papers presented in this survey will answer these questions.

2. STATE OF THE ART

This state-of-the-art section will be divided into three parts: advances in quantum computing, that is, the advances on quantum hardware such as processors, computing

supplies; the creation of quantum modules to enhance the speed of classic computers; and quantum algorithms that pose a threat, basically Shor and Grover's algorithms. However, it's worth noting that there are more algorithms that present a threat, such as Simon's algorithm. The second subsection will touch on quantum cryptanalysis. In this survey about lattice-based post-quantum cryptography, we have to discuss the reason why it is such a good alternative to current public and private key encryption. Metrics for the analysis will be surveyed as well. Finally, the most important part of this paper is lattice-based post-quantum cryptography as an algorithm family. This section will address the algorithm CRYSTALS-Kyber and its variants.

2.1. Quantum computing advances

This section details the latest discoveries, research and developments in quantum computing, including advances in hardware and algorithms, as well as the construction of stable and reliable qubits. As mentioned previously, in general, the use of qubits needs to factor in error correction; this is a weakness inherent to this technology. However, different architectures and qubit distributions are being experimented with in order to address this. From a hardware perspective, quantum computing is a very recent development. Because of this, the research papers considered for this survey date to 2019 and onward. Unless it covers an algorithm developed in the past that is important to note, such as Grover's or Shor's, it won't be taken into account.

It is important to note that these studies began approximately 50 years ago with Stephen Wiesner's description of conjugate coding (Mor & Renner, 2014), a system in which multiple messages are transmitted and reading one destroys the others. In the following years, Paul Benioff would describe Turing's machine employing Schrödinger's equation, and in 1982, he made a model for the quantum computer (Mor & Renner, 2014). Based on this model, mathematician Peter Shor and computer scientist Lov Grover developed their corresponding famous algorithms, of which the former was able to break present encryptions by means of quantum Fourier transform (Shor, 1997) and the latter could find collisions through the concept of speeding up database search (Grover, 1996).

2.1.1. Hardware advances

At present, progress in quantum hardware is the result of a race between different companies. Most breakthroughs are published by researchers working for IBM and Google; there are others, like Intel, who are working on quantum computers, as well as big tech companies like Amazon and Microsoft. Quantum processing units are mainly designed using two different technologies: superconductors and silicon-based semiconductors. Both technologies are presented in Table 1, but they are largely dependent on extremely low temperatures to work correctly. Semiconductor technology has an inherent advantage in that it is practically immune to noise, which eliminates the need to work

with error correction. This immunity is not perfect, and the development of quantum processing units resistant to errors is still a subject of ongoing effort and work. It will take a significant amount of time and work to arrive at error-resistant quantum processing units (Zhilong et al., 2022).

Table 1

Comparison between superconductors and semiconductors between processor units

Metric	Superconductors	Semiconductors
Temperature	10 miliKelvin	1 - 1.5 Kelvin
Advantages	Relatively easier manufacture	Noise resistant
Disadvantages	Susceptible to noise	Relatively difficult manufacture

In 2019, Google researchers published a paper introducing Sycamore, their new 53-qubit quantum processor, which they claimed to have achieved quantum supremacy. Quantum supremacy is understood as the ability of a quantum computer to be orders of magnitude better than any classic computer at quantum measurements. The same paper stated that Sycamore could perform its measurements in 200 seconds, compared to the 10,000 years that classical computer would take to complete the task, for which quantum supremacy had been achieved (Arute et al., 2019). This statement would have been confirmed based on the complexity theory described by Aaronson and Chen (2017). However, researchers were able to replicate this by using 512 GPUs, disproving quantum supremacy.

IBM does not lag behind in the quantum race. In 2022, Riel (2022) published the roadmap for quantum development. Presently, they have managed to unveil a 127-qubit processor called Eagle; it has been used in contests conducted by the company to promote Qiskit, their quantum library for quantum development. The roadmap outlines the scaling of the development, looking at suppression and error mitigation as developmental steps that lead to in a 4158-qubit processor, the Kookaburra, for the year 2025.

Intel has also participated in the development of quantum processing units, opting for silicon-based rather than superconductors, and have released a 12-qubit chip using this technology (Intel, 2023). As stated earlier, silicon-based qubits are noise-resistant and may be the best bet for developing larger systems. This resistance can be improved: Kobayashi et al. (2023) proposed a method for reducing errors by means of a feedback-based reboot protocol with which the necessary fidelity for scaling the system could be achieved.

Table 2 shows the aforementioned technologies in some detail. In summary, the research revolves around superconductor and semiconductor qubits, both exhibit and

could contain the necessary fidelity for scaling into larger quantum computers. Both Google and IBM are actively researching superconducting qubits, while other companies, like Intel, research silicon-based semiconductor qubits.

Table 2

Technologies presented in the section

Authors	Paper	Presented Technology
Zhilong et al. (2022)	Superconducting and Silicon-Based Semiconductor Quantum Computers: A review.	Semi and superconducting qubits
Arute et al. (2019)	Quantum supremacy using a programmable superconducting processor.	Sycamore processor
Cho (2023)	Ordinary computers can beat Google's quantum computer after all.	Classic computers
Riel (2022)	Quantum Computing Technology and Roadmap.	127-qubit Eagle processor
Intel. (2023)	Intel's New Chip to Advance Silicon Spin Qubit Research for Quantum Computing.	12-qubit Tunnel Falls semi-conducting processor
Kobayashi et al. (2023)	Feedback-based active reset of a spin qubit in silicon.	Semiconducting Qubits

2.1.2. Algorithms

Based on the context provided in 2.1.1., we will touch on the reasons why advances in quantum computing are a threat to cryptography. The development of Shor's algorithm makes it possible to factorize numbers in a super-efficient way. Unfortunately, this is a big threat, as it can crack the encryption of public keys. In 2021, Gouzien and Sangouard (2021) and Gidney and Ekerå (2021) demonstrated that it is possible to crack RSA encryption in 177 days and eight hours, correspondingly.

Quantum computers pose a threat to data communication systems in general. At present, quantum computers do not have the capability to be a total threat; therefore, it is necessary to make the best of time and prepare for the imminent arrival of the quantum threat. Zeydan et al. (2022) argued that asymmetric encryption systems will be vulnerable to attacks using Shor's algorithm, while Blockchain systems and data centers will be vulnerable to Grover's, although to a lesser extent (Allende et al., 2023), (Zeydan et al., 2022).

2.2 Quantum cryptanalysis

This section will cover studies that revolve around cryptanalysis. This is an area of study in cryptography that aims to locate weaknesses and crack cryptographic security systems. Currently, the classic cryptanalysis schemes are not strong enough to crack the current security systems like AES and RSA. Therefore, there is a trend of analyzing cryptographic systems using quantum computing, known as quantum cryptanalysis. This section is divided into two subsections; quantum cryptanalysis techniques and evaluation metrics.

2.2.1. *Quantum cryptanalysis techniques*

Currently, quantum cryptanalysis techniques are at the forefront of advances in theoretical quantum computing, the reason being that they allow to test for vulnerabilities in cryptographic systems, in preparation for the arrival of quantum computers that could crack these algorithms. Consequently, different techniques of quantum cryptanalysis are plotted. In their paper, Xie and Yang (2019) propose different quantum methods to attack cipher blocks according to a scheme of three Feistel rounds in order to partially obtain the Even-Mansour construction key; this new quantum algorithm has the Bernstein-Vazirani algorithm as a subroutine. Three types of cryptanalysis are described in said paper: quantum differential analysis, quantum differential analysis of low probability and impossible quantum differential analysis. Another work describing novel techniques is a paper by Jing et al. (2020), where Shor's algorithm is part of a cryptanalysis scheme of digital signatures. To ascertain that the scheme is vulnerable to quantum attacks, they can transform the public keys of the scheme into a system of linear equations using Shor's algorithm. Another work that explores this paradigm's virtues in the cryptanalysis context is the work of Roman'kov et al. (2023). In the paper, an algebraic attack is performed on two digital signature schemes. Finally, another work that explores the virtues of quantum cryptanalysis is the work of Ding et al. (2018), in which a cryptanalysis of a cryptosystem based on Diophantine equations is conducted. This attack is directed towards the LLL algorithm, which is a post-quantum algorithm in classical computing, in contrast to other works that use quantum algorithms instead. Table 3 analyzes different papers on quantum techniques in which the cryptanalysis studies classical and post-quantum algorithms. In addition, different cryptographic schemes are explored in order to understand how quantum algorithms could threaten them.

Table 3
Papers on quantum cryptanalysis techniques

Authors	Paper	Utilized Algorithm	Cryptographic scheme
Xie y Yang (2019)	Using Bernstein–Vazirani algorithm to attack block ciphers.	Bernstein-Vazirani	3-round Feistel
Jing et al. (2020)	Cryptanalysis of a Public Key Cryptosystem Based on Data Complexity under Quantum Environment	Shor	Public key and signature
Roman'kov et al. (2023)	Algebraic and quantum attacks on two digital signature schemes	Shor	2 digital signatures
Ding et al (2018)	Cryptanalysis of a public key cryptosystem based on Diophantine equations via weighted LLL reduction	Lattice-based Weighted LLL	Performance Based on Diophantine equations

2.2.2 Evaluation metrics

In cryptanalysis, it is necessary to consider the theoretic-formal demonstration of a vulnerability in a cryptosystem. This encompasses the use of quantitative metrics that allow evaluation on a numerical level, as is the case with the cryptosystem attacked. Seck et al. (2022) talk about the different metrics, the primary one being attack and execution time. In this case, the attacks used were two Veron variants and the two schemes were compared by key and signature size. In another instance, Jaques and Schanck (2019) suggest applying cryptanalysis to a cryptosystem based on super singular isogeny key encapsulation, known as SIKE, and employing different metrics such as the quantum computational cost of memory. To this end, they tested Grover, Tani, and VW quantum attacks. Finally, Banegas (2020) conducts these cryptanalysis methods on the ECC encryption algorithm, this time based upon the quantum gate computational cost regarding the depth of the gates and the number of qubits used by the quantum attack. Table 3 provides a summary of the research presented. Table 4 compares the different metrics used in the different quantum algorithms. The comparison is based on the public key bit size and digital signature, the quantum cost mentioned in Banegas (2020) and computational cost. The computational space of the RAM usage was also factored in.

Table 4*Research papers on cryptanalysis evaluation metrics*

Authors	Paper	Utilized Algorithm	Metrics
Seck et al. (2022)	Cryptanalysis of a Code-Based Identification Scheme Presented in CANS 2018	Veron	Public and private size in bits
Jaques y Schanck (2019)	Quantum Cryptanalysis in the RAM Model: Claw-Finding Attacks on SIKE	Grover, Tani y VW	Quantum computational cost in RAM
Banegas (2020)	Concrete quantum cryptanalysis of binary elliptic curves	Shor	Quantum logic and computational cost

2.3 Lattice-based algorithm family

This section discusses research on different public and private KEM and similar algorithm implementations. It first touches on some lattice-based variants, before moving on to some CRYSTALS-Kyber related works. This last section is the starting point for this survey and it introduces some issues in the latest release. Finally, some original implementations will be discussed that are not CRYSTALS-Kyber variants.

2.3.1 Variants

There are a series of variants within the lattice-based algorithm family that have been and are continuously being developed. This algorithm family was predominant in the NIST contest, as it has proven to be resilient enough against different crypto schemes based on public keys, digital signatures and key exchange mechanisms. As shown in Table 5, there are multiple variants within the lattice-based family, each one a particular example of a special utilization of the aforementioned schemes. As part of the same family, they all share basic problems to solve.

These problems are Learning with Errors (LWE), Shortest Vector Problem (SVP), Closest Vector Problem (CVP), Shortest Integer Solution (SIS), Learning with Rounding (LWR), etc. Furthermore, the size of both generated keys must be compared in order to demonstrate which algorithms are the most computationally efficient. Lastly, it is worth noting that, because of the particularities of each algorithm due the schemes that they are based on, the performance comparison is subjective, for which Table 5 is, in a way, a summary of the most relevant algorithms.

Table 5*Lattice-based algorithm family variants*

Authors	Variant name	Scheme	Solved problem	Secret Key (Size in bytes)	Public Key (Size in bytes)
Bos et al. (2018)	Kyber light	Key Exchange	LWE	832	736
Bos et al. (2018)	Kyber Paranoid	Key Exchange	LWE	1664	1440
Hülsing et al. (2017)	NTRU KEM	Key Encapsulation	NTRU	1422	1140
Bernstein et al. (2016)	NTRU Prime	Key Encapsulation	NTRU	1417	1232
Saarinen et al. (2017)	HILA5	Key Encapsulation / Public key	Ring - LWE	1792	1824
Cheon et al. (2017)	Lizard.CCA	Public Key Encryption	LWE / LWR	557056	6553600
Alkim et al. (2015)	TESLA-128	Digital Signature	LWE	1010000	1330000
Alkim et al. (2015)	TESLA-256	Digital Signature	LWE	1057000	2200000
Ducas et al. (2017)	Dilithium rec.	Digital Signature	MLWE	3504	1472
Ducas et al. (2017)	Dilithium High.	Digital Signature	MLWE	3856	1760
Alkim et al. (2020)	Frodo-976	Key Encapsulation	LWE	31272	15632
Alkim et al. (2020)	Frodo-640	Key Encapsulation	LWE	19872	9616
D'Anvers et al. (2018)	SABER	Public Key Encryption / Key encapsulation	LWR	3040	1312

2.3.2 CRYSTALS-Kyber related works

Because our main focus is the lattice-based algorithm family, the most relevant algorithm to this paper is CRYSTALS-Kyber, an algorithm that was selected for standardization. In July 2022 (Moody, 2022), NIST reported the status of their global contest in search of

resilient cryptographic algorithms against quantum attacks to be added to the standard. The first lattice-based model that met the necessary indicators was CRYSTALS-Kyber (Avanzi et al., 2020). This algorithm solves the LWE problem. The problem is based on the premise that linear equations are harder to solve when random noise is added. This random noise is added to the lattices in the finite body created through the set of vectors created as keys.

Most research about CRYSTALS-Kyber focuses primarily on solving weaknesses present in the algorithm. In Y. Yang et al. (2023), the scientists go above and beyond the scope of cryptographic algorithms. When any given algorithm is implemented, it has to be run on a physical computer. This physical aspect entails a series of weaknesses that can be exploited by using a “side-channel attack”. These types of attacks are based on the idea that it is possible to measure the energy being used for each operation. The paper mentioned above presents a CPA attack on the CRYSTALS-Kyber. Researchers used the referential implementation of the algorithm, and employed the input of a preselected ciphertext to measure the amount of energy expended. It was observed that CRYSTALS-Kyber can effectively hide if it knows the ciphertext from a previous use. The researchers later tried to present a variant of it, but it was unable to hide traces of known ciphertexts.

There have been other instances lattice-based family algorithm implementation. In Soni et al. (2022), the researchers developed an algorithm based on the Diffie-Hellman key exchange. The main idea was to find a method that made it possible to use a relatively small key without losing any flexibility or security; here, resilience was tested by implementing Shor’s. In N. Yang et al. (2024), the proposal was to encrypt the vectors with inner product encryption. Instead of using the basic version of LWE, the scientists opted to use middle-product learning with errors, or MP-LWE, where the error generation is made with the product of two polynomial equations. The method would add security given that it is no longer based on linear equations.

Table 6 details the primary research as well as the research mentioned above. The table lists the algorithms used, which are either combinations of lattice-based algorithms or a variant of CRYSTALS-Kyber. In general, when studying these algorithms, they are studied using a Shor’s algorithm attack for its ability to factorize (Soni et al., 2022). However, other researchers focus on the physical aspects of the systems. Lastly, there are others that land on completely original algorithms, or a compatible combination of algorithms that improve upon a past iteration.

Table 6

Presented papers on lattice-based algorithm

Author	Paper	Algorithm used	Metric used	Attack studied
Y. Yang et al. (2023)	Chosen ciphertext correlation power analysis on Kyber.	Kyber	Quantity of utilized energy	Side-channel attack
Soni et al. (2022)	Quantum-resistant public-key encryption and signature schemes with smaller key sizes	Lattice-based, Diffie-Hellman	Size, efficiency, and security of keys	Shor's Algorithm
Bos et al. (2018)	CRYSTALS - Kyber: A CCA-Secure Module-Lattice-Based KEM.	Kyber	Flexibility Security Performance	CCA IND-CPA
N. Yang et al. (2024)	Inner product encryption from Middle-Product Learning With Errors.	Lattice-based MP-LWE Inner product encryption	Performance Computational complexity Flexibility	None presented
Chen, S., & Chen, J. (2023)	Lattice-based group signatures with forward security for anonymous authentication	Lattice-based Family of algorithms	Security Performance Computational lightness	Shor

3. CONCLUSIONS

This survey has attempted to analyze different research papers dealing with post-quantum cryptography and the imminent arrival of quantum computing. Scientific development is at the vanguard of its eventual arrival, for which different cryptosystems and cryptanalysis methods are proposed in order to meet future needs. We analyzed the present state of lattice-based variants and the different ways to evaluate the vulnerabilities of new post-quantum cryptosystems.

The advancement of quantum computing is making big strides. At this time, it is still in an incubation stage of sorts; however, the advances and competition between big tech companies accelerate the conversation and achievements in the field. This new computational paradigm will most likely become the new computing revolution. IBM and Google dominate the research at present, with both companies having already designed quantum computers that are physically similar to early computers, whose development

into household computers is to be expected. In addition, this is a very exciting paradigm and research topic. There are new achievements and developments on a weekly basis. During the production of this paper, Intel released their 12-qubit processor.

To analyze the vulnerabilities of current cryptography, it is necessary to take the limits and abilities of quantum computing to crack encryptions into account. We must first look at quantum cryptanalysis, as its use will be of help in detecting weaknesses against quantum attacks. Section 2.2 dealt with quantum cryptanalysis, exploring different evaluation metrics such as quantum computational cost in quantum gates, the use of quantum memory and algorithmic complexity.

Finally, we explored the lattice-based algorithm family. In our survey, we discussed the different variants present in this family. This family studies different lattice problems as well as different cryptographic schemes such as KEM, PK, SK, and Digital Signatures. These algorithms have proved resilient enough to be a great alternative against the imminent quantum threat. As of today, CRYSTALS-Kyber has gained significant relevance and traction thanks to its future standardization by NIST. The NIST contest, however, has not come to a close yet and is still in search of new algorithms.

4. FUTURE WORK

This work dealt with the topic of lattice-based algorithm family, with a special focus on the CRYSTALS-Kyber algorithm. This is an IND-CCA2-secure key encapsulation mechanism based on the security of LWE, or Learning With Errors. There is a method based on LWE known as learning with rounding. In future work, we recommend exploring this alternate module in order to develop a variant based on a different point of view for the algorithm.

REFERENCES

- Aaronson, S., & Chen, L. Q. (2017). Complexity-theoretic foundations of quantum supremacy experiments. *Quantum Physics*, 67. <https://doi.org/10.5555/3135595.3135617>
- Allende, M., León, D. L., Cerón, S., Pareja, A., Pacheco, E., Leal, A., Da Silva, M., Pardo, A., Jones, D., Worrall, D. J., Merriman, B., Gilmore, J., Kitchener, N., & Venegas-Andraca, S. E. (2023). Quantum-resistance in blockchain networks. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-32701-6>
- Alkim, E., Bindel, N., Buchmann, J., Dagdelen, Ö., Eaton, E., Gutoski, G., Krämer, J., & Pawlega, F. (2015). *Revisiting TESLA in the quantum random oracle model*. Cryptology ePrint Archive, Paper 2015/755. <https://eprint.iacr.org/2015/755>
- Alkim, E., Bos, J. W., Ducas, L., Easterbrook, K., LaMacchia, B., Longa, P., Mironov, I., Naehrig, M., Nikolaenko, V., Peikert, C., Raghunathan, A., & Stebila, D. (2020). *FrodoKEM: Learning with errors key encapsulation*. <https://frodokem.org/>.

- Alyami, H., Nadeem, M., Alosaimi, W., Alharbi, A. G., Kumar, R., Gupta, B. K., Agrawal, A., & Khan, R. A. (2022). Analyzing the Data of Software Security Life-Span: Quantum Computing Era. *Intelligent Automation Soft Computing*, 31(2), 707-716. <https://doi.org/10.32604/iasc.2022.020780>
- Arute, F., Arya, K., Babbush, R., Bacon, D., Bardin, J. C., Barends, R., Biswas, R., Boixo, S., Brandão, F. G. S. L., Buell, D. A., Burkett, B. J., Chen, Y., Chen, Z., Chiaro, B., Collins, R., Courtney, W., Dunsworth, A., Farhi, E., Foxen, B., . . . Martinis, J. M. (2019). Quantum supremacy using a programmable superconducting processor. *Nature*, 574(7779), 505-510. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1666-5>
- Avanzi, R., Bos, J., Ducas, L., Kiltz, E., Lepoint, T., Lyubashevsky, V., Schanck, J. M., Schwabe, P., Seiler, G., & Stehlé, D. (2020). *Algorithm Specifications And Supporting Documentation*. NIST Report.
- Banegas, G. (2020). *Concrete quantum cryptanalysis of binary elliptic curves*. <https://ia.cr/2020/1296>
- Benioff, P. (1980). The computer as a physical system: A microscopic quantum mechanical Hamiltonian model of computers as represented by Turing machines. *Journal of Statistical Physics*, 22(5), 563-591. <https://doi.org/10.1007/bf01011339>
- Bernstein, D., Buchmann, J., & Dahmen, E. (2017). Post-quantum cryptography. *Nature*, 549(7671), 188-194. <https://doi.org/10.1038/nature23461>
- Bernstein, D. J., Chuengsatiansup, C., Lange, T., & Van Vredendaal, C. (2016). *NTRU Prime: reducing attack surface at low cost*. Cryptology ePrint Archive, Paper 2016/461. <https://eprint.iacr.org/2016/461>
- Bos, J. W., Ducas, L., Kiltz, E., Lepoint, T., Lyubashevsky, V., Schanck, J. M., Schwabe, P., Seiler, G., & Stehlé, D. (2018). *CRYSTALS - Kyber: A CCA-Secure Module-Lattice-Based KEM*. <https://doi.org/10.1109/eurosp.2018.00032>
- Cheon, J. H., Park, S., Lee, J., Kim, D., Song, Y., Hong, S., Kim, D., Kim, J., Hong, S. M., Yun, A., Kim, J., Park, H., Choi, E., Kim, K., Kim, J., & Lee, J. (2017). *Lizard. Lizard Public Key Encryption Submission to NIST proposal*. National Institute of Standards and Technology.
- Chen, S., & Chen, J. (2023). Lattice-based group signatures with forward security for anonymous authentication. *Heliyon*, 9(4). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14917>
- Cho, A. C. (2023, June 25). Ordinary computers can beat Google's quantum computer after all. *Science | AAAS*. <https://www.science.org/content/article/ordinary-computers-can-beat-google-s-quantum-computer-after-all>

- D'Anvers, J., Karmakar, A., Roy, S. S., & Vercauteren, F. (2018). Saber: Module-LWR Based Key Exchange, CPA-Secure Encryption and CCA-Secure KEM. En *Progress in Cryptology - AFRICACRYPT 2018* (pp. 282-305). Springer eBooks. https://doi.org/10.1007/978-3-319-89339-6_16
- Ding, J., Kudo, M., Okumura, S., Takagi, T., & Tao, C. (2018). Cryptanalysis of a public key cryptosystem based on Diophantine equations via weighted LLL reduction. *Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics*, 35(3), 1123-1152. <https://doi.org/10.1007/s13160-018-0316-x>
- Ducas, L., Lepoint, T., Lyubashevsky, V., Schwabe, P., Seiler, G., & Stehle, D. (2017). *CRYSTALS - Dilithium: Digital Signatures from Module Lattices*. Cryptology ePrint Archive, Paper 2017/633. <https://eprint.iacr.org/2017/633>
- Gidney, C. & Ekerå, M. (2021). How to factor 2048 bit RSA integers in 8 hours using 20 million noisy qubits. *Quantum*, 5, 433. <https://doi.org/10.22331/q-2021-04-15-433>
- Gouzien, E. & Sangouard, N. (2021). Factoring 2048-bit RSA Integers in 177 Days with 13436 Qubits and a Multimode Memory. *Physical Review Letters*, 127, <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.127.140503>
- Hekkala, J., Muurman, M., Halunen, K., & Vallivaara, V. (2023). Implementing Post-quantum Cryptography for Developers. In *SN Computer Science* (vol. 4). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s42979-023-01724-1>
- Hülsing, A., Rijneveld, J., Schanck, J. M., & Schwabe, P. (2017). *High-speed key encapsulation from NTRU*. Cryptology ePrint Archive, Paper 2017/667. <https://eprint.iacr.org/2017/667>
- Intel. (2023, June 15). *Intel's New Chip to Advance Silicon Spin Qubit Research for Quantum Computing*. <https://www.intel.com/content/www/us/en/newsroom/news/quantum-computing-chip-to-advance-research.html#gs.1o8uud>
- Jaques, S., & Schanck, J. M. (2019). Quantum Cryptanalysis in the RAM Model: Claw-Finding Attacks on SIKE. En *Lecture Notes in Computer Science* (pp. 32-61). Springer Science+Business Media. https://doi.org/10.1007/978-3-030-26948-7_2
- Jing, Z., Gu, C., Ge, C., & Shi, P. (2020). *Cryptanalysis of a Public Key Cryptosystem Based on Data Complexity under Quantum Environment*. *Mobile Networks and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s11036-019-01498-y>
- Kobayashi, T., Nakajima, T., Takeda, K., Noiri, A., Yoneda, J., & Tarucha, S. (2023). Feedback-based active reset of a spin qubit in silicon. *Npj Quantum Information*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41534-023-00719-3>
- Kumari, S., Singh, M., Singh, R. P., & Tewari, H. (2022). A post-quantum lattice based lightweight authentication and code-based hybrid encryption scheme for

- IoT devices. *Computer Networks*, 217, 109327. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2022.109327>
- Mavroeidis, V., Vishi, K., Zych, M., & Jøsang, A. (2018). The Impact of Quantum Computing on Present Cryptography. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(3). <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2018.090354>
- Moody, D. (2022). *Status Report on the Third Round of the NIST Post-Quantum Cryptography Standardization Process*. <https://doi.org/10.6028/nist.ir.8413-upd1>
- Mor, T., & Renner, R. (2014). Preface. *Natural Computing*, 13(4), 447-452. <https://doi.org/10.1007/s11047-014-9464-3>
- Nejatollahi, H., Dutt, N., Ray, S., Regazzoni, F., Banerjee, I., & Cammarota, R. (2019). Post-Quantum Lattice-Based Cryptography Implementations. *ACM Computing Surveys*, 51(6), 1-41. <https://doi.org/10.1145/3292548>
- Riel, H. (2022). *Quantum Computing Technology and Roadmap*. <https://doi.org/10.1109/essderc55479.2022.9947181>
- Roman'kov, V., Ushakov, A., & Shpilrain, V. (2023). Algebraic and quantum attacks on two digital signature schemes. En *Journal of Mathematical Cryptology* (vol. 17). Walter de Gruyter GmbH. <https://doi.org/10.1515/jmc-2022-0023>
- Sammons, A., & Putwain, D. (2018). *Psychology and Crime* (2.^a ed.). Routledge
- Saarinen, M.-J. O. (2017). *HILA5: On Reliability, Reconciliation, and Error Correction for Ring-LWE Encryption*. Cryptology ePrint Archive, Paper 2017/424. <https://eprint.iacr.org/2017/424>
- Schumacher, B. (1995). Quantum coding. *Physical Review A*, 51(4), 2738-2747. <https://doi.org/10.1103/physreva.51.2738>
- Schwabe, P., & Westerbaan, B. (2016). Solving Binary MQ with Grover's Algorithm. In *Lecture Notes in Computer Science* (pp. 303-322). Springer Science+Business Media. https://doi.org/10.1007/978-3-319-49445-6_17
- Seck, B., Cayrel, P., Diop, I., & Barbier, M. (2022). Cryptanalysis of a Code-Based Identification Scheme Presented in CANS 2018. En *Communications in computer and information science* (pp. 3-19). Springer Science+Business Media. https://doi.org/10.1007/978-3-031-23201-5_1
- Shor, P. W. (1997). Polynomial-Time Algorithms for Prime Factorization and Discrete Logarithms on a Quantum Computer. *SIAM Journal on Computing*, 26(5). <https://doi.org/10.1137/S0097539795293172>
- Soni, L., Chandra, H., Gupta, D., & Keval, R. (2022). *Quantum-resistant public-key encryption and signature schemes with smaller key sizes*. Cluster Computing. <https://doi.org/10.1007/s10586-022-03955-y>

- Ura, K., Imoto, T., Nikuni, T., Kawabata, S., & Matsuzaki, Y. (2023). Analysis of the shortest vector problems with quantum annealing to search the excited states. In *Japanese Journal of Applied Physics* (vol. 62). IOP Publishing. <https://doi.org/10.35848/1347-4065/acba21>
- Vaishnavi, A., & Pillai, S. (2021). Cybersecurity in the Quantum Era-A Study of Perceived Risks in Conventional Cryptography and Discussion on Post Quantum Methods. *Journal of Physics*, 1964(4). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1964/4/042002>
- Wang, Y., & Zhang, H. (2021). Quantum Algorithm for Attacking RSA Based on Fourier Transform and Fixed-Point. *Wuhan University Journal of Natural Sciences*, 26(6), 489-494. <https://doi.org/10.1051/wujns/2021266489>
- Xiao, K., Chen, X., Huang, J., Li, H., & Huang, Q. (2023). A lattice-based public key encryption scheme with delegated equality test. *Computer Standards & Interfaces*, 87. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2023.103758>
- Xie, H., & Yang, L. (2019). Using Bernstein-Vazirani algorithm to attack block ciphers. *Designs, Codes and Cryptography*, 87(5), 1161-1182. <https://doi.org/10.1007/s10623-018-0510-5>
- Yang, N., Yang, S., Zhao, Y., Wu, W., & Wang, X. (2023). Inner product encryption from Middle-Product Learning With Errors. *Computer Standards & Interfaces*, 87. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2023.103755>
- Yang, Y., Wang, Z., Ye, J., Fan, J., Chen, S., Li, H., Li, X., & Cao, Y. (2024). Chosen ciphertext correlation power analysis on Kyber. *Integration*, 91, 10-22. <https://doi.org/10.1016/j.vlsi.2023.02.012>
- Zeydan, E., Turk, Y., Aksoy, B., & Ozturk, S. B. (2022). Recent Advances in Post-Quantum Cryptography for Networks: A Survey. In *2022 Seventh International Conference On Mobile And Secure Services* (pp. 1-8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/mobisecserv50855.2022.9727214>
- Zhilong, J., Fu, Y., Cao, Z., Cheng, W., Zhao, Y., Dou, M., Duan, P., Kong, W., Cao, G., Li, H., & Guo, G. (2022). Superconducting and Silicon-Based Semiconductor Quantum Computers: A review. *IEEE Nanotechnology Magazine*, 16(4), 10-19. <https://doi.org/10.1109/mnano.2022.3175394>

DATOS DE LOS AUTORES

BÁRBARA DRUMMOND

Licenciada en Sistemas de Información. Actualmente cursa un máster en Informática con especialización en Interacción Persona-Ordenador, ambos por la Universidad Federal Fluminense. Investiga sobre tecnología y HCI, con contribuciones notables a través de artículos publicados, uno de los cuales recibió el premio al mejor artículo en la conferencia Women in Technology 2022. Además de sus actividades académicas, Barbara tiene amplia experiencia profesional en ciberseguridad y desarrollo de juegos.

LUCIANA SALGADO

Doctora en Interacción Humano-Computadora (HCI), es profesora de la Universidad Federal Fluminense y directora del SERG.uff (Grupo de Investigación en Ingeniería Semiótica). Desempeña funciones clave en el Comité Especial Brasileño de Interacción Humano-Computadora (CEIHC), como redactora en jefe de la revista *Journal on Interactive Systems (JIS)* y como cocoordinadora del programa Meninas Digitais. Es cofundadora del proyecto #include <Meninas.uff> y de ELLAS. Es también autora del libro *A Journey Through Cultures: Metaphors for Guiding the Design of Cross-Cultural Interactive Systems* (Springer, 2012).

MEIRYLENE AVELINO

Magíster y licenciada en Informática por la Universidad Federal Fluminense. Es conferenciante e investigadora sobre temas relacionados con la tecnología y la seguridad de la información. Ha investigado en plataformas para garantizar la autenticidad del contenido web con blockchain, con varios artículos publicados sobre el tema, incluido el más reciente en Sensors Network MDPI (2022).

KAREN RIBEIRO

Doctora en Educación y magíster en Computación, tiene una y especialización en Educación a Distancia y con formación en Informática, actualmente es profesora asociada IV en el Instituto de Informática de la Universidad Federal de Mato Grosso. Se ha dedicado

activamente a la investigación, en particular en estudios de género en informática y sus tecnologías. Ha contribuido al campo como coordinadora del programa Meninas Digitais para la Sociedad Brasileña de Informática y como autora del capítulo “Género y Tecnologías” en el libro de texto *Computação & Sociedade* (EdUFMT, 2020).

MERCEDES CIGÜEÑAS

Licenciada en Psicología e interesada en el área clínica y educativa infantil. Se caracteriza por tener capacidad de organización, empatía y gestión del tiempo. Experiencia en proyectos sociales y profundo interés por el compromiso social.

GUILLERMO DÁVILA

Miembro del Instituto de Investigación Científica y Profesor de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Lima, Perú. Dirige el grupo de investigación Desarrollo Empresarial, Gestión del Conocimiento e Innovación. Su investigación actual abarca la gestión del conocimiento, de la información y de la innovación, con especial atención a los contextos emergentes. Lleva más de diez años trabajando en sectores como seguros, banca, IED y TI. El trabajo de Guillermo ha sido publicado en revistas de primera línea como *Management and Organization Review*, *International Journal of Innovation Management*, entre otras.

BORIS BRANISA

Doctor en Economía por la Universidad de Goettingen (Alemania). Trabaja como investigador senior en INESAD. Ha ocupado varios cargos en el Banco Central de Bolivia y ha trabajado como investigador posdoctoral en la Universidad de Mannheim. También ha trabajado como consultor en proyectos para el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Centro de Desarrollo de la OCDE, la Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GIZ) y varias otras instituciones de desarrollo. Sus principales intereses de investigación son la economía del desarrollo, la econometría aplicada y la evaluación de impacto.

VANESSA LAZARIN DE SOUZA

Estudia Ingeniería de Datos y Sistemas de Información en la Universidad Tecnológica de Paraná (UTFPR) en Curitiba (Brasil). Sus campos de investigación son las ontologías, la data y su intersección con asuntos sociales, especialmente de género y afines a los estudios feministas.

RITA CRISTINA GALARRAGA BERARDI

Tiene un doctorado en Ciencias de la Computación por la Pontificia Universidad Católica de Río de Janeiro, desarrollado en colaboración con la Universität Koblenz-Landau, West

Semantic Web Institute en Alemania. Realizó una maestría en Informática en la Pontificia Universidad Católica de Rio Grande do Sul, en colaboración con Hewlett Packard (HP) y es licenciada en Informática por la Universidad Federal de Pelotas. Es profesora adjunta de la Universidad Tecnológica Federal de Paraná (UTFPR), campus de Curitiba, donde trabaja en la Licenciatura en Sistemas de Información y en la Maestría en Informática Aplicada, además de coordinar el curso de Especialización en Ciencia de Datos. Sus principales áreas de investigación son los Grafos de Conocimiento, Linked Open Data y Ontologías en diversos dominios de aplicación.

NICOLÁS RODRÍGUEZ

Magíster en Relaciones Internacionales licenciado en Ciencias Políticas. Actualmente cursa estudios de maestría en Desarrollo Sostenible y Extractivismo en el CIDES-UMSA. Además, tiene experiencia como docente y ha trabajado tanto en el sector público como en el privado en La Paz.

ELIZABETH JIMÉNEZ

Doctora en Economía por la Universidad de Notre Dame, en South Bend, Indiana, y economista de número en la Academia Boliviana de Ciencias Económicas. Es profesora en el Centro de Postgrado en Ciencias del Desarrollo de la Universidad Mayor de San Andrés (CIDES-UMSA) y miembro del Consejo Asesor Científico de Swisscontact en Berna, Suiza.

GUILLERMO GUZMÁN PRUDENCIO

Doctor en Economía Aplicada y magíster en Análisis Económico del Derecho y Políticas Públicas por la Universidad de Salamanca. Se graduó en Economía en la Universidad Católica Boliviana. Ha publicado artículos de investigación sobre economía institucional y desarrollo, voto de clases sociales y étnicas y desarrollo y minería. Actualmente es profesor en el Centro de Postgrado en Ciencias del Desarrollo de la Universidad Mayor de San Andrés (CIDES-UMSA) e investigador posdoctoral en la Universidad Privada Boliviana (UPB). Participa en diversos proyectos de investigación internacionales, como INEQUALITREES (Una Nueva Mirada a las Desigualdades Socioeconómicas utilizando Técnicas de Aprendizaje Automático y Fuentes de Datos Integradas) y ELLAS (Datos Abiertos Latinoamericanos para políticas de igualdad de género centradas en el liderazgo en STEM).

THAMIRES FALEIRO MARTINS

Es estudiante de licenciatura en Sistemas de Información en la Universidad Federal de Mato Grosso (UFMT). Tiene una beca de iniciación científica del CNPq en la red ELLAS (Equality in Leadership for Latin American STEM).

KAREN DA SILVA FIGUEIREDO MEDEIROS RIBEIRO

Doctora en Educación por la Universidad Federal de Mato Gross (UMFT), magíster en Informática por la Universidad Federal Fluminense (UFF) y licenciada en Desarrollo de Sistemas por el Instituto Federal Fluminense (IFF). Es profesora del Instituto de Informática de la UFMT e investigadora del Laboratorio de Tecnologías Virtuales (LAVI) y del Laboratorio en Tecnologías de Información y Comunicación para la Educación (LETECE). Ha coordinado proyectos para orientar a las mujeres hacia carreras tecnológicas, como el programa Digital Girls de la Sociedad Brasileña de Informática y su proyecto *syster* en Mato Grosso. Actualmente, Karen es consultora de investigación en la red ELLAS (Equality in Leadership for Latin American STEM).

PATRICIA RAPOSO SANTANA LIMA

Licenciada en Informática por la Universidad Federal Fluminense (UFF), cursa actualmente una maestría en la misma institución. Especializada en Interacción Humano-Computadora, su investigación se centra en la aplicación práctica de las perspectivas feministas en la HCI. Más allá del ámbito académico, Patricia colabora como voluntaria en el Proyecto ELLAS (Equality in Leadership for Latin American STEM).

LUCIANA CARDOSO DE CASTRO SALGADO

Es profesora adjunta en el Departamento de Informática de la Universidad Federal Fluminense (UFF), donde enseña e investiga en el campo de la Interacción Humano-Computadora (HCI). Dirige el proyecto ELLAS (Equality In Leadership in Latin America STEM) en la UFF y pertenece al comité directivo del programa *Meninas Digitais*.

SÍLVIA AMÉLIA BIM

Es doctora en Ciencias e Informática por la Pontificia Universidad Católica de Río de Janeiro, magíster en Informática por la Universidad Estadual de Campinas y licenciada en Informática por la Universidad Estadual de Maringá. Es profesora asociada del Departamento Académico de Informática de la Universidad Tecnológica Federal de Paraná, campus Curitiba (UTFPR-CT). Miembro de la Comisión de Educación Básica de la Sociedad Brasileña de Informática (SBC). Consultora del programa *Meninas Digitais* (SBC). Miembro de ELLAS (Equality In Leadership in Latin America STEM). Fundadora de los proyectos de extensión *Emílias* y *TiChers* en la UTFPR-CT. Sus áreas de interés son: interacción persona-ordenador (HCI), enseñanza de la informática y mujeres en la informática.

GISANE A. MICHELON

Doctor en Informática por la Pontificia Universidad Católica de Paraná, magíster en Ingeniería Eléctrica e Informática Industrial por la Universidade Tecnológica Federal do

Paraná y licenciado en Análisis de Sistemas por la Universidade Estadual do Centro-Oeste. Actualmente es profesor en la Midwestern State University. Tiene experiencia en informática, con énfasis en sistemas operativos, sistemas distribuidos y datos abiertos conectados.

LEIHGE ROSELLE RONDON PEREIRA

Es magíster y licenciada en Psicología por la Universidad Federal de Mato Grosso, donde actualmente es estudiante de doctorado en la misma carrera. Es miembro del laboratorio de investigación LÊTECE que forma parte de la red de la iniciativa ELLAS (Equality in Leadership for Latin American STEM).

CRISTIANO MACIEL

Es profesor en el Instituto de Computación de la Universidad Federal de Mato Grosso, Brasil. Obtuvo su doctorado en Ciencia de la Computación en la Universidad Federal Fluminense, Brasil. Actualmente está llevando a cabo estudios posdoctorales en la California State Polytechnic University – Pomona, Estados Unidos. Es miembro del Laboratorio de Investigación de Ambientes Virtuales Interactivos (LAVI) y del Laboratorio de Estudios sobre Tecnologías de la Información y Comunicación (LÊTECE).

INDIRA R. GUZMAN

Es profesora asociada de Sistemas Computarizados de Información en el College of Business Administration en la California Polytechnic State University, en Pomona. Dirige el Mitchell Hill Center para la innovación digital en el mismo centro de estudios y es investigadora y consultora para la red ELLAS (Equality in Leadership for Latin American STEM). También preside el capítulos para América Latina y el Caribe de la Association of Information Systems (LACAIS) y es vicepresidente de ACM-SIG Management Information Systems.

WALESKA GONÇALVES DE LIMA

Magíster en Física de la Universidad Federal de Mato Grosso. Es profesora de Física en la Secretaría de Educación del Estado de Mato Grosso. Actualmente sigue un doctorado en el Programa de Posgrado en Educación de la Universidad Federal de Mato Grosso.

ANA LARA CASAGRANDE

Obtuvo su doctorado y realizó estudios posdoctorales en Educación en la Universidad Estatal Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP. Es profesora en el Instituto de Educación de la Universidad Federal de Mato Grosso y también es miembro del Laboratorio de Estudios sobre Tecnologías de la Información y Comunicación (LÊTECE).

EUNICE PEREIRA DOS SANTOS NUNES

Profesora del Instituto de Informática (IC) de la Universidad Federal de Mato Grosso (UFMT). Actualmente es Coordinadora de Extensión Universitaria en la UFMT; también participa en proyectos en el campo de STEM/STEAM. En el proyecto del IDRC, es directora local en la UFMT. Entre sus principales intereses de investigación se cuentan la realidad virtual y aumentada, los juegos, la HCI, el legado digital, el gobierno electrónico, los entornos virtuales de aprendizaje y la equidad de género.

RODGERS FRITOLI

MBA en Gestión de Bases de Datos y Proyectos de la Pontificia Universidad Católica de Paraná y estudiante de maestría en Informática Aplicada en la Universidad Tecnológica de Paraná (UTFPR). Cuenta con experiencia como especialista en Business Intelligence, en particular en el desarrollo de proyectos ETL, la creación y gestión de Data Warehouses, así como la aplicación de soluciones de Process Mining en los sectores de salud, industria y logística.

ALESSANDRA FERREIRA DOS SANTOS

Licenciada en Pedagogía por el Colegio La Salle de Lucas do Rio Verde en Mato Grosso, ha sido docente en el sector privado entre el 2011 y el 2015. Posteriormente, trabajó como maestra en una escuela rural en Canarana en Mato Grosso. En el 2016, se unió al programa de postgrado en Educación Especial /AEE en el Instituto Cuiabano de Educación, Cuiabá-MT. Además, posee un posgrado en Psicopedagogía Clínica y es graduada en Historia por el Centro Universitario de Maringá, Cesumar. De 2020 a 2021, fue profesora de Historia en el Departamento de Educación del Estado de Mato Grosso (SEDUC). También es miembro del grupo de investigación LÊTECE y del Proyecto Regional Mato Grosso Digital Girls Extension.

GILMARA JOANOL ARNDT

Magíster en Psicología de la Universidad Federal de Santa Catarina (PPGP/UFSC), con especialidad en el área de Psicología Social y Cultura y en la línea Procesos de Subjetivación, Género y Diversidades. Es investigadora vinculada al Centro de Estudios y Acciones sobre Género, Educación, Medios y Subjetividad (NUGEMS).

MARINA BORGES GONÇALVES

Psicóloga; estudiante de maestría en Psicología de la Universidad Federal de Santa Catarina (PPGP/UFSC), con especialidad en el área de Psicología Social y Cultura y en la línea Procesos de Subjetivación, Género y Diversidades. Es investigadora vinculada al Centro de Estudios y Acciones sobre Género, Educación, Medios y Subjetividad (NUGEMS).

RAQUEL DE BARROS PINTO MIGUEL

Tiene estudios posdoctorales en la Université Panthéon-Assas, la Université Paris Diderot y la Université Paris 13 - Sorbonne Paris Cité. Es doctora en Ciencias Humanas por la Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC) Magíster y licenciada en Psicología por la UFSC. Es profesora del Departamento de Psicología de la UFSC, coordinadora del Centro de Estudios y Acciones en Género, Educación, Medios y Subjetividad (NUGEMS/UFSC) e investigadora vinculada al Laboratorio de Psicología Escolar y de la Educación (LAPEE/UFSC) y al Instituto de Estudios de Género (IEG/UFSC). También es investigadora asociada en CARISM - Centre d'Analyse et de Recherche Interdisciplinaires sur les Médias (Université Paris-Panthéon-Assas).

LUCIANA BOLAN FRIGO

Cuenta con un posdoctorado en Tecnología y Sociedad, es doctora en Ciencias de la Computación por la Université de Toulouse 1, Francia así como doctora y magíster en Inteligencia Artificial por la Universidad Federal de Santa Catarina. Cuenta con experiencia en multinacionales en los sectores de aluminio y consultoría en tecnología, así como en gestión como subcoordinadora de cursos y jefa de departamento. Es investigadora en proyectos nacionales e internacionales, consejera del programa nacional de inclusión de mujeres en tecnología Meninas Digitais de la Sociedad Brasileña de Computación. Docente en la Universidad Federal de Santa Catarina.

GISELI DUARDO MACIANO

Es doctora y magíster en Matemáticas por la Universidad Federal de Mato Grosso. Es profesora de la Secretaría de Educação del Estado de Mato Grosso y miembro del laboratorio de investigación LÊTECE.

PIERO ARTURO GAYOZZO HUAMANCHUMO

Estudiante de Ciencia Política en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, director de la Sociedad Secular Humanista del Perú y del Instituto de Estudios Transhumanistas. Autor en la revista de filosofía *Pensar* del Center For Inquiry (Nueva York) para Latinoamérica en el diario Lucidez (Perú); miembro de la Young Humanists de la Humanists International del Reino Unido, de la Asociación Peruana de Periodistas y Comunicadores de la Ciencia (Apciencia) y de la Asociación Peruana de Ateos (Aperat).

OLDA BUSTILLOS ORTEGA

Magíster y directora de la Escuela de Ingeniería Informática de la Universidad Internacional de las Américas en San José Costa Rica. Sus intereses de investigación incluyen temáticas de tecnología aplicada a la industria y educación. Es miembro de la IEEE

Computer Society y del Capítulo de Ciberseguridad del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones de Costa Rica, así como miembro honorífico de la International Academy of Social Sciences, Palm Beach, Florida.

JORGE MURILLO GAMBOA

Magíster y docente investigador de la Escuela de Ingeniería Informática de la Universidad Internacional de las Américas en San José Costa Rica. Miembro senior del Instituto de Ingenieros IEEE Computer Society. Autor de varias publicaciones, planes curriculares (ACM/IEEE IT2017) y la guía cuerpo de conocimiento IEEE Enterprise ITBOK Guide. Sus intereses incluyen charlas sobre tendencias futuras y diseño de currículos de computación con marcos de competencias para universidades y asociaciones en Latinoamérica.

JAVIER ROJAS SEGURA

Magíster y docente investigador de la Escuela de Ingeniería Informática de la Universidad Internacional de las Américas en San José Costa Rica. Sus intereses de investigación se orientan a temáticas variadas.

BRUNO FABRIZIO RÍOS VILLEGAS

Bachiller de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Lima. Actualmente trabaja en Cavali S.A. ICLV como parte del equipo de seguridad de la información. Entre sus intereses se cuenta la mejoría de la seguridad de la información de las organizaciones, la innovación tecnológica y las amenazas asociadas a esta. Tiene experiencia en la gestión de riesgos mediante la aplicación de la ISO 27001 y la concientización y capacitación en seguridad de la información para el reforzamiento de los controles organizacionales relacionados.

CARLOS MARTIN TORRES PAREDES

Magíster en Ingeniería de Sistemas con mención en Tecnologías de la Información por la Universidad César Vallejo. Ingeniero electrónico por la Universidad Ricardo Palma. Profesor en el área de tecnologías de la información de la carrera de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Lima, donde ha ejercido la docencia por más de veinte años. Cuenta con más de diez años de experiencia en plataformas de procesamiento y redes transaccionales del sector financiero y cuenta con certificaciones de la industria en redes, seguridad y ciberseguridad.

ALBERTO KAREL GUZMAN ZUMAETA

Bachiller en Ingeniería de Sistemas por la Universidad de Lima. Actualmente trabaja como analista de data acquisition en Arellano, en Lima. Anteriormente, ha tenido expe-

riencia en roles como asistente en sistemas bancarios en el Banco de la Nación de Perú y como Asistente de Desarrollo de Software en Punto Visual. Su experiencia incluye el diseño, desarrollo, pruebas y mantenimiento de software, así como la gestión de incidencias y colaboración con proveedores tecnológicos.

ALEXANDER GUEVARA FERNANDEZ

Cuenta con estudios superiores en la Universidad Católica Sedes Sapientiae y esbachiller en Ciencias con mención en Ingeniería de Sistemas. Cuenta con experiencia en programación web y redes neuronales con certificación CISCO, Trabaja como informático en el almacén de la Dirección de Redes Integradas de Salud-Lima Norte.

MARCO A. CORAL YGNACIO

Magíster en Ciencias e Ingeniería de Sistemas y Computación y candidato a doctor en Ingeniería de Sistemas por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, experto en temas de transformación digital en universidades, ha sido responsable técnico del proyecto Cero Papel en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, trabajando con Sistemas de Gestión documentaria con firma digital, implementación de documentos digitales tales como grados, títulos y otros, integración de sistemas y generación de servicios para la universidad. Ha sido jefe de la Unidad de Tecnología Educativa, jefe de la Unidad de Servidores y Sistemas de Información de la Red Telemática-UNMSM y Jefe de la Oficina de Calidad y Acreditación Académica de la FISI-UNMSM responsable de la Acreditación de los programas de posgrado e implementación de la norma ISO 9001:2015. Es investigador en temas de transformación digital con publicaciones en revistas científicas y evaluador de proyectos de innovación tecnológica para Concytec.

MAURICIO CISNEROS

Estudiante de décimo ciclo de Ingeniería de Sistemas, con especialización en Ingeniería de Software, en la Universidad de Lima. Se interesa en temas de ciencias en la computación, física, computación cuántica y tecnologías emergentes.

JAVIER OLAZÁBAL

Estudiante de décimo ciclo de Ingeniería de Sistemas en la Universidad de Lima, Perú. Se inclina por la especialización en Ingeniería de Software. Se interesa en temas de ciencias en la computación, estructuras de datos y algoritmos, computación cuántica y lenguajes de programación.

POLÍTICA EDITORIAL

ENFOQUE Y ALCANCE

Interfases es una revista digital, gestionada por la Universidad de Lima, para la publicación de investigaciones originales en áreas temáticas relacionadas con la ciencia de la computación, ingeniería del software, sistemas de información, tecnologías de información, ciberseguridad, ciencia de datos y áreas afines. Se publican artículos científicos y avances de investigación, siempre que cumplan con el proceso de revisión por pares. La revista Interfases está indizada en CrossRef, Dialnet, Latindex y DOAJ: Directory of Open Access Journals, y se publica dos veces al año: la primera en julio y la segunda en diciembre. Sin embargo, a partir de julio del 2021, los manuscritos individuales se publicarán tan pronto como estén listos, añadiéndolos progresivamente al contenido de la edición en curso en la modalidad de publicación continua. Los artículos en publicación continua siguen el proceso de revisión por pares, y ya se pueden citar utilizando el año de publicación y el DOI.

PROCESO DE REVISIÓN POR PARES

Los manuscritos originales e inéditos enviados a la revista Interfases siguen un proceso de evaluación en dos etapas. En la primera, el editor examina el contenido para determinar si el manuscrito está alineado con el alcance y si los autores han seguido las directrices. Si el manuscrito no es aceptado, se devuelve al autor con el detalle de las razones que motivan la decisión tomada por el editor.

Si el manuscrito es aceptado, el editor envía el trabajo a revisores externos expertos en el tema de investigación. Esta segunda evaluación corresponde a una revisión por pares doble ciego, donde el autor y los revisores son anónimos.

El revisor evalúa el contenido del manuscrito y, basándose en su experiencia y conocimiento, adopta una de las siguientes recomendaciones:

1. El manuscrito es aceptado sin cambios o con cambios mínimos.

2. El manuscrito se acepta, a condición de realizar cambios importantes, de acuerdo con las observaciones del revisor. La versión corregida del manuscrito debe ser aprobada en una segunda revisión.
3. El manuscrito no se acepta por las contribuciones limitadas del estudio u otras consideraciones informadas por el revisor.

Con base en los comentarios de los revisores, el editor informa la decisión al autor correspondiente, quien tiene hasta 30 días para realizar los cambios al manuscrito (recomendaciones 1 y 2) o argumentar por qué no se acepta (recomendación 3).

Una vez que los revisores reciben el manuscrito corregido, tienen hasta 20 días para informar el resultado de la nueva evaluación; posteriormente, emiten su recomendación final. Una vez que el editor recibe la segunda ronda de revisiones, toma una decisión para publicar el manuscrito y luego se le notifica al autor correspondiente.

Cualquier objeción del autor respecto de la decisión del editor o hacia los comentarios de los revisores será resuelta por el Comité Editorial como instancia final.

La revista se adhiere a los criterios establecidos por el Guidelines on Good Publication Practice del Committee on Publication Ethics (COPE), el cual establece las sanciones

DIRECTRICES PARA AUTORES/AS

ENVÍO DEL MANUSCRITO

Interfases publica tres tipos de artículos: trabajos de investigación (hasta 5000 palabras), avances en investigación (hasta 2800 palabras) y revisiones (hasta 1500 palabras).

Todos los artículos se envían del mismo modo. Una vez que el editor verifique que el contenido del manuscrito pertenece al ámbito de Interfases, lo remitirá a un proceso de revisión por pares. Este proceso (compuesto de dos rondas) toma aproximadamente 2-3 meses, pero este tiempo podría extenderse, dependiendo de la complejidad del manuscrito.

Los manuscritos enviados a Interfases no deben haberse publicado previamente ni estar en consideración para su publicación en otra revista.

Página del título

La página del título debe incluir:

- Un título conciso e informativo (hasta 30 palabras).
- El nombre completo de cada autor, incluyendo la afiliación institucional, la dirección de correo electrónico y el código ORCID.
- Resumen de 200-250 palabras. El resumen debe indicar la naturaleza y contribución del estudio. Evite las abreviaturas no definidas, las ecuaciones matemáticas o las referencias bibliográficas en el texto del resumen.
- Palabras clave (3-5) separadas por comas. Las palabras clave deben tomarse de la taxonomía de la IEEE Computer Society: <https://www.computer.org/digital-library/journals/sc/tsc-taxonomy-list>

Texto

Los trabajos enviados deben haber sido redactados en un documento Word (.doc o .docx), y aquellos aceptados para ser publicados deben usar la plantilla de Interfases LATEX que estará disponible pronto.

Al redactar el manuscrito, es necesario usar la opción de numeración automática para enumerar las páginas. Por favor, evite el uso de funciones de campo. Para hacer tablas, utilice la función de tabla, no coloque una hoja de cálculo pegada. Si escribe su manuscrito con Word, use el editor de ecuaciones o MathType para las ecuaciones.

Tablas

Las tablas son el núcleo de los nuevos hallazgos reportados en la corriente principal de la ciencia, por lo tanto, incluya las tablas que considere estrictamente necesarias. Todas las tablas se enumeran utilizando números arábigos (por ejemplo, Tabla 1, Tabla 2, ...) e incluyen un título que detalla la relevancia de los datos presentados.

Las tablas se mencionan en el orden en que aparecen en el manuscrito. Además del número, el título y los datos, las tablas pueden incluir una nota para detallar la fuente de información, así como explicaciones adicionales que no están incluidas en el manuscrito.

Abreviaturas

Use abreviaturas solo si son necesarias para mejorar la legibilidad de su documento. Debe definir cada abreviatura en la primera mención, para después usarla de manera consistente.

Conclusiones

Recuerde que las conclusiones no son la versión narrativa y textual de las tablas incluidas en la sección Resultados. Por el contrario, las conclusiones reseñan y sintetizan los principales argumentos del artículo. Las conclusiones se extraen de los hallazgos y proporcionan una respuesta adecuada a la pregunta de investigación. Además, las conclusiones incluyen las limitaciones del estudio y sugieren nuevas preguntas y aplicaciones para futuros estudios.

Referencias

Las citas y las referencias deberán indicarse de acuerdo con las normas APA. Según la norma señalada, las referencias, enlistadas al final de la publicación, se realizarán de la siguiente forma:

Libros

Apellido del (los) autor(es), letra inicial del nombre del (los) autor(es). (Año de la publicación). Título del libro (en cursiva), (número de la edición). Nombre de la editorial.

Artículos de revistas o capítulos de un libro

Apellido del (los) autor(es), letra inicial del nombre del (los) autor(es). (Año de publicación). Título del artículo o el capítulo. Nombre de la revista o el libro (en cursiva), número de la revista (en cursiva), páginas en las que se encuentra el artículo o el capítulo.

Libros electrónicos

Apellido del (los) autor(es), letra inicial del nombre del (los) autor(es). (Año de publicación). Título del texto electrónico (en cursiva). Recuperado de <http://...> (dirección web).

Artículos de revistas electrónicas

Apellido del (los) autor(es), letra inicial del nombre del (los) autor(es). (Año de publicación). Título del artículo. Nombre de la revista (en cursiva), páginas en las que se encuentra el artículo. Recuperado de <http://...> (dirección web).

Ponencias en congresos o simposios

Apellido del (los) expositor(es), letra inicial del nombre del (los) autor(es). (Año, [indicar día] de [indicar mes]). Título de la ponencia [en cursiva]. Conferencia presentada en el [nombre del evento]. Recuperado de <http://...> [dirección web].

Material suplementario electrónico

Los autores pueden incluir archivos de texto (incluyendo tablas y figuras) y hojas de cálculo como material complementario. Sin embargo, para datos de investigación, es recomendable archivarlos en repositorios de datos. Para el código de software, los autores pueden usar plataformas como GitHub o similares.

Si los originales contienen fotografías o reproducciones de obras pictóricas, estas se entregarán aparte en archivos TIFF o JPG, con 300 píxeles de resolución (dpi). Si contienen gráficos, cuadros, dibujos, flujogramas u otros elementos, estos deben entregarse igualmente en un archivo aparte y en el programa original en que fueron creados (por ejemplo: Excel, Illustrator, etcétera).

Lista preliminar para la preparación de envíos

Los artículos deberán respetar el siguiente formato:

- Página A4.
- Título del artículo, centrado en negrita, con letra Times New Roman de doce puntos.
- Títulos del texto, centrados en negrita, con letra Times New Roman de doce puntos, dejando dos líneas en blanco antes del párrafo.

- Texto del cuerpo con letra Times New Roman de doce puntos, con espacio y medio de interlineado.

Declaración de privacidad

Los nombres y las direcciones de correo electrónico introducidos en esta revista se usarán exclusivamente para los fines establecidos en ella y no se proporcionarán a terceros o para su uso con otros fines.



UNIVERSIDAD
DE LIMA