



ISSN: 1646-9895

Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información

S e t e m b r o 2 1 • S e p t e m b e r 2 1



©RISTI 2021 <http://www.risti.xyz>

Nº 43

Edição / Edición

Nº 43, 09/2021

Tiragem / Tirage: 1000

Preço por número / Precio por número: 17,5€

Subscrição anual / Suscripción anual: 30€ (2 números)

ISSN: 1646-9895

Depósito legal:

Indexação / Indexación

Academic Journals Database, CiteFactor, Dialnet, DOAJ, DOI, EBSCO, GALE, IndexCopernicus, Index of Information Systems Journals, ISI Web of Knowledge, Latindex, ProQuest, QUALIS, SciELO, SCImago, Scopus, SIS, Ulrich's.

Publicação / Publicación

RISTI – Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação

Rua Pedro Álvares Cabral 520 - 2º Esq. Nasc., 4435-386 Rio Tinto, Portugal

E-mail: aistic@gmail.com

Web: <http://www.risti.xyz>

Director

Álvaro Rocha, Universidade de Lisboa, PT

Coordenadores da Edição / Coordinadores de la Edición

João Emílio de Almeida, ISTEC e Universidade do Porto, Portugal

Conselho Editorial / Consejo Editorial

A. Augusto Sousa, FEUP, Universidade do Porto, PT

Abel Méndez Porras, Instituto Tecnológico de Costa Rica, CR

Abel Suing, Universidad Técnica Particular de Loja, EC

Adolfo Lozano-Tello, Universidad de Extremadura, ES

Adrián Hiebra Pardo, Universidad de Santiago de Compostela, ES

Alberto Fernández, Universidad Rey Juan Carlos, ES

Alberto Freitas, FMUP, Universidade do Porto, PT

Alcinia Zita Sampaio, IST, Universidade de Lisboa, PT

Alejandro Peña, Escuela de Ingeniería de Antioquia, CO

Alexandre L'Erario, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, BR

Alicia García-Holgado, Universidad de Salamanca, ES

Alma Gomez-Rodríguez, Universidade de Vigo, ES

Ana Amélia Carvalho, Universidade de Coimbra, PT

Ana Beatriz Blanco-Ariza, Universidad Simón Bolívar, CO

Ana Isabel Veloso, Universidade de Aveiro, PT

Ana Maria Correia, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa, PT

Ana Paula Afonso, Instituto Politécnico do Porto, PT

Anabela Mesquita, Instituto Politécnico do Porto, PT

Anacleto Correia, Escola Naval, PT

Angelica Caro, Universidad del Bío-Bío, CL

Ana Calvão, Universidade de Aveiro, PT

Ana Carla Amaro, Universidade de Aveiro, PT

Ana Melro, Universidade de Aveiro, PT

Ania Cravero, Universidad de La Frontera, CL

Aníbal Zaldivar-Colado, Universidad Autonoma de Sinaloa, MX

António Abreu, ISCAP, Politécnico do Porto, PT

António Coelho, FEUP, Universidade do Porto, PT

Antonio Fernández-Caballero, Universidad de Castilla-La Mancha, ES
António Godinho, ISLA-Gaia, PT
Antonio Jesus Garcia Loureiro, Universidad de Santiago de Compostela, ES
Antonio Jiménez-Martín, Universidad Politécnica de Madrid, ES
António Palma dos Reis, ISEG, Universidade de Lisboa, PT
António Pereira, Instituto Politécnico de Leiria, PT
Armando Mendes, Universidade dos Açores, PT
Arnaldo Martins, Universidade de Aveiro, PT
Arturo J. Méndez, Universidad de Vigo, ES
August Climent Ferrer, La Salle Open University, AD
Baltasar García Perez-Schofield, Universidad de Vigo, ES
Beatriz Rodríguez, Universidad de la Republica, UY
Beatriz Sainz de Abajo, Universidad de Valladolid, ES
Bernabé Escobar-Pérez, Universidad de Sevilla, ES
Borga Bordel, Universidad Politécnica de Madrid, ES
Bráulio Alturas, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT
Brenda L. Flores-Rios, Universidad Autónoma de Baja California, MX
Carlos Alexandre Silva, Instituto Federal de Minas Gerais, PT
Carlos Carreto, Instituto Politécnico da Guarda, PT
Carlos Morais, Instituto Politécnico de Bragança, PT
Carlos Regalao Noriega, Universidad Simón Bolívar, CO
Carlos Vaz de Carvalho, Instituto Politécnico do Porto, PT
Carmen Galvez, Universidad de Granada, ES
Carlos Rabadão, Politécnico de Leiria, PT
Carlos Rompante Cunha, Politécnico de Bragança, PT
Cesar Colazzos, Universidad del Cauca, CO
Ciro Martins, Universidade de Aveiro, PT
Cristina M.R. Caridade, ISEC, Politécnico de Coimbra, PT
Dalila Durães, Universidade do Minho, PT
Daniel Polónia, Universidade de Aveiro, PT
Daniel Riesco, Universidad Nacional de San Luis, AR
Dante Carrizo, Universidad de Atacama, CL
David Fonseca, Universitat Ramon Llull, ES
David Ramos Valcarcel, Universidad de Vigo, ES

Diana Cecilia Yacchirema Vargas, Escuela Politécnica Nacional, EC
Dora Simões, Universidade de Aveiro, PT
Edna Dias Canedo, Universidade de Brasília, BR
Eduardo Amadeu Dutra Moresi, Universidade Católica de Brasília, BR
Eduardo Sánchez Vila, Universidad de Santiago de Compostela, ES
Edwin Juvenal Cedeño Herrera, Universidad de Panamá, PA
Enric Mor, Universitat Oberta de Catalunya, ES
Eusébio Ferreira da Costa, Escola Superior de Tecnologias de Fafe, PT
Eva Villegas, La Salle - Universitat Ramon Llull, ES
Fábio Marques, Universidade de Aveiro, PT
Fernando Bandeira, Universidade Fernando Pessoa, PT
Fernando Bobillo, Universidad de Zaragoza, ES
Fernando Moreira, Universidade Portucalense, PT
Fernando Paulo Belfo, ISCAC, Politécnico de Coimbra, PT
Fernando Ribeiro, Politécnico de Castelo Branco, PT
Fernando Suárez, CPEIG, ES
Filipe Caldeira, Politécnico de Viseu, PT
Filipe Montargil, Politécnico de Lisboa, PT
Filipe Portela, Universiade do Minho, PT
Flor de María Sánchez Aguirre, Universidad César Vallejo, PE
Francisca Rosique Contreras, Universidad Politécnica de Cartagena, ES
Francisco Arcega, Universidad de Zaragoza, ES
Francisco Javier Lena-Acebo, Universidad de Cantabria, ES
Francisco Restivo, Universidade Católica Portuguesa, PT
Franyelit Suarez, Universidad de las Américas, EC
Gabriel Alberto García-Mireles, Universidad de Sonora, MX
Gabriel Guerrero-Contreras, Universidade de Cádiz, ES
Gerardo Gonzalez Filgueira, Universidad da Coruña, ES
Gladys Tenesaca Luna, Universidad Técnica Particular de Loja, EC
Gloria Maritza Valencia Vivas, Universidad de las Fuerzas Armadas, EC
Gloria Piedad Gasca-Hurtado, Universidad de Medellín, CO
Guilhermina Lobato Miranda, Universidade de Lisboa, PT
Hélder Gomes, Universidade de Aveiro, PT

Hélder Zagalo, Universidade de Aveiro, PT
Hélia Guerra, Universidade dos Açores, PT
Henrique S. Mamede, Universidade Aberta, PT
Higino Ramos, Universidad de Salamanca, ES
Inês Domingues, CI-IPOP, PT
Inés López, Universidad de Alcalá, ES
Isabel de la Torre, University of Valladolid, ES
Isabel Pedrosa, Instituto Politécnico de Coimbra, PT
Isidro Calvo, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), ES
Isidro Navarro, Universidad Politécnica de Cataluña, ES
Ismael Etxeberría-Agiriano, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), ES
Ivaldir de Farias Junior, Universidade de Pernambuco, BR
Ivan Garcia, Universidad Tecnológica de la Mixteca, MX
João Paulo Ferreira, ISEC, Politécnico de Coimbra, PT
João Reis, Universidade de Aveiro, PT
João Roberto de Toledo Quadro, CEFET/RJ, BR
Jacinto Estima, Universidade Europeia, PT
Javier Garcia Tobio, CESGA-Centro de Supercomputacion de Galicia, ES
Javier Medina, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, CO
Jeimy Cano, Universidad de los Andes, CO
Jezreel Mejia, Centro de Investigación en Matemática (CIMAT), MX
João Balsa, FC, Universidade de Lisboa, PT
João Paulo Costa, Universidade de Coimbra, PT
João Tavares, FEUP, Universidade do Porto, PT
João Vidal de Carvalho, ISCAP, Politécnico do Porto, PT
Joaquim Reis, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT
Jorge Bernardino, ISEC, Politécnico de Coimbra, PT
Jorge Buele, Universidad Tecnológica Indoamérica, EC
Jorge Eduardo Ibarra-Esquer, Universidad Autónoma de Baja California, MX
Jorge da Silva Correia-Neto, Universidade Federal Rural de Pernambuco, BR
Jose Alfonso Aguilar, Universidad Autonoma de Sinaloa, MX
José Alvarez-Garcia, Universidad de Extremadura, ES
José Borbinha, IST, Universidade de Lisboa, PT

José Carlos Ribeiro, Politécnico de Leiria, PT
José Cascalho, Universidade dos Açores, PT
José Felipe Cocón Juárez, Universidad Autónoma del Carmen, MX
José Luís Pereira, Universidade do Minho, PT
José Luís Silva, Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL), PT
José Paulo Lousado, Instituto Politécnico de Viseu, PT
José Luis Pestrana Brincones, Universidad de Málaga, ES
Jose M Molina, Universidad Carlos III de Madrid, ES
José Machado, Universidade do Minho, PT
Jose Maria de Fuentes, Universidad Carlos III de Madrid, ES
Jose R. R. Viqueira, Universidade de Santiago de Compostela, ES
José Silvestre Silva, Academia Militar, PT
José Torres, Universidade Fernando Pessoa, PT
Josep M. Marco-Simó, Universitat Oberta de Catalunya, ES
Juan Angel Contreras Vas, Universidad de Extremadura, ES
Juan D'Amato, PLADEMA-UNCPBA-CONICET, AR
Juan M. Santos Gago, Universidad de Vigo, ES
Jugurta Lisboa-Filho, Universidade Federal de Viçosa, BR
Klinge Orlando Villalba-Condori, Universidad Católica de Santa María, PE
Leila Weitzel, Universidade Federal Fluminense, BR
Leonardo Bermon, Universidad Nacional de Colombia, CO
Leticia Morales Trujillo, Universidad de Sevilla, ES
Lilia Muñoz, Univerrsidad Tecnológica de Panamá, PA
Lucila Ishitani, PUC Minas, BR
Lucila Romero, Universidad Nacional del Litoral, AR
Luis Alvarez Sabucedo, Universidad de Vigo, ES
Luís Bruno, Instituto Politécnico de Beja, PT
Luis Camarinha-Matos, Universidade Nova de Lisboa, PT
Luís Cavique, Universidade Aberta, PT
Luis Chamba Eras, Universidad Nacional de Loja, EC
Luis Enrique Sánchez Crespo, Universidad de Castilla-La Mancha, ES
Luis Fernández Sanz, Universidad de Alcalá, ES
Luís Ferreira, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave, PT

Luis Vilán-Crespo, Universidad de Vigo, ES
Luis Maria Romero-Moreno, Universidad de Sevilla, ES
Luisa Miranda, Instituto Politécnico de Bragança, PT
Lus Sussy Bayona Ore, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, PE
Luz María Hernández Cruz, Universidad Autónoma de Campeche, MX
Magdalena Arcilla Cobián, Universidade Nacional de Educação a Distancia, ES
Manuel Fernández-Veiga, Universidad de Vigo, ES
Manuel Jose Fernandez Iglesias, Universidad de Vigo, ES
Marcelo Marciszack, Universidad Tecnológica Nacional, AR
Marcelo de Paiva Guimarães, Universidade Federal de São Paulo, BR
Marcelo Zambrano Vizuite, Universidad Tecnica Del Norte, EC
Marco Javier Suarez Barón, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, CO
Marco Painho, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa, PT
Margarita Ramirez Ramirez, Universidad Autonoma de Baja California, MX
Maria Amelia Eliseu, Mackenzie Presbyterian University, BR
Maria Cristina Marcelino Bento, UNIFATEA, BR
María de la Cruz del Río-Rama, Universidad de Vigo, ES
Maria de los Milagros Gutierrez, Universidad Tecnológica Nacional, AR
María del Mar Miras Rodriguez, Universidad de Sevilla, ES
Maria do Rosário Bernardo, Universidade Aberta, BR
Maria Hallo, Escuela Politécnica Nacional, EC
Maria Helena Garcia Ruiz, Universidad de Cantabria, ES
María J. Lado, Universidad de Vigo, ES
Maria João Ferreira, Universidade Portucalense, PT
Maria João Gomes, Universidade do Minho, PT
Maria José Angélico, Instituto Politécnico do Porto, PT
Maria José Escalona, Universidad de Sevilla, ES
Maria José Sousa, Universidade Europeia, PT
Mario Chacón-Rivas, Instituto Tecnológico de Costa Rica, CR
Mario José Diván, Universidad Nacional de La Pampa, AR
Marisol B. Correia, Universidade do Algarve, PT
Maristela Holanda, Universidade de Brasília, BR
Martín Llamas Nistal, Universidad de Vigo, ES

Martín López Nores, Universidad de Vigo, ES
Matías García Rivera, Universidad de Vigo, ES
Mercedes Ruiz, Universidad de Cádiz, ES
Miguel A. Brito, Universidade do Minho, PT
Miguel Ángel Conde, Univesidad de León, ES
Miguel Angel Olivero Gonzalez, Universidad de Sevilla, ES
Miguel Bugalho, Universidade Europeia, PT
Miguel Casquilho, IST, Universidade de Lisboa, PT
Miguel Ramón González Castro, Ence, Energía y Celulosa, ES
Mirna Ariadna Muñoz Mata, Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT), MX
Nelson Rocha, Universidade de Aveiro, PT
Nuno Lau, Universidade de Aveiro, PT
Nuno Melão, Politécnico de Viseu, PT
Nuno Ribeiro, Universidade Fernando Pessoa, PT
Oscar Mealha, Universidade de Aveiro, PT
Patricia Dias, Universidade do estado de Minas Gerais, BR
Patrícia Oliveira, Universidade de Aveiro, PT
Paula Prata, Universidade da Beira Interior, PT
Paulo Martins, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, PT
Paulo Pinto, FCT, Universidade Nova de Lisboa, PT
Paulo Rurato, Universidade Fernando Pessoa, PT
Paulo Urbano, FC, Universidade de Lisboa, PT
Pedro Araújo, Universidade da Beira Interior, PT
Pedro Palos, Universidad de Sevilla, ES
Pedro Sanz Angulo, Universidad de Valladolid, ES
Pedro Sobral, Universidade Fernando Pessoa, PT
Pedro Sousa, Universidade do Minho, PT
Pilar Mareca Lopez, Universidad Politécnica de Madrid, ES
Ramiro Delgado, Universidad de las Fuerzas Armadas, EC
Ramon Alcarria, Universidad Politécnica de Madrid, ES
Raul Laureano, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT
Renato Maurício Toasa Guachi, Universidad Tecnológica Israel, EC
Rene Faruk Garzozzi-Pincay, Universidad Estatal Península de Santa Elena, EC

Ricardo Andrés García León, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, MX
Ricardo J. Rodríguez, Universidad de Zaragoza, ES
Ricardo Linden, FSMA, BR
Rita Oliveira, Universidade de Aveiro, PT
Rita Santos, Universidade de Aveiro, PT
Robero Marichal, Universidad de La Laguna, ES
Roberto Theron, Universidad de Salamanca, ES
Rodolfo Miranda Barros, Universidade Estadual de Londrina, BR
Román Lara, Universidad de las Fuerzas Armadas, EC
Rubén González Crespo, Universidad Internacional de La Rioja, ES
Rui Cruz, IST, Universidade de Lisboa, PT
Rui José, Universidade do Minho, PT
Rui Pedro Marques, Universidade de Aveiro, PT
Rui S. Moreira, Universidade Fernando Pessoa, PT
Samuel Sepúlveda, Universidad de La Frontera, CL
Santiago Gonzales Sánchez, Universidad Inca Garcilaso de la Vega, PE
Sara Balderas-Díaz, Universidad de Cádiz, ES
Saulo Barbara de Oliveira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR
Sérgio F. Lopes, Universidade do Minho, PT
Sergio Araya Guzmán, Universidad del Bío-Bío, CL
Sergio Gálvez Rojas, Universidad de Málaga, ES
Sérgio Guerreiro, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, PT
Silvia Fernandes, Universidade do Algarve, PT
Solange N Alves de Souza, Universidade de São Paulo, BR
Telmo Silva, Universidade de Aveiro, PT
Teresa Guarda, Universidad Estatal Península de Santa Elena, EC
Tomas San Feliu, Universidad Politecnica de Madrid, ES
Thiago Dias, CEFET-MG, BR
Valéria Farinazzo Martins, Universidade Presbiteriana Mackenzie, BR
Vera Pospelova, Universidad de Alcalá, ES
Verónica Vasconcelos, ISEC, Politécnico de Coimbra, PT
Vicente Morales, Universidad Técnica de Ambato, EC
Victor Flores, Universidad Católica del Norte, CL

Víctor H. Andaluz, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, EC

Victor Hugo Medina Garcia, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, CO

Vitor Carvalho, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave, PT

Vitor Santos, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa, PT

Wagner Tanaka Botelho, Universidade Federal do ABC, BR

Índice / Index

EDITORIAL

Cibersegurança: da prevenção do risco à gestão de incidentes	1
--	---

oão Emílio de Almeida

ARTIGOS / ARTICULOS / ARTICLES

Aplicação das Redes Neurais Artificiais para classificação das operações de perfuração: O caso de poços deepwater de Exploração e Produção.....	5
---	---

Valter Chaile, Sergio Moro, Aristides Carneiro, Ricardo F. Ramos

Rendimiento académico y patrones de uso del campus virtual: Un estudio de caso controlado.....	21
--	----

M. Covadonga de la Iglesia Villasol

Análisis para la implementación de la tecnología 5g basados en el modelo GSMA y su interacción con el internet de las cosas en Ecuador	38
--	----

Narda Ortiz Campos, Juan Casierra Cavada

Facilitadores, barreras y recomendaciones sobre el uso de las Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación por adultos con parálisis cerebral en Brasil	55
--	----

Iván Carlos Curioso-Vílchez

Aceitação do Aviso de <i>cookies</i> e criação de publicidade direcionada: uma decisão consciente ou falta de informação?	75
---	----

Manuel Batista, Adriana Fernandes, André Sabino, Lilian Ponzio Ribeiro

Sistema de Visão Computacional para Identificação Automática de Potenciais Focos do Mosquito <i>Aedes aegypti</i> Usando Drones	93
---	----

Gustavo A. Lima, Rafael O. Cotrin, Peterson A. Belan, Sidnei A. de Araújo

Cibersegurança: da prevenção do risco à gestão de incidentes

Cybersecurity: from risk prevention to incident management

João Emílio de Almeida^{1, 2}

joaoalmeoda@my.istec.pt

¹ ISTEC Porto, Centro de Investigação em Tecnologias Avançadas (CITECA), Rua Dr. Lopo de Carvalho, 70, 4350-162 Porto, Portugal.

² Universidade do Porto, Laboratório de Inteligência Artificial e Ciência da Computação (LIACC), Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto, Portugal.

DOI: 10.17013/risti.43.1-4

1. Introdução

Não é de hoje a preocupação com a segurança dos sistemas informáticos. Com a criação dos primeiros computadores surgiram os ataques cibernéticos mais variados. Desde os anos 80, pelo menos, que os vírus informáticos são transmitidos de computador para computador. No início eram as disquetes. Depois vieram os CDs, DVDs e as “pendrives”. Com o advento da internet e do e-mail, a sua difusão aumentou e expandiu-se a todo o mundo. Ainda antes da terrível pandemia provocada pelo vírus SARS-CoV-2, que a todos nos afeta, já os vírus informáticos nos andavam a complicar a vida: aos utilizadores, administradores de sistemas, responsáveis e gestores em todos os níveis hierárquicos das mais diversas organizações.

Como acontece com todos os riscos que não podem ser eliminados, resta a prevenção e a mitigação. Os ataques informáticos são cada vez mais sofisticados, difíceis de detetar e combater. No livro “Big Breaches”, recentemente publicado, Neil Daswani (co-diretor do Advanced Cyber Security Program de Standford) e Moudy Elbayadi (consultor de segurança em empresas multinacionais) alertam para os custos astronómicos que as falhas e ataques de segurança têm atingido. Os alvos já não são apenas as empresas ou particulares, mas organizações governamentais e até países. O famoso caso das eleições

presidenciais de 2016 eleva os incidentes cibernéticos à categoria de ciberterrorismo e ataque militar, conduzidos de forma discreta e sub-reptícia por países contra outros países.

O uso da informação como arma já vem de longe, não é novidade. Os incríveis avanços tecnológicos têm trazido, como consequência, um crescente aumento do valor da informação e da importância da detenção das técnicas mais avançadas para o seu controle. Os EUA, líderes neste domínio, já há décadas que se dedicam a espionar e a registrar todas as comunicações e transferências de dados digitais a que conseguem aceder. A agência responsável pela espionagem das telecomunicações, a NSA (National Security Agency), durante muitos anos teve a sua existência negada pelas próprias entidades oficiais. Chegou a ser ironicamente denominada por No Such Agency.

Nas várias guerras do Golfo, a utilização de técnicas cibernéticas para anular os sistemas informáticos do inimigo, por exemplo, os sistemas de defesa anti-aéreos, foram fundamentais para o sucesso das forças aliadas. Hoje, a dimensão da guerra cibernética atinge um patamar muito mais elevado, com a destruição de satélites, interferências em sistemas vitais (distribuição de eletricidade e água, centrais nucleares, etc.). Não é segredo que países como a Coreia do Norte e a China, a par da Rússia, têm efetuado ataques cibernéticos a redes norte-americanas. Embora não o confirmem oficialmente, há um grande investimento em tecnologias para ataque e defesa das instalações cibernéticas.

Também ao nível das empresas, os ataques consistem no roubo de informação, ou então no seu sequestro, como é o caso do “*ransomware*”. É praticamente impossível ficar imune a estes ataques. Resta aumentar as defesas, antecipar os ataques e gerir as crises o melhor possível.

A Inteligência Artificial é uma arma que tem sido utilizada na prevenção e na defesa aos ataques cibernéticos. Antecipando possíveis falhas, colmatando vulnerabilidades e tentando ultrapassar os danos causados, de forma automática, para que as interrupções de comunicações, a recuperação dos dados e o restabelecimento de serviços sejam feitos o mais rapidamente possível, minimizando prejuízos e reduzindo os tempos de inatividade. Como se diz no mundo do espetáculo “*the show must go on!*”.

Cabe a cada um de nós, como utilizador, desenvolvedor ou administrador de sistema (possivelmente desempenhando estas três funções cumulativamente), adotar as medidas preventivas, as boas práticas recomendadas, estar atento às vulnerabilidades que vão aparecendo e atuar imediatamente sempre que alguma brecha ou ataque sejam detetados.

Para esta edição foram selecionados seis artigos para publicação nesta edição da RISTI, depois de devidamente escrutinados pelos membros do comité científico.

Foram submetidos pelos autores um total de 146 artigos, sob a temática dos sistemas e tecnologias de informação, o que corresponde a uma apertadíssima e exigentíssima taxa de aceitação de 4,1%.

2. Estrutura

O primeiro artigo, com o título *“Aplicação das Redes Neurais Artificiais para classificação das operações de perfuração: O caso de poços deepwater de Exploração e Produção”* apresenta dois procedimentos independentes para identificar o melhor modelo de NPT (Non-Productive Time) e PT (Productive Time) aplicados aos processos de perfuração de poços de petróleo localizados a grande profundidade. As conclusões apontam o modelo Multi-layer Perceptron (MLP) como o melhor modelo. O sistema de classificação pode ser utilizado para produzir um relatório preciso e detalhado sobre as atividades realizadas durante a perfuração de um poço. Os resultados apresentados permitem concluir que os relatórios diários de perfuração representam uma fonte rica de informação e podem ser utilizados para melhorar o processo de construção de poços de petróleo.

O segundo artigo, com o título *“Rendimiento académico y patrones de uso del campus virtual: Un estudio de caso controlado”* apresenta a análise de dados recolhidos a partir de plataformas de ensino recorrendo a tecnologias digitais, para apoio ao professor. O objetivo deste estudo consistiu em utilizar os registos das ferramentas digitais para apoio ao ensino, num caso controlado, com o mesmo professor, mesma área de conhecimento e metodologia docente, mas cursos diferentes, se existem diferenças no comportamento dos estudantes, no que se refere a rendimento académico, consoante o género, ano do curso e acesso aos recursos digitais. Os resultados obtidos apontam para que os alunos do primeiro ano tenham um comportamento mais polarizado e com maiores diferenças; as estudantes são mais ativas digitalmente, havendo uma relação mais positiva entre qualificações e atividade digital nos estudantes do quarto ano. A análise dos dados agrupados confirma as diferenças dos alunos nos diferentes cursos, condicionado ao uso e desempenho digital.

O terceiro artigo, cujo título é *“Análisis para la implementación de la tecnología 5g basados en el modelo GSMA y su interacción con el internet de las cosas en Ecuador”*. Neste estudo, foi analisada a opção de implantação a ser seguida pelas operadoras móveis do Equador para a implantação da tecnologia 5G baseada no modelo GSMA e sua interação com a Internet das Coisas (IoT). Apresenta uma pesquisa sistemática da literatura, em que foram utilizadas quatro perguntas com o objetivo de analisar a implementação da tecnologia 5G e a sua interação com a IoT. As conclusões apontam que ainda existe um caminho a percorrer no Equador para as operadoras procederem à transição para a tecnologia 5G e a implementação da IoT ligada às cidades inteligentes (smart cities).

O quarto artigo, com o título *“Facilitadores, barreras y recomendaciones sobre el uso de las Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación por adultos con parálisis cerebral en Brasil”* aborda o tema do uso das tecnologias de informação e comunicação (TIC) para melhorar a qualidade de vida dos adultos com limitações físicas, em particular com paralisia cerebral. A partir de doze entrevistas a pessoas do sul do estado de São Paulo, Brasil, são indicadas as facilidades e benefícios que as TIC

apresentam para as pessoas com paralisia cerebral, concluindo com recomendações para melhorias a introduzir em futuros desenvolvimentos da TIC que facilita ainda mais a o dia a dia destas pessoas.

O quinto artigo, com o título “*Aceitação do Aviso de cookies e criação de publicidade direcionada: uma decisão consciente ou falta de informação?*” enquadra-se plenamente nas preocupações expressas no editorial desta revista: aborda o tema da segurança na navegação na Internet, associado à recolha de dados personalizados dos utilizadores, através de “cookies”. Apesar do Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados (RGPD) que foi aprovado pelo Parlamento Europeu, ainda existe falta de informação e de formação dos utilizadores em relação a este assunto. O artigo publica os resultados obtidos através de um inquérito a 242 utilizadores em Portugal.

O sexto artigo, com o título “*Sistema de Visão Computacional para Identificação Automática de Potenciais Focos do Mosquito Aedes aegypti Usando Drones*” apresenta um sistema de visão computacional (SVC), através de imagens recolhidas a partir de um drone, para identificação de potenciais focos do mosquito *Aedes aegypti* que se encontra associado à transmissão de doenças como o dengue, chikungunya e zika. Através de uma rede neuronal do tipo CNN, são apresentados resultados mais precisos quando comparados com outros encontrados na literatura. Este sistema poderá trazer melhorias aos programas de prevenção e combate de fontes de reprodução de mosquitos, com a utilização de drones e SVC, ao providenciar dados mais fidedignos com uma maior taxa de acerto. Trata-se também de uma área importante da segurança, neste caso, associada à saúde pública.

3. Agradecimentos

Esta introdução termina agradecendo a todos os autores e membros do conselho científico e editorial que participaram no processo de revisão dos artigos que compõem esta edição, desejando que este número de RISTI seja mais um contributo para a transição digital, em que a tecnologia é colocada ao serviço da humanidade e da paz, para o progresso e desenvolvimento harmonioso da sociedade.

Um agradecimento especial às Bases de Dados de Revistas Académicas como CiteFactor, Dialnet, DOAJ, DOI, EBSCO, GALE, IndexCopernicus, Index of Information Systems Journals, ISI Web of Knowledge, Latindex, ProQuest, QUALIS, SciELO, SCImago y Scopus, entidades que contribuem para que a RISTI seja uma revista científica de referência.

Aplicação das Redes Neurais Artificiais para classificação das operações de perfuração: O caso de poços deepwater de Exploração e Produção

Valter Chaile¹, Sergio Moro², Aristides Carneiro³, Ricardo F. Ramos^{2,4,5}

vjchaile@gmail.com; scmoro@gmail.com; aristides.carneiro@galp.com;
ricardo_ramos@iscte-iul.pt

¹ ISCTE-IUL, Instituto Universitário de Lisboa, Av. das Forças, 1649-026, Lisboa, Portugal

² Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL), ISTAR-IUL, Lisboa, Portugal;
Av. Forças Armadas, 1649-026 Lisboa, Portugal

³ Galp, Rua Tomas da Fonseca – Torre A, 1600-209, Lisboa, Portugal

⁴ Instituto Politécnico de Coimbra, ESTGOH, Rua General Santos Costa, 3400-124 Oliveira do Hospital

⁵ CICEE – Centro de Investigação em Ciências Económicas e Empresariais, Universidade Autónoma de Lisboa, Portugal; Address: Rua de Santa Marta, Palácio dos Condes do Redondo 56, 1169-023, Lisboa. Portugal

DOI: 10.17013/risti.43-5-20

Resumo: A aplicação de métodos automáticos para classificação de texto não estruturadas são extremamente valiosas para a indústria de *Oil&Gas*. A perfuração é uma operação que acarreta custos elevados que são proporcionais à duração das atividades. A classificação das diversas operações durante a perfuração é muito importante para gerar premissas de duração para o projeto de novos poços. Para este artigo, dois procedimentos independentes foram realizados para identificar o melhor modelo de NPT (*Non-Productive Time*) e PT (*Productive Time*). As conclusões apontam o modelo *Multi-layer Perceptron* (MLP) como o melhor modelo. O sistema de classificação pode ser utilizado para produzir um relatório preciso e detalhado sobre as atividades realizadas durante a perfuração de um poço. Através desse trabalho é possível concluir que os relatórios diários de perfuração atualmente disponíveis representam uma fonte rica de informação e podem ser utilizados para melhorar o processo de construção de poços de petróleo.

Palavras-chave: redes neurais artificiais; inteligência artificial; classificação; aprendizagem de máquina; perfuração; completação.

Application of Artificial Neural Networks for Classification of Drilling Operations: The deepwater wells case of exploration and production

Abstract: The application of automatic methods for the classification of unstructured text is precious for the *Oil&Gas* industry. Drilling is an operation that entails high costs that demands efficiency. A classification of the various operations during drilling is vital to generate assumptions of duration for the design of new wells. For this paper, two classification analyses for operation classification were

conducted to identify the Non-Productive Time (NPT) and Productive Time (PT) best model. Conclusions led to Multi-layer Perceptron (MLP) as the best model. The classification system can produce an accurate and detailed report on the activities performed during the drilling of a well. Through this work, it is possible to conclude that the currently available daily drilling report represents a rich source of information and can optimize the oil well construction process.

Keywords: Artificial Neural Network; Artificial Intelligence; Classification; Machine Learning; Drilling; Completion.

1. Introdução

As atividades de perfuração na indústria de petróleo e gás são uma preocupação partilhada entre as *Joint Ventures*, agências governamentais e o público em geral (Silva, Costa, & Barreiros, 2006). Estas podem afetar a rentabilidade das empresas e o seu meio ambiente (Hoffmann, Mao, Wesley, & Taylor, 2018). As operações de perfuração envolvem um planeamento e execução detalhados para obter uma exploração viável do poço. O planeamento permitirá atingir a eficiência da perfuração, minimizando o custo de tempo improdutivo (NPT – *Non-Productive Time*).

Os programas de vigilância ativos utilizam grandes volumes de dados gerados em vários estágios do processo de perfuração (Silva, Martins, Doria Neto, Rodrigues, & Da Mata, 2016). Apesar do aumento da confiança nas medições quantitativas em tempo real no local da perfuração, os dados gerados em relatórios diários de perfuração (DDR) e gravações de atividades não têm sido devidamente aproveitados para uma melhoria do processo de perfuração. Estas fontes não são exploradas para monitorização e alerta por ferramentas convencionais. Nesse sentido, através dos dados gerados em DDR, o objetivo deste estudo passa por construir um modelo de Inteligência Artificial (AI) usando Redes Neurais Artificiais (ANN) para classificar as operações de perfuração de um poço de petróleo.

O desenvolvimento bem-sucedido de novos campos de petróleo e a extensão da vida útil dos campos de produção são o resultado de programas de perfuração eficiente (Sidahmed, Coley, & Shirzadi, 2015). A institucionalização de tais programas diminui a estrutura de custos substancialmente através do processo sistemático e advento de novas tecnologias. Ao longo da última década, o setor reconheceu o valor de automatizar partes significativas das tarefas de perfuração para manter eficiência, reduzir a sobrecarga e superar o erro humano (Iversen, Gressgård, Thorogood, Balov, & Hepsø, 2013).

O objetivo deste estudo é desenvolver um classificador através de aprendizagem automática que permita classificar se um poço em prospeção tem ou não petróleo. Para atingir o objetivo definido, foram conduzidas duas análises de classificação de operações para identificar as atividades de NPT e tempo produtivo (PT – *Productive Time*). A primeira, usando as redes *Multi-Layer Perceptron* (MLP). A segunda, usando as redes *Long Short-term Memory* (LSTM). Posteriormente, os dois modelos foram comparados com o objetivo de identificar o modelo com melhores resultados.

O sistema de classificação pode ser utilizado para produzir um relatório preciso e detalhado sobre as atividades realizadas durante a perfuração de um poço. Através

deste, será possível identificar as atividades que gastam mais tempo na sonda e otimizar os custos em futuros poços.

2. Revisão de literatura

A classificação automática de texto consiste na tarefa de atribuir uma ou mais categorias a um documento ou a um conjunto de dados eletrónicos com base no seu conteúdo. Atualmente, a classificação é amplamente utilizada em muitos contextos. As abordagens por padrões de categorização utilizam estatística ou métodos de IA para executar uma tarefa (Sanchez-Pi, Martí, & Garcia, 2014). Os métodos mais usados podem ser ANN, máquinas de Vetores de Suport (SVM), lógica Fuzzy, algoritmos genéticos (GA) e *K-Nearest Neighbor* (Han, Kamber, & Pei, 2011). Todos estes métodos requerem um conjunto de treino de documentos pré-classificados que são usados para atribuir classificações automaticamente (Sanchez-Pi et al., 2014).

A perfuração de um poço de petróleo é feita a partir da utilização de uma sonda de perfuração que, por definição, consta como um conjunto de sistemas, equipamentos e ferramentas que tem a principal finalidade de perfurar diversas camadas de rochas, até encontrar um reservatório de petróleo (Thomas, 2001). O percurso criado através das camadas geológicas (poço) irá ligar o reservatório à superfície, permitindo assim a correta drenagem dos hidrocarbonetos. Os eventos que podem ocorrer durante a operação de perfuração de um poço de petróleo são a perda de circulação, prisão da coluna de perfuração, desmoronamento do poço, alargamento do poço, influxo de fluidos indesejados (*kick*), falha no BHA (vibração), entrada de cascalhos nos jatos quando a circulação é interrompida (*pack-off*), falta de hidratação de argilas (*bit-balling*) e vazamento no sistema de circulação (*washout*) (Heriot Watt, 2013).

2.1. Evolução da IA na indústria de Oil&Gas

A IA é uma área de grande interesse e importância para o setor de *Oil&Gas*. Esta tecnologia tem provocado grandes impactos na indústria e a sua aplicação tem continuado a crescer (Bello, Holzmann, Yaqoob, & Teodoriu, 2015). A aplicação de IA nesta indústria tem mais de 30 anos, sendo voltada para a interpretação de *logs* de poços, diagnóstico de brocas usando ANN e interfaces inteligentes de simuladores de reservatórios (Bello et al., 2015). Os valores mensuráveis da IA incluem a possibilidade de fazer máquinas resolverem problemas difíceis para entender tendências e fazer previsões de cenários futuros com o menor esforço e desperdício de tempo (Rable, 2017).

2.2. Aplicação da IA na engenharia de perfuração

A classificação de textos através de técnicas de IA criou desafios. Estas técnicas estão concentradas na forma como os relatórios estão escritos. Em muitos casos, não existe um padrão a ser seguido pelas empresas de *Joint Venture*. De modo a identificar os estudos mais relevantes realizados no âmbito do objeto de estudo, foi aplicada uma query na base de dados Scopus a partir do ano 2000. O resultado devolveu 50 artigos científicos. Através de uma análise cuidada, foram excluídos aqueles que não estavam relacionados com a aplicação de abordagens de dados para o problema específico da perfuração de petróleo, conduzindo a 15 artigos (Tabela 1).

Através desta tabela, podemos verificar que vários autores se concentraram em técnicas de regressão para resolver problemas ou estimar resultados de perfuração. Nenhuma técnica de classificação de operações de perfuração é aplicada.

De acordo com análise da Tabela 1, podemos concluir que cerca de 75% dos estudos estão relacionados com o uso de ANN (50%) e SVM (25%), seguidos da lógica *Fuzzy* (12%) e GA (13%). Tais resultados justificam a escolha de ANN para treinar o classificador. Adicionalmente, em comparação com técnicas mais tradicionais para classificação como regressão logística e árvores de decisão, as ANN tipicamente obtêm melhores resultados (Moro et al., 2018). No entanto, poucos estudos apresentaram resultados utilizando a ANN com dados extraídos de DDRs.

Para além disto, verificou-se que os estudos apresentados se concentram maioritariamente em estimar a velocidade em operações de perfuração de um poço de petróleo, não observado a classificação automática das operações de perfuração com o objetivo de estimar a duração de perfuração de poços. Nesse sentido, propõe-se um novo estudo com base na topologia de ANN. Das técnicas de IA destacadas, é pertinente questionar se há alguma que possa ser 100% fiável e adequada para o uso em todas as circunstâncias. A Tabela 2 resume os pontos fortes e fracos das técnicas de IA (Agwu, Akpabio, Alabi, & Dosunmu, 2018).

Título	Referência	Objetivo	Método	Resultado
Determinação da alteração da densidade da lama de perfuração com pressão e temperatura simplificadas e precisas	(Osman & Aggour, 2003)	Fornecer previsões precisas da densidade da lama em função do tipo, pressão e temperatura da lama	ANN	$R^2 = 0.9998$
Abordagem de ANN para estimar propriedades de filtragem de fluidos de perfuração	(Jeirani & Mohebbi, 2006)	Estimar o volume de filtro e a permeabilidade do bolo de filtro usando os dados de filtragem estática.	ANN	R^2 (Volume do filtro) = 0.9815 R^2 (Permeabilidade) = 0.9433
Previsão e Prevenção de Tubos Presos: Uma Abordagem de Rede Neural Convolutacional	(Siruvuri, Nagarakanti, & Samuel, 2006)	apresentar uma aplicação de métodos de IA para entender e estimar a ocorrência de tubos diferencialmente presos durante a perfuração.	ANN	R^2 (Tubos presos) = 0.063 R^2 (Tubos não presos) = 0.1619
Estimando padrões de fluxo e perdas de pressão por atrito de fluidos bifásicos em poços horizontais usando ANN	(Ozbayoglu & Ozbayoglu, 2009)	Estimar os padrões de fluxo e as perdas por pressão de atrito de fluidos bifásicos que fluem através de geometrias anulares horizontais usando ANN, em vez de usar modelos mecanicistas convencionais.	ANN	MSE=0.006 [FPL with BP] MSE=0.005 [FPL with J/E] MSE=0.005 [FP with BP] MSE=0.005 [FP with J/E]

Título	Referência	Objetivo	Método	Resultado
Tomada de decisão para redução do tempo improdutivo por meio de uma previsão integrada de circulação perdida	(Moazzeni, Nabaei, & Jegarluei, 2012)	Prever a gravidade da perda de lama durante a perfuração ao longo de diferentes setores do campo petrolífero.	ANN	$R^2 = 0.82$
Pesquisa de colagem de tubos com pré-aquecimento baseada em rede neural	(Zhu, Liu, & Zhang, 2013)	Propor o uso da tecnologia de IA para realizar o pré-aviso de acidente de tubos presos durante a perfuração.	ANN	-
Novo método para prever e resolver o problema da perfuração e perda de fluidos usando ANN modular e exame de partículas algoritmo de otimização	(Toreifi, Rostami, & Manshad, 2014)	Prever a perda de circulação durante a perfuração em qualidade e quantidade.	ANN	$R^2 = 0.94$
Previsão em tempo real de parâmetros reológicos do fluido de perfuração à base de água KCl usando ANN	(Elkatatny, 2017)	Usar as frequentes de medições de densidade da lama, viscosidade do funil de Marsh e percentagem sólida para prever as propriedades reológicas desenvolvendo correlações empíricas	ANN	AAPE < 6% $R^2 > 0.90$
Previsão e prevenção de aderência de tubulação usando modelagem lógica difusa adaptativa	(Murillo, Neuman, & Samuel, 2009)	Estimar o risco de ocorrência de tubos presos no procedimento de planeamento de poços e durante a perfuração em tempo real	Lógica Fuzzy	-
Um modelo preciso para prever a densidade do fluido de perfuração em condições de poço	(Ahmadi, Shadizadeh, Shah, & Bahadori, 2018)	Sugerir um modelo preditivo rigoroso para estimar a densidade do fluido de perfuração (g / cm ³) em condições de poço	Logica Fuzzy	$R^2 = 0.7237$ MSE = 69.0907
Uma abordagem de aprendizagem de máquina para a previsão de settling	(Goldstein & Coco, 2014)	Utilizar uma abordagem de aprendizagem de máquina baseada em programação genética para prever a velocidade de assentamento de partículas não coesas.	GA	RMSE = 0.26 $R^2 = 0.97$

Título	Referência	Objetivo	Método	Resultado
Determinação ideal de parâmetros reológicos para fluidos de perfuração de espigão-sela usando GA	(Rooki et al., 2012)	Determinar comportamento reológico não newtoniano de fluidos de perfuração, a fim de determinar os três parâmetros do modelo de Herschel-Bulkley com mais precisão.	GA	$R^2 = 0.9972$
Uma abordagem de SVM para a previsão da densidade do fluido de perfuração em alta temperatura e pressão	(Wang, Pu, & Tao, 2012)	Prever a densidade do fluido de perfuração em alta temperatura e pressão (HTHP).	SVM	MAPE = 0.872 $R^2 = 0.9994$
Aplicação do algoritmo SVM para o cálculo da perda por pressão por atrito do fluxo trifásico em anéis inclinados	(Shahdi & Arabloo, 2014)	Uso de Lease Square (LS-SVM), para cálculo de perdas por atrito de fluidos de perfuração bifásicos baseados em gás.	SVM	$R^2 = 0.9862$
Estimação da densidade do fluido de perfuração na tecnologia de lama: Aplicação em poços de petróleo de alta temperatura e alta pressão	(Kamari, Gharagheizi, Shokrollahi, Arabloo, & Mohammadi, 2017)	Desenvolver um modelo confiável para prever a densidade de quatro fluidos de perfuração, incluindo à base de água, à base de óleo, Coloidal Gás Aphron (CGA) e sintético.	SVM	$R^2 = 0.999$

Tabela 1 – Técnicas de IA aplicadas na engenharia de perfuração

3. Metodologia

O estudo é desenvolvido segundo a metodologia *Cross-Industry Standard Process of Data Mining* (CRISP-DM) (Laureano, Caetano, & Cortez, 2014). A escolha deste modelo deve-se ao facto de ser considerado o padrão de maior aceitação e por ter sido usado para problemas semelhantes. A metodologia CRISP-DM é um modelo que possui processos iterativos, com sequências não mandatárias, possuindo um ciclo de vida, que ocorre nas fases que têm as suas tarefas (Sergio Moro, Laureano, & Cortez, 2011).

Foi utilizado o *Spyder* 4.0 (do projeto Anaconda) como IDE¹ para o desenvolvimento do projeto (Smith, 2020).

¹ IDE (Integrated Development Environment), ou ambiente de desenvolvimento integrado, é um software que combina ferramentas comuns de desenvolvimento numa interface gráfica do utilizador (GUI), facilitando o desenvolvimento de aplicações (Chapman et al., 2000).

Em termos de bibliotecas, foram utilizadas o *Keras* e o *TensorFlow*, configurado para uso de GPUs. Adicionalmente, foi adotado o *scikit-learn* para os algoritmos de *Machine Learning* (MLP; LSTM) e validação cruzada.

3.1. As operações de perfuração e classificação

Durante a fase de perfuração de um poço de petróleo, compete aos engenheiros de perfuração fazer um relatório diário de operações com o objetivo de controlar o monitorizar o processo de perfuração. Através da inspeção dos relatórios, é possível identificar operações que estão a consumir tempo excessivo de sonda e, a partir dessa observação, adotar medidas que melhorem a operação de perfuração. O sistema de classificação proposto identifica a operação que está a ser executada através da interpretação de dados.

Atualmente, o registo de operações realizadas é feito através do DDR. O DDR é um relatório preenchido diariamente que descreve as operações executadas nas últimas 24 horas. A descrição das operações é feita em linguagem natural e o responsável pelo preenchimento elabora um pequeno texto no qual descreve de forma resumida as atividades executadas. Além da descrição, existe um sistema de codificação que classifica a atividade.

3.2. Construção do dataset

Antes de proceder ao treino do modelo, foi necessário recolher os dados. Esses dados foram extraídos do DDR (Figura 1) através de um script desenvolvido em linguagem VBA no MS excel. Depois da construção do *dataset*, foram obtidos 20.390 registos de entrada. Os dados foram exportados para uma lista de Python. A Tabela 3 resume as variáveis usadas para o presente estudo.

DESCRIÇÃO DAS OPERAÇÕES						
DAS	ATÉ	HORAS	DE (m)	ATÉ (m)	ANORM	DESCRIÇÃO DAS OPERAÇÕES
05:00	07:00	2	0,00	0,0		Movendo e cortando 112 ft de cabo de perfuração.
07:00	08:00	1	0,00	0,0		Deitando restante BHA 8 1/2", posicionando na plataforma MF e HO 36", montando e estaleirando RT do alojador de 30".
08:00	10:30	2,5	0,00	0,0		Descendo BHA c/ br 26" / HO 36" / MF 9 5/8", testando MF.
10:30	14:30	4	0,00	0,0		Descendo coluna c/ br 26" / HO 36".
14:30	18:00	3,5	0,00	0,0		Posicionando coluna com BR/HO na locação, verificando coordenadas.

Figura 1 – Exemplo de um DDR

#	Column	Not-Null Count	Dtype
0	<i>PDF</i>	20390 non-null	object
1	<i>Type</i>	20390 non-null	object

Tabela 2 – Resumo das variáveis

A variável PDF representa os dados extraídos do DDR. Trata-se da variável dependente que contém o texto que ajuda a classificar as operações. Cada linha desta variável representa uma atividade e é com base nestas atividades que os engenheiros conseguem classificar as operações de perfuração.

3.3. Modelo de redes neuronais

O modelo de ANN tenta imitar processos simplificados de aprendizagem biológica e simular algumas funções do sistema nervoso humano. Uma ANN consiste em unidades de processamento simples, chamadas de neurónios (Bishop, 1996). As ANNs consistem num modo de abordar problemas de AI (Barreto, 1997). As ANN provaram fornecer um alto nível de competência na solução de muitos problemas complexos de engenharia que estão além da capacidade computacional da matemática clássica e dos procedimentos tradicionais (Agwu et al., 2018).

Para tornar o trabalho robusto, os modelos de ANN escolhidos foram os que obedecem a critérios de multicamadas: redes recorrentes (*recurrent*) e redes de propagação para frente (*feedforward*), designados de LSTM e MLP, respetivamente. A escolha destes modelo deveu-se ao facto de outros modelos de ANN, como ADALINE e *Perceptron*, apresentarem resultados com pouca relevância em comparação com os modelos escolhidos (Jiang, Tang, Chen, Wang, & Huang, 2019). O estudo obedeceu a dois cenários diferentes (MLP e LSTM), com experimentação de cada atributo classificador para cada modelo de treino.

3.4. Multi-Layer Perception

O modelo MLP proposto é de três camadas com oito neurónios para cada camada. O número de camadas depende da complexidade do problema em estudo (Khan & Yu, 2016). Redes maiores, compostas por muitas camadas, conseguem “aprender” mais padrões. No entanto, assume um custo computacional elevado para além de que o *overfitting*² pode surgir. Para o treino do modelo MLP foram definidos os parâmetros de entrada da Tabela 4.

Parâmetro	Descrição	Valores
<i>hidden_layer_sizes</i>	Número de neurónios na enésima camada oculta	(8, 8, 8)
<i>alpha</i>	Constante que multiplica o termo L1.	1e-5
<i>max_iter</i>	O número de iterações	200
<i>solver</i>	Tamanho do mini bach	lbfgs (é um otimizador na família de métodos quasi-Newton.)
<i>Activation</i>	Ativação para a camada oculta	Relu (a função de unidade linear retificada, retorna $f(x) = \max(0, x)$)

² *Overfitting* ocorre quando o modelo se adaptou muito bem aos dados. Porém, não generaliza corretamente para novos dados. Ou seja, o modelo “decorou” o conjunto de dados de treino, mas não aprendeu o que diferencia os dados de novos testes (Kohn & Manaris, 2020).

Parâmetro	Descrição	Valores
<i>Verbose</i>	Níveis de log WARNING e INFO	True
<i>random_state</i>	Determina a geração de números aleatórios para inicialização de pesos e desvios	40

Tabela 3 – Parâmetros de entrada MLP

3.5. Long Short-Term Memory

O modelo LSTM é de 64 camadas e épocas igual a 60. Em ANN, uma época corresponde a uma passagem completa pelo conjunto de treino. Para o treino do modelo LSTM foram definidos os parâmetros indicados na Tabela 5.

Parâmetro	Descrição	Valores
<i>input_length</i>	Tamanho do vetor de sentença de entrada	300
<i>units</i>	Quantidade de células na camada LSTM	64
<i>dropout_rate</i>	Taxa de dropout da camada de entrada	0.5
<i>batch_size</i>	número de amostras a serem utilizadas em cada atualização do gradiente	128
<i>optimizer</i>	Tipo de otimizador	adam
<i>epochs</i>	Número de épocas	10
<i>word_embedding_dim</i>	dimensionalidade do word embedding pré-treinado	50
<i>max_features</i>	Quantidade máxima de palavras mantidas no vocabulário	5000
<i>embed_dim</i>	dimensão de saída da camada Embedding	128
<i>loss</i>	calcula a quantidade que um modelo deve procurar minimizar durante o treinamento.	binary_crossentropy

Tabela 4 – Parâmetros de entrada LSTM

3.6. Avaliação

Para avaliar os modelos de classificação as seguintes métricas foram adotadas (Ian Witten, Eibe Frank, Mark Hall, 2016): precisão (1), sensibilidade (2), F1-Score (calculado a partir da precisão e do recall) (3) e curva ROC (Receiver operator characteristic curve). TP, FP e FN correspondem ao número de verdadeiros positivos, falsos positivos e falsos negativos, respetivamente. A precisão é intuitivamente a capacidade do classificador de não rotular como positiva uma amostra negativa.

$$\text{Precisão} = \frac{TP}{TP + FP}$$

A sensibilidade é a capacidade de o classificador de encontrar todas as amostras positivas.

$$Sensibilidade = \frac{TP}{TP + FN}$$

O F1-score, pode ser interpretada como uma média ponderada da precisão e recuperação

$$F_1 = 2 \times \frac{Precisão \times Sensibilidade}{Precisão + Sensibilidade}$$

A sensibilidade e a especificidade são características difíceis de conciliar, sendo complicado aumentar a sensibilidade e a precisão de um teste simultaneamente. As curvas ROC representam a relação entre a precisão e a sensibilidade de um teste diagnóstico quantitativo. Outra forma de avaliar o modelo é através da *accuracy* (ACC). É comum interpretar a qualidade dos valores da ACC como: 0,5 – igual a um classificador aleatório; 0,6 – razoável; 0,7 – bom; 0,8 – muito bom; 0,9 – excelente; 1 – perfeito (Landis & Koch, 1977).

4. Resultados e discussão

4.1. Classificador Multi-Layer Perceptron

O ACC foi 98%, com uma precisão de acerto de 98% para o NPT e 97% para o PT (Tabela 6).

	Precisão	Sensibilidade	F1-Score	Support
<i>NPT</i>	0.98	0.91	0.94	3118
<i>PT</i>	0.97	0.99	0.98	12205
<i>ACC</i>			0.98	16334
<i>Macro avg</i>	0.98	0.95	0.98	16334
<i>Weighted</i>	0.97	0.97	0.97	16334

Tabela 5 – Accuracy do modelo MLP

4.2. Long Short-Term Memory

O ACC foi de 91%, com uma precisão de acerto de 93% para o NPT e de 91% para o PT (Tabela 7).

	Precisão	Sensibilidade	F1-Score	Support
<i>NPT</i>	0.93	0.71	0.80	4108
<i>PT</i>	0.91	0.98	0.94	12226
<i>ACC</i>			0.91	16334
<i>Macro avg</i>	0.92	0.85	0.97	16334
<i>Weighted</i>	0.92	0.91	0.90	16334

Tabela 6 – Accuracy do Modelo LSTM

4.3. Análise dos modelos

A Tabela 8 apresenta um resumo dos resultados dos modelos.

Modelo	ACC	Precisão	Sensibilidade	F1-Score
<i>MLP</i>	0.98	0.98	0.95	0.96
<i>LSTM</i>	0.91	0.86	0.85	0.87

Tabela 7 – Resumo da análise do Modelo

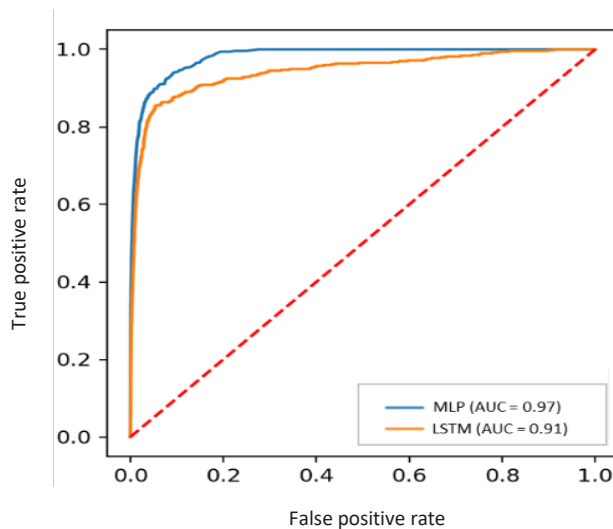


Figura 2 – Curva ROC dos modelos MLP e LSTM

Face aos resultados obtidos, constatou-se que o modelo que apresentou melhor performance foi o modelo MLP (Figura 2). Por este motivo, o modelo MLP foi o escolhido para o presente estudo.

4.4. Interpretação do modelo

A curva ROC possibilita determinar a capacidade de previsão do modelo medida em termos dos acertos na classe real. A diagonal a tracejado representa um modelo aleatório. Logo, quanto maior for a área debaixo da curva ROC, melhor a capacidade do modelo de distinguir a classe objetivo.

Este estudo propõe modelos de previsão que, sendo ANN, não podem ser diretamente interpretados (Sérgio Moro, Cortez, & Rita, 2018). Como tal, para validar o modelo, foi usado o *package Local Interpretable Model-agnostic Explanation* (LIME) que permite validar a classificação de modelos tipo *black-box*. O LIME é um algoritmo que tem a

capacidade de explicar as previsões de problemas de classificação ou regressão de maneira fiel, através de um modelo interpretável (Ribeiro, Singh, & Guestrin, 2016).

No modelo MLP, o LIME previu com uma certeza de 100% a classificação de NPT. Isto significa que há determinadas palavras que foram identificadas na MLP e que univocamente permitem classificar o NPT versus o PT. Portanto, relatórios que contenham as palavras “vazamento”, “apresentou”, “localizado”, “indicativo” e “queda”, claramente identificam tempo não produtivo (Figura 3). Estas palavras permitem a equipa de perfuração segregar os problemas e entender onde ocorrem e se aparecem nas mesmas frases. Se se entender que estas palavras estão sempre associadas à mesma frase, podem permitir à equipa de perfuração rever o programa e promover melhorias no processo.

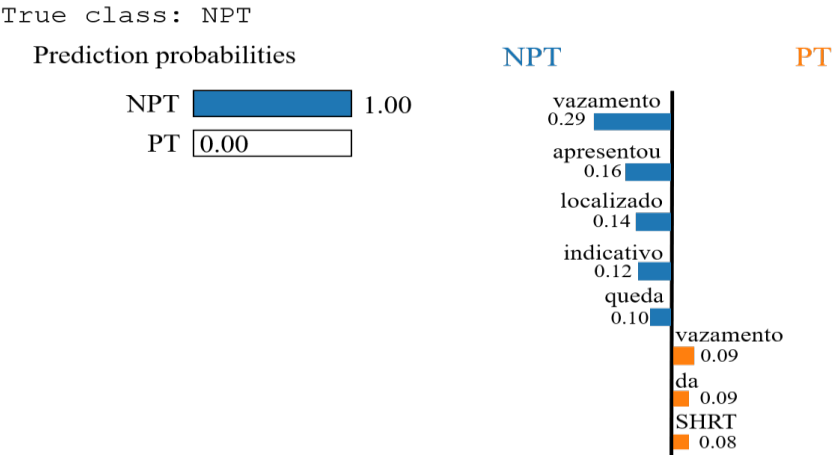


Figura 3 – Validação do modelo

5. Conclusões

O objetivo deste estudo passou por construir um modelo de IA usando ANN para classificar as operações de perfuração num poço de petróleo. Para atingir este objetivo, foram testados dois modelos para identificar o modelo com melhores resultados, validando o modelo ANN-MLP. Submetidas as análises de validação deste modelo através de gráficos ACC e de uma validação através do *package* LIME para garantir a interpretação do modelo, este foi considerado aceite para classificação de operações de perfuração. No que diz respeito ao desempenho do modelo MLP, os resultados obtidos nas métricas de precisão, sensibilidade e F1-score são satisfatórios e com uma avaliação de excelente (Landis & Koch, 1977).

O resultado deste estudo pode ser considerado uma vantagem competitiva para uma empresa que opera na área de *Oil&Gas*, pois consegue classificar as operações de perfuração, tornando o processo mais eficiente.

A descrição fornecida pelo modelo permite identificar eventos que estão a consumir tempo excessivo de sonda e contribui para o processo de minimização do NPT na perfuração do poço. Este modelo não só poderá trazer benefícios na redução de horas

de trabalho à equipa de *Drilling & Completion* (D&C) e economizar recursos financeiros às empresas de *Oil&Gas*. Segundo números fornecidos pela equipa de D&C da Galp Exploração e Produção, em média, uma classificação normal é feita em cerca de 45 minutos, divididos em 15 minutos para leitura do relatório e 30 minutos para classificar manualmente as operações. Com o sistema de IA proposto, prevê-se uma poupança de 30 minutos por relatório. A leitura do relatório torna-se irrelevante e exigirá apenas validar a classificação fornecida pelo algoritmo e rever possíveis falhas. Estima-se que este processo dure cerca de 15 minutos. Isto significa que, para cada cinco relatórios diários, o sistema consegue poupar cerca de 2h30 de trabalho.

É de realçar que o ganho poderá aumentar com a evolução da aprendizagem contínua do modelo e, consoante a confiança e quantidade de dados que o modelo pode aprender, maior será a sua performance.

5.1. Limitações e propostas futuras

O presente estudo deparou-se com limitações, sendo que a maior foi o facto de não ser possível identificar, através do modelo, os problemas que podem ocorrer durante a perfuração. Esta limitação deveu-se ao facto de os dados serem confidenciais. Num futuro estudo, sugere-se identificar os problemas de perfuração e incluir junto destes resultados.

Com base nos dados do mesmo campo de exploração e, onde a geologia é semelhante, é possível, através do histórico, prever o tempo de duração de novos poços. Assim sendo, para trabalhos futuros, seria interessante apresentar um modelo de regressão capaz de prever o tempo de perfuração de um poço, com o objetivo de diminuir o tempo de sonda e otimizar a perfuração de novos poços.

Através do procedimento de identificação de problemas, será possível identificar o comportamento dos parâmetros para um caso real de *Pack-off*. O procedimento pode ser utilizado para evitar a ocorrência de problemas durante a perfuração do poço.

Referências

- Agwu, O. E., Akpabio, J. U., Alabi, S. B., & Dosunmu, A. (2018). Artificial intelligence techniques and their applications in drilling fluid engineering: A review. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 167, 300–315. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2018.04.019>
- Ahmadi, M. A., Shadizadeh, S. R., Shah, K., & Bahadori, A. (2018). An accurate model to predict drilling fluid density at wellbore conditions. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2016.12.002>
- Barreto, J. M. (1997). Introdução às Redes Neurais Artificiais. *V Escola Regional de Informática*, (5), 47–71.
- Bello, O., Holzmann, J., Yaqoob, T., & Teodoriu, C. (2015). Application Of Artificial Intelligence Methods In Drilling System Design And Operations: A Review Of The State Of The Art. *Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing Research*, 5(2), 121–139. <https://doi.org/10.1515/jaiscr-2015-0024>

- Bishop, C. M. (1996). *Neural Networks: A Pattern Recognition Perspective*. Aston University.
- Chapman, P., Clinton, J., Kerber, R., Khabaza, T., Reinartz, T., & Shearer, C. (2000). CRISP-DM 1.0 Step-by-step data mining guide. *SPSS Inc*, 9, 13.
- Elkhatatny, S. (2017). Real-Time Prediction of Rheological Parameters of KCl Water-Based Drilling Fluid Using Artificial Neural Networks. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 42(4), 1655–1665. <https://doi.org/10.1007/s13369-016-2409-7>
- Goldstein, E. B., & Coco, G. (2014). A machine learning approach for the prediction of settling velocity. *Water Resources Research*, 50(4), 3595–3601. <https://doi.org/10.1002/2013WR015116>
- Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2011). The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems third edition. *Data Mining Concepts and Techniques*, 5(4), 83–124.
- Heriot, W. (2013). Drilling Engineering. In: *Material de apoio ao curso de MSc Petroleum Engineering*. Heriot Watt University.
- Hoffmann, J., Mao, Y., Wesley, A., & Taylor, A. (2018). Sequence Mining and Pattern Analysis in Drilling Reports with Deep Natural Language Processing. *SPE Annual Technical Conference and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers. <https://doi.org/10.2118/191505-MS>
- Ian, W., Eibe, F., & Mark Hall, C. P. (2016). Data mining: practical machine learning tools and techniques. 4th ed.
- Iversen, F., Gressgård, L., Thorogood, J., Balov, M., & Hepsø, V. (2013). Drilling Automation: Potential for Human Error. *SPE Drilling & Completion*, 28(01), 45–59. <https://doi.org/10.2118/151474-PA>
- Jeirani, Z., & Mohebbi, A. (2006). Artificial Neural Networks Approach for Estimating Filtration Properties of Drilling Fluids. *Journal of the Japan Petroleum Institute*, 49(2), 65–70. <https://doi.org/10.1627/jpi.49.65>
- Jiang, Q., Tang, C., Chen, C., Wang, X., & Huang, Q. (2019). Stock Price Forecast Based on LSTM Neural Network. *Proceedings of the Twelfth International Conference on Management Science and Engineering Management*. ICMSEM 2018, 393–408. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93351-1_32
- Kamari, A., Gharagheizi, F., Shokrollahi, A., Arabloo, M., & Mohammadi, A. H. (2017). Estimating the drilling fluid density in the mud technology: Application in high temperature and high pressure petroleum wells. In *Heavy Oil: Characteristics, Production and Emerging Technologies* (pp. 285–295). Nova Science Publishers, Inc.
- Khan, S. A. R., & Yu, Z. (2016). Logistics forecasting method based on a hybrid quantum particle swarm optimization and RBF neural network model. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, (18B), 317–236.

- Kohn, T., & Manaris, B. (2020). Tell Me What's Wrong: A Python IDE with Error Messages. *Proceedings of the 51st ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 1054–1060. ACM. <https://doi.org/10.1145/3328778.3366920>
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33(1), 159. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Laureano, R. M., Caetano, N., & Cortez, P. (2014). Predicting inpatient length of stay in a Portuguese hospital using the CRISP-DM methodology. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, (13), 83–99.
- Moazzeni, A., Nabaei, M., & Jegarluei, S. G. (2012). Decision Making for Reduction of Nonproductive Time through an Integrated Lost Circulation Prediction. *Petroleum Science and Technology*, 30(20), 2097–2107. <https://doi.org/10.1080/10916466.2010.495961>
- Moro, S., Cortez, P., & Rita, P. (2018). A divide-and-conquer strategy using feature relevance and expert knowledge for enhancing a data mining approach to bank telemarketing. *Expert Systems*, 35(3), e12253. <https://doi.org/10.1111/exsy.12253>
- Moro, S., Laureano, R., & Cortez, P. (2011). *Using data mining for bank direct marketing: An application of the crisp-dm methodology*.
- Murillo, A., Neuman, J., & Samuel, R. (2009). Pipe Sticking Prediction and Avoidance Using Adaptive Fuzzy Logic Modeling. *SPE Production and Operations Symposium*. Society of Petroleum Engineers. <https://doi.org/10.2118/120128-MS>
- Osman, E. A., & Aggour, M. A. (2003). Determination of Drilling Mud Density Change with Pressure and Temperature Made Simple and Accurate by ANN. *Middle East Oil Show*. Society of Petroleum Engineers. <https://doi.org/10.2118/81422-MS>
- Ozbayoglu, E. M., & Ozbayoglu, M. A. (2009). Estimating Flow Patterns and Frictional Pressure Losses of Two-Phase Fluids in Horizontal Wellbores Using Artificial Neural Networks. *Petroleum Science and Technology*, 27(2), 135–149. <https://doi.org/10.1080/10916460701700203>
- Rable, B. (2017). *The Future is Here: 3 Ways AI Roots Itself in O&G in the Surge Magazine*.
- Ribeiro, M. T., Singh, S., & Guestrin, C. (2016). “Why Should I Trust You?": Explaining the Predictions of Any Classifier. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 1135–1144. ACM. <https://doi.org/10.1145/2939672.2939778>
- Rooki, R., Ardejani, F. D., Moradzadeh, A., Mirzaei, H., Kelessidis, V., Maglione, R., & Norouzi, M. (2012). Optimal determination of rheological parameters for herschel-bulkley drilling fluids using genetic algorithms (GAs). *Korea-Australia Rheology Journal*, 24(3), 163–170. <https://doi.org/10.1007/s13367-012-0020-3>
- Sanchez-Pi, N., Martí, L., & Garcia, A. C. B. (2014). Text Classification Techniques in Oil Industry Applications. In *International Joint Conference SOCO'13-CISIS'13-ICEUTE'13* (pp. 211–220). https://doi.org/10.1007/978-3-319-01854-6_22

- Shahdi, A., & Arabloo, M. (2014). Application of SVM Algorithm for Frictional Pressure Loss Calculation of Three Phase Flow in Inclined Annuli. *Journal of Petroleum & Environmental Biotechnology*, 05(03). <https://doi.org/10.4172/2157-7463.1000179>
- Sidahmed, M., Coley, C. J., & Shirzadi, S. (2015). Augmenting Operations Monitoring by Mining Unstructured Drilling Reports. *SPE Digital Energy Conference and Exhibition*, 403–415. <https://doi.org/SPE-173429-MS>
- Silva, C., & Barreiros, J. (2006). Intelligent Analysis Program Applied to Production Logs in Oil and Gas Wells. *IEEE Latin America Transactions*, 4(5), 353–358. <https://doi.org/10.1109/TLA.2006.4472135>
- Silva, F., Martins, D., Doria Neto, A., Rodrigues, M., & Da Mata, W. (2016). Optimization of the Oil Production Fields Submitted the Water Injection, Using the Algorithm NSGA-II. *IEEE Latin America Transactions*, 14(9), 4166–4172. <https://doi.org/10.1109/TLA.2016.7785948>
- Siruvuri, C., Nagarakanti, S., & Samuel, R. (2006). Stuck Pipe Prediction and Avoidance: A Convolutional Neural Network Approach. *IADC/SPE Drilling Conference*. Society of Petroleum Engineers. <https://doi.org/10.2118/98378-MS>
- Smith, E. (2020). *Python, the Fundamentals*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60808-8_3
- Thomas, J. E. (2001). *Fundamentos de engenharia de petróleo*. Interciência.
- Toreifi, H., Rostami, H., & Manshad, A. K. (2014). New method for prediction and solving the problem of drilling fluid loss using modular neural network and particle swarm optimization algorithm. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 4(4), 371–379. <https://doi.org/10.1007/s13202-014-0102-5>
- Wang, G., Pu, X.-L., & Tao, H.-Z. (2012). A Support Vector Machine Approach for the Prediction of Drilling Fluid Density at High Temperature and High Pressure. *Petroleum Science and Technology*, 30(5), 435–442. <https://doi.org/10.1080/10916466.2011.578095>
- Zhu, D., Liu, G. X., & Zhang, Q. Z. (2013). Research of Prewarning Pipe-Sticking Based on Neural Network. *Applied Mechanics and Materials*, 325–326, 1734–1737. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.325-326.1734>

Rendimiento académico y patrones de uso del campus virtual: Un estudio de caso controlado

M. Covadonga de la Iglesia Villasol¹

civ@ccee.ucm.es

¹ Universidad Complutense de Madrid, Campus de Somosaguas, 28223 Madrid, España.

DOI: 10.17013/risti.43.21-37

Resumen: Disponer de los registros del uso masivo de herramientas digitales permite observar aspectos adicionales del proceso de aprendizaje, desde el enfoque del Learning Analytics. Este estudio, a modo de caso controlado, analiza los usos y describe tipologías de los estudiantes, según los accesos a los recursos digitales y temporalidad, que difieren según el curso, género o presencialidad. Se realiza en condiciones ceteris paribus, para distintos cursos, primero y cuarto, con igual profesor, materia, metodología docente y periodo. Los resultados muestran que los estudiantes de primero tienen un comportamiento más polarizado temporalmente y mayor brecha digital respecto del promedio, mientras que los de cuarto están más comprometidos con el programa, siendo las mujeres más activas digitalmente, apuntándose una relación positiva entre calificaciones y actividad digital, más consolidada en cuarto curso.

Palabras-clave: Registros digitales; brecha digital; resultados académicos; analítica del aprendizaje.

Classification of university students according to academic performance and use of the virtual campus: A case-controlled study

Abstract: Having records of the massive use of digital tools allows observing additional aspects of the learning process, from the Learning Analytics approach. This study, as a controlled case, analyzes the uses and describes the types of students, according to access to digital resources and temporality, which differ according to the course, gender or presence. It is carried out in ceteris paribus conditions, for different courses, first and fourth, with the same teacher, subject, teaching methodology and period. The results show that first-year students have a more temporally polarized behavior and a greater digital gap with respect to the average, while fourth-year students are more committed to the program, with women being more digitally active, pointing to a positive relationship between grades and digital activity, more consolidated in fourth grade. The cluster analysis confirms the differences in the grouping of students in the different courses, conditional on digital use and performance.

Keywords: Digital records; digital gap; academic marks; learning analytics.

1. Introducción

Durante las últimas décadas el sistema educativo español se ha orientado hacia el aprendizaje centrado en el estudiante, heredero de la filosofía de la implantación del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), con ajustes distintos según las materias, los grados y los Centros educativos. Este proceso ha propiciado que los docentes, expertos en los contenidos de las materias que imparten, se viesen motivados o forzados a replantear su propia acción docente, adquirir numerosos roles muy alejados a priori de su actividad docente, ser evaluadores de nuevos elementos metodológicos de los procesos de aprendizaje, convertirse en diseñadores expertos de contenidos digitales, y adquirir el gusto por el uso de la tecnología activa en las aulas. Pero este proceso de metamorfosis del docente se ha visto necesariamente acompañada de la necesidad de observar el proceso de enseñanza-aprendizaje, abriendo extensos campos de investigación que refuerzan la visión del docente.

En este contexto, la tecnología digital permite actualmente, de forma inmediata y sin ser un experto programador, acceder al administrador de las herramientas digitales a los registros o rastros de los usuarios, profesores y alumnos, cuando utilizan las plataformas digitales, bien al acceder a archivos, realizar tareas o actividades, abrir enlaces, buscar información, participar en foros, participar en chats o videoblogs, etc. Este inmenso banco de información queda registrado automáticamente tanto en entornos de *e-learning*, moocs, como en los campus virtuales, wikis, blogs, o páginas de redes sociales que complementan la docencia presencial. Este inmenso conjunto de datos está generando una corriente de investigación extensiva e intensiva que penetra en áreas de conocimiento muy diversas, generando una extensa literatura empírica, denominada *Analítica del Aprendizaje* o *Learning Analytics* (en adelante LA), que a partir de algoritmos estadístico-matemáticos de software permiten abordar aspectos que hasta ahora eran desconocidos en el proceso de aprendizaje, respondiendo a diversas tipologías de estudios: descriptivos, predictivos, diagnósticos y prescriptivos. Por tanto, dicho *Learning Analytics*¹ contribuye a la medición, recopilación, análisis e informe de datos de los usos virtuales o digitales de los alumnos y sus contextos. Los investigadores del LA abogan por el uso de los datos, tanto de registros digitales, como de cualquier otra observación accesible que permita conocer más en profundidad el proceso de enseñanza-aprendizaje, aportando un impacto directo tanto sobre el comportamiento de los estudiantes como de los profesores (Long y Siemens, 2011).

Este trabajo utiliza los datos de registros del uso del campus virtual Moodle, de naturaleza descriptiva, y se combinan con información de carácter institucional y personal de los usuarios, siempre de tratados de forma anónima. El trabajo aporta una contextualización del estado de la cuestión, seguida de la descripción de los objetivos y metodología, la exposición de los resultados y concluye con las conclusiones y la discusión final.

2. Contextualización del estado de la cuestión

No es objetivo de este estudio hacer una exhaustiva revisión de la literatura ni un análisis sistematizado de los metadatos de las investigaciones publicadas (Rivera-Baiocch,

¹ Véase apartado siguiente.

2019), sino referenciar algunas líneas de investigación que se enmarcan en el Learning Analytics, definido como la recopilación, medición, análisis y presentación de datos sobre los estudiantes y sus contextos, para comprender y optimizar el aprendizaje y los entornos en que se produce (Long et al., 2011), refiriéndose al uso de un amplio rango de datos producidos y gestionados en favor de los estudiantes a fin de evaluar el progreso académico, predecir el rendimiento o detectar potenciales problemas (Rojas-Castro, 2017).

Es cita obligada Long y Siemens (2011) quienes señalan que el LA permite penetrar en la niebla que oscurecía los procesos de aprendizaje, con implicaciones para todos los agentes, desde los docentes (conocer el comportamiento, rendimiento o ritmo de aprendizaje de los estudiantes), los estudiantes (información particularizada de su aprendizaje, feedback de reorientación), y los gestores de los centros (verificar el uso eficiente de los recursos, identificar ventajas competitivas, mejoras en la calidad). Para Ifenthaler y Widanapathirana (2014) el LA analiza, integra y sistematiza la información dinámica sobre los alumnos y sus entornos de aprendizaje, modelando el perfil de los estudiantes, proyectando resultados posibles y optimizando el proceso de aprendizaje y el ambiente en el que se desarrolla. Rojas-Castro (2017) incide en el uso de distintas técnicas y métodos de investigación e identifica varias categorías de estudios, orientados al: i) campo de estudio: fronteras, alcances, métodos, usuarios, etc., ii) proceso de aprendizaje: métodos de evaluación, análisis, comprensión, mejoras, etc., y iii) conjunto de herramientas analíticas: marco, diseño, implementación y evaluación.

Buckingham y Ferguson (2012) identifican el nacimiento del LA en el desarrollo del e-learning, la minería de datos que genera grandes matrices de datos (big data), el interés por optimizar las oportunidades del aprendizaje masivo en línea y la inquietud por disponer de mejores indicadores y resultados. Su explosiva expansión dibuja una línea divisoria difusa entre campos de investigación próximos, entroncando con la minería de datos, la inteligencia artificial, el internet de las cosas, la inteligencia comercial, etc. (Stewart, 2017), integrando datos de múltiples fuentes en los sistemas de gestión educativa (MacFadyen & Dawson, 2010), en distintas comunidades de aprendizaje, compartiendo herramientas de extracción, análisis de datos, técnicas y metodologías, en una fructífera intersección y colaboración científica (Siemens & Baker, 2012).

Particularizando el uso del LA en entornos en los que se produce el aprendizaje (Buckingham & Ferguson, 2012; Saqr et al., 2017), se desarrollan herramientas que señalizan acciones de mejora de las propuestas educativas (Suthers & Verbert, 2013), y que extraen nuevo conocimiento para mejorar la acción docente (Dawson et al., 2014; Gewerc et al., 2014), y que favorece la toma de decisiones de los estudiantes concernientes a su proceso de aprendizaje (Asif et al., 2017; Bogarín et al., 2018), identificando métodos analíticos, señalizando el impacto en los usuarios (Greller & Drachsler, 2012; Martin & Sherin, 2013; Siemens, 2013), incidiendo en la ruptura de la de tradicional concurrencia espacio-temporal de los elementos del aprendizaje, estudiantes, docentes y objeto, (Vihelmsen & Swanen, 2020).

Coll et al. (2017) identifican el diseño de algoritmos para la automatización de la extracción de los datos, siendo numerosos los que se centran en desarrollos de herramientas de grafología visual para presentar los resultados de forma inmediata, sencilla y sistematizada (Fuente-Valentín & Burgos, 2015; Fuente-Valentín et al., 2015),

o en la determinación del propio marco, diseño, implementación y evaluación de las herramientas (Ali et al., 2012).

Stewart (2017), Ferguson y Clow (2017) y Banihashem et al. (2018) se centran en la recopilación y posterior análisis de datos sobre los estudiantes, contextos e interacciones con los sistemas, generando perfiles de alumnos, modelando un aprendizaje personalizado y adaptable. Sampson (2017) clasifica los usos de los registros electrónicos para definir patrones de uso según que los datos sean estáticos (variables demográficas individuales, sociales, familiares o académicas) o dinámicos (referidos al proceso de aprendizaje, comportamiento, compromiso o rendimiento).

Haya et al. (2015) ofrecen una descripción tipificada del proceso de aprendizaje de los estudiantes, y Brown (2012) y Ferguson (2012) señalan la importancia de que las herramientas analíticas tengan soporte en una fundamentación teórica sólida según la naturaleza de los datos a recopilar, procesar y presentar. Un enfoque distinto es evaluar la validez de las herramientas o algoritmos diseñados para identificar tipologías de estudiantes, como por ejemplo según el ritmo de aprendizaje, con diseño de programas específicos de ayuda temprana (Kaur et al., 2015), o abordar el diseño y la revisión de conductas y comportamientos esperados en el aprendizaje de los estudiantes (Lockyer et al., 2013).

Buckingham y Ferguson (2012) distinguen diversos niveles de análisis: el nivel micro (estudios de caso o de aula), el nivel meso o institucional (analíticas académicas) y el nivel macro (referidas a un área geográfica). En concreto, el nivel micro aporta de información tanto del acceso asincrónico de los estudiantes a las herramientas digitales, ritmos, frecuencias, franjas horarias, etc., como una visión de los hábitos de aprendizaje de los estudiantes o del desarrollo de competencias según las actividades docentes programadas, siendo una herramienta para identificar a los estudiantes en riesgo de abandono del curso que pudieran justificar intervenciones tempranas de corrección. Durall & Gros (2014) y Gros (2016) inciden en usar el LA para generar feedback sobre el aprendizaje de los estudiantes, dibujando el patrón de usos digitales, siendo una oportunidad para explorar el aprendizaje desde diversas perspectivas, enfoques y metodologías (Siemens, 2013).

A modo de síntesis, el trabajo se inscribe en el nivel micro, en el que inciden dos líneas de investigación apuntadas: i) clasificar e identificar de forma temprana a los estudiantes que registran ritmos lentos, y ii) abordar la existencia de relación entre las interacciones digitales y el rendimiento académico de los estudiantes, los niveles de participación y en su caso las tasas de abandono.

3. Metodología del estudio de caso

3.1. Objetivo y metodología

El objetivo del estudio es aportar evidencia sobre si en condiciones *ceteris paribus*, (igual profesor, mismo sub-área de conocimiento y metodología docente) existe diferente comportamiento de los estudiantes en los usos digitales de las plataformas de apoyo a la docencia presencial, según el curso, género, o rendimiento académico, reflejo de variables individuales como la madurez y el compromiso con el programa formativo.

El enfoque de análisis se corresponde al nivel micro del LA (Buckingham & Ferguson, 2012), que encuadra el objetivo propuesto en un estudio de caso, en lo que Harrison y Killion (2007) identifican con la observación directa del profesor sobre el aprendizaje de sus estudiantes, para conocer mejor la propia acción docente, la dependencia de los usos digitales a la secuencia de la programación didáctica, las actividades de evaluación, la interacción entre la tipología de sus estudiantes y los resultados, así como ciertas actitudes.

3.2. Diseño y Participantes

El estudio abordó un diseño de análisis cuantitativo de tipo descriptivo, a partir de la información que aportan los registros de los usos que los estudiantes hacen de las herramientas digitales enlazadas en el campus virtual, Moodle (Desai et al., 2020), la información de carácter personal e institucional y la procedente de la evaluación del curso.

El estudio de caso se particularizó para dos asignaturas del área de Microeconomía, del Grado en Economía (GECO), de la Universidad Complutense de Madrid, impartidas en el primer cuatrimestre del curso 2019-20. Se acota a un grupo de primero y de cuarto, y para evitar heterogeneidad externa fueron impartidas por el mismo profesor con el mismo método didáctico y en el mismo semestre: docencia basada en clases expositivas, resolución de ejemplos de comprensión, prácticas y seminarios de trabajo, individuales y grupales, y con apoyo activo del campus virtual y otras herramientas electrónicas.

La población fue el total de estudiantes matriculados, sin realizar muestreo probabilístico, formada por 50 estudiantes en primer curso (un grupo de 8) y 61 en cuarto curso, excluidos aquellos que en las dos primeras semanas anularon matrícula o, en el caso de cuarto, cursaban Erasmus-out. En concreto (tabla 1) en primero el 81.63% de estudiantes se matriculó con un documento de nacionalidad española (DNI), y el resto con un documento de identificación extranjera (NIE), el 63.26% es varón, el 67,35% cursaba primera convocatoria, y el porcentaje medio de asistencia a clase fue del 63.265%, según 11 registros puntuales. En cuarto curso, el 81.48% se matriculó con DNI, el 51.85% es varón, el 92.59% cursaba primera convocatoria, y asistió en media a clase el 73.06%, según conteo de 17 registros. Cabe destacar, a favor de los alumnos de cuarto, el bajo porcentaje de repetidores entre los estudiantes de cuarto (25.24 puntos porcentuales de diferencia respecto a primero), y el alto porcentaje de asistencia a clase (9.79 puntos de diferencia).

	Categorías	Curso %	
		Primero	Cuarto
Nacionalidad	DNI (NIE)	81.63 (18.37)	81.48 (18.52)
Género	Hombre (Mujer)	63.26 (36.73)	51.85 (48.15)
Convocatoria matrícula	Primera (Resto)	67.35 (32.65)	92.59 (7.41)
Porcentaje asistencia a clase		63,26	73.06

Tabla 1 – Caracterización de la población, porcentaje.

3.3. Instrumentos y procedimiento

Se combinaron diversas bases de datos con información primaria (Sampson, 2017), algunas de gran tamaño como los registros digitales del campus virtual, y otras con datos que caracterizan a los individuos (Lodge & Corrin, 2017). En concreto, 1) información de naturaleza institucional: identificación, convocatoria, estudiantes Erasmus, años en la Universidad, etc.; 2) registros digitales (campus virtual Moodle), según Iglesia-Villasol (2019) y 3) de las calificaciones: evaluación continua (EVC), dos pruebas de evaluación parcial (PEP1 y PEP2) y 3), y prueba de evaluación final (PEF). En concreto, en primer curso se extrajeron 8,764 registros de usos digitales de los alumnos y 285 del profesor y en cuarto 19,668 y 367, respectivamente.

La extracción de la información se realizó durante el curso 2019/2020, bajo un algoritmo estadístico que recodifica los ítems de identificación personal en cumplimiento con la protección de datos, garantizando el anonimato (Pardo & Siemens, 2014, Slade & Prinsloo, 2013, Drachler & Greller, 2016). El análisis de los datos se realizó con herramientas de Excel y el paquete estadístico SPSS-19.

4. Análisis y resultados

Inicialmente se realizó un análisis de varianza (ANOVA), como generalización del contraste de igualdad de medias, para confirmar que eran dos muestras independientes, con una significación intraclase del 0.000 (tabla 2), considerado como factor discriminante el pertenecer al curso de primero o de cuarto. Se presentan los resultados para tres variables, convocatoria, asistencia y número de registros.

	Pruebas robustas de igualdad de medias		Prueba de homogeneidad de varianzas	
	Estadístico Welch, Brown-Forsythe	Sig.	Estadístico Levene	Sig.
<i>Convocatoria matrícula</i>	9.680	.003	37.871	.000
<i>Porcentaje asistencia</i>	87.469	.000	42.073	.000
<i>Número registros</i>	24.752	.000	8.138	.005

Tabla 2 – ANOVA de igualdad de medias

Una vez confirmada que son muestras independientes por curso, se aporta un análisis exploratorio y descriptivo de los estadísticos básicos para identificar patrones de uso diferenciado por curso, género, según la brecha digital y rendimiento.

Una primera aproximación a los datos mostró una elevada dispersión en los usos digitales de los estudiantes, elevada asimetría y perfiles polarizados según el curso (tabla

3). Así, ante un elemento común como es la metodología docente, la estructura y rúbrica de evaluación continua y el mismo profesor, los estudiantes de cuarto tenían un uso más intensivo del campus virtual (media de 322.43 frente a 180.44 en primero), confirmado por la línea de tendencia de ajuste lineal (figura 1), tanto en la ordenada como en la pendiente (ésta última con un diferencial de tres puntos, -10.97 en cuarto frente a -7.84 en primero). Además, mientras en primero la media semanal era de 12,89 registros (2% del total), en cuarto alcanzaba 23,04 registros (1.64% del total), resultado reforzado tanto por el coeficiente de asimetría respecto de la media (0.561 en primero y 0.572 en cuarto) como los cuartiles del porcentaje de accesos (0.55, 1.47 y 1.95 en primero y 1.06, 2.05 y 2.78 en cuarto).

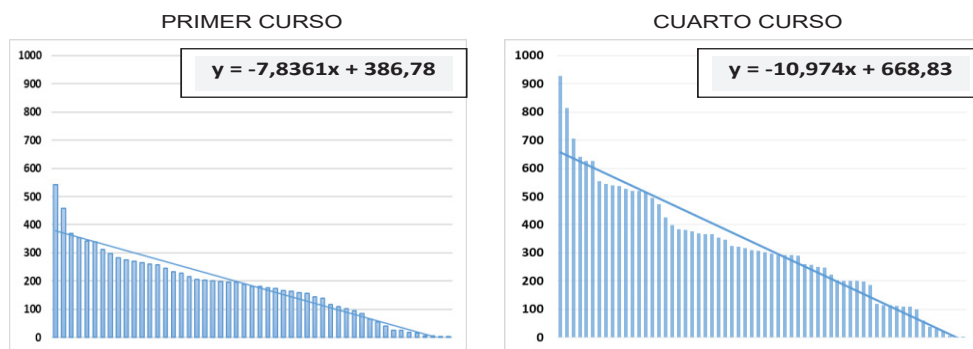


Gráfico 1 – Registros ordenados de mayor a menor.

Particularizando, en primero los 10 estudiantes más activos digitalmente (porcentaje medio del 3.31% y media semanal de 25.21 registros) computaron el 39.128% del total de registros, mientras que los 10 menos activos (porcentaje medio del 0.21% y media de 1,38 accesos), aportaron el 2.14% del total. Comparativamente, en cuarto los 10 alumnos más activos registraron el 33.12% del total de accesos (porcentaje medio del 3.91%, y 46.54 accesos de media semanal), mientras que los 10 menos activos aportan el 2.40% del total de registros (en media el 0.24% y 3.38 accesos semanales).

A partir de los diferenciales de uso individual respecto de la media del total de alumnos se calculó el indicador brecha de uso digital (tabla 4): en primero el alumno A_22 es el más centrado (brecha: -0.04%) y en cuarto el alumno A_32 (brecha: -0,44%). Una visión complementaria la aportan los cuartiles de la distribución de la brecha digital, siendo respectivamente Q1= -48.46, Q2= -0.24 y Q3= 35.23 en primero, y Q1= -38.59, Q2= -6.65 y Q3= 46.70 en cuarto.

Según el indicador brecha digital (tabla 4), se agrupan los estudiantes en proactivos, sobreactivos, activos, subactivos e inactivos, siendo mayoritaria la inclusión de alumnos

en la categoría activos en ambos cursos (36% en primero y 38% en cuarto), seguido de la categoría sobreactivos (20%) en primero y subactivos (23%) en cuarto.

Primero					Cuarto				
		% total	Media semanal	Brecha digital%			% total	Media semanal	Brecha digital%
5 más activos	AL_3	6.00	38.64	199.82	A4_13	4.72	66.29	187.82	
	AL_32	5.09	32.79	154.38	A4_54	4.14	58.21	152.77	
	AL_12	4.09	26.36	104.50	A4_25	3.59	50.36	118.66	
	AL_19	3.94	25.36	96.74	A4_42	3.26	45.79	98.81	
	AL_10	3.79	24.43	89.54	A4_52	3.18	44.64	93.84	
MEDIA 10 más activos		3.91	25.21	95.63			3.31	46.54	102.06
		% total	Media semanal	Brecha digital%			% total	Media semanal	Brecha digital%
5 menos activos	AL_16	0.18	1.14	-91.13	A4_37	0.15	2.14	-90.70	
	AL_29	0.07	0.43	-96.68	A4_44	0.10	1.36	-94.11	
	AL_42	0.06	0.36	-97.23	A4_31	0.03	0.43	-98.14	
	AL_26	0.03	0.21	-98.34	A4_50	0.02	0.21	-99.07	
	AL_39	0.02	0.14	-98.89	A4_51	0.01	0.14	-99.38	
MEDIA 10 menos activos		0.21	1.38	-89.30			0.24	3.38	-85.33
MEDIA todos		2.00	12.89	0			1.64	23.03	0

Tabla 3 – Estadísticos del total registros, %, media, y brecha de uso semanal.

	Brecha Digital Media (%total)	
	Primero	Cuarto
Proactivos: brecha positiva de >75%	122,23 (12%)	124,29 (10%)
Sobreactivos: brecha positiva entre 75 a 25%	44,87 (20%)	59,36 (18%)
Activos: brecha entre +25 y -25%	-0,21 (36%)	-1,08 (38%)
Subactivos: brecha negativa entre 25 y 75%	-50,68 (14%)	-51,62 (23%)
Inactivos: brecha negativa superior al 75%	-91,50 (18%)	-93,04 (11%)

Tabla 4 – Clasificación de estudiantes según la brecha de uso semanal, por curso.

El análisis de la brecha digital por género (tabla 5) evidenció que tanto en el total como en cada una de las tipologías las mujeres fueron más activas que sus compañeros

varones, tanto en primero como en cuarto curso: i) en primero la brecha media semanal es 12.78 para las mujeres frente a -8.81 entre los varones, siendo mayor el diferencial en cuarto curso, 17.86 entre las mujeres y -19.88 para los varones; ii) en todas las tipologías las mujeres se mostraron más activas que sus compañeros varones, con diferenciales elevados, por ejemplo de más de 20 accesos semanales en primer curso en la tipología de alumnos proactivos, aspecto que también se observa entre los alumnos de cuarto excepto en la tipología de proactivos, en los que los varones son excepcionalmente activos en el uso digital.

	Género				% Media asistencia clase	
	Primero		Cuarto		Primero	Cuarto
	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre		
<i>Proactivos</i>	133.69	110.78	118.59	152.77	73.81	89.22
<i>Sobreactivos</i>	52.13	39.44	64.11	39.57	66.67	84.12
<i>Activos</i>	3.19	-1.52	0.41	-1.87	80.96	71.93
<i>Subactivos</i>	-44.03	-55.66	-47.53	-54.68	76.19	57.84
<i>Inactivos</i>	-87.81	-93.35	-96.07	-90.77	35.71	34.29
<i>Total</i>	12.78	-8.81	17.86	-19.88	63.26	73.06

Tabla 5 – Brecha digital media de uso semanal según género, asistencia y curso.

El porcentaje medio de asistencia (tabla 5) confirmó el comportamiento diferenciado por cursos, dado que en el total y en cada una de las tipologías, en primero la distribución era más errática, siendo los alumnos activos los que tenían mayor porcentaje de asistencia (80.96%), seguidos de los subactivos (76.19%), mientras que cuarto se observó una relación positiva entre brecha y porcentaje de asistencia, siendo los estudiantes proactivos quienes registraron los mayores porcentajes de asistencia (89.22%), seguidos de los sobreactivos (84.12%). Además, los alumnos de cuarto curso proactivos y sobreactivos asisten con más frecuencia a clase (89.22% y 84.12% frente al 73.81% y 66.67% en primero).

La naturaleza de los registros digitales se muestra recodificada en 5 categorías, con notables diferencias en la distribución semanal y temporalidad (tabla 6): en primero las cuatro primeras semanas lectivas del curso computaron el 10.80% del total de registros, y las últimas cuatro el 39.86%, casi el triple, mientras que los estudiantes de cuarto curso fueron más uniformes temporalmente, pasando del 13.34% del total en las cuatro primeras semanas al 35.16% en las cuatro últimas. Esta temporalidad, con ciertos desfases, sigue estando condicionada al cronograma de actividades planificadas por el docente, con mayor intensidad en las cuatro últimas semanas lectivas, fechas en las que coincidieron en ambos cursos la evaluación parcial (PEP2) y final (PEF). Los accesos fueron mayoritariamente a los módulos de los cursos, recursos docentes y actividades formativas (R1 y R2), representando conjuntamente el 89.46% en primero y el 96.34% en cuarto curso.

	Primero (%)			Cuarto (%)		
	Primeras 4 semanas	Ultimas 4 semanas	Total	Primeras 4 semanas	Ultimas 4 semanas	Total
<i>R1_Módulos curso</i>	34.31	48.98	39.24	42.71	50.47	46.75
<i>R2_Recursos curso</i>	59.94	48.03	50.22	54.81	46.06	49.59
<i>R3_Informes y notas</i>	0.78	2.11	7.49	1.37	0.00	1.28
<i>R4_Avisos y eventos</i>	4.48	0.55	1.38	1.11	3.46	1.89
<i>R5_Perfiles</i>	0.49	0.32	1.66	0.00	0.01	0.50
<i>Total</i>	10.80	39.86	100	13.43	35.16	100

Tabla 6 – Registros por semanas y tipología, en porcentaje.

El estudiante conectado mostraba un uso bastante polarizado de las plataformas digitales, concentrado en consultar recursos del curso y módulos como correos, información o novedades, 89.21% en primero y 96.67% en cuarto.

En cuanto al rendimiento académico, la nota final (NT) se vinculó a varios elementos: evaluación continua, peso del 10% (EVC), dos pruebas de evaluación parcial, peso de 20% cada una, (PEP1 y PEP2), y prueba de evaluación final, peso del 50% (PEF). Destacó (tabla 7) que mientras en primero la calificación media obtenida es mayor en el PEP1 que en el PEP2 (5.04 y 4.43 respectivamente), en cuarto es la inversa (3.36 y 6.72 respectivamente). La calificación media en las PEF en primero fue 5.56, y la NT 5.33, mientras que en cuarto fueron 6.15 y 6.14, respectivamente, resultados que se justifican por: 1) el distinto grado de exigencia en la materia; 2) la dificultad y abstracción de la materia; 3) los estudiantes de cuarto refuerzan su motivación tanto con el objetivo de finalizar el grado como con la responsabilidad que asumen al estar seleccionando prácticas de empresa.

Por género, los varones de primero obtuvieron ligeramente menores calificaciones en las pruebas parciales PEP1 y PEP2 respecto de las mujeres, y mejoraron sensiblemente en la PEF (6.18 frente a 4.66) con una nota final superior (5.62 frente a 4.91). Sin embargo, en cuarto curso la nota media de las mujeres fue mayor en todas las pruebas determinado una mayor nota final, respecto a los varones.

Segmentando por nacionalidad, en ambos cursos los matriculados con NIE obtienen mejores notas medias en todas y cada una de las pruebas, parciales, finales y por tanto en la nota final, siendo ésta última 6.31 frente a 5.10 en primero y 6.36 frente a 6.09 en cuarto.

		PEP1	PEP2	PEF	NT
		Primero			
Género	<i>Calificación Media</i>	5.04	4.43	5.56	5.33
	<i>Varones</i>	4.36	4.37	6.18	5.62
	<i>Mujeres</i>	6.43	4.54	4.66	4.91

		PEP1	PEP2	PEF	NT
Primero					
Nacionalidad	DNI	4.92	4.26	5.36	5.10
	NIE	5.52	5.09	6.49	6.31
Cuarto					
	Calificación Media	3.36	6.72	6.14	6.15
Género	Varones	2.91	6.44	5.91	5.94
	Mujeres	3.91	6.99	6.39	6.50
Nacionalidad	DNI	3.34	6.50	6.02	6.09
	NIE	3.49	7.88	6.61	6.36

Tabla 7 – Calificaciones según segmentaciones de la población.

Analizando las calificaciones según la tipología por brecha digital, tabla 8, se apunta a una relación positiva entre el uso digital más activo con las mejores calificaciones, en la evaluación continua y final, con ciertas excepciones: en primero, destacó como excepción los alumnos subactivos, que remontaron a los activos tanto en la PEF y la NT, mientras que en cuarto el patrón estuvo menos consolidado, con las excepciones de los estudiantes sobreactivos que obtuvieron calificaciones medias superiores a los estudiantes proactivos en todos los elementos de evaluación, y los estudiantes subactivos tanto en la PEF y NT.

	Media brecha digital	PEP1	PEP2	PEF	NF
Primer curso					
Proactivos	122.23	5.70	5.53	6.63	6.22
Sobreactivos	44.87	4.57	4.88	6.43	5.90
Activos	-0.21	5.69	4.53	4.86	4.90
Subactivos	-50.68	3.97	2.83	5.86	5.19
Inactivos (*)	-91.50	3.99	1.60	3.65	3.78
Total	0	5.04	4.43	5.56	5.33
Cuarto curso					
Proactivos	124.29	3.23	6.43	6.40	6.40
Sobreactivos	59.36	4.17	7.96	7.30	7.38
Activos	-1.08	3.01	6.64	5.69	5.80
Subactivos	-51.62	3.67	5.98	5.94	5.95
Inactivos(*)	-93.04	1.02	2.13	5.06	3.45
Total	0	3.36	6.72	6.14	6.15

Nota:(*) no representativo, al no presentarse a las pruebas todos los estudiantes.

Tabla 8 – Calificaciones según tipología brecha digital.

5. Discusión final y conclusiones

En la era digital el docente se ha adaptado a una nueva realidad docente e investigadora, asumiendo nuevos roles, que pasan por diseñar y evaluar nuevos entornos de aprendizaje, recursos para el autoaprendizaje y métodos de evaluación de conocimientos y competencias. El docente debe ser, competente digital, pero también un experto instructor en el uso de la tecnología educativa y metodologías activas para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje (Bates, 2015). El uso de los nuevos espacios de aprendizaje con el soporte de herramientas digitales genera una inmensa corriente de datos que permite observar la adaptación de los estudiantes a los métodos de aprendizaje y generar aproximaciones cuantitativas del comportamiento de los alumnos. Así, la analítica del aprendizaje (LA) gestiona la información para identificar brechas en los usos en entornos educativos virtuales, pero también en los rendimientos de la educación (Lodge & Corrin, 2017), dado que los estudiantes pueden tener una interacción diferente con los recursos docentes, patrones y ritmos de uso digital, al igual que tienen su propio tipo de inteligencia, estilo de aprendizaje y han desarrollado en grados distintos competencias profesionales, personales y sociales. En esta línea, este estudio de caso o micro aporta evidencia sobre patrones del uso digital de los estudiantes y genera feedback formativo útil haciendo del docente un observador de su propia acción docente (Harrison & Killion, 2007).

El trabajo confirma que con el mismo docente igual metodología, existen ciertas diferencias de comportamiento y resultados entre los estudiantes de primero y cuarto curso. Así, la motivación y compromiso con el programa formativo parece diferir según que se esté al comienzo o final de los estudios universitarios, siendo mayor en cuarto curso.

Los registros digitales dibujan perfiles polarizados, con claras diferencias por curso: los estudiantes de cuarto utilizan más intensivamente y de forma continuada el campus virtual, además el indicador brecha digital definido exhibe alta dispersión y elevada asimetría entre los estudiantes proactivos y activos con respecto a los subactivos e inactivos, y los mayores diferenciales entre ambos cursos se observan entre los activos. Por género, en el total y en cada una de las tipologías, las mujeres son más activas que sus compañeros varones, tanto en el curso de primero como de cuarto curso, al igual que refieren Martínez et al. (2021) al señalar que las mujeres con distinto comportamiento presentan diferencias en la gestión del tiempo. Según el porcentaje de asistencia a clase, en primero la distribución es más errática mientras que en cuarto se observa una relación positiva clara entre brecha y porcentaje de asistencia.

Respecto a la temporalidad, los accesos son mayoritarios en las últimas cuatro semanas del curso, respecto de las cuatro primeras, con mayores diferenciales en primer curso. El uso que los estudiantes hacen de las herramientas digitales sigue siendo mayoritariamente a módulos de los cursos y los recursos docentes y actividades formativas, con diferencias significativas entre primero y cuarto curso.

Mientras que los estudiantes de primero obtienen mejor nota media en la primera prueba de evaluación parcial que en la segunda, en cuarto es la inversa, siendo la calificación en la prueba de evaluación final, hecho que refleja la dificultad y abstracción de la materia, el distinto grado de exigencia y la motivación adicional de los estudiantes

de cuarto curso por finalizar con éxito el grado. Cabe reflexionar sobre el efecto del cronograma del programa docente y de evaluación, así como la concentración de las pruebas de evaluación en ciertas fechas, que afecta al porcentaje de presentados y aprobados (Florido et al., 2019), pudiendo ser causa del fracaso escolar la concentración de exámenes, según la opinión de los estudiantes (Martín et al., 2003).

Segmentando por género, en primero los estudiantes varones obtuvieron peores calificaciones en las pruebas parciales remontando en las finales, mientras que en cuarto las mujeres registraron mejor nota media en todas las pruebas y en la nota final respecto a los varones. Por tipología según la brecha digital, apunta a una relación positiva, con sus excepciones, entre mayor uso de los recursos digitales y mejor calificación, si bien no puede ser concluyente ni generalizada: En esta línea, Plaza de la Hoz (2014) relaciona el rendimiento académico y la intensidad en el uso de la red con diferencias por sexo, y García-Valcárcel y Tejedor (2017) destacan que los alumnos con mayor rendimiento identifican que las TIC tiene un alto potencial de apoyo en sus estrategias de aprendizaje, mientras que Iglesia (2020) apunta a una relación positiva que sigue estando condicionada al cronograma docente y de evaluación.

Como síntesis, se constata el comportamiento dispar entre los estudiantes de primero y cuarto, con una fuerte brecha en el uso digital entre los estudiantes proactivos e inactivos. Disponer de herramientas que permitan este análisis en fases tempranas y acompasado al avance del curso, puede ser útil para generar feedback y diseñar acciones de intervención para recuperar a los estudiantes que muestran un comportamiento errático, signos de subactividad y posible abandono del curso.

Algunas de estas conclusiones orientan hacia futuras investigaciones, en la línea con Ferguson et al. (2016), para abordar aspectos más concretos de los hábitos digitales de los estudiantes, evaluar la adquisición de conocimientos y el desarrollo de competencias durante el proceso de aprendizaje, lo cual requiere disponer de información individual e institucional más completa que excede los límites de este estudio. No obstante, este trabajo es una guía para la adaptación de la docencia presencial en semipresencial, máxime en las circunstancias del covid-19, que en muchos casos se mantendrá en el futuro de forma complementaria o sustitutiva, según la evolución de realidad sociosanitaria.

Referencias

- Ali, L., Hatala, M., Gasevic, D., & Jovanovic, J. (2012). A qualitative evaluation of evolution of a learning analytics tool. *Computers & Education*, 58(1), 470-489. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.08.030>
- Asif, R., Merceron, A., Ali, S. A., & Haider, N.G. (2017). Analyzing undergraduate students' performance using educational data mining. *Computers y Education*, 113, 177-194. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.05.007>
- Banihashem S. K., Aliabadi, K., Pourroostae, S., Delaver, A, & Nili Ahmadabadi, M. (2018). Learning Analytics: A Systematic Literature Review. *Interdisciplinary Journal of Virtual Learning in Medical Science*. 9(2): e63024. <https://doi.org/10.5812/ijvlms.63024>

- Bates, A.W. (2015). *Teaching in a Digital Age: Guidelines for designing teaching and learning for a digital age*. University of British Columbia. <https://opentextbc.ca/teachinginadigitalage/>
- Bogarín, A., Cerezo, R., & Romero, C. (2018). Discovering learning processes using Inductive Miner: A case study with Learning Management Systems (LMSs). *Psicothema*, 30(3), 322-329. <http://dx.doi.org/10.7334/psicothema2018.116>
- Buckingham S., & Ferguson, R. (2012). Social Learning Analytics. *Educational Technology & Society*, 15(3), 3-26. <http://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.15.3.3>
- Brown, M. (2012). Learning Analytics: Moving from concept to practice. Louisville, CO: EDUCAUSE Learning Initiative. <https://library.educause.edu/resources/2012/7/learning-analytics-moving-from-concept-to-practice>
- Coll, C., Engel, A., & Niño, S. (2017). La actividad de los participantes como fuente de información para promover la colaboración. Una analítica del aprendizaje basada en el modelo de Influencia Educativa Distribuida. *Revista de Educación a Distancia*. XV, 53. <http://dx.doi.org/10.6018/red/53/2>
- Dawson, S., Gašević, D., Siemens, G., & Joksimovic, S. (2014). Current State and Future Trends: A Citation Network Analysis of the Learning Analytics Field. *In Proceedings of the Fourth International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, 231-240. ACM. <https://doi.org/10.1145/2567574.2567585>
- Desai, R., Chavan, A., & Tendulkar, H. (2020). Virtual Campus. *Studies in Indian Place Names*, 40(53), 268-270.
- Drachsler, H., & Greller, W. (2016). Privacy and Analytics – it's a DELICATE issue. A Checklist to establish trusted Learning Analytics. *6th Learning Analytics and Knowledge Conference 2016*, April 25-29, 2016, Edinburgh, UK.
- Durall, E., & Gros, B. (2014). Learning analytics as a metacognitive tool. *In Proceedings of 6th International Conference on Computer Supported Education Vol 1: CSEDU* 380-384. <https://www.scitepress.org/Link.aspx?doi=10.5220/0004933203800384>
- Ferguson, R. (2012). Learning analytics: drivers, developments and challenges. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4(5/6) 304-317. <https://doi.org/10.1504/IJTEL.2012.051816>
- Ferguson, R., Brasher, A., & Clow, D. (2016). Research Evidence on the Use of Learning Analytics. *Implications for Education Policy*. In: Vuorikari & Castaño Muñoz (Eds.). Joint Research Centre Science for Policy Report. <https://doi.org/10.2791/955210>
- Ferguson, R., & Clow, D. (2017). Where is the evidence? A call to action for learning analytics. In: LAK '17. *Proceedings of the Seventh International Learning Analytics & Knowledge Conference, ACM International Conference Proceeding Series*, 56-65. <http://dx.doi.org/doi:10.1145/3027385.3027396>
- Florido, C., Jiménez, J. L., & Navarro, Y. (2019). Normas de permanencia y calendario de exámenes: ¿afectan al rendimiento académico universitario?. *Cultura y Educación*. 31(1), 93-119. <https://doi.org/10.1080/11356405.2018.1564571>

- Fuente-Valentin, L., & Burgos, D. (2015). A4Learning: An iterative methodological approach to support better learning and teaching. *IEEE Latin America Transactions*, 13(2), 483–489. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7055568>
- Fuente-Valentín, L., Pardo, A., López, F., & Burgos, D. (2015). A Visual Analytics Method for Score Estimation in Learning Courses. *Journal of Universal Computer Science*, 21(1), 134-155. <http://dx.doi.org/10.3217/jucs-021-01-0134>
- García-Valcárcel, A., & Tejedor, F. J. (2017). Percepción de los estudiantes sobre el valor de las TIC en sus estrategias de aprendizaje y su relación con el rendimiento. *Educación XX1*, 20(2), 137-159. <https://doi.org/10.5944/educxx1.19035>
- Greller, W., & Drachsler, H. (2012). Translating learning into numbers: A generic framework for learning analytics. *Educational Technology & Society*, 15(3), 42-57. <http://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.15.3.42>
- Gewerc, A., Montero, L., & Lama, M. (2014). Collaboration and social networking in higher education. *Comunicar*, 21(42), 55-62. <https://doi.org/10.3916/C42-2014-05>
- Gros, B. (2016). The design of smart educational environments. *Smart Learning Environments*, 3(15), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s40561-016-0039-x>
- Harrison, C., & Killion, J. (2007). Ten roles for teacher leaders. *Educational Leadership*, 65(1), 74-77. <http://www.ascd.org/publications/educational-leadership/sept07/vol65/num01/ten-roles-for-teacher-leaders.aspx>
- Haya, PA, Daems, O, Malzahn, N, Castellanos, J, & Hoppe, HU. (2015). Analysing Content and Patterns of Interaction for Improving the Learning Design of Networked Learning Environments'. *British Journal of Educational Technology*, 46(2), 300-316. <https://www.iru.edu.au/wp-content/uploads/2018/04/MRUN-Learning-Analytics-report.pdf>
- Ifenthaler, D., & Widanapathirana, C. (2014). Development and validation of a learning analytics framework: Two case studies using support vector machines. *Technology, Knowledge and Learning*, 19(1-2), 221-240. <https://doi.org/10.1007/s10758-014-9226-4>
- Iglesia-Villasol, M. C. (2019). Learning Analytics para una visión tipificada del aprendizaje de los estudiantes: Un estudio de caso. *Revista Iberoamericana de Educación*, 80(1), 55-87. <https://doi.org/10.35362/rie8013444>
- Iglesia, M. C. (2020). Análítica de los usos digitales y rendimiento académico. Un estudio de caso con estudiantes universitarios. *Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, Vol. 13 (2). <https://doi.org/10.1344/reire2020.13.229267>
- Kaur, P., Singh, M., & Josan, G.S. (2015). Classification and prediction based data mining algorithms to predict slow learners in education sector. *3rd International Conference on Recent Trends in Computing (ICRTC-2015)*, 500-508.
- Lockyer, L., Heathcote, E., & Dawson, S. (2013). Informing pedagogical action: Aligning learning analytics with learning design. *American Behavioral Scientist*, 57(10), 1439-1459. <https://doi.org/10.1177%2F0002764213479367>

- Lodge, J. M., & Corrin, L. (2017). What data and analytics can and do say about effective learning. *Npj Science of Learning*, 2(1). <https://doi.org/10.1038/s41539-017-0006-5>
- Long, Ph., & Siemens, G. (2011). Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education. *EDUCAUSE Review*, 46, 5, 30-40. <https://er.educause.edu/articles/2011/9/penetrating-the-fog-analytics-in-learning-and-education>
- Long, P., Siemens, G., Conole, G., & Gašević, D. (2011). *Proceedings of the 1st International Conference on Learning Analytics and Knowledge*. Banff, Alberta, Canada.
- Macfadyen, L. P., & Dawson, S. (2012). Numbers are not enough: Why e-learning analytics failed to inform an institutional strategic plan. *Educational Technology & Society*, 15(3), 149-163. <http://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.15.3.149>
- Martin, T., & Sherin, B. (2013). Learning analytics and computational techniques for detecting and evaluating patterns in learning: An introduction to the special issue. *Journal of the Learning Sciences*, 22(4), 511-520. <https://doi.org/10.1080/10508406.2013.840466>
- Martín, M. A., Arranz, G., González, M. A., Páramo, R., Alarcia, E., Fernandez, M. L., & González, M. L. (2003). Análisis del fracaso escolar y desarrollo de acciones de mejora. *XI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas*, Barcelona.
- Martínez, D., Cebrián, M., & Priego, G. (2021). The Influence of Students' Gender on the Use of Virtual Campuses: A Case Study. *Pixel-Bit*, 60, 169-210 <https://doi.org/10.12795/pixelbit.78445>
- Pardo, A., & Siemens, G. (2014). Ethical and privacy principles for learning analytics. *British Journal of Educational Technology*, 45(3), 438-450. <https://doi.org/10.1111/bjet.12152>
- Plaza de la Hoz, J. (2014). Cómo afecta el uso de Internet a los estudiantes adolescentes. In III Congresso Internacional das TIC na Educação. November 2014. Lisboa.
- Rivera-Baiocch, R. (2019), Exploring Data Driven Youth Character Education Frameworks: A Systematic Literature Review on Learning Analytics Models and Participatory Design. *Estudios sobre educación*, Vol. 37, <https://doi.org/10.15581/004.37.179-198>
- Rojas-Castro, P. (2017). Learning analytics: Una revisión de la literatura. *Educación y Educadores*, 20(1), 106-128. https://www.researchgate.net/publication/313776431_Learning_Analytics_Una_Revision_de_la_Literatura
- Sampson, D. (2017). Teaching and learning analytics to support teacher inquiry. In 2017 *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON 2017)*, Apr 25, 2017, Athens, Greece.

- Sagr, M., Fors, U., & Tedre M. (2017). How learning analytics can early predict under-achieving students in a blended medical education course. *Med Teach*, 39(7), 757-767. <https://doi.org/10.1080/0142159X.2017.1309376>
- Siemens G. (2013). Learning Analytics: The Emergence of a Discipline. *American Behavioral Scientist*. 57(10), 1380-1400. <https://doi.org/10.1177%2F0002764213498851>
- Siemens, G., & Baker, R. S. J. (2012). Learning analytics and educational data mining: towards communication and collaboration. In *Proceedings of the II International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK '12)*, Buckingham, Gasevic, and Ferguson (Eds.). ACM, New York, NY, USA, 252-254. <http://dx.doi.org/10.1145/2330601.2330661>
- Slade, S., & Prinsloo, P. (2013). Learning Analytics: Ethical Issues and Dilemmas. *American Behavioral Scientist*, 57 (10), 1510-1529. <https://doi.org/10.1177%2F0002764213479366>
- Stewart, C. (2017). Learning Analytics: Shifting from theory to practice. *Journal on Empowering Teaching Excellence*, 1(1), 95-105. <https://doi.org/10.15142/T3G63W>
- Suthers, D., & Verbert, K. (2013). Learning analytics as a “middle space.” In *Proceedings. Third International Conference on Learning Analytics and Knowledge* (pp. 1-4). New York: ACM. <https://doi.org/10.1145/2460296.2460298>
- Thulin, E., Vilhelmson, B. & Schwanen, T. (2020). Absent Friends? Smartphones, Mediated Presence, and the Recoupling of Online Social Contact in Everyday Life. *Annals of the American Association of Geographers*, 110(1), 166-183. <https://doi.org/10.1080/24694452.2019.1629868>

Análisis para la implementación de la tecnología 5g basados en el modelo GSMA y su interacción con el internet de las cosas en Ecuador

Narda Ortiz Campos¹, Juan Casierra Cavada²

narda.ortiz@pucese.edu.ec; juan.casierrac@pucese.edu.ec

¹ Pontificia Universidad Católica de Ecuador – Sede Esmeraldas (PUCESE), Ecuador Profesor-Instituto Tecnológico Superior Luis Tello.

² Pontificia Universidad Católica de Ecuador – Sede Esmeraldas (PUCESE), Ecuador

DOI: 10.17013/risti.40.38–54

Resumen: la 5G está provocando una revolución tecnológica que impactará en las áreas socioeconómicas y geopolíticas de todos los países del mundo. Este estudio tiene como objetivo analizar la opción de despliegue que deben seguir las operadoras móviles del Ecuador para la implementación de la 5G basado en el modelo la asociación de sistema global para las comunicaciones móviles (GSMA) y su interacción con el internet de las cosas (IoT). Para realizar el análisis se hizo un estudio sistemático de la literatura. La información recabada fue analizada con QDA Miner. Como resultado se obtuvo que la opción tres con escenario NSA del GSMA es la más conveniente para el despliegue de la 5G en Ecuador. Finalmente, se concluye que en Ecuador se tiene programado el uso de la 5G para la transformación de sus ciudades en ciudades inteligentes; no obstante, no tiene una hoja de ruta para desplegar esta tecnología.

Palabras-clave: 5G; IoT; Internet de las cosas.

Analysis for the implementation of 5G technology based on the GSMA model and its interaction with the Internet of Things in Ecuador

Abstract: 5G is causing a technological revolution that will impact the socioeconomic and geopolitical areas of all countries in the world. This study aims to analyze the deployment option to be followed by mobile operators in Ecuador for 5G implementation based on the Global System for Mobile Communications Association (GSMA) model and its interaction with the Internet of Things (IoT). A systematic literature review was conducted for the analysis. The collected information was analyzed with QDA Miner. As a result, option three with the GSMA's ANS scenario was found to be the most suitable for 5G deployment in Ecuador. Finally, it is concluded that Ecuador is planning to use 5G to transform its cities into smart cities; however, it does not have a roadmap to deploy this technology.

Keywords: 5G; IoT; The Internet of Things.

1. Introducción

La quinta generación (5G) de telefonía móvil es el factor clave para el mundo digital del futuro, que dará paso a la próxima generación de infraestructura de banda ancha ultra alta ubicua (Americas, 2019a). Se prevé que para el 2025 se conectarán 50 mil millones de dispositivos a la red (Baniata, Ji, Kim, Choi, & Hong, 2018); por lo tanto, la implementación de la 5G es necesaria para los operadores móviles de cualquier país. Esto implica que el crecimiento mundial de la economía digital en términos de sostenibilidad y sustentabilidad estará dado por la 5G (Suryanegara, Arifin, & Asvial, 2017).

El aumento en la velocidad, baja latencia y mayor densidad en la transmisión de datos son los objetivos de la tecnología 5G (Mohr, 2015), (Awoyemi, Alfa, & Maharaj, 2020), (Ajmal et al., 2019). Para alcanzar estos objetivos de alto rendimiento de la red 5G las operadoras móviles deberán construir una infraestructura que se adapte a un amplio abanico de requisitos, y además, deberán cumplir con un conjunto de especificaciones normalizadas y acordadas por organismos internacionales, en particular por el proyecto de asociación de tercera generación (3GPP) y, en última instancia, por la unión internacional de telecomunicaciones (UIT) (GSMA, 2016).

La arquitectura de la red 5G debe ser flexible y escalable (Manasa H R & Pramila S, 2015), por tal razón; la asociación de sistema global para las comunicaciones móviles (GSMA) presentó diferentes opciones de despliegue con las alternativas disponibles para que los operadores móviles puedan introducir el sistema 5G compatible con 3GPP desde la red 4G. De esta forma, la GSMA facilita la posibilidad para que las operadoras móviles puedan cumplir con la interoperabilidad y los diferentes casos de uso de la tecnología 5G (GSMA, 2018b). La UIT ha clasificado los casos de uso de la 5G en banda ancha móvil mejorada (eMBB), comunicaciones masivas entre máquinas (mMTC), y comunicaciones ultra fiables y de baja latencia (URLLC) (Murara, 2017). Cada uno de los casos de uso aportarán a la transformación digital de los sectores estratégicos de los países y les permitirá tener nuevas formas de elaborar, producir y promocionar sus productos y servicios a través del uso de herramientas digitales impulsadas por los casos de uso de la 5G.

El internet de las cosas (IoT) es uno de los casos de uso de la 5G. En (Baniata et al., 2018), se define al IoT como un paradigma que interconecta entidades de identificación única (cosas) en una estructura "parecida a la de Internet". Con el IoT pequeños sensores están siendo integrados en los objetos del mundo real y son instrumentos que proporcionan información de prácticamente todo lo que es posible medir (Future Trends Forum, 2011).

Según (Rico-Bautista et al., 2021), la adopción de IoT converge en la generación de grandes volúmenes de datos, provenientes de los dispositivos conectados en la red que al final conducirán a la transformación requerida de la industria. Los dispositivos mencionados anteriormente utilizan sistemas embebidos o, en otras palabras, hardware especializado que no solo permite la conectividad a Internet, sino que también permite establecer eventos específicos de acuerdo con las tareas que se le dictan de forma remota (González García, Meana Llorián, Pelayo García-Bustelo, & Cueva Lovelle, 2017) citados en (Calvopiña, Tapia, & Tello-Oquendo, 2020).

En relación a la IoT la 5G utilizará red móvil IoT que hace referencia a las tecnologías de área amplia de baja potencia (LPWA) estandarizadas por 3GPP que emplean bandas de espectro con licencia, como Narrowband IoT (NB-IoT) y LTE-M. NB-IoT se caracteriza por una mejor cobertura en interiores, soporte de un número masivo de dispositivos de bajo rendimiento, baja sensibilidad al retardo, coste del dispositivo, bajo consumo de energía del dispositivo y arquitectura de red optimizada (GSMA, 2018a).

Según (García Barranco, 2019), los países que acojan tempranamente esta generación podrán mantener una década de ventaja competitiva, pues la 5G es muy necesaria para la ejecución de la cuarta revolución industrial.

El gobierno del Ecuador tiene programado la transformación de sus ciudades en ciudades inteligentes. Adicionalmente, el país espera cumplir con el Acuerdo Nacional 2030 para el desarrollo sostenible propuesto por las Naciones Unidas en el año 2015, a través de la estrategia “Ecuador Digital” (Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, 2019). El objetivo que mayores beneficios dará al país en el proyecto Ecuador Digital es el de masificar la penetración de los servicios móviles de tecnología 4G, y el despliegue de la tecnología 5G. Sin embargo, el despliegue de la tecnología 5G dentro de un territorio representa varios inconvenientes, entre ellos la armonización de los diferentes rangos de espectros que necesitará las tecnologías emergentes de la 5G (Maniewicz, 2019); y los elevados costos de su despliegue (Baniata et al., 2018). En consecuencia, es necesario que las operadoras móviles esbocen un camino a seguir para la implementación de la 5G.

Los operadores móviles serán los administradores y propietarios de la infraestructura de la red 5G; por tal razón, éstos tendrán seis ámbitos de actuación claves para el desarrollo del 5G; que son: 1) acondicionar el espectro; 2) prepararse para la futura red 5G de micro y nano células; 3) “fiberización” de la red de acceso fijo; 4) potenciar la arquitectura de la red en la nube; 5) preparar la infraestructura informática y de redes; y 6) construir un ecosistema de aplicaciones (J, Cerezo y P, 2014).

El presente estudio tiene como objetivo analizar la opción de despliegue que deben considerar las operadoras móviles para la implementación de la tecnología 5G basado en el modelo GSMA y su interacción con el internet de las cosas en el caso Ecuador. Este documento está organizado de la siguiente manera. En la sección II se establece los trabajos relacionados. En la sección III se explica la metodología empleada para realizar el estudio. En la sección IV se expondrá los resultados. Finalmente, en la sección V se presentarán las conclusiones del trabajo.

2. Trabajos relacionados

En esta sección se presentan un conjunto de trabajos relacionados con el presente estudio. Los cuales se enmarcan en la planificación nacional y/o estudios técnicos de diferentes países del mundo que han empezado o empezarán su despliegue de la tecnología 5G. Según (5G-PPP, 2015), la 5G ya está implementada en 90 países.

El plan nacional de la 5G de España 2018-2020, tiene como objetivo situar al país en la nueva era del desarrollo tecnológico a través del despliegue de la 5G. El plan se convirtió en una palanca para impulsar la experimentación temprana sobre las redes 5G

y contribuir al desarrollo I+D+i. Todo el proceso de transformación tecnológica del plan se resumió en la hoja de ruta que forma parte del mismo. En la hoja de ruta, se relacionó las acciones claves para el despliegue de la 5G y se proyectó el tiempo en el que se deben ejecutar estas acciones. Así, esta planificación permitió entender la importancia de usar las hojas de ruta para sintetizar la información. Adicionalmente, de todos los planes revisados este es el único en el que se incluyeron y se explicó que medidas realizaría para la coordinación y cooperación internacional (Ministerio de energía turismo y Agenda digital, 2018).

Siguiendo la misma línea (Constaín, Mantilla Gaviria, Rueda Jiménez, Trujillo, & Barrera Medina, 2019), presentaron el plan 5G Colombia 2019 elaborado por Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC). El objetivo de este plan es establecer los lineamientos de política pública y las estrategias para el despliegue de la tecnología 5G en el país. Este trabajo aportó una visión holística de la realidad tecnológica de Colombia y en él se presentó un análisis situacional y contextual de ese país. Asimismo, contribuyó con una revisión de las tendencias internacionales en la expedición de planes 5G en las diferentes regiones del mundo.

Del mismo modo (Majandus - ja Kommunikatsiooniministeerium, 2019), presentó la hoja de ruta de Estonia 2019. Esta hoja de ruta tiene como objetivo lograr la conectividad 5G en las principales ciudades y sus periferias para 2023 y en los corredores de transporte para 2025. Esta hoja de ruta contribuyó con la presentación sintetizada de las estrategias que Estonia empleará para la evolución de la 5G. A diferencia de las otras planificaciones se pudo evidenciar que este país posee el 96% de despliegue en telefonía móvil 4G LTE, en consecuencia, tiene una ventaja en relación a los países anteriores ya que una de las condiciones para una amplia implementación de la 5G es que la tecnología 4G LTE se encuentre desplegada.

De la misma forma (5G Task Force & MCMC, 2019), presentó el plan de aplicación nacional de la 5G en Malasia 2019 a la comisión de comunicaciones y multimedia de Malasia (MCMC). Este plan tiene como alcance definir los aspectos técnicos para el despliegue de la 5G según los estándares específicos de esta tecnología. Mediante esta planificación se pudo corroborar que sí es posible el trabajo colaborativo entre el sector privado y el gobierno debido a que el documento analizado fue elaborado por el grupo de trabajo integrado por miembros del sector privado, ministerios y organismos que representan el lado de la demanda y la oferta del ecosistema 5G. Lo antes mencionado podría ser considerado como una metodología de trabajo adecuado que puede ser adoptada por los países que no han elaborado su plan nacional hacia la 5G.

3. Metodología

Se realizó una búsqueda sistemática de la literatura, recopilando información en relación a la implementación de la tecnología 5G basado en el modelo GSMA y su interacción IoT. Según Kitchenham citado en (Manasa H R & Pramila S, 2015), es una búsqueda sistemática y no un sistema de revisión de literatura, debido a que no se sigue estrictamente todos los pasos definidos en el protocolo para su implementación (es decir, no se hizo una evaluación de calidad).

Las preguntas (RQs) que fueron respondidas en esta investigación son las siguientes:

- RQ1: ¿Qué características se debe considerar de los modelos GSMA para la implementación de la 5G en Ecuador?
- RQ2: ¿Qué lanzamiento de la 3GPP en base a las características cumple con las condiciones para su implementación, en el caso ecuatoriano?;
- RQ3: ¿Cuál es el estado del despliegue de la 5G y de la IoT en el Ecuador?
- RQ4: ¿Cuál es el rango de espectro de las comunicaciones 5G y su interacción con el IoT?)

En base a las preguntas formuladas se ha creado cuatro cadenas de búsquedas. En la tabla 1 se detalla las RQs y las cadenas de búsquedas en relación a cada una de ellas. Una vez establecidos las cadenas de búsquedas se procedió a indagar y a descargar información de sitios web oficiales de las organizaciones internacionales que apoyan el despliegue de la 5G como: GSMA, 5G Americas, UIT, 3GPPP, entre otros. De igual forma, se extrajo información de artículos publicados en ACM, Scopus e IEEE.

RQs	Cadena de búsqueda
RQ1	C1: GSMA AND 5G AND IMPLEMETATION
RQ2	C2: RELEASE AND 3GPP
RQ3	C3: 5G AND ECUADR
RQ4	C4: 5G AND IoT

Tabla 1 – Relación de las RQs con su cadena de búsqueda

Los artículos encontrados fueron filtrados utilizando los siguientes criterios de inclusión: 1) fecha máxima de publicación de 5 años, es decir; desde el 2016-2020; 2) que el idioma de los estudios fueran en inglés o español; 3) que la información proviniera de sitios web oficiales de organizaciones e instituciones especializadas en el despliegue de la 5G; 4) que los documentos fueran informes de hoja de rutas, pautas (“*guidelines*”) y planes de implementación; y 5) además, se incluyeron obras mediante el seguimiento de referencias, es decir; estudios que se despendrían de la bibliografía de un artículo. Los artículos excluidos fueron aquellos en los que no se pudo establecer la interrelación entre la 5G-IoT. Después de aplicar los filtros fueron seleccionadas 25 publicaciones las mismas que se detallan en referencias bibliográficas seleccionadas.

# Id	Referencias Bibliográficas
T1	Americas, 5G. (2019b)
T2	ARCOTEL. (2020a)
T3	ARCOTEL. (2020b)
T4	ARCOTEL. (2021)
T5	GSMA. (2017)
T6	GSMA. (2018a)
T7	GSMA. (2018b)
T8	GSMA. (2019)

# Id	Referencias Bibliográficas
T9	GSMA. (2019a)
T10	GSMA. (2020)
T11	Ghosh, A., Maeder, A., Baker, M., & Chandramouli, D. (2019)
T12	Frasson-Quenoz, F. (2020)
T13	ITU News Magazine. (2017)
T14	(Miranda, 2019)
T15	(MINTEL & SENESCYT, 2019)
T16	(Pazmino et al., 2019)
T17	Release 15 - 3GPP.(n.d.)
T18	Romano, G. (2017)
T19	Scarlet, D. (2020)
T20	Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2018)
T21	(Yépez & Yun, 2018)
T22	3GPP. (2018)
T23	3GPP. (2020)
T24	(3gpp, 2016)
T25	(3gpp, n.d.)

Tabla 2 – Referencias bibliográficas seleccionadas

Toda la información recolectada fue almacenada en el gestor bibliográfico Mendeley. Posteriormente los estudios seleccionados fueron analizados con la ayuda del software de análisis cualitativo de datos (QDA) en su versión de prueba. QDA Miner es un programa de análisis cualitativo de datos para codificar datos textuales y gráficos, anotar, recuperar y revisar datos y documentos codificados. Este programa puede manejar proyectos complejos con gran cantidad de documentos combinados con información categorial y numérica (“Software de análisis de datos cualitativos gratis - QDA Miner Lite - libre,” n.d.) .

Para el tratamiento de los datos se estableció en QDA dos categorías, estas fueron: 5G e IoT y dentro de éstas se crearon códigos (palabra referente a la categoría); éstos son: definición, casos de usos, implementación, arquitectura, espectro, entre otras. De los códigos analizados el que tuvo más incidencia en los artículos seleccionados es el de “tecnología”.

4. Resultados

El análisis de la implementación de la tecnología 5G basados en el modelo GSMA y su interacción con el internet de las cosas en Ecuador, se hizo a través de la resolución de las siguientes interrogantes.

RQ1: ¿Qué características se debe considerar de los modelos GSMA para la implementación de la 5G en Ecuador?

Para la implementación de la 5G, la 3GPP ha especificado 5 opciones de despliegues, 2 opciones con el escenario independiente (SA) y 3 opciones con el escenario no independiente (NSA). Asimismo, la GSMA ha establecido 5 rutas o caminos que orientan a los operadores móviles en el proceso de implementación de la 5G. En la figura 1 se presentan las opciones de despliegue que propone la GSMA.

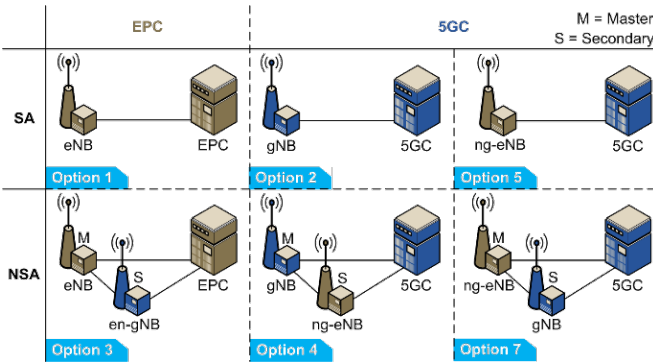


Figura 1 – Opciones de despliegue de la 4G y 5G
Fuente: (GSMA, 2019a)

También, 3GPP ha definido un nuevo núcleo de 5G(5GC), así como una nueva tecnología de acceso de radio (NR); sin embargo, para el despliegue de 5G todavía es posible integrar elementos tecnológicos de diferentes generaciones en diferentes configuraciones 5G (GSMA, 2019a).

Las ventajas que presenta el escenario SA es que tiene una red de acceso a la radio fácil de manejar y será intergeneracional. Adicionalmente, posee un núcleo de red 5GC que será nativo de la nube y soportará acceso múltiple; por otra parte, la desventaja del SA es el costo del despliegue de un nuevo núcleo. Al contrario del SA el escenario NSA presenta como ventaja aprovechar los despliegues LTE y EPC existentes de 4G. Sin embargo, su desventaja estará marcada por la colaboración que debe existir entre el LTE y la NR y el impacto negativo que podría generarse en el usuario final (GSMA, 2018b). En la tabla 3 se puede observar la comparación técnica entre las opciones de despliegue SA (opción 2) y NSA (opción 3x).

	Opción 3X (NSA)	Opción 2 (SA)
	17Q4	18Q2
Estándar	La opción 3x admite el rápido despliegue inicial de la 5G.	La opción 2 requiere de un tiempo largo.
Experiencia en datos	Movilidad fluida sin necesidad de traspasos frecuentes entre RAT o reelección entre RAT (a menos que haya una amplia cobertura 5G), mejor tasa de pico.	

	Opción 3X (NSA)	Opción 2 (SA)
Cobertura	DC / NR-CA o DC / SUL Conexión dual o Nueva radio Conexión dual o Bandas suplementarias de enlace ascendente/descendente. EUTRAN NUEVA RADIO – CANAL DUAL (EN-DC), proporciona cobertura y continuidad del servicio para NSA, NR-CA (y posiblemente SUL) optimiza la cobertura tanto para NSA como para SA, y proporciona continuidad del servicio para SA.	NR-CA (o SUL) SUL = Bandas suplementarias de enlace ascendente/descendiente.
Voz	VoLTE Solución adecuada con la experiencia al mismo nivel	EPS fallback (inicialmente) o VoNR (objetivo)
Preparación del servicio	eMBB	eMBB/uRLLC
Complejidad del despliegue	Conexión dual (NR-LTE) NSA con conexión dual obligatorio necesita actualización LTE; SUL que amplía la cobertura SA necesita actualización LTE, complejidad al mismo nivel.	NR CA / LTE-NR espectro compartido (SUL)
Relevancia con LTE existente	Conexión dual (NR-LTE) DC, SUL son ambos relevantes para LTE; la coordinación después del rearmado LTE heredado es importante, NSA/SA son ambos estrechamente relevantes para LTE heredado.	LTE-NR, SUL / Rearme

Tabla 3 – Comparación entre las opciones de despliegue SA y NSA
Fuente:(GSMA, 2019a)

En (GSMA, 2018b), se presentan diferentes rutas que pueden seguir las operadoras móviles al momento de realizar la implementación de la 5G. El análisis de las rutas se hace considerando cuatro perspectivas, estas son: 1) “la viabilidad del caso de uso”; 2) “las consideraciones de despliegue”; 3) “el impacto en el dispositivo y la red”; y, 4). “el impacto en el servicio de voz” incluyendo la continuidad del servicio se refiere a la facilidad de la voz la prestación de servicios y la continuidad ofrecida por el paso de migración. Las rutas que propone GSMA son las siguientes:

Ruta EPS a SA#2: permitirá que los usuarios puedan experimentar todos los casos de uso de la 5G; para ello las operadoras móviles tendrán que desplegar el núcleo 5G y mantener el EPC pues se requiere la inter operatividad entre los sistemas 4G y 5G.

Ruta EPS a NSA#3: esta ruta tiene como beneficios el uso del LTE existente y la rápida comercialización de la 5G, aunque no aprovechará los beneficios del núcleo 5G. Las operadoras móviles continuarán usando el EPC; es decir, existirá un apoyo limitado a los casos de uso de la 5G.

Ruta NSA#3 a NSA#7 / SA#5: inicialmente los casos de uso de la 5G serán limitados, pero al finalizar el despliegue las operadoras móviles podrán ofertar todos los casos de uso. Las ventajas de esta ruta es que en sus inicios se debe utilizar el núcleo EPC, pero al finalizar, los usuarios experimentan todas las bondades del núcleo 5G. El despliegue de la red impactará en la nueva radio, IMS y el núcleo.

Ruta NSA#3 a NSA#3 / SA#2: al principio los casos de usos serán limitados, sin embargo, al finalizar el despliegue todos los casos de usos estarán completos. Entre los beneficios de esta ruta se tiene el uso del núcleo de la 5G, mantener el EPC y despliegue amplio de la nueva radio.

Ruta NSA#3 a NSA#4 / SA#2: esta ruta tiene todos los aspectos de la NSA#3 a NSA#3 / SA#2.

En relación a la voz todas las rutas soportan IMS y no tendrán interfuncionamiento con el núcleo 5G, excepto la ruta EPS a NSA#3, pues en esta aprovechará los servicios existentes de VoLTE.

Cada una de las opciones de despliegue tienen establecidas las funciones que la red debe de cumplir para brindar los servicios de la 5G. El escenario SA requiere las siguientes funciones: administración de la conexión, administración de la movilidad, gestión de recursos de radio, gestión de la QoS, proceso del plano de usuario, CU-DU Split, radio, servicios basados en IMS, y 5GC (GSMA, 2020). Asimismo, la NSA necesita que la red cumpla con las siguientes funciones: administración de la conexión, administración de la movilidad, gestión de recursos de radio, gestión de la QoS, proceso del plano de usuario, RAN Dividido y nube RAN, y parte de la radio (GSMA, 2019a). Las funciones antes mencionadas son las características intrínsecas de cada una de las opciones de despliegue.

Luego de analizar los aspectos de las opciones de despliegues en función de sus escenarios y las rutas para expandir la red 5G se ha establecido que las operadoras móviles previo al despliegue de la 5G deberán considerar la opción de despliegue, la ruta de migración y los estudios de caso que deseen implementar; en tal sentido, las características que más se ajustan para una futura implementación de la red 5G en el Ecuador, son las de la opción del despliegue 3 NSA. Se ha considerado esa opción debido a que en ella se puede reutilizar las tecnologías EPC y LTE del sistema móvil 4G. Esto es posible debido a la compatibilidad existente entre los elementos de la NR y LTE. En consecuencia, se estima que las operadoras móviles del país harán una migración paulatina hacia la 5G.

RQ2: ¿Qué lanzamiento de la 3GPP en base a las características cumple con las condiciones para su implementación, en el caso ecuatoriano?

La 3GPP ha elaborado las especificaciones técnicas y tecnológicas para el despliegue comercial de la 5G. Estas especificaciones se encuentran en los lanzamientos 15 y 16. En cada uno de los lanzamientos se aborda el despliegue de la 5G desde los enfoques no autónoma (NSA) y autónoma (SA) respectivamente (Romano, 2017). La primera fase de implementación de la 5G se especifica en el lanzamiento 15. Éste se centra en el eMBB y en él se definen las siguientes características: nuevas mejoras en las comunicaciones críticas (incluidas la comunicación de baja latencia ultra fiable y la comunicación de baja latencia altamente fiable); comunicaciones de tipo máquina (MTC) e IoT, comunicaciones relacionadas con vehículos (V2X), comunicaciones de misión crítica (MC) y características relacionadas con WLAN; y espectro sin licencia (3GPP, 2018).

En cuanto al trayecto de migración, el sistema 5G soporta, además de los nuevos servicios específicos de 5G, todas las antiguas capacidades EPS (4G) que se definieron en TS 22.278 [2] y en TS 22.011 [3], 22.101 [4], 22.185 [5], 22.071 [6], 22.115 [7], 22.153 [8], 22.173 [9]. Hay algunas excepciones, es decir, algunos servicios de 4G no están soportados en 5G como el interfuncionamiento con los sistemas heredados. Así se especifica en la cláusula 5.1.2.2 de TS 22.261. Por último, se admite la movilidad entre una red básica de 5G y un EPC (4G), con un impacto mínimo en la experiencia del usuario (3GPP, 2018). En el lanzamiento 16, la 3GPP mejoró las capacidades operacionales, la eficiencia de la tecnología de acceso a la radio e introduce nuevas capacidades que amplían las funcionalidades de la NR hacia las industrias verticales de la 5G.

Según (Ghosh, Maeder, Baker, & Chandramouli, 2019), (3GPP, 2020) y (Scarlet, 2020); algunas características claves del NR son: 1) “soporte para el Acceso Integrado / backhaul (IAB) extendiendo NR” para soportar también el backhaul inalámbrico permitiendo así, por ejemplo, el rápido despliegue de células de NR y nuevas formas de proporcionar cobertura de NR en áreas con escasa densidad de fibra; 2) “Apoyo a la operación de NR en el espectro sin licencia”, ambos en forma de acceso asistido por licencia donde un portador NR en el complemento de espectro sin licencia y opera conjuntamente con un portador (NR o LTE) en espectro licenciado, y operación autónoma; y, 3) “soporte mejorado para V2X, URLLC, e IoT industrial”, extendiendo y mejorando así la aplicabilidad de la RN a nuevos escenarios de uso, incluyendo la automatización de fábricas y la industria del transporte.

La IoT es la nueva tecnología de radio de banda estrecha desarrollada para IoT estandarizada por la 3GPP en los release 13 y 14. El release 13 incluye características para la interfaz aérea subyacente para una clase de dispositivo NB1 de complejidad ultra baja con una batería de larga duración (3gpp, n.d.). En el release 14 se encuentran las mejoras para la NB- IoT, estas son: acuerdo sobre posicionamiento NB-IOT; soporte para multidifusión; reducción del consumo de energía y la latencia; mejoras de PRB sin ancla; mejoras en la movilidad y la continuidad del servicio; nuevas clases de potencia (3gpp, 2016).

RQ3: ¿Cuál es el estado del despliegue de la 5G y de la IoT en el Ecuador?

Según el registro administrativo de (ARCOTEL(Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones), 2021), las operadoras móviles con servicio móvil avanzado (SMA) son: Consorcio Ecuatoriano de Telecomunicaciones (CONECEL S.A.), OTECEL S.A., y la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT EP). La operadora móvil con mayor participación del mercado es CONOCEL S.A. con un 51,20%, le sigue OTECEL S.A. con el 30,54% y CNT EP tiene el 18,25%. Todas las operadoras móviles tienen tecnología LTE y los rangos de espectros designados son de 1700 MHz/2100 MHz para CONOCEL S.A. y CNT EP; y de 1900MHz para OTECEL S.A. Mediante el análisis de la cobertura SMA realizado por (ARCOTEL(Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones), 2020b)), se determinó que existen 3.449 radiobases con tecnología 2G; 9.502 radiobases con tecnología 3G y 5.0906 radiobases de la tecnología 4G desplegadas en el país. En el mismo estudio se expresa que la tecnología 4G se encuentra en evolución considerando las tendencias actuales de los consumidores de las TIC. En la figura 2 se puede observar el crecimiento de la tecnología 4G en el territorio nacional.

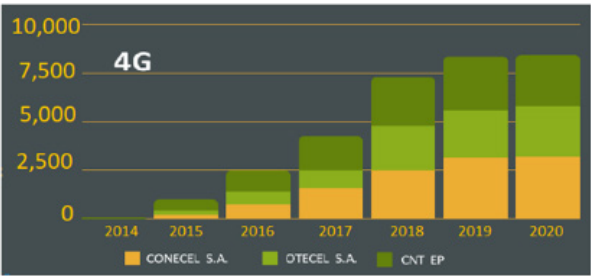


Figura 2 – Evolución de la 4G

Fuente: (ARCOTEL(Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones), 2020a)

El despliegue total de la tecnología 4G, permitirá que el Ecuador pueda implementar la 5G a nivel nacional por medio de la selección de una ruta que tenga como punto de partida la opción NSA que presenta la GSMA. En el Ecuador, no existe una ley que agrupe la normativa específica sobre el despliegue de infraestructura de Telecomunicaciones. Sin embargo; en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones (LOT) se detalla que será responsabilidad de las operadoras móviles el despliegue de redes e infraestructura de telecomunicaciones, incluyendo audio y vídeo por suscripción y similares, pues los prestadores de servicios de telecomunicaciones darán estricto cumplimiento a las normas técnicas y políticas nacionales, que se emitan para tal efecto (Americas, 2019b). En tal sentido, son las operadoras móviles que trabajan en el país quienes cubren todos los gastos referentes a la adquisición y modernización de su infraestructura. En la Tabla 4 se presenta el estado de desarrollo del IoT, la tecnología de red celular empleada, los servicios Empresa a consumidor (B2C) y de empresa a empresa (B2B) que ofrecen, así como los dispositivos utilizados para proporcionar los servicios (Pazmino et al., 2019).

Características	Operadoras móviles		
	Movistar (OTECCEL S.A.)	Claro (CONECEL S.A.)	CNT
Estado de desarrollo	Servicios M2M dentro de la cobertura de datos del operador móvil		
Uso de los servicios de datos	Redes 2,5G, 3G y 4G	Redes 2,5G, 3G y 4G	Redes 2G, 3G
Alcance del servicio B2C	Localización de personas y objetos, seguimiento de vehículos y apertura remota de coches, hogar inteligente.	Seguimiento de la ubicación, conectividad	Telemetría
Alcance del servicio B2B	Gestión de la flota	Gestión geográfica, conectividad, gestión de flotas, vídeo móvil, vigilancia, gestión de operaciones.	Gestión de la flota
Dispositivos utilizados	Modems GPS, GPRS y 3G, smartwatch	GPS, módems GPRS y 3G, cámara de vídeo.	GPS, GPRS modem

Tabla 4 – Despliegue de la IoT en Ecuador

Los factores que se deben considerar para el desarrollo de la IoT son: 1) una amplia adopción del internet y tecnología IP; 2) conectividad omnipresente; 3) el desarrollo de la computación de la nube; y 4). la continua miniaturización de dispositivos y sensores (MINTEL & SENESCYT, 2019). En relación con eso, en el Ecuador el 59.2% de sus habitantes han adoptado el internet para realizar diversas actividades relacionadas a las tecnologías de la información y comunicación (INEC). Asimismo, el 90% del país tiene cobertura de 3G y 4G (Yépez & Yun, 2018). Sin embargo, en el país los factores de omnipresencia y computación en la nube no pueden ser implementados al 100% en el desarrollo de tecnologías IoT debido a las limitaciones de velocidad, latencia y densidad propias de las tecnologías 3G y 4G.

(Yépez & Yun, 2018), expresó que el Ecuador carece de una red compartida, donde se encuentre los recursos de hardware y software necesarios para desarrollar las aplicaciones; y tampoco existe un plan estructurado para la construcción de IoT.

RQ4: ¿Cuál es el rango de espectro de las comunicaciones 5G y su interacción con el IoT?

La UTI estandarizará las bandas de frecuencias que se usarán para la implementación de la tecnología 5G. Según (ITU News Magazine, 2017), las diferentes tecnologías que se implementarán en la 5G necesitan un rango de espectro diferente cada una. Para la implementación de la 5G se debe tener armonizados los espectros, de tal forma que, todos los dispositivos que constituyen el ecosistema 5G puedan funcionar en su espacio espectral (3GPP, 2018). “La tecnología 5G requiere tres rangos de frecuencia principales para aportar cobertura total y dar soporte a todos los servicios previstos”. Cada uno de los casos de uso de internet de la 5G tienen su respectiva frecuencia y rango, así la (GSMA, 2017) establece para: eMBB una frecuencia de 1GHz – 6GHz y su rango estará entre los 3.3 GHz a los 3.8 GHz; mMTC tendrá una frecuencia menor o igual a 1GHz; y URLLC una frecuencia de hasta 6 GHz y un rango de 2.4 GHz – 5.8 GHz.

GSMA ha previsto que el uso para los planes nacionales de banda ancha en el Ecuador será de 3.3 GHz a 3.6 GHz. (Frasson-Quenoz, 2020). De igual forma, en relación a la banda media el espectro liberado en el rango de 3.5 GHz es de 228.5 MHz. Por consiguiente, el MINTEL podrá impulsar la subasta del espectro radioeléctrico para la implementación de la 5G. Los rangos de frecuencia y los anchos de banda disponibles para la 5G el release 15 establece 2 frecuencias éstas son: FR1 y FR2 cuyo rango será de 450 MHz - 6 GHz y 24.25 GHz -52.6 GHz respectivamente; y el ancho de banda de FR1 estará dado por 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 ó 100 MHz; y para el FR2 será de 50, 100, 200 ó 400 MHz (Release 15 - 3GPP, n.d.). De acuerdo con la (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2018), las aportaciones que darán la mMTC en el desarrollo tecnológico de un país a través de la IoT será la agricultura inteligente, ciudades inteligentes, control energético, hogares inteligentes y seguimiento a distancia, entre otros. Adicionalmente, con la mMTC se podrán conectar un millón de dispositivos IoT por kilómetro. El NB-IoT tiene 25 bandas de frecuencia estas son: 1-5, 8, 11 – 14, 17, 20,25,26,28,31,66,70-74 y 85 MHz (Miranda, 2019).

5. Conclusiones

En el presente estudio se analizó la opción de despliegue que deben seguir las operadoras móviles del Ecuador para la implementación de la tecnología 5G basado en el modelo GSMA y su interacción con el internet de las cosas. La GSMA ha presentado cinco opciones para el despliegue de la 5G y éstas han sido utilizadas por algunos de los países que tienen implementado esta tecnología. A través de la revisión bibliográfica se pudo determinar que el gobierno de Ecuador tiene programado la transformación de sus ciudades en ciudades inteligentes y ha lanzado el proyecto “Ecuador Digital”; no obstante, no tiene una hoja de ruta para el despliegue del 5G. Sin embargo, países como España han realizado una hoja de ruta que les ha permitido ejecutar un despliegue planificado de la red. Los aspectos claves considerados en la hoja de ruta son los siguientes: distribución de espectro, infraestructura tecnológica y seguridad informática. De la misma forma se estableció que el Ecuador no posee una red compartida, donde se encuentren los recursos de hardware y software necesarios para desarrollar las aplicaciones IoT; y tampoco existe un plan estructurado para la construcción de IoT. A pesar de esas limitaciones las operadoras móviles ofertan servicios IoT para empresa a consumidor (B2C) y de empresa a empresa (B2B) (RQ3).

Además, se determinó que las operadoras móviles del país podrían realizar el despliegue hacia la 5G por medio de la opción 3 no autónoma propuesta por la GSMA. Esta opción permitirá un despliegue progresivo de 4G a 5G. Sin embargo, ésta no impulsa todos los casos de uso de las tecnologías emergentes de la quinta generación. En tal sentido, se estima que la opción 3 proporcionará un apoyo mediano para el impulso de la IoT, lo que limitará la transformación de las ciudades del país a ciudades inteligentes (RQ1). Al culminar este estudio, se ha establecido que las funciones y los componentes de red 5G están en concordancia con el “lanzamiento 15”. En esta fase las operadoras móviles pueden reutilizar la tecnología de la 4G LTE lo que minorizará sus gastos en la adquisición de la nueva infraestructura al momento de implementar la 5G. También, se encontró que en los “lanzamientos 13 y 14” están descritos todas las características y funciones tecnológicas de la NB-IoT (RQ2).

Los rangos de frecuencia para la 5G en relación con la IoT se encuentran en concordancia con el FR1 por lo que el ministerio de telecomunicaciones de Ecuador (MINTEL) deberá impulsar la subasta del espectro radioeléctrico para la implementación de la 5G y el aumentar el impulso de la IoT (RQ4).

La red 5G es una temática nueva, por tal razón, la mayoría de la información que se recabó para resolver las preguntas de investigación se las encontró en los sitios oficiales de las organizaciones especializadas para la estandarización y el despliegue de la 5G. Lo antes mencionado fue un limitante debido a que se tuvo que utilizar la técnica de seguimiento bibliográfico para conocer nuevas fuentes para la investigación.

Como trabajos futuros se propone que se realice un estudio de prospectiva tecnológica para la implementación de la tecnología de la 5G en Ecuador, de esa manera se puede realizar una investigación más detallada y usar técnicas de predicción científica para el despliegue de la 5G en el Ecuador.

Referencias

- 3GPP. (n.d.). release-13. Retrieved from <https://www.3gpp.org/release-13>
- 3GPP. (2016). Estándares para IoT. Retrieved from https://www.3gpp.org/news-events/1805-iot_r14
- 3GPP. (2018). 3GPP TS 22.278 V15.4.0. Retrieved from <http://www.3gpp.org>
- 3GPP. (2020). 3GPP TR 21.916 Vo.6.0. Retrieved from <http://www.3gpp.org>
- 5G-PPP. (2015). 5G Vision: The Next Generation of Communication Networks and Services. The 5G Infrastructure Public Private Partnership, 1–16. Retrieved from <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2015/02/5G-Vision-Brochure-v1.pdf>
- 5G Task Force, & MCMC. (2019). 5G Key Challenges and Nationwide Implementation Plan - Malaysia. In National 5G Task Force Report. Retrieved from <https://www.mcmc.gov.my/en/media/announcements/national-5g-task-force-report>
- Ajmal, S., Muzammil, M. B., Jamil, A., Abbas, S. M., Iqbal, U., & Touseef, P. (2019). Survey on Cache Schemes in Heterogeneous Networks using 5G Internet of Things. ACM International Conference Proceeding Series. <https://doi.org/10.1145/3341325.3342027>
- Americas, 5G. (2019a). A 5G Americas White Papers, 5G AND THE CLOUD. In 5G Americas.
- Americas, 5G. (2019b). Temas en Regulación de Telecomunicaciones:Ecuador 2019. Retrieved from www.5GAMERICAS.ORG
- ARCOTEL(Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones). (2020a). Infraestructura Y Cobertura. In Boletín Estadístico.
- ARCOTEL(Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones). (2020b). Servicio de Acceso a Internet Fija.
- ARCOTEL(Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones). (2021). Servicio Móvil Avanzado.
- Awoyemi, B. S., Alfa, A. S., & Maharaj, B. T. J. (2020). Resource Optimisation in 5G and Internet-of-Things Networking. Wireless Personal Communications, 111(4), 2671–2702. <https://doi.org/10.1007/s11277-019-07010-9>
- Baniata, M., Ji, H., Kim, Y., Choi, J., & Hong, J. (2018). Energy-balancing unequal concentric chain clustering (MIMO-UCC) protocol for iot system in 5G environment. Proceedings of the 2018 Research in Adaptive and Convergent Systems, RACS 2018, 68–74. <https://doi.org/10.1145/3264746.3264747>
- Calvopiña, A., Tapia, F., & Tello-Oquendo, L. (2020). Uso del asistente virtual Alexa como herramienta de interacción para el monitoreo de clima en hogares inteligentes por medio de Raspberry Pi y DarkSky API. RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (36), 102–115. <https://doi.org/10.17013/risti.36.102-115>

- Constaín, S., Mantilla Gaviria, I. A., Rueda Jiménez, G. C., Trujillo, L. F., & Barrera Medina, J. G. (2019). Plan 5G Colombia - El Futuro Digital es de Todos. Ministerio de Tecnologías de la Información y las comunicaciones.
- Frasson-Quenoz, F. (2020). 5G y el Rango de 3,3 - 3,8 GHz en América Latina. In Africlopedia: 50 claves para entender un continente. <https://doi.org/10.2307/j.ctv18msq32.5>
- Future Trends Forum. (2011). El Internet de las Cosas Bankinter. In Fundación de la Innovación Bankinter. Retrieved from http://boletines.prisadigital.com/El_internet_de_las_cosas.pdf%0Ahttp://boletines.prisadigital.com/El_internet_de_las_cosas.pdf%5Cnhttp://www.fundacionbankinter.org
- García Barranco, J. (2019). TECNOLOGÍAS 3G, 4G Y 5G: Una perspectiva económica y social de la carrera por la innovación de las redes de banda ancha. Comillas, 1–45. Retrieved from <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/27633>
- Ghosh, A., Maeder, A., Baker, M., & Chandramouli, D. (2019). 5G Evolution: A View on 5G Cellular Technology beyond 3GPP Release 15. IEEE Access, 7(March), 127639–127651. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2939938>
- GSMA. (2016). 5G Spectrum. Public Policy Position, (July). Retrieved from <https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2016/06/GSMA-5G-Spectrum-PPP.pdf>
- GSMA. (2017). 5G, Internet de las cosas (IoT) y Accesorios tecnológicos ¿Cómo afectan los nuevos usos de las tecnologías inalámbricas a las emisiones electromagnéticas? Gsma, 32. Retrieved from https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2019/04/gsma_2017_5g_iot_wearable_web_ES_definitivo.pdf
- GSMA. (2018a). Mobile IoT Unmanned Aircraft IN THE 5G Future.
- GSMA. (2018b). Road to 5G : Introduction and Migration. In Gsma. Retrieved from https://www.gsma.com/futurenetworks/wp-content/uploads/2018/04/Road-to-5G-Introduction-and-Migration_FINAL.pdf
- GSMA. (2019a). 5G Implementation Guidelines. In Future Networks Programme (Vol. 1). Retrieved from <https://www.gsma.com/futurenetworks/wp-content/uploads/2019/03/5G-Implementation-Guideline-v2.0-July-2019.pdf>
- GSMA. (2019b). Operator Requirements for 5G Core Connectivity Options.
- GSMA. (2020). 5G Implementation Guidelines : NSA Option 3.
- ITU News Magazine. (2017). Abrir Sendas hacia 5G. Durign Wireless Innovation, 2(1020-4164), 1–32. Retrieved from https://www.itu.int/en/itunews/Documents/2017/2017-02/2017_ITUNews02-es.pdf
- Majandus - ja Kommunikatsiooniministeerium. (2019). Eeti 5G Teekaart Aastani 2025.
- Manasa, H R, & Pramila, S. (2015). Architecture and Technology Components for 5G Mobile and Wireless Communication. International Journal of Engineering Research, 4(06), 1218–1223. <https://doi.org/10.17577/ijertv4is061112>

- Maniewicz, M. (2019). Comunicaciones inalámbricas terrenales. ITU News MAGAZINE, 4(1020–4148), 4–7. Retrieved from https://www.itu.int/en/itunews/Documents/2019/2019-04/2019_ITUNews04-es.pdf
- Ministerio de energía turismo y Agenda digital. (2018). Plan Nacional 5G 2018-2020.
- Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. (2019). MINTEL Ecuador Digital. Retrieved from <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2019/05/PPT-Estrategia-Ecuador-Digital.pdf>
- MINTEL, & SENESCYT. (2019). Líneas de investigación, desarrollo e innovación y transferencia del conocimiento en TIC 2019. Mintel, 110.
- Miranda, J. S. (2019). Estudio en detalle de NB-IoT. Comparación con otras tecnologías LPWAN considerando diferentes patrones de tráfico .
- Mohr, W. (2015). The 5G Infrastructure Public-Private Partnership in Horizon 2020.
- Murara, B. (2017). Imt-2020 Network High Level Requirements. International Telecommunications Union.
- Pazmino, L., Flores, F., Ponce, L., Zaldumbide, J., Parraga, V., Loarte, B., & Rivera, R. (2019). Challenges and opportunities of IoT deployment in ecuador. Proceedings - 2019 International Conference on Information Systems and Software Technologies, ICI2ST 2019, 108–115. <https://doi.org/10.1109/ICI2ST.2019.00022>
- Release 15 - 3GPP. (n.d.). Retrieved from <https://www.3gpp.org/release-15>
- Rico-Bautista, D., Maestre-Góngora, G. P., Guerrero, C. D., Medina-Cárdena, Y., Areniz-Arévalo, Y., Sanchez-Velasquez, M. C., & Barrientos-Avendaño, E. (2021). Universidad inteligente: Factores claves para la adopción de internet de las cosas y big data. RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (41), 63–79. <https://doi.org/10.17013/risti.41.63-79>
- Romano, G. (2017). 3GPP activity towards IMT-2020 3GPP Roadmap.
- Scarlet, D. (2020). The 5G Evolution. Journal of Chemical Information and Modeling Vol. 53. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Software de análisis de datos cualitativos gratis - QDA Miner Lite - libre. (n.d.). Retrieved from <https://provalisresearch.com/es/products/software-de-analisis-cualitativo/freeware/>
- Suryanegara, M., Arifin, A. S., & Asvial, M. (2017). The IoT-based transition strategy towards 5G. ACM International Conference Proceeding Series, 186–190. <https://doi.org/10.1145/3175684.3175728>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2018). Sentando las bases para la 5G: Oportunidades y desafíos. Retrieved from https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/pref/D-PREF-BB.5G_01-2018-PDF-S.pdf
- Yépez, J. F., & Yun, S. K. (2018). The Current Telecommunications Infrastructure in Ecuador is Ready to Start with the Implementation of IoT Applications?.

Facilitadores, barreras y recomendaciones sobre el uso de las Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación por adultos con parálisis cerebral en Brasil

Iván Carlos Curioso-Vílchez¹

icuriosov@gmail.com

¹ Universidade Estadual Paulista, São Paulo, Brasil.

DOI: 10.17013/risti.43.55-74

Resumen: El uso de las Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación (TDIC) por personas con discapacidad física, entre ellas, los adultos que poseen una parálisis cerebral muestra vacíos de investigación. El presente trabajo tiene como objetivo identificar los facilitadores, barreras y recomendaciones del uso de la computadora tradicional, el notebook, el smartphone y la tablet, por adultos con parálisis cerebral en el Brasil. Para ello, se realizaron doce entrevistas semi-estructuradas a adultos con esta condición del sur del Estado de São Paulo. Con respecto a los facilitadores, se indican las oportunidades o beneficios del uso de las TDIC. Con relación a las barreras, se manifiestan las dificultades por las características físicas y diversas funcionalidades de las TDIC. Por último, se resaltan recomendaciones para la mejora de la accesibilidad y usabilidad de las TDIC por esta población. Se concluye, que el uso de las TDIC es una herramienta fundamental para este grupo con parálisis cerebral entrevistado.

Palabras-clave: Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación; Parálisis Cerebral; Facilitadores; Barreras; Recomendaciones

Facilitators, barriers and recommendations on the use of Information and Communication Technologies by adults with cerebral palsy in Brazil

Abstract: The use of Information and Communication Technologies (ICTs) by people with physical disabilities, including adults with cerebral palsy, presents research gaps. The present work aims to identify the facilitators, barriers and recommendations of the use of traditional computer, notebook, smartphone and tablet, by adults with cerebral palsy in Brazil. For this purpose, twelve semi-structured interviews were conducted with people with this condition who lived south of the State of São Paulo. The opportunities or benefits of the use of ICTs are indicated as facilitators. The difficulties due to the physical limitations and different functionalities of ICTs are expressed as barriers. Finally, recommendations for improving the accessibility and the use of ICTs for this population are highlighted.

In conclusion, the use of ICTs is a fundamental tool for the people with cerebral palsy interviewed.

Keywords: Information and Communication Technologies; Cerebral Palsy; Facilitators; Barriers; Recommendations;

1. Introducción

El uso de las Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación (TDIC) como, por ejemplo, la computadora tradicional y los dispositivos móviles, incluidos el notebook, el smartphone y la tablet con acceso a Internet, están siendo utilizados por las personas con alguna discapacidad física. Dentro de aquel grupo, aquellas y aquellos que poseen una parálisis cerebral utilizan dichas tecnologías como un medio para facilitar su inclusión digital y participación en diferentes entornos educativos y sociales (Alper & Goggin, 2017; Fichten, Asuncion & Scapin, 2014; Jones, Morris & Deruyter, 2018; Manzoor & Vimarlund, 2018; Morris, Sweatman & Jones, 2017). No obstante, existe una falta de evidencia en la literatura científica sobre las percepciones de uso de las TDIC por adultos con parálisis cerebral en comparación con niños y adolescentes (Bracciali et al., 2016; Caron & Light, 2015).

Según datos oficiales de la Coordinación de Investigación y Opinión del Senado Federal de Brasil, se destaca que el 73,5% de los entrevistados con algún tipo de discapacidad en dicho país utilizó las TDIC, como Internet, para buscar información, a diferencia de una tasa muy baja del 13,9% que busca información a través de la televisión, el 4,7% a través de periódicos y revistas, el 3,5% en libros, el 3,3% en la radio, entre otros medios (DATASENADO, 2013).

Cabe aludir que el uso de las TDIC no solo se centra en la computadora tradicional, sino también en los dispositivos móviles, entre ellos: el notebook, el smartphone y la tablet, además de cualquier otra tecnología de características similares, que tenga acceso a Internet. Este tipo de tecnologías permite procesos de interactividad, socialización, así como la adquisición de nuevos aprendizajes globales para las personas con discapacidad (Pedro & Chacon, 2018).

En el ámbito de los estudios cualitativos para personas con parálisis cerebral, encontramos indagaciones que muestran el uso de las TDIC en entornos educativos. En estos lugares, como es el caso principalmente de la escuela, se investiga el uso de la computadora tradicional y el notebook, y los programas del paquete Office e Internet, que pueden ser utilizados por los profesores y los propios alumnos en sus prácticas pedagógicas. Con ello, se muestra la utilidad de este tipo de tecnologías para motivar la comunicación oral y escrita, la atención, la memoria y el desarrollo de habilidades de los niños y adolescentes con este tipo de discapacidad en el salón de clases (Gonçalves, 2014; Tijiboy, Santarosa & Tarouco, 2002).

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, cabe enfatizar los estudios sobre el desarrollo de programas para la computadora tradicional y/o notebook, con el objetivo de estimular sus aprendizajes y sus habilidades cognitivas y motoras. Por ejemplo, se pueden indicar: los protocolos de evaluación sobre el uso de la computadora (Mazer, Dumont & Vicente, 2003), la creación de páginas web para motivar el estudio de la ciencia entre los niños

con parálisis cerebral (Reis et al., 2010), la creación de juegos digitales sobre los temas de la alimentación, la seguridad pública y la ciudad sostenible (Ferreira et al., 2013), investigaciones experimentales para evaluar sus movimientos motores, los cuales están basados en la creación de entornos virtuales con el uso de una cámara de notebook (Monteiro et al., 2014), así como el diseño de juegos virtuales en las redes sociales con la idea de promover su coordinación motriz (Valdés et al., 2014). Asimismo, se pueden agregar, los trabajos de revisión bibliográfica sobre el uso de la realidad virtual y los juegos en la computadora tradicional, como herramienta lúdica, de entretenimiento y rehabilitación para esta población (Jurdi et al., 2018; Massetti et al., 2014).

Por otra parte, hay estudios cualitativos que analizan la función social del uso de las TDIC y el acceso a Internet, en los cuales las personas con parálisis cerebral amplían sus contactos sociales y redefinen su estilo de vida, aumentando su comunicación, interacción social y aprendizaje socioemocional (Caron & Light; 2015; Ferreira, Leal & Silveira, 2012; Jamil, Al-Haddad & Kyun-Ng, 2011; Newman et al., 2017; Rasid & Nonis, 2015).

Existen también estudios de proyectos de responsabilidad social y capacitación que promueven el uso de las TDIC como modelos complementarios a los programas terapéuticos y/o educativos, que destacan la participación social y mejoran su calidad de vida. Por ejemplo, encontramos el uso de programas de formación para la computadora, de rehabilitación virtual a través del Internet, así como propuestas de teletrabajo para personas con parálisis cerebral que no pueden desplazarse físicamente a determinados lugares (Barnfather et al., 2011; Maher et al., 2010; Mcnaughton et al., 2014; Raghavendra et al., 2013; Rosenbaum, Christensen & Nielsen, 2012; SSRP, 2005).

Finalmente, hallamos estudios que presentan las ventajas de las telas sensibles al toque (touchscreen) como, por ejemplo, del smartphone y la tablet, que permiten una mayor velocidad y comodidad para su digitación (Desai et al., 2014; Mariblanca & Cuerda, 2017), entre otras innovaciones tecnológicas actuales (Quiñonez et al., 2020).

De este modo, el objetivo de este trabajo es mostrar las percepciones sobre el uso de las TDIC por adultos con parálisis cerebral, tomando en cuenta las categorías temáticas de análisis como facilitadores, barreras y recomendaciones. Este tipo de evidencia permitirá motivar el incremento de los estudios sobre discapacidad física y las TDIC para la mejora de su calidad de vida (Martín-Cilleros et al., 2020).

2. Método

En base al Consejo Nacional de Salud de Brasil este proyecto fue aprobado para su ejecución por el Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Ciencias y Filosofía de la Universidad Estadual Paulista (UNESP)¹. Las personas de este estudio contribuyeron de manera voluntaria de acuerdo al Consentimiento Libre y Esclarecido.

Participaron de este estudio 12 adultos con parálisis cerebral de la región sur del Estado de São Paulo, Brasil. El rango de edad del grupo de participantes es de 21 a 35 años

¹ Este proyecto contó con el financiamiento de la Asociación Universitaria Iberoamericana de Postgrado (AUIP) de España y la UNESP de Brasil en el marco de Apoyo a Estudiantes de Doctorado del Extranjero (PAEDEx) en los años 2015-2019.

con un promedio de 29.41 años. Las entrevistas fueron realizadas de modo presencial y virtual según la disposición de las y los participantes. De este grupo, 10 entrevistados utilizaban la computadora tradicional, 8 el notebook, 11 el smartphone y 5 la tablet. De acuerdo a la Tabla 1, las características de las y los participantes, así como el uso de las TDIC son las siguientes:

Participantes	Género	Edad	Tipo de Parálisis Cerebral	GMFCS	MACS	CFCS	Uso de C	Uso de N	Uso de S	Uso de T
E1	Masculino	28	Discinética	Nivel II	Nivel II	Nivel I	Sí	Sí	Sí	No
E2	Masculino	35	Cuadriplejia espástica	Nivel IV	Nivel II	Nivel I	Sí	No	Sí	No
E3	Masculino	21	Cuadriplejia espástica	Nivel IV	Nivel I	Nivel I	No	Sí	Sí	No
E4	Femenino	28	Cuadriplejia espástica	Nivel IV	Nivel II	Nivel I	Sí	Sí	Sí	No
E5	Masculino	30	Diplejia espástica	Nivel II	Nivel I	Nivel I	Sí	Sí	Sí	Sí
E6	Masculino	31	Diplejia espástica	Nivel II	Nivel I	Nivel I	Sí	No	Sí	No
E7	Masculino	21	Diplejia espástica	Nivel II	Nivel II	Nivel I	No	Sí	Sí	Sí
E8	Masculino	30	Diplejia espástica	Nivel III	Nivel II	Nivel I	Sí	Sí	Sí	No
E9	Femenino	34	Cuadriplejia espástica	Nivel V	Nivel II	Nivel I	Sí	No	No	Sí
E10	Femenino	33	Diplejia espástica	Nivel III	Nivel I	Nivel I	Sí	No	Sí	No
E11	Femenino	27	Hemiplejia espástica	Nivel II	Nivel I	Nivel I	Sí	Sí	Sí	Sí
E12	Masculino	35	Hemiplejia espástica	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Sí	Sí	Sí	Sí

Legenda: Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa (GMFCS); Sistema de Clasificación de la Habilidad Manual (MACS); Sistema de Clasificación de Comunicación Funcional (CFCS); Uso de C (Computadora tradicional); Uso de N (Notebook); Uso de S (Smartphone); Uso de T (Tablet).

Tabla 1 – Perfil de las y los entrevistados

Para la recolección de datos se utilizó la técnica de entrevista semiestructurada, la cual fue grabada y transcrita para su posterior análisis. Se utilizaron las técnicas de edición de Luiz Marcuschi (2004)² para la transcripción de lo recolectado, así como el programa

² Por ejemplo, se usó el símbolo /.../ para señalar un recorte en la transcripción. Además, se usó el símbolo () para señalar alguna(s) palabra(s) o frase(s) que aclare(n) mejor el contenido. Se usó también el símbolo (()) para comentarios adicionales del investigador. Finalmente, fueron utilizadas las palabras en mayúscula cuando el entrevistado o entrevistada realizó un énfasis en su comunicación.

Atlas.ti 8 para la organización y sistematización de la información. Adicionalmente, se mantiene en reserva la confidencialidad del grupo de participantes, los cuales fueron identificados con la letra E y citados en este trabajo conforme corresponda.

3. Resultados y discusión

3.1. Facilitadores del uso de las TDIC

El grupo de adultos con parálisis cerebral entrevistados destacó los beneficios que aportan el uso de las TDIC, como, por ejemplo, su facilidad, practicidad y rapidez, debido a sus características físicas y, en otros casos, principalmente por su portabilidad. Se mencionó que las tecnologías como los dispositivos móviles pueden transportarse a cualquier lugar, los cuales son ligeros y que se pueden colocar en distintos espacios. Además, resaltaron otras ventajas, como la utilidad de la pantalla táctil. En este sentido, fueron indicadas las siguientes características:

“Me gusta la rapidez y el smartphone es lo más rápido y práctico. Ya está conectado. No tengo que esperar a que se cargue. Puedo usarlo en el sofá de casa, en la mesa de mi oficina, en la cama. No tengo que estar sentado para usar el smartphone. Puedo estar de pie, puedo estar echado. Es practicidad en la mano, es tecnología en la mano /.../ Para mí el celular (smartphone), esta parte táctil es excelente /.../” (Entrevistado E1)

“/.../ Lógicamente que el notebook ocuparía menos espacio que la computadora (tradicional), por más que usted organice los cables, igual quedan todos enredados /.../ Si usted ve detrás de mi computadora (en casa) parece una tela de araña, el notebook no /.../ El notebook y el smartphone me ayudarían en el trabajo. Cuanto menos espacio tenga, mejor. El notebook es más fácil de llevar, el smartphone mucho más /.../” (Entrevistado E2)

“El celular (smartphone), creo que facilita cuando quieres escribir algo que no quieres escribir a mano. Usted tiene la comunicación en su mano. Puedo leer, escuchar música, investigar, hacer ediciones. Creo que hay muchas posibilidades /.../ Suelo poner el smartphone en la mesa para grabar las clases /.../ Lo dejo encima de la mesa, en la cómoda, en la cama /.../” (Entrevistado E4)

“/.../ Muy fácil de llevar (el notebook). Es muy ligero /.../ Cuando compras los nuevos, todos los días están haciendo equipos más ligeros /.../ Cuando era pequeño, ya sabes, las primeras notebooks en Brasil eran muy pesadas /.../ Yo coloco (la tablet) en mi cartera. Lo llevo en la cartera normal, una cartera de mujer ((risas)) /.../ Uso Apple porque creo que el diseño es más bonito y porque es más ligero” (Entrevistado E11)

A ello se agrega, los diferentes programas/aplicaciones y las funciones que ofrecen las TDIC, posibilitando sus diferentes actividades académicas y laborales, de entretenimiento y ocio, entre otros. En esta perspectiva, estudios con adolescentes con parálisis cerebral

muestran que existe una preferencia de uso por estas tecnologías, gracias a la integración de una variedad de programas/aplicaciones, que les permite una autonomía y, sobre todo, un espacio y momento interactivo de conexión social con sus pares. Esta utilidad supera las barreras geográficas y ambientales, ya que este grupo, en ocasiones, presenta dificultad para movilizarse o trasladarse físicamente a determinados lugares que no cuentan necesariamente con los criterios de accesibilidad (Barnfather et al., 2011; Rasid & Nonis, 2015). Según las palabras de las y los entrevistados se mencionó lo siguiente:

“/.../ En relación con mi trabajo, a veces, tengo algún asunto en la cabeza y, por ejemplo, es de madrugada, no voy a poder sentarme y desarrollarlo, comprende. Esto me genera estrés y ansiedad /.../ Anoto las palabras claves (en mi smartphone). A veces, por ejemplo, necesito buscar algunas tesis en Internet. Las guardo en mis favoritos y, luego, al día siguiente las leo /.../” (Entrevistado E1)

“/.../ Es más fácil para mí (Internet banking), porque mi madre es de la tercera edad. No puede llevarme (hasta el banco), da para conducir hasta allí en carro. Puedo ir y volver, pero mi madre es mayor, hasta meterme en el carro, sacar la silla de ruedas, ver la rampa, es complicado /.../ Yo pago mis facturas, transfiero dinero, compro cosas (en la computadora) /.../ (Esto) ayuda a las personas mayores o con movilidad reducida. Esto, entonces, vino a mejorar /.../ Hago fotos (en el smartphone) /.../ Como mi mano izquierda no sostiene muy bien en la posición que es adecuada para hacer fotos, entonces uso el temporizador. Eso lo hace más fácil. Esta es la única forma de hacer fotos /.../ Para mí, sujetarlo con la mano es complicado /.../ (El smartphone) es la computadora en la mano. Tienes una cámara, tienes un banco, tienes una calculadora. Tienes todo en un solo dispositivo, tienes Internet, tienes juegos /.../” (Entrevistado E2)

“(Uso el smartphone) para Facebook, WhatsApp /.../ (Uso el smartphone) para hacer llamadas y para acceder a la cuenta bancaria, a la aplicación del banco /.../ (Uso el smartphone) para ver la predicción del clima, esas cosas /.../ Google Maps es muy bueno. Me parece muy práctico, porque facilita mucho la búsqueda de direcciones, lugares /.../ (Uso el smartphone) porque todo está en la palma de la mano y porque es más pequeño. Es más fácil de manejar /.../ (Compro por Internet) con mi tarjeta /.../ Todo esto lo hago solo /.../ Ya he comprado con mi smartphone y mi notebook /.../ No importa dónde estoy, en cualquier momento lo hago con el celular (smartphone) encendido. Es una cuestión de practicidad /.../” (Entrevistado E3)

“/.../ Utilizo el bluetooth (en el smartphone) /.../ En casa uso el bluetooth para ver el vídeo y el sonido sale de los parlantes /.../ Otra ventaja de tener estas tecnologías es que no tengo que llevar las hojas, sino que puedo acceder a documentos a través de PDF /.../ Hay una aplicación que viene en el móvil: (es) MiniMovie. Puedo crear un video con las fotos que tiene /.../ Sólo para ejemplificar: ((El participante muestra el programa en su smartphone)).

Con esto usted puede publicar sus archivos editados en Facebook, aquí puede cambiar la secuencia de las fotos, la selección de la música /.../” (Entrevistado E7)

“/.../ Pero ahora, (puedo usar) Uber /.../ tiene un beneficio financiero que acaba siendo más barato. En épocas pasadas no tenía forma de salir de casa, porque no salía sola. No tenía la experiencia que tengo ahora, de salir sola, dependía de mis padres y en esa época mis padres no tenían carro. Me quedé la mayor parte del tiempo en casa /.../” (Entrevistado E10)

“/.../ Ya he tenido que hacer algunos exámenes (en la escuela), en los cuales necesitaba escribir una, dos, cuatro hojas enteras /.../ Pero ahora debo confesar que fue bastante agotador, muy agotador, porque, queriendo o no, para mí la descoordinación motora es bastante agotadora /.../ Era pesado escribir y todo lo demás. Entonces, ¿qué pasó? Cuando por fin llegué a la universidad podía hacer básicamente todo en mi notebook /.../ Al final, en la universidad era mucho más tranquilo (con la digitación) /.../” (En la universidad) llevaba el notebook /.../” (Entrevistado E12)

Se puntualizaron otros beneficios de las TDIC, específicamente para su comunicación oral y escrita. Tres participantes adultos con parálisis cerebral (E8, E10 y E11) acentuaron el uso de las funciones de accesibilidad en las TDIC, como, por ejemplo, el programa de reconocimiento de voz o también llamado asistente personal de voz que convierte el habla en texto. Este tipo de herramienta facilita la digitación y permite encontrar informaciones a través del uso del habla. Como ejemplo de esto, se observa en los extractos de las y los entrevistados, la utilidad de estos recursos, que agilizan su forma de escribir en las TDIC. Al respecto fue señalado:

“/.../ Cuando tengo trabajos muy largos en la universidad, conferencias o cosas así, uso este tipo de programa (reconocimiento de voz) /.../ Voy hablando /.../ (El programa) transforma lo hablado en texto. Esto es más rápido, MUY ÚTIL /.../ Lo uso en mi notebook /.../ Por ejemplo, cuando estoy en casa y necesito enviar un trabajo a alguien en la universidad o incluso en el trabajo uso este programa para que escriba mientras yo hablo /.../” (Entrevistado E8)

“Es genial (el reconocimiento de voz). Me ha ayudado mucho. A veces, la persona tiene dificultades en la escritura, en la coordinación motriz fina, entonces, en la computadora, en el smartphone o en la tablet puede expresarse mejor /.../ Por ejemplo, cuando estoy en el carro o en movimiento, y no puedo escribir, utilizo el reconocimiento de voz. Entonces, yo hablo y (el reconocimiento de voz) escribe por mí cuando estoy yendo al centro comercial y cosas así /.../ Escribo en WhatsApp, en Google /.../ En Google, cuando necesito buscar algo y el auto está en movimiento, hablo, escribe y busca /.../” (Entrevistado E10)

“/.../ Ya tuve tendinitis por el esfuerzo que hacía con la mano izquierda /.../ Pero para compensar eso, ahora uso Siri (en la tablet). Aprieto el botón y ella escribe por mí (en el programa/aplicación Notas) /.../ Este invento SALVÓ mi vida. Hoy en día soy profesora. Corrijo 60 pruebas en línea al día. Yo coloco a Siri y asigno las notas normalmente, pero el comentario que tengo que hacer al alumno, que es un texto que tengo que escribir, aprieto Siri, digo mi

comentario y lo escribe por mí /.../ Siri reconoce mi voz incluso con ruido /.../ Por la accesibilidad de Siri lo hago todo con un solo dedo. Lo hago con el botón de accesibilidad. El iPhone tiene esas herramientas” (Entrevistado E11)

Un estudio a jóvenes con parálisis cerebral subrayó cómo las TDIC son una tendencia de uso entre este grupo, ya que ofrece soluciones personalizadas para escribir más rápido, por ejemplo, a través del programa de reconocimiento de voz (Raghavendra et al., 2013). De esta forma, las investigaciones han destacado que el uso de la computadora por parte de niños y adolescentes con parálisis cerebral puede ayudar en su escritura y superar sus dificultades psicomotoras. Con ello, se reduciría el cansancio que trae consigo la escritura manual, debido a la fuerza muscular que se sobrecarga y ejerce con esta actividad (Queiroz & Menezes, 2014).

Adicionalmente, las y los participantes mencionaron la utilidad de las opciones de accesibilidad, entre ellos, el teclado virtual y la predicción de palabras. Indicaron también otras configuraciones personalizadas que ofrecen las TDIC, tales como el envío de mensajes de audio, que ayudan en su comunicación, comodidad y eficiencia complementarias a la escritura. Las y los participantes señalaron lo siguiente:

“/.../ Mire, yo lo uso así: ((el participante comparte la pantalla de su ordenador a través de Skype y muestra el uso del teclado virtual)) /.../ En lugar de matarme (digitando) /.../ voy aquí y activo (esta opción). Escribo en el teclado virtual /.../ Es bueno para los que tenemos problemas para escribir /.../ Vengo aquí (en el teclado virtual). Escribo /t/ y aparece el teclado. No tiene que escribir nada. No tiene que terminar (la palabra). Por ejemplo, supongamos que quiere encontrar algo sobre tecnología. Escribo /t/. Luego, escribe y aparecerá en el teclado virtual. Supongamos que quiere eso de la tecnología. Supongamos que se trata de una empresa de tecnología ((El participante muestra el uso del teclado virtual para buscar y realizar búsquedas en Internet)) /.../” (Entrevistado E2)

“En el celular (smartphone) uso mucho la opción para enviar audios (en el WhatsApp). Ayuda mucho. Cuando estás en un tránsito. No conduzco ((risas)). A veces, hay baches, hay agujeros en las calles. Estás escribiendo y, para no equivocarte, tienes la posibilidad de hablar /.../ O si tienes prisa, entonces no puedes seguir escribiendo y entonces hablas /.../” (Entrevistado E6)

“Utilizo la lupa y el contraste, según la hora del día, porque durante la noche veo aún menos. Por la noche, por ejemplo, uso más el contraste del notebook para poder escribir /.../” (Entrevistado E8)

“Yo configuro (en el smartphone) cuando es un mensaje de grupo en WhatsApp para que sea un tipo de sonido. Y cuando se trata de un mensaje privado, por ejemplo, es otro sonido. Me gusta hacer esas modificaciones, porque si suena el sonido privado sabes que puede ser un familiar: mamá o papá queriendo darte un mensaje. Y si es el sonido de un mensaje de grupo (de WhatsApp) ya sabes que hay mucha gente que puede haber dicho algo /.../ Veo el sonido que más me gusta y lo pongo. También lo hago para las llamadas /.../” (Entrevistado E10)

“/.../ (El predictor de palabras) uso en la tablet. (Lo uso) en todo, tanto en la tablet como en el celular (smartphone) /.../ Escribo, pero normalmente envío esos mensajes de voz. Lo uso más /.../ Eso no sólo lo hizo más fácil (los mensajes de audio), sino que cambió mi vida. Eso fue OTRA COSA. Es maravilloso /.../ Me cambió la vida, porque si necesito enviar una conversación larga, como enviar un mensaje para contar una historia a alguien, no sé, o dar un mensaje de trabajo, antes me llevaba 5 minutos escribir. Ahora con el audio es más fácil (en WhatsApp). Es cuestión de un minuto, dos minutos. Ya se puede explicar /.../” (Entrevistado E11)

“En realidad, la computadora vino a mejorar y cambiar mi comunicación con las personas, tanto la computadora como el smartphone. Ambos han mejorado mucho mi comunicación con la gente /.../ Hablo mucho usando el teclado realmente /.../ Suelo usar mucho este recurso (predictor de palabras) en mi teléfono móvil (smartphone). PÁ PÁ PÁ, todo rápido /.../ Entonces, lo uso básicamente para TODO, en el móvil (smartphone), WhatsApp /.../” (Entrevistado E12)

Una investigación a adolescentes con parálisis cerebral afirma que la posibilidad de comunicarse a través de estas tecnologías es un aspecto muy relevante no solo como una estrategia de digitación rápida, sino también como una herramienta de expresión y estabilidad emocional para escapar de la soledad (SSRP, 2005). Existen estudios cinéticos, que midieron la fuerza y precisión en personas con parálisis cerebral, en los cuales se remarcó que el uso de dispositivos móviles con pantalla táctil proporciona una practicidad para este público objetivo, porque les permite una mayor velocidad manual, a pesar de su compromiso motor (Irwin et al., 2011). No obstante, cabe recordar la falta de estudios actuales sobre digitación y velocidad en las manos por adultos con parálisis cerebral en las TDIC.

Uno de los participantes adultos con parálisis cerebral entrevistados (E6) destacó la utilidad y los beneficios de utilizar las TDIC para su comunicación escrita, incluida la ortografía. En este aspecto, existen algunos programas de corrección ortográfica que proponen, en tiempo real, correcciones lingüísticas para los mensajes de texto, el correo electrónico, entre otros.

“Pero la computadora también vino a ayudar en esto, porque pones una palabra mal escrita y te la corrige /.../ Una persona no tiene tiempo de estar cerca a su lado para estar corrigiendo /.../ No tendrás una persona 24 horas para estar contigo, así que la computadora te ayuda con esto. Eso es lo positivo /.../ (Word ayuda) para la ortografía en lugar de que yo esté con la persona 24 horas para auxiliarme con las correcciones. La computadora es un puente para ello. Puedo escribir 20 párrafos o más. (Word) te corrige /.../ Si me equivoco me da respuestas, o puedo escribir en Internet y buscar rápidamente un diccionario online /.../” (Entrevistado E6)

Por otro lado, del total de adultos con parálisis cerebral entrevistados, solo uno de ellos (E8) mencionó usar otra herramienta de accesibilidad como los lectores de pantalla

en las TDIC. Dicho participante además de tener discapacidad física, presenta una discapacidad visual.

“Utilizo este programa NVDA y la lupa normal de Windows, ya sabes, para ampliar el contenido aquí en mi notebook. En el celular (smartphone), utilizo un programa llamado TalkBack que viene en el smartphone. (El lector de pantalla) se encuentra en la parte de accesibilidad del dispositivo. Hace lo mismo que el NVDA en la computadora. Me muestra lo que la persona está escribiendo o lo que la persona está diciendo /.../ Lo único que altero en mi computadora es el grosor de la flecha del ratón /.../ El grosor se hace más grande y va un poco más lento para que pueda visualizar mejor la pantalla /.../” (Entrevistado E8)

En suma, los participantes entrevistados mencionaron las diferentes preferencias para hacer un uso variado de las TDIC y de diferentes programas/aplicaciones, de acuerdo con sus gustos y necesidades. Una investigación a adolescentes con parálisis cerebral apunta una diversidad de uso entre dichas tecnologías, especialmente en el uso de dispositivos móviles, como el smartphone, el cual se percibe como una de las tecnologías modernas más fáciles de manejar y que presenta una utilidad para la comunicación instantánea por medio de las redes sociales como Facebook, WhatsApp, entre otras (Rasid & Nonis, 2015). Según lo relatado por las y los participantes se contrastó lo siguiente:

“(Utilizo) el smartphone y el notebook con mayor frecuencia. Ambos los uso con frecuencia. En la universidad uso mucho la computadora (tradicional) para hacer mis disciplinas online. Para hablar uso más el smartphone y también para leer /.../ Cuando no estoy con la computadora estoy con el celular (smartphone)” (Entrevistado E4)

“/.../ Yo uso la tablet y el celular (smartphone) para entrar a Facebook, WhatsApp. También lo uso para entrar en las redes sociales /.../ Uso el celular (smartphone) todos los días y la tablet todos los días /.../ Creo que es una manía usar ambos. Mi tablet es sólo para Internet, no es un teléfono (smartphone) /.../” (Entrevistado E5)

“/.../ Uso (el smartphone) con la mano izquierda /.../ Enciendo (la tablet) con el pie, para desplazarme y subir de página con los pies /.../ Suelo quedarme, así, sentado en el suelo, entonces, me desplazo (con los dedos del pie) y leo /.../ Si alguien quiere hablar conmigo, entonces, hablo con la persona /.../ Los pies los uso para Facebook e Instagram /.../ WhatsApp también lo uso con los pies /.../” (Entrevistado E9)

“/.../ Prefiero la computadora porque la pantalla es más grande /.../ Depende si es algo sencillo, para ver alguna información, uso el smartphone. Entonces, escribo en Google y me da la información. Si quiero escuchar música, consultar Facebook con más calma, acabo usando la computadora (tradicional) /.../” (Entrevistado E10)

3.2. Barreras del uso de las TDIC

A pesar de los beneficios de las TDIC, señalados previamente, las y los participantes adultos con parálisis cerebral agregaron algunas limitaciones de estas tecnologías, que hacen que la experiencia de uso no sea la más eficiente. Se indicaron, por ejemplo, las dificultades en el uso de algunas funciones de accesibilidad y opciones de accesibilidad, como el reconocimiento de voz, el uso de lupas, los sensores de movimiento, los predictores de palabras y los lectores de pantalla. Una investigación a jóvenes con parálisis cerebral indicó que pueden sentir frustración por no poder completar determinadas frases a través del reconocimiento de voz (Newman et al., 2017). Fueron indicados los siguientes inconvenientes:

“/.../ En la computadora yo escribo, pero en el celular (smartphone) uso (el reconocimiento de voz) /.../ Usted entra en Google, pulsa el micrófono y habla, (luego el programa) busca /.../ No puedo completar una frase correcta. Tengo dificultades para corregir /.../ Para las palabras cortas, sí, ayuda /.../” (Entrevistado E1)

“/.../ Pero (el reconocimiento de voz) también tiene una parte mala. Tiene que hablar despacio para que el programa entienda lo que dice, porque si no lo escribe equivocadamente. A veces, debido a mi forma de hablar, lo escribe mal. Entonces, usted tiene que borrar y corregir manualmente o intentar hablar de nuevo /.../ Ya utilicé (lupa en el ordenador tradicional) /.../ La lupa me dificulta un poco, porque no cubre toda la pantalla. Tienes que moverlo para ver el tamaño de la letra, en lugar de tomar toda la hoja /.../ Se pierde tiempo /.../” (Entrevistado E6)

“Me gustaría recordarle que el reconocimiento de voz aún necesita mejorar mucho /.../ Actualmente, el reconocimiento de voz no puede entender mi voz. ¿Y qué pasa? Aparte de este pequeño detalle, cuando se necesita hacer una frase más compleja, con muchos signos de puntuación, de exclamación, de interrogación, no es posible. Además de cometer varios errores, porque infelizmente uno habla una cosa y (el reconocimiento de voz) escribe otra. En mi caso no funciona /.../ Voy a ser muy honesto con usted. Compré el Leap Motion (sensor de movimiento), (pero) no lo he vuelto a utilizar. Es una tontería ((risas)) /.../ Porque mi mano, el brazo, el antebrazo, los hombros se cansan mucho. También hay otro detalle: no es tan preciso y confunde sus movimientos /.../ Necesita evolucionar mucho /.../ Porque, nos guste o no, este tipo de tecnología requiere exactamente lo que la persona con parálisis cerebral no tiene, que es la coordinación motora. (El sensor de movimiento) le exigirá cierta precisión a la hora de coger o mover un objeto. Y eso no es bueno para una persona con parálisis cerebral severa” (Entrevistado E12)

Del número total de entrevistados, solo tres participantes (E2, E7 y E9) ocasionalmente se sintieron insatisfechos con el uso del predictor de palabras. En términos de uno de ellos:

“Existe el (predictor de palabras), pero no escribe todo, a veces completa mal. Luego hay que estar borrando y, a veces, se pone difícil /.../” (Entrevistado E2)

Otro participante señaló:

“(El predictor de palabras de WhatsApp) no pone la palabra que quiero /.../ de vez en cuando, yo escribo mejor la palabra” (Entrevistado E9)

Como señala la literatura científica, el predictor de palabras no es el favorito para el grupo de personas con discapacidad física, ya que no muestra las palabras que los usuarios quieren utilizar. En ese aspecto, tener una lista larga de palabras puede resultar tedioso e incluso frustrante para algunos usuarios con dificultades de movilidad en sus manos. Sin embargo, este tipo de programas está mejorando, poco a poco, al igual que sus algoritmos matemáticos para mejorar en su predicción (Wobbrock & Myers, 2008).

“/.../ Ocurría lo siguiente: quería escribir una palabra, como “viciosamente”, pero el corrector (de palabras) escribía “oficialmente” (en WhatsApp). A veces, el corrector (de palabras) me hacía escribir la palabra equivocada /.../ Creo que basta con poner la opción que quiero (para que no cambie la palabra) y ya está /.../” (Entrevistado E7)

Uno de los participantes (E8), que tiene una discapacidad visual sumado a su discapacidad motora, refirió una serie de obstáculos, especialmente con relación al uso del lector de pantalla. Se resaltaron las limitaciones en la lectura de imágenes y textos en PDF, además de la falta de acceso a otros dispositivos y programas/aplicaciones.

“/.../ Por ejemplo, un diseño, un dibujo de un superhéroe, (el lector de pantalla) no lo traduce /.../ Los memes no los lee /.../ Cuando la imagen se envía por correo electrónico. No traduce (el lector de pantalla) /.../ Se traduce como si fuera un gráfico. El lector (de pantalla) dice que es un gráfico. Lo identifica como un objeto, pero no identifica qué es ese objeto. Yo, particularmente, cuando estoy trabajando o estudiando y una persona me manda una imagen, le pido que la describa debajo de la foto /.../ Otra cosa, NVDA no funciona en la tablet /.../ Por eso no me compré la tablet para la universidad /.../ Porque el NVDA no funciona en ella /.../ NVDA no configura la lectura de PDF. Lo he intentado varias veces y no lo consigo. No lee bien los PDF /.../ (NVDA) no lee códigos de barras, sólo texto. Normalmente, las cuentas bancarias están en formato PDF. ¿Y qué hago? Lo paso a (Microsoft) Word /.../” (Entrevistado E8)

Por otro lado, dos participantes adultos con parálisis cerebral (E2 y E6) percibieron algunos puntos negativos con la portabilidad del teclado de las TDIC, así como de otras características que incomodan su experiencia. Fue advertido lo siguiente:

“/.../ El teclado (del smartphone) es malo porque mi dedo es grande, y no por mi movilidad o discapacidad. Con las dos manos sería rápido, pero creo que el tamaño del teclado (en el smartphone) no es bueno, podría ser más grande /.../ En un smartphone es difícil digitar, así que lo hago en una computadora (tradicional), porque me es más fácil /.../ Porque en el smartphone tienes que ir haciendo zoom en la pantalla /.../ Hay que prestar mucha atención cuando se tecléa /.../” (Entrevistado E2)

“/.../ A veces, la disposición del teclado del notebook es diferente a la de la computadora tradicional. A veces faltan algunas teclas o hay otras diferentes.

Para mí, es complicada esa parte. Prefiero la computadora (tradicional) /.../” (Entrevistado E6)

3.3. Recomendaciones para los profesionales de la tecnología y el diseño

Del grupo de adultos participantes con parálisis cerebral manifestaron algunas sugerencias para las y los profesionales relacionados con el desarrollo de la tecnología y el diseño. Dos entrevistados (E1 y E2) destacaron la necesidad de mejoras en el reconocimiento de voz. Desde este punto de vista, la literatura sostiene que las tecnologías en general no deben diseñarse solamente para personas que tienen todos sus sentidos y funcionalidades preservados, sino que también debe pensarse en base a un concepto y práctica del Diseño Universal que sea accesible para todas y todos con o sin discapacidad (Newman et al., 2017). Uno de los retos del reconocimiento de voz es mejorar la precisión en la captura de la voz o habla cuando es utilizado por las personas con parálisis cerebral (Jamil, Al-Haddad & Kyun-Ng, 2011).

“/.../ Me gustaría tener un reconocimiento de voz, nunca he conocido un programa capaz de reconocer mi voz /.../ Quizás, un programa de voz universal que pueda funcionar con diferentes opciones /.../” (Entrevistado E1)

“Windows podría venir con un Voice Attack. Podría tener un programa para apagar y encender. Por ejemplo, si dices: “Apaga la computadora”, la computadora se apaga. Esto ayudaría a los que tienen una discapacidad más severa /.../ Porque, digamos, necesitas salir y no hay manera de apagar la computadora, así que le das un comando de voz y se apaga. Eso estaría bien /.../” (Entrevistado E2)

Cuatro de los entrevistados (E1, E2, E5 y E7) nombraron la importancia de buscar mejoras en el teclado y en la ergonomía de la computadora tradicional, así como en los dispositivos móviles como el notebook y el smartphone. En el caso del teclado de la computadora tradicional y el notebook, por ejemplo, un participante (E5) sugirió que las teclas fueran más grandes y espaciadas. Además, tres participantes (E1, E2 y E7) mencionaron la necesidad de tener configuraciones para aumentar el teclado de los dispositivos móviles como, por ejemplo, el smartphone.

Algunas de estas adaptaciones han sido desarrolladas por la empresa Google, como el programa Gboard, que, entre otras funciones, permite cambiar y fijar la altura del teclado en dispositivos móviles con el sistema operativo Android e iOS. Complementariamente, en las configuraciones de los dispositivos móviles, existe la posibilidad de configurar la fuente y el tamaño de la letra del teclado. Sin embargo, se percibe un desconocimiento de estas funciones por parte del grupo de participantes. Se argumentó lo siguiente:

“(Mi smartphone) es de 5 pulgadas /.../ Si fuera mayor no cabría en mi bolsillo. Sería demasiado grande. Se vería feo. Podría ser bueno, pero a la hora de llevarlo, hay que tener algo fácil de transportar /.../ Creo que la pantalla del teclado (del smartphone) es demasiado pequeña. El tamaño de la letra podría ser un poco más grande /.../ Mi dedo es grande y me molesta /.../” (Entrevistado E2)

“/.../ Si usted gira el celular (smartphone) en horizontal, puede escribir, porque las letras son más grandes /.../ Para mí, es mejor escribir en horizontal /.../ Reduce las posibilidades de cometer errores ortográficos. Puede escribir correctamente, pero sugeriría a los diseñadores (del smartphone) que el teclado fuera mayor y un poco más arriba, con números y letras más grandes. Para mí sería mejor /.../” (Entrevistado E5)

“En el smartphone, preferiría que las teclas fueran mayores, porque el tamaño de mi dedo, por ejemplo, me hace pulsar teclas y escribir letras que no quiero /.../ Mi smartphone es pequeño y las teclas también /.../ Porque, de vez en cuando, quiero pulsar una tecla, pero acabo pulsando otra /.../ Las teclas más pequeñas dificultan la escritura. En el iPad es más fácil porque tiene el tamaño ideal para mí. No he pulsado ninguna tecla errónea en el iPad /.../ Normalmente yo me acostumbro más con las teclas grandes” (Entrevistado E7)

Uno de los entrevistados (E2) sugirió que los dispositivos móviles, como el smartphone, podría tener algún teclado adicional que sea plegable y transportable. El propósito de esto sería mejorar su experiencia en la digitación, así como tener entradas universales, como USB, para conectar y controlar otras herramientas de entretenimiento.

“/.../ Me parece genial tener un teclado externo (en el smartphone), ayudaría a la persona con discapacidad /.../ El teclado del celular (smartphone) es muy pequeño, pero me las arreglo para escribir /.../ Podría haber un teclado plegable, que sea pequeño, con letras normales, para meterlo dentro del bolsillo. Sería interesante /.../ Ya podría venir (en el smartphone) con una entrada USB. Pero las empresas no piensan así /.../ Estaría bien usar un joystick en el smartphone, porque hay varios juegos gratuitos que podrían tener una entrada USB y que se podrían jugar en el celular (smartphone), pero no hay eso para este modelo (de mi smartphone) /.../” (Entrevistado E2)

Cuatro participantes (E7, E8, E10 y E11) recomendaron algunas características que podrían incorporarse para mejorar las aplicaciones que se utilizan en las TDIC. Dos participantes (E10 y E11) sugirieron considerar nuevas opciones para las personas que usan una silla de ruedas al momento de usar ciertas aplicaciones de viaje y geolocalización. Otro entrevistado (E7) recomendó la necesidad de implementar predictores de palabras en algunos otros programas de edición de texto. El participante (E8) que tiene discapacidad visual asociada a la parálisis cerebral sugirió mejoras en la lectura de pantalla de imágenes en ciertos programas de redes sociales, como Facebook y WhatsApp.

“La opción de WhatsApp, en la que escribes unas letras y aparece la palabra completa, es buena. Si (Microsoft) Word tuviera eso sería bueno /.../ Sería genial /.../” (Entrevistado E7)

“Digamos que publicas una foto en Facebook. Por ejemplo, usted publica una foto en una plaza, y, por ejemplo, en aquella hay dos árboles. Digamos que usted está en un lugar abierto, al aire libre, y hay dos árboles. Estas innovaciones

son nuevas. (Facebook) lo traduce y te dice lo que hay en la foto /.../ Tal vez WhatsApp podría permitir esta descripción de audio de las fotos, de la misma manera que lo hace Facebook. Eso lo haría mucho más fácil /.../ Creo que otra mejora sería intentar traducir también las imágenes de los videos /.../” (Entrevistado E8)

“Sería interesante que la propia aplicación de Uber pusiera una opción para elegir un carro accesible o para, al menos, informar al conductor, antes de pedir el carro, que usted es usuario de silla de ruedas, porque así no pasarías la vergüenza de que alguien se acerque, mira su cara y dice: “Pida otro Uber, porque en mi carro no cabe tu silla”. Sería bueno que la persona ya viniera sabiendo que eres un usuario de silla de ruedas. Creo que debería ser así /.../” (Entrevistado E10)

“Creo que en la aplicación de Google Maps, al igual que hay opciones de rutas en carro y para caminar, sería interesante que pusieran rutas en silla de ruedas. Sería SENSACIONAL en este aspecto de la accesibilidad /.../” (Entrevistado E11)

Tres entrevistados (E2, E7 y E11) también citaron el desarrollo de programas/aplicaciones, así como juegos que no necesiten mucha coordinación motora para el grupo de personas con parálisis cerebral. Uno de los participantes señaló:

“(Programas) que no requieren tanta precisión de movimiento y rapidez de movimiento” (Entrevistado E11)

En este aspecto, podría existir el desarrollo de ciertas aplicaciones con configuraciones que coloquen los botones más cercas y/o comandos más simples. A ello, se adicionó la posible creación de juegos accesibles que exijan el uso de un solo dedo.

“Una vez, intenté jugar al Counter Strike en las cabinas de internet que son públicas (de mi ciudad). Siempre quise jugar. Pero debido a mi movilidad no pude pulsar los comandos. Entonces, es complicado. El juego podría tener las teclas en un solo lugar. Esos comandos (del teclado) están muy espaciados /.../ Me resulta confuso. Por eso no he jugado, pero quiero hacerlo /.../” (Entrevistado E2)

“Si es un juego fácil en el que puedo usar sólo una mano /.../ (Es decir) sin necesidad de usar las dos (manos), puede que me guste /.../ Una sugerencia sería que los juegos no requieran el uso de ambas manos. Eso sería mejor para mí. Cuando tengo que pulsar letras que están lejos unas de otras en la computadora, me resulta difícil porque no puedo usar la mano derecha /.../ Yo haría los botones más juntos. Para hacer Ctrl +Alt+Supr, tengo que hacerlo así ((el participante muestra dificultad para hacer estos comandos en el teclado tradicional)) /.../ Yo los pondría más juntos o de forma que sea posible pulsar una vez /.../ Para mí, pulsar dos teclas a la vez no funciona. Tiene que ser primero una tecla y luego la otra, porque cuando tengo que tocar dos teclas al mismo tiempo es difícil /.../” (Entrevistado E7)

Otro de los participantes (E7) mencionó tener dificultades para tomar fotografías en una de las TDIC, específicamente en la tablet de Apple. Para ello, sugirió que, para su comodidad, el botón de esta función se coloque en ambos lados del dispositivo, y no

solo en uno, ya que presenta una dificultad en una de sus manos. Otro participante (E9) sugirió que se desarrolle un botón más accesible en las redes sociales, a través del cual sería posible hacer zoom en las imágenes, ya que la entrevistada posee dificultades para lograr esta acción con sus manos.

“Me gustaría, si es posible, que el botón para tomar una foto estuviera aquí en este lado izquierdo. Yo uso la mano izquierda, porque la derecha no ayuda mucho /.../ En el celular (smartphone), sé hacer una foto, porque el botón está en este lado (en el lado izquierdo) /.../ Cuando voy a hacer una foto con el celular (smartphone) echado, el botón se queda en cualquier lado /.../ En la tablet, no. Porque si giras el aparato, el botón también gira, porque siempre se queda a la derecha /.../” (Entrevistado E7)

“/.../ De vez en cuando lo consigo. También depende de la imagen. No es con todas las imágenes que hago zoom /.../ Tengo una dificultad para hacer zoom /.../ Sería útil que pusieran un botón (en Facebook y WhatsApp) específico para hacer zoom en la imagen. Ayudaría tener un botón para eso /.../ En la tablet no tengo forma de hacer zoom /.../” (Entrevistado E9)

Por último, cuatro entrevistados con parálisis cerebral (E2, E7, E9 y E10) señalaron contar con soportes físicos para el smartphone, como herramientas esenciales, para mejorar la experiencia de uso de esta tecnología. Especialmente se indicó aquellos que son utilizados con las funciones de fotos y videos, los cuales podrían apoyarse en una superficie plana, en la silla de ruedas o en el mismo cuerpo.

“Estaba pensando en un bloguero en silla de ruedas que muestre las dificultades que tiene un usuario con dicha condición /.../ Yo filmo todo el tiempo /.../ Si quiero filmar de lado, pongo un soporte y apunto a la acera, a la rampa /.../ Podría hacerlo con el móvil (el smartphone) /.../ ¡Me gustaría MUCHO, MUCHO! Tengo la intención de hacer un canal (de Youtube) como aquel (que mencioné) /.../ Sería un chaleco estilizado (para smartphone). Sólo hay que encontrar la manera de coser y utilizar el soporte. En este soporte se podría fijar la funda del móvil /.../ Hacer el chaleco es fácil. Sólo hay que llevarlo a alguien y que lo costura /.../” (Entrevistado E2)

“Si no tengo una mesa, pongo (el smartphone) en la mano, pero me cansa. Si hay una mesa, prefiero apoyarla en ella. Cuando no hay mesa, uso el celular en la mano, o en mi muslo, cuando estoy sentado /.../ Sería mejor si tuviera un soporte en la mesa, porque me cansa estar así /.../” (Entrevistado E7)

“Me gustaría tener un soporte en la silla de ruedas /.../ Sería bonito e interesante tener un soporte para el teléfono móvil (el smartphone) /.../ Para poder hacer una foto /.../ Quien hace (fotos) es mi madre o mi hermana /.../ En la tablet, para hacer una foto necesito ayuda /.../” (Entrevistado E9)

“/.../ Ya he visto un soporte en la silla de ruedas, en una feria que se realiza aquí en São Paulo una vez al año /.../ Es una feria que tiene todo lo relacionado con la tecnología para las personas con discapacidad /.../ La señora dijo que el soporte era más para usar en la tablet, que es más grande /.../ Que se adaptaría mejor /.../ Creo que es bueno. Si lo tuviera, lo usaría /.../ Si fuera

más pequeño, (sería) mejor para el tamaño del celular (smartphone) que tengo /.../” (Entrevistado E10)

4. Conclusiones

El uso de las TDIC es percibido por los adultos con parálisis cerebral entrevistados como una herramienta potencial y fundamental, que entrelaza diferentes ambientes y situaciones de sus vidas. Las TDIC posibilitan la inclusión y participación de estas personas en diferentes entornos educativos y sociales, como la escuela, la institución técnica/universitaria y/o laboral.

En cuanto a los facilitadores, el uso de estas tecnologías corresponde a un medio sustancial para estos individuos, por sus características físicas y diversas funcionalidades. Dichas tecnologías promueven y fomentan la comunicación oral y escrita, el aprendizaje y la asimilación de nueva información y conocimiento, estimulan el ocio, así como la interacción, la socialización y su empoderamiento.

A pesar de los facilitadores de uso de las TDIC identificados anteriormente, también existen barreras que surgen debido a las herramientas disponibles en estas tecnologías. Por ejemplo, se destacaron las dificultades con respecto al uso del reconocimiento de voz, el lector de pantalla, los predictores de palabras, entre otras opciones. Se sugiere que, la mayoría del grupo de entrevistados, desconoce que existen algunas opciones de accesibilidad que están incluidos en algunas de las TDIC o que, en otros casos, no es necesario utilizarlo, dependiendo de su tipo de parálisis cerebral. Así, podría incluirse futuros programas sociales con capacitaciones sobre el manejo de las TDIC para este tipo de personas, que puedan profundizar sus conocimientos de acuerdo a sus intereses personales. Todo ello, sería parte de una política social y pública en los diferentes países que tienen personas con esta condición.

Finalmente, se señalaron sugerencias para los profesionales que desarrollan este tipo de tecnologías y diseños para mejorar determinadas funcionalidades, que puedan generar una experiencia óptima del usuario. Cabe mencionar: la mejora del reconocimiento de voz, cambios personalizados en el teclado de las TDIC y en la accesibilidad de algunos programas/aplicaciones, así como la implementación de apoyos físicos para poder usar dichas tecnologías.

Referencias

- Alper, M., & Goggin, G. (2017). Digital technology and rights in the lives of children with disabilities. *New Media & Society*, 19(5), 726-740. <https://doi.org/10.1177/1461444816686323>
- Barnfather, A., et al. (2011). Computer-Mediated Support for Adolescents With Cerebral Palsy or Spina Bifida. *Computers, Informatics, Nursing*, 29(1), 24-33. <https://doi.org/10.1097/ncn.0b013e3181f9db63>
- Braccialli, L. M. P., et al. (2016). Acesso ao computador por crianças e jovens com paralisia cerebral. *Educação, Formação & Tecnologias*, 9(1), 72-84. <https://doi.org/10.1549/1646933Xv9n12015010600084>

- Caron, J., & Light, J. (2015). Social Media has Opened a World of ‘Open communication:’ Experiences of Adults with Cerebral Palsy who use Augmentative and Alternative Communication and Social Media. *Augmentative and Alternative Communication*, 1-33. <https://doi.org/10.3109/07434618.2015.1052887>
- DATASENADO. (2013). Condições de vida das pessoas com deficiência no Brasil. Brasília: Senado Federal. https://www12.senado.leg.br/institucional/datasetenado/pdf/DataSenadoPesquisaCondicoes_de_Vida_das_Pessoas_com_Deficiencia_no_Brasiln.pdf
- Desai, T., et al. (2014). Implementing an iPad-based alternative communication device for a student with cerebral palsy and autism in the classroom via an access technology delivery protocol. *Computers & Education*, 79, 148-158. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.07.009>
- Ferreira, A. O., Leal, S. B., & Silveira, D. S. (2012). Accessibility for People with Cerebral Palsy: The use of Blogs as an Agent of Social Inclusion. *Procedia Computer Science*, 14, 245-253. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2012.10.028>
- Ferreira, M. I. et al. (2013). Digital games and assistive technology: improvement of communication of children with cerebral palsy. *International Journal of Special Education*, 28(1), 36-46.
- Fichten, C., Asuncion, J., & Scapin, R. (2014). Digital Technology, Learning, and Postsecondary Students with Disabilities: Where We’ve Been and Where We’re Going. *Journal of Postsecondary Education and Disability*, 27(4), 369-379.
- Gonçalves, A. G. (2014). Desafios e condições para aprendizagem do aluno com deficiência física no contexto da escola inclusiva. *Póiesis Pedagógica*, 12(1), 45-66. <https://doi.org/10.5216/rpp.v12i1.31206>
- Jamil, M. H., Al-Haddad, S. A., & Kyun-Ng, C. (2011). A flexible Speech Recognition System for Cerebral Palsy Disabled. In Manaf, A. A. (Eds.). *13th International Conference on Enterprise Information Systems. Communications in Computer and Information Science*, Part I, (pp. 42-55). Springer. http://doi.org/10.1007/978-3-642-25327-0_5
- Jones, M., Morris, J., & Deruyter, F. (2018). Mobile Healthcare and People with Disabilities: Current State and Future Needs. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 15, 1-15. <https://doi.org/10.3390/ijerph15030515>
- Jurdi, S. et al. (2018). A systematic review of game technologies for pediatric patients. *Computers in Biology and Medicine*, 97, 89-112. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2018.04.019>
- Maher, C. et al. (2010). An internet-based physical activity intervention for adolescents with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 52(5), 448-455. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2009.03609.x>
- Manzoor, M., & Vimarlund, V. (2018). Digital technologies for social inclusion of individuals with disabilities. *Health and Technology*, 1, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s12553-018-0239-1>

- Marcuschi, L. A. (2004). Da fala para a escrita: atividades de retextualização. São Paulo: Cortez Editora.
- Mariblanca, M. R., & Cuerda, R. C. (2017). Aplicaciones móviles en la parálisis cerebral infantil. *Neurologia*, 36(2), 1-14. <https://doi.org/10.1016/J.NRL.2017.09.018>
- Massetti, T. et al. (2014). Motor learning through virtual reality in cerebral palsy - a literature review. *Medical Express*, 1(6), 302-306. <https://doi.org/10.5935/MedicalExpress.2014.06.04>
- Mazer, B., Dumont, C., & Vicente, C. (2003). Validation of the assessment of computer task performance for children. *Technology and Disability*, 15, 35-43. <https://doi.org/10.3233/TAD-2003-15106>
- Mcnaughton, D. et al. (2014). "Home is at work and work is at home": Telework and individuals who use augmentative and alternative communication. *Work*, 48(1), 117-126. <https://doi.org/10.3233/WOR-141860>
- Martín-Cilleros, M. et al. (2020). Opiniones de la calidad de vida desde la perspectiva de la mujer con discapacidad. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, 38, 64-78. <https://doi.org/10.17013/risti.38.64-78>
- Monteiro, C. B. et al. (2014). Transfer of motor learning from virtual to natural environments in individuals with cerebral palsy. *Research in Developmental Disabilities*, 35(10), 2430-2437. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.06.006>
- Morris, J., Sweatman, W., & Jones, M. (2017). Smartphone Use and Activities by People with Disabilities: User Survey 2016. *The Journal on Technology and Persons with Disabilities*, 50-66.
- Newman, L. et al. (2017). Applying a critical approach to investigate barriers to digital inclusion and online social networking among young people with disabilities. *Information Systems Journal*, 27, 559-588. <https://doi.org/10.1111/isj.12106>
- Pedro, K. M., & Chacon, M. C. (2018). Educação inclusiva na cultura digital: recursos e estratégias. In Oliveira, A. A. S.; Fonseca, K. A.; Reis, M. R (Orgs). *Formação de Professores e Práticas Educacionais Inclusivas*, (pp. 81-99). CRV.
- Queiroz; F. M., & Menezes, M. R. (2014). O computador como recurso para produção textual de estudante com paralisia cerebral: desafios frente à realidade amazônica. In Marquezine; M. C.; Coneglian, A. L.; Almeida, J. J. (Org.). *Discussões sobre deficiência física; linguagem, sala de recurso e altas habilidades/superdotação*, (pp. 63-81). Marquezine & Manzini; ABPEE.
- Quiñonez, Y. et al. (2020). Algoritmo para controlar un brazo antropomórfico usando una transformación lineal. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, 36, 65-81. <https://doi.org/10.17013/risti.36.65-81>
- Raghavendra, P. et al. (2013). 'I could never do that before': effectiveness of a tailored Internet support intervention to increase the social participation of youth with disabilities. *Child: care, health and development*, 29(4), 552-561. <https://doi.org/10.1111/cch.12048>

- Rasid, N., & Nonis, K. (2015). Exploring communication technology behaviour of adolescents with cerebral palsy in Singapore. *International Journal of Special Education*, 30(3), 17-38.
- Reis, M. G. et al. (2010). Using Information Technology Based Exercises in Primary Mathematics Teaching of Children with Cerebral Palsy and Mental Retardation: A Case Study. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 9(3), 106-118.
- Rosenbaum, A., Christensen, M., & Nielsen, J. (2012). Twenty weeks of computer-training improves sense of agency in children with spastic cerebral palsy. *Research in Developmental Disabilities*, 33, 1227-1234. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2012.02.019>
- SSRP. (2005). Online Support for Adolescents with Cerebral Palsy and Spina Bifida. Final Report. USA: The Social Support Research Program.
- Tijiboy, A. V., Santarosa, L. M., & Tarouco, L. M. (2002). A Apropriação das Tecnologias de Informação e Comunicação por Pessoas com Paralisia Cerebral. *Informática na Educação: Teoria & Prática*, 5(2), 131-152.
- Wobbrock, J., & Myers, B. (2008). Enabling devices, empowering people: The design and evaluation of Trackball EdgeWrite. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 3(1-2), 35-56. <https://doi.org/10.1080/17483100701409227>
- Valdés, B. A. et al. (2014). Usability testing of gaming and social media applications for stroke and cerebral palsy upper limb rehabilitation. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, (pp. 3602-3605). IEEE Xplore. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2014.6944402>

Aceitação do Aviso de *cookies* e criação de publicidade direcionada: uma decisão consciente ou falta de informação?

Manuel Batista¹, Adriana Fernandes², André Sabino³, Lilian Ponzo Ribeiro⁴

mmbaa11@iscte-iul.pt; adriana.fernandes@iscte-iul.pt; asabino@autonoma.pt; lilianponzo@yahoo.com

¹ ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa, MGSI, Lisboa, Portugal

² ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa, ISTAR_ISCTE, Lisboa, Portugal

³ Autónoma Techlab, Universidade Autónoma de Lisboa, Lisboa, Portugal

⁴ Departamento de Direito, Faculdade de Sabará, SOECS, Sabará, Minas Gerais, Brasil

DOI: 10.17013/risti.43.75–92

Resumo: Ao navegar na Internet o utilizador fornece dados como a idade, género, localização, entre outros, que são capturados através da utilização de *cookies* – pequenos ficheiros de texto que estão armazenados no *web browser* quando se visita um *website*. Diversas empresas utilizam-se desses dados para mostrar ao utilizador publicidade direcionada aos seus interesses. Neste contexto, estudos recentes demonstram que a utilização de *cookies* tem implicações relacionadas com a privacidade, sendo o Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados (RGPD) do Parlamento Europeu por vezes ineficaz no seu principal propósito. O presente estudo pretende compreender a perceção do utilizador sobre o uso de *cookies* para criação de publicidade direcionada. Para concretização do estudo foi realizado um inquérito com 242 utilizadores portugueses ativos na Internet. Os resultados indicam que apesar dos utilizadores se sentirem incomodados pelo fato de serem rastreados, preferem fornecer os dados, concordando com as políticas de *cookies*, e visualizar a publicidade direcionada.

Palavras-chave: *Cookies*; Privacidade; Publicidade Direcionada; RGPD.

Acceptance of the Cookie Notice and the creation of targeted advertising: a conscious decision or lack of information?

Abstract: When surfing the Internet, the user provides data such as age, gender, location, among others, which are captured using cookies - small text files that are stored in web browsers when one visits a website. Several companies use this data to show the user advertising targeted to their interests. However, recent studies show that the use of cookies has privacy-related implications, and the General Data Protection Regulation (GDPR) of the European Parliament is sometimes ineffective in its main purpose. In this context, the purpose of this study is to understand user

perception of the use of cookies to create targeted advertising. To carry out the study, a survey was conducted with 242 Portuguese users active on the Internet. The results show that, although users feel uncomfortable with being tracked, they prefer to provide data, by agreeing with cookie policies, and view targeted advertising.

Keywords: Cookies; Privacy; Targeted Advertising; GDPR.

1. Introdução

É comum que o utilizador, ao aceder a *websites*, aplicações e motores de busca, se depare com publicidade diretamente relacionada aos seus comportamentos *online*. O que por vezes o utilizador não sabe é quais foram os procedimentos utilizados pelas empresas para que tal facto acontecesse.

A utilização de *cookies*, i.e., pequenos ficheiros de texto que estão armazenados nos navegadores *web* quando se visita um *website* (Kulyk et al., 2018), tem despertado interesse das organizações devido à sua capacidade de seguir os “passos” do utilizador na Internet. Segundo Sanchez-Rola, et al., os *cookies* passaram a ser considerados uma ferramenta tecnológica que permite traçar o perfil de utilizadores, facilitando a segmentação e o direcionamento da publicidade e evitando o desperdício de recursos em utilizadores que não se enquadram no perfil pretendido pela organização (Sanchez-Rola et al., 2019).

A relação entre os *cookies* e a publicidade direcionada tem sido discutida, principalmente, quanto aos aspetos legais relacionados com a privacidade e a proteção de dados, uma vez que o Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados (RGPD) do Parlamento Europeu determina que as empresas devem apresentar um “Aviso de *Cookies*” ao utilizador cada vez que o mesmo aceder aos seus *websites*. Esse aviso tem como objetivo obter o consentimento explícito, específico e claro para o uso de *cookies*. No entanto, estes avisos parecem induzir o utilizador para o botão “Aceito”, utilizando-se de textos pouco explícitos. O utilizador comum não está informado e tendenciosamente aceita as condições de utilização do *website*, sem conhecer as consequências desse ato (Kulyk et al., 2018). A aceitação autoriza a recolha e utilização, por parte das empresas, de dados pessoais dos utilizadores, e em alguns casos, até o fornecimento desses dados a terceiros, constituindo uma ameaça à privacidade.

No entanto, alguns estudos apontam que não há por parte dos utilizadores conhecimento suficiente sobre o que são os *cookies*, quais as implicações da sua aceitação, e como os dados são utilizados (Kulyk et al., 2018; Sanchez-Rola et al., 2019). Apesar da falta de conhecimento sobre as implicações da aceitação dos *cookies*, e de como as empresas utilizam esses dados, estudos apontam que a grande maioria dos consumidores preferem aceitá-los e receber a publicidade direcionada (Kirkpatrick, 2016).

Tendo em vista esse contexto, levanta-se uma série de questões relevantes como: Até que ponto o utilizador está realmente preocupado com seus próprios dados? Será o utilizador compreende o que são os *cookies* e para o que são utilizados? Será que se houvesse mais informação sobre o que são os *cookies* e para o que são utilizados, os utilizadores deixariam de aceitá-los? Será que a proteção estabelecida pelo RGPD é realmente alvo de interesse pelo utilizador? Será que os utilizadores se importam em ter os próprios dados rastreados?

O presente estudo pretende focar-se em clarificar a perceção da população jovem adulta portuguesa que utiliza a Internet sobre o uso de *cookies* para criação de publicidade direcionada. Nomeadamente, o estudo pretende contribuir para a compreensão quanto ao conhecimento do utilizador sobre o que são *cookies*, sobre sua perceção quanto à visualização de conteúdo direcionado, e ao facto de potencialmente ser rastreado. Para uma organização, este estudo pretende contribuir para melhorar a compreensão sobre se os utilizadores dos seus *websites* se preocupam em decidir o destino dos seus dados, e como devem ser utilizados, ou se entendem que os dados fornecidos são parte normal do processo de utilização da Internet.

O estudo pretende também contribuir para perceber se o RGPD está a ser corretamente posto em prática, na medida em que exige clarificação das práticas usadas para obter o consentimento do utilizador para o uso de *cookies*. Este trabalho servirá de alerta às entidades reguladoras para uma possível “violação consentida” da privacidade, dando assim o seu contributo à sociedade em geral.

2. Revisão da Literatura

2.1. Cookies

O recurso mais utilizado no rastreamento de dados são os *cookies*, pequenos ficheiros de texto que estão armazenados no *web browser* quando se visita um *website* (Kulyk et al., 2018). Introduzidos em 1994 pela NetScape, os *cookies* tinham a finalidade de permitir pesquisas com armazenamento de dados (i.e., *stateful browsing*) em comunicações através do protocolo HTTP (*HyperText Transfer Protocol*). Inicialmente, foram utilizados para melhorar a experiência do utilizador e fornecer funcionalidades adicionais aos *websites*, tais como, gravar temporariamente o “carrinho de compras” ou armazenar os dados de início de sessão no *browser*, para que na próxima visita ao *website* o utilizador não tivesse novamente que os introduzir (Kulyk et al., 2018).

Atualmente, os *cookies* deixaram de servir apenas ao seu propósito base, existindo em duas modalidades: os de sessão, e os persistentes. Os *cookies* de sessão, como o nome indica, só estão ativos durante o período em que o utilizador mantém o *browser* aberto. Já os *cookies* persistentes permanecem no *browser* até que o utilizador, ou o fornecedor do serviço, os remova, sendo responsáveis por registar o histórico das ações de todo o período em que os utilizadores se encontram ativos no *browser* (Kulyk et al., 2018). O registo de dados históricos do utilizador permite obter informação valiosa, de forma a permitir a análise do perfil e comportamento dos utilizadores e, a partir dessas informações, oferecer publicidade direcionada aos interesses do mesmo (Sanchez-Rola et al., 2019).

O interesse das organizações pelos *cookies* tem sido crescente, dada a sua capacidade em seguir a atividade do utilizador na Internet. Esta funcionalidade é vista como extremamente valiosa, ou seja, permite que a segmentação e o direcionamento sejam muito mais eficientes, evitando o desperdício de recursos em utilizadores que não se enquadram no perfil pretendido pela organização.

Os *cookies* podem estar presentes onde o utilizador menos espera, como é o caso da ferramenta ReCAPTCHA, da Google, usada por muitos *websites* para diferenciar utilizadores de robôs. O comum utilizador é exposto a esta ferramenta inúmeras vezes, e cada vez que este se conecta a um desses *websites*, conecta-se automaticamente a um domínio da Google, de forma a ler os ficheiros necessários para que a ferramenta trabalhe, e assim partilha todos os *cookies* associados também com a Google. Logo, este tipo de ferramentas constitui outra fonte de dados para enriquecer *cookies*, refinando o perfil do utilizador (Cyphers & Gebhart, 2019).

Por outro lado, os *cookies* também podem ser vantajosos aos utilizadores. Kirkpatrick (2016) aponta que 71% dos consumidores, utilizadores da Internet, prefere publicidade direcionada, em oposição a ser continuamente exposto a todo o tipo de publicidade, por vezes irrelevante.

No entanto, muitas vezes o utilizador não possui conhecimento suficiente sobre como os seus dados são usados pelas organizações que os recolhem (Culnan & Williams, 2009). Essas, por sua vez, não se esforçam para que essa informação seja divulgada e compreendida pelo consumidor, que dá consentimento ao “Aviso de Cookies” de um *website* sem analisar as consequências desse ato (Chaudhry & Berger, 2019). No âmbito ético, os *cookies* estão numa área ainda pouco explorada, e o RGPD, apesar de criado recentemente, não consegue estabelecer uma conduta ética a ser seguida pelas empresas que atuam online. A secção 2.2 oferece uma discussão sobre esta questão.

2.2. Privacidade e Regulamento Geral de Proteção de Dados

Privacidade é definida como a condição do que é privado, pessoal ou íntimo. É frequentemente associada a dados pessoais, e à proteção destes dados. A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) define *dado pessoal* como “(...) qualquer informação relacionada com o indivíduo identificado ou identificável (sujeito dos dados)” (OCDE, 2002). No contexto atual, a Privacidade centra-se no direito dos cidadãos em controlar a informação pessoal que disponibilizam, e a utilização que esta possa vir a ter por terceiros (Pires, 2018).

A Privacidade a que o cidadão tem direito deve ser exigida das organizações, desde o nível da conceção das tecnologias; a Privacidade deve ser respeitada nas operações e gestão do tratamento de dados pessoais. A esta abordagem dá-se o nome de *Privacy by Design* e permite, ao mesmo tempo, proteger os utilizadores, e manter as funcionalidades e o bom desempenho das tecnologias (Romanou, 2018).

Em 2014, a Fundação *Open Web Application Security Project*¹ (OWASP), que tem como objetivo melhorar a segurança dos *softwares*, apresentou um projeto com os principais riscos relativos à privacidade dos dados pessoais, denominado “OWASP Top 10 Privacy Risks”. Alguns dos riscos apresentados estão diretamente associados à aceitação de *cookies* por parte do utilizador, sendo eles:

- Políticas, Termos e Condições não transparentes, ou seja, o não fornecimento de informações suficientes para descrever como os dados são recolhidos, armazenados, processados e excluídos;

¹ <https://owasp.org/>

- Recolha de dados relacionados com o indivíduo que não sejam necessários para o propósito original do sistema. Também se aplica a qualquer tipo de dados cujo titular não tenha consentido partilhar;
- Fornecimento de dados de um indivíduo a qualquer terceiro sem primeiro obter o consentimento do titular. Esta partilha pode ocorrer devido a uma compensação monetária pela partilha de dados, devido ao uso inapropriado de recursos de terceiros ou até mesmo devido a erros;
- Falta de expiração de sessão ou expiração inexistente, o que poderá resultar na recolha de mais dados sem o consentimento ou consciencialização do indivíduo (Oliveira, 2019).

A 25 de maio de 2018 foi colocado em prática o RGPD, que constitui um conjunto de leis da União Europeia (UE) para regular o manuseamento de dados pessoais, com o objetivo de fortalecer os direitos dos cidadãos na era digital e facilitar negócios, por meio da clarificação das regras para as organizações no mercado digital (Batista et al., 2020). Os efeitos deste regulamento fizeram-se sentir além da UE, pois a lei aplica-se a qualquer oferta de bens ou serviços na UE, mesmo que a organização que os oferece esteja fora deste espaço (Oliveira, 2019; Sanchez-Rola et al., 2019).

O RGPD aplica-se a dados pessoais, e descreve-os como qualquer informação que possa identificar uma pessoa, incluindo dados de pseudónimos que podem ser atribuídos a um indivíduo pelo uso de informação adicional (Parlamento Europeu, 2016). Ou seja, basta a identificação ser possível para que se possa considerar “dado pessoal”, e os *cookies* são explicitamente mencionados, ainda que apenas uma vez, como um dos identificadores *online*, a par dos endereços de IP (*Internet Protocol*), que, especialmente quando combinados com várias fontes que o utilizador disponibiliza, podem ser usados para criar perfis de pessoas reais e identificá-las.

Segundo o RGPD, os dados pessoais não devem ser retidos mais do que o estritamente necessário, com o máximo de 12 meses (Parlamento Europeu, 2016; Sanchez-Rola et al., 2019). Este regulamenta ainda que o consentimento do utilizador para o uso de *cookies* deve ser explícito, específico e claro, com indicações do acordo entre a organização e o cidadão, e que não devem ser processados dados até o utilizador consentir o uso dos mesmos. A legislação também estabelece que não pode ser recusado ao utilizador o acesso a um *website* no caso de haver recusa dos cookies sugeridos (exceto os que são essenciais ao seu funcionamento). A finalidade da recolha dos dados deve ser explícita, legítima e determinada quando do consentimento do utilizador (Oliveira, 2019; Sanchez-Rola et al., 2019).

2.3. Publicidade Direcionada

A capacidade de apresentar conteúdo personalizado a cada consumidor, no momento e localização pretendidos, em tempo real, com possível interação com cada um, são fatores-chave de atração de novos clientes (Dahiya & Gayatri, 2018). É possível atingir o patamar da publicidade direcionada por meio da segmentação do histórico do comportamento do cidadão enquanto esteve online: as páginas visitadas, os cliques, as pesquisas, as compras, entre outros (Cyphers & Gebhart, 2019; Summers et al., 2016).

As organizações que mais recolhem dados, como a Google, o Facebook, a Amazon e o Twitter, constituem plataformas ideais para disseminação de publicidade, pois possuem dados muito precisos dos utilizadores, permitindo otimizar a entrega de artefactos publicitários com muita facilidade (Cyphers & Gebhart, 2019), e desenhar estratégias de Marketing onde as comunicações são feitas com elevada insistência, consistindo numa forma de persuasão psicológica que as organizações fazem com os cidadãos (Matz et al., 2017).

Na tarefa de segmentação de utilizadores, os dados podem provir de diferentes fontes, como os *cookies*, o endereço de IP (*Internet Protocol*); o estado do TLS – *Transport Layer Security*; os chamados “*super cookies*” armazenados localmente; e o *browser fingerprint*, i.e., meta-informação enviada pelo browser, que facilita a identificação do utilizador, onde são utilizadas ferramentas como o WebGL que, para além da função de permitir apresentar gráficos 2D e 3D no navegador *web*, também regista informação acerca do navegador do utilizador, como a resolução do ecrã, a versão do software instalado e a hora local (Sanchez-Rola et al., 2019).

3. Metodologia

Para atender o objetivo da pesquisa foi realizado um *survey* com uma amostra composta por cidadãos portugueses, entre os 20 e 34 anos, considerados população jovem com maior utilização da Internet em Portugal (Pordata, 2019). O método de amostragem utilizado foi o não probabilístico, por conveniência (acessibilidade?), caracterizado por seleccionar os membros mais acessíveis de uma dada população (Vergara, 2005).

3.1. Recolha de dados

O *survey* foi operacionalizado por um questionário, dividido em 5 blocos (ver Apêndice). O bloco I visou caracterizar o inquirido (género, idade, nível de escolaridade, área de formação académica, distrito de residência e tipo de ocupação). Os demais blocos foram constituídos por um conjunto de itens (nomeadamente, afirmações), que constituíam questionários utilizados em estudos anteriores, dado serem construções pré-testadas, desta forma promovendo a confiabilidade da escala (Bolívar-Ramos et al., 2012). Devido à especificidade e atualidade do tema, foi também necessário recorrer a algumas adaptações, tendo como base a bibliografia analisada.

O bloco II visou identificar os hábitos do inquirido associados às atividades realizadas na Internet. O bloco III apresentou afirmações sobre o conhecimento do inquirido acerca de *cookies*. O bloco IV teve como finalidade aferir o conhecimento do inquirido sobre o que é o conteúdo direcionado e suas preferências quanto ao mesmo. E por fim, o bloco V apresentou afirmações sobre o conhecimento do utilizador acerca da relação entre *cookies* e publicidade direcionada, focando a indiferença do inquirido ao ser rastreado.

As questões dos blocos III, IV e V foram operacionalizadas em escala de Likert de sete pontos, variando de (1) discordo totalmente a (7) concordo totalmente. Este tipo de escala ordinal consiste num conjunto de itens apresentados em forma de afirmações, onde é solicitado ao inquirido que externalize a sua reação, escolhendo um dos sete pontos (Babbie, 2007).

Antes de iniciar a recolha dos dados, foi realizado um pré-teste, ou estudo-piloto, com 6 inquiridos, no mês de maio de 2020, com o intuito de identificar possíveis falhas, avaliar a linguagem e a complexidade de questões formuladas, detetar ambiguidades e, principalmente, a relevância do conteúdo do instrumento.

Após a realização do pré-teste e efetuadas as adequações ao questionário consequentes, iniciou-se a recolha dos dados. Para tal, foi utilizada a ferramenta de formulário online Google Forms. A divulgação do mesmo foi efetuada por meio de e-mails, Facebook e LinkedIn pessoais, com o período de respostas a decorrer entre os dias 1 e 30 de junho de 2020. A análise estatística dos dados foi efetuada com o software IBM SPSS Statistics, versão 26.

3.2. Caracterização da amostra

Foram recolhidos 335 questionários. Foram excluídos 71 por inadequação ou preenchimento incompleto, e 22 após validação da amostra por se considerarem *outliers*. O tamanho efetivo da amostra foi de 242 participantes.

A amostra é composta principalmente por inquiridos do sexo feminino (50,4%), com idade entre 30 e 34 anos (46,7%), residentes no distrito de Lisboa (83,1%) e empregados por conta de outrem (70,7%). Quanto à formação, a maior parte dos inquiridos possui alguma formação académica (74,4%), sendo as áreas de formação de maior destaque a das Tecnologias da Informação (18,2%), a das Ciências Sociais e Humanas (18,2%) e Economia, Finanças ou Gestão (15,7%). As restantes áreas têm todas menos de 10% dos inquiridos (ver Tabela 1).

Amostra N=242			Amostra N=242	
Gênero	Distrito de Residência			
	Masculino	49,6%	Aveiro	0,8%
	Feminino	50,4%	Castelo Branco	0,8%
			Coimbra	0,8%
Idade			Leiria	2,1%
	20 - 24 anos	24,0%	Lisboa	83,1%
	25 - 29 anos	29,3%	Portalegre	0,4%
	30 - 34 anos	46,7%	Porto	2,9%
			Região Autónoma da Madeira	0,4%
Nível de Escolaridade			Região Autónoma dos Açores	0,4%
	Básico	1,6%	Setúbal	8,3%
	Secundário	24,0%		
	Licenciatura	43,4%	Área de Formação Académica	
	Mestrado	30,2%		
	Doutoramento	0,8%	Artes	3,3%
			Direito	2,5%
Tipo de Ocupação			Economia, Finanças ou Gestão	15,7%
	Estudante	14,0%	Medicina	3,3%

Amostra N=242		Amostra N=242	
Investigador	0,8%	Química ou Biologia	1,7%
Empregado por conta de outrém	70,7%	Social e Humana	18,2%
Trabalhador independente	10,3%	Tecnologias da Informação	18,2%
Desempregado	4,2%	Turismo	2,5%
		Outras Engenharias	8,7%
		Outras	18,6%
		Sem especialização académica	7,3%

Tabela 1 – Características demográficas da amostra

4. Análise de dados e resultados

4.1. Hábitos associados às atividades realizadas na Internet

O primeiro passo para compreender a perceção do utilizador sobre o uso de *cookies* para criação de publicidade direcionada, foi tentar melhor compreender os hábitos dos inquiridos associados às atividades realizadas na Internet.

Quanto à utilização da Internet, 48,3% dos inquiridos afirmam que, em média, o uso diário é superior a 6 horas. Relativamente ao uso de redes sociais, onde foi possível a escolha de várias alternativas, as combinações mais comuns foram “Instagram, Facebook, Youtube”, com 21,5%, e “Instagram, Facebook, LinkedIn, Youtube”, com 19,8%, sendo as restantes combinações muito variadas. Numa análise por rede social, o Instagram e o Facebook equiparam-se, ao serem ambos usados por cerca de 86% da amostra, seguindo-se do Youtube (82,6%) e LinkedIn (52,1%). Apesar do alto número de horas gastas na Internet, somente 24,8% dos inquiridos afirma fazer compras online com frequência (Tabela 2).

Amostra N=242		Amostra N=242	
Uso da Internet		Uso de Redes Sociais (múltiplas opções)	
menos de 1 hora por dia	0,4%	Facebook	85,6%
1 a 3 horas por dia	23,1%	Instagram	86,0%
4 a 6 horas por dia	28,1%	LinkedIn	52,1%
mais de 6 horas por dia	48,3%	Twitter	17,8%
		Youtube	82,6%
Compras na Internet		Outra(s)	22,3%
Nunca	2,5%		
Raramente	26,9%		
Às vezes	45,0%		
Muitas vezes	24,8%		
Sempre	0,8%		

Tabela 2 – Resumo dos hábitos na Internet do inquirido

4.2. Análise Fatorial Exploratória

Uma vez que grande parte das questões que integraram o questionário provém de diferentes estudos, foi realizada a Análise Fatorial Exploratória (AFE) a fim de confirmar a estrutura latente da escala.

A AFE foi realizada com todos os 27 itens da escala. Inicialmente foi realizada um teste Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) para avaliar a adequação da amostragem em termos de variáveis e fatores. A teste revelou um valor de 0,763, indicando que a matriz de correlação era adequada para a análise fatorial. Além disso, o teste de Esfericidade de Bartlett foi significativo (1003,31; $p < 0,001$), portanto as variáveis estão significativamente correlacionadas (Hair et al., 2009).

A consistência interna obtida com o Alfa de Cronbach indicou valores de 0,730 para toda a amostra com 13 itens. O Alfa de Cronbach é definido como “aceitável” quando for maior que 0,7 (Nunnally & Bernstein, 1994), indicando uma boa consistência interna da escala. A Tabela 3 mostra a correlação item-total corrigida e a consistência interna (alfa de Cronbach), mesmo que o item seja deletado. Todos os itens mostraram correlação com uma escala total superior a 0,3, um valor abaixo envolveria uma exclusão do fator (Castillo et al., 2010).

	Correção da correlação item/total	Alfa de Cronbach (se o item for excluído)
15. Estou ciente que as empresas proprietárias dos <i>cookies</i> podem (...).	0,389	0,754
16. Estou ciente que os <i>cookies</i> podem ser combinados com outras (...).	0,345	0,758
21. A publicidade que me surge na <i>Internet</i> está (...).	0,305	0,761
22. Compreendo que muitos conteúdos e serviços online (...).	0,368	0,755
23. Eu gosto de ver a publicidade/anúncios que aparecem (...).	0,300	0,762
25. Prefiro que os <i>websites</i> exibam anúncios segmentados (...).	0,481	0,743
26. Prefiro que os <i>websites</i> ofereçam descontos direcionados (...).	0,512	0,739
27. Prefiro que os <i>websites</i> que visito mostrem notícias (...).	0,460	0,745
29. Os <i>cookies</i> permitem que as empresas façam anúncios (...).	0,410	0,751
30. Quando aceito o Aviso de <i>Cookies</i> de <i>websites</i> , como sapo.pt (...).	0,320	0,760
31. Estou ciente que os dados pessoais que constam (...).	0,437	0,748
32. Não me importo que rastreiem as minhas informações (...).	0,301	0,763
36. Fico feliz em ter anúncios relevantes sobre coisas (...).	0,452	0,746

Tabela 3 – Correção da correlação item-total e consistência interna (alfa de Cronbach) se o item for excluído.

Os fatores foram extraídos através de análise do componente principal com rotação Equamax. As cargas de fatores foram avaliadas para cada item, em cada fator, e estabelecido um ponto de corte de 0,50. Para definir o número de fatores (a extrair) foi utilizado o critério de raiz latente, uma percentagem da variância e um *scree plot*.

Da AFE resultaram três fatores, de um total de 13 itens: “Conhecimento sobre *cookies*”; “Preferência por conteúdo direcionado”; e “Indiferença ao rastreamento”. Esses foram responsáveis por 57,69% da variância total. A confiabilidade dos fatores foi obtida com o Alfa de Cronbach, que aponta que os coeficientes aceitos são geralmente superiores a 0,6 (Hair et al., 2009). A Tabela 4 mostra as cargas dos itens em cada fator, juntamente com seus respectivos valores próprios (*eigenvalues*), o percentual de variância explicado, e índices de confiabilidade.

O fator I, “Conhecimento sobre *cookies*”, está associado ao conhecimento que a amostra tem sobre os *cookies* e como estes são usados na criação de publicidade direcionada ao perfil de cada um. Este fator explica 26,811% da variação dos dados, com um *eigenvalue* de 3,485. A confiabilidade para este fator foi de 0,779.

Carga dos itens	<i>Eigenvalues</i>	Variância explicada (%)	Alfa de Cronbach
Fator I: Conhecimento sobre <i>cookies</i>	3,485	26,811	0,779
Item 15	0,709		
Item 16	0,656		
Item 22	0,626		
Item 29	0,734		
Item 30	0,658		
Item 31	0,727		
Fator II: Preferência por conteúdo direcionado	2,660	20,464	0,775
Item 21	0,513		
Item 25	0,855		
Item 26	0,868		
Item 27	0,803		
Fator III: Indiferença ao rastreamento	1,354	10,417	0,663
Item 23	0,694		
Item 32	0,787		
Item 36	0,586		

Tabela 4 – Análise Fatorial Exploratória

O fator II, “Preferência por conteúdo direcionado”, ilustra essencialmente a preferência dos inquiridos por ter conteúdo direcionado ao seu perfil, ao invés de conteúdo com o qual não se identificam. O fator II explica 20,464% da variação dos dados, com um *eigenvalue* de 2,660 e uma confiabilidade de 0,775.

O fator III, “Indiferença ao rastreamento”, está ligado à forma como os inquiridos estão indiferentes ao facto de serem ou não rastreados. Este fator explicou 10,417% da variância dos dados, com um *eigenvalue* de 1,354, enquanto a confiabilidade é de 0,663.

4.3. Conhecimento dos inquiridos sobre *cookies*

A Tabela 5 apresenta a média e o desvio-padrão dos seis itens do modelo de medida que operacionaliza o conhecimento sobre *cookies*, que é medido numa escala contínua, em que 1 traduz um baixo conhecimento sobre os *cookies*, e 7 traduz um elevado conhecimento sobre os *cookies*. Neste grupo de questões, os valores médios de conhecimento variaram entre 4,93 e 5,94, sendo o valor médio para o fator de 5,41, o que demonstra que os inquiridos possuem um nível razoável de conhecimento sobre o tema.

Posteriormente, foram avaliadas as diferenças entre género, por escalão etário e por escolaridade para o fator. No entanto, os diferentes grupos não demonstraram diferenças significativas ($p > 0,05$), ou seja, os inquiridos do sexo masculino e do sexo feminino possuem o mesmo nível de conhecimento sobre o tema, e a idade e a escolaridade não alteram a perceção que têm do que são e para que servem os *cookies*.

Fatores / Itens	Itens / Dimensões	Média	Desvio Padrão
Fator I	Conhecimento sobre <i>cookies</i>		
15.	Estou ciente que as empresas proprietárias dos <i>cookies</i> podem (...).	5,86	1,28
16.	Estou ciente que os <i>cookies</i> podem ser combinados com outras (...).	5,18	1,63
22.	Compreendo que muitos conteúdos e serviços online (...).	5,94	1,29
29.	Os <i>cookies</i> permitem que as empresas façam anúncios (...).	5,41	1,39
30.	Quando aceito o Aviso de <i>Cookies</i> de <i>websites</i> , como sapo.pt (...).	5,13	1,57
31.	Estou ciente que os dados pessoais que constam (...).	4,93	1,61
	Média	5,41	1,46

Tabela 5 – Média e Desvio Padrão de itens do Fator I - Conhecimento dos Inquiridos sobre *cookies*

4.4. Preferência por Conteúdo Direcionado

Quanto à preferência por conteúdo direcionado na Internet, a Tabela 6 apresenta a média e o desvio-padrão destes itens, que, como os anteriormente analisados, é medido numa escala contínua, em que 1 traduz uma baixa preferência por conteúdo direcionado, e 7 traduz uma elevada preferência por este tipo de conteúdo. Neste grupo de questões, os valores médios de conhecimento variaram entre 4,56 e 6,13, sendo o valor médio para o fator de 5,10, o que demonstra que, entre conteúdo aleatório e conteúdo direcionado, há uma tendência para os inquiridos preferirem conteúdo direcionado.

Fatores / Itens	Itens / Dimensões	Média	Desvio Padrão
Fator II	Preferência por conteúdo direcionado		
21	A publicidade que me surge na Internet está (...).	6,13	1,11
25	Prefiro que os <i>websites</i> exibam anúncios segmentados (...).	4,56	1,65
26	Prefiro que os <i>websites</i> ofereçam descontos direcionados (...).	5,05	1,70

Fatores / Itens	Itens / Dimensões	Média	Desvio Padrão
27	Prefiro que os <i>websites</i> que visito mostrem notícias (...).	4,67	1,75
Média		5,10	1,55

Tabela 6 – Média e Desvio Padrão de itens do Fator II - Preferência por Conteúdo Direcionado

Posteriormente, também foram avaliadas as diferenças entre grupos, levando em consideração o género, o escalão etário e a escolaridade. Mais uma vez, não foram encontradas diferenças significativas ($p > 0,05$), ou seja, essas diferenças não afetam a percepção dos inquiridos sobre a publicidade direcionada.

4.5. Indiferença ao rastreamento

O fator III, classificado como a “Indiferença ao rastreamento”, engloba itens relativos ao facto de os inquiridos estarem ou não indiferentes por serem rastreados. A Tabela 7 apresenta a média e o desvio-padrão dos três itens do modelo de medida para a referida dimensão, que é medido numa escala contínua, em que 1 traduz muito incómodo ao ser rastreado, e 7 traduz elevada indiferença ao ser rastreado.

Fatores / Itens	Itens / Dimensões	Média	Desvio Padrão
Fator III	Indiferença ao rastreamento		
23	Eu gosto de ver a publicidade/anúncios que aparecem (...).	2,43	1,43
32	Não me importo que rastreiem as minhas informações (...).	2,83	1,61
36	Fico feliz em ter anúncios relevantes sobre coisas (...).	3,89	1,64
Média		3,05	1,56

Tabela 7 – Média e Desvio Padrão dos itens do Fator III - Indiferença ao Rastreamento

Neste grupo, os valores médios são os mais baixos, quando comparados com os fatores I e II, já analisados. Aqui, variaram entre 2,43 e 3,89, sendo o valor médio para o fator de 3,05, o que demonstra que os inquiridos não são indiferentes ao rastreamento, mas tendem, sim, a ficarem incomodados com esse facto (Tabela 7).

Item	Género	Média	Desvio Padrão	Teste t
23. Eu gosto de ver a publicidade/anúncios que aparecem (...).	Feminino	2,34	1,39	$t(240) = -2,857$; $p = 0,005$
	Masculino	2,52	1,46	
32. Não me importo que rastreiem as minhas informações (...).	Feminino	2,52	1,58	
	Masculino	3,15	1,59	
36. Fico feliz em ter anúncios relevantes sobre coisas (...).	Feminino	3,72	1,64	
	Masculino	4,07	1,63	

Tabela 8 – Comparação das médias de pontuação da escala dos itens do Fator III por género

Na sequência, foram analisadas as diferenças entre grupos. Não foram encontradas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os diferentes grupos etários e entre os inquiridos que possuem diferentes níveis de escolaridade. Entretanto, ao analisar as diferenças entre género, pode-se observar que existe diferença significativa entre os dois grupos ($p < 0,05$). Os inquiridos do sexo masculino apresentam uma média mais elevada do que os inquiridos do sexo feminino em todos os itens. Este resultado demonstra que os homens inquiridos se sentem, ligeiramente, menos incomodados com o facto de serem rastreados (ver Tabela 8).

5. Conclusões

O presente estudo teve como objetivo compreender a perceção do utilizador sobre o uso de *cookies* para criação de publicidade direcionada. Sendo o cidadão comum que usa a Internet um potencial consumidor, que é alvo constante de publicidade – seja nas redes sociais, páginas de notícias, blogs, plataformas de compras online, entre outros – considerou-se interessante discutir até que ponto o utilizador está realmente preocupado com seus próprios dados. Será que o utilizador compreende o que são os *cookies* e para que eles são utilizados? Será que se importam em ter os próprios dados rastreados? Para clarificar essas questões, foi realizado um *survey* com 242 utilizadores portugueses ativos na Internet.

Inicialmente, foi feita a validação da escala para avaliar a perceção do utilizador sobre o uso de *cookies* para criação de publicidade direcionada. A Análise Fatorial Exploratória apresentou uma solução com treze itens distribuídos em três fatores, que apresentaram uma boa consistência interna. Os fatores foram nomeados como: I – Conhecimento sobre *cookies*; II – Preferência por conteúdo direcionado; e III – Indiferença ao rastreamento.

Quanto aos resultados da análise da perceção do utilizador, foi possível verificar que, em relação ao conhecimento sobre os *cookies*, os valores médios estão em torno de cinco, numa escala ordinal, de 1 a 7, o que demonstra um nível razoável de conhecimento por parte dos inquiridos. Esse resultado não corrobora o estudo anterior por Culnan e Williams (Culnan & Williams, 2009). Acredita-se que, mais de dez anos após esse estudo, houve uma melhoria da divulgação da informação sobre o tema e maior conscientização do cidadão quanto às consequências da aceitação dos *cookies*.

No que respeita às preferências dos inquiridos por conteúdo direcionado, aferiu-se que os valores médios também estão em torno de cinco, numa escala ordinal de 1 a 7, o que sugere uma preferência média/alta por este tipo de conteúdo quando comparado com conteúdo aleatório. Esse resultado vai ao encontro da literatura (Kirkpatrick, 2016), que afirma que, em 71% dos casos, há preferência por conteúdo direcionado.

Quando questionados sobre estarem ou não indiferentes ao facto de serem rastreados, o valor mediano ficou em torno de três valores, em uma escala ordinal, em que 1 traduz muito incómodo ao ser rastreado, e 7 traduz elevada indiferença ao ser rastreado. Esse valor demonstra que os inquiridos não são indiferentes ao rastreamento, e tendem a ficar incomodados com esse facto. Entretanto, entende-se que o fato de se sentirem incomodados não inibe a aceitação dos *cookies* de forma aleatória, ou seja, a aceitação do “aviso de *cookies*” é feita de forma consciente. O incómodo demonstrado pelos respondentes salienta a necessidade de se proteger a privacidade do utilizador. No entanto, entende-se que o incómodo gerado não é suficiente para fazer com que o

utilizador rejeite, ou até mesmo analise o que está a aceitar. Esse facto sugere que o utilizador entende a situação como parte do processo de utilização da Internet.

No que respeita às diferenças entre grupos, constatou-se que, para os fatores I e II, não existem diferenças significativas ($p > 0,05$) se forem considerados o género, o escalão etário e a escolaridade. Quanto ao fator III, observou-se uma diferença significativa entre géneros quanto à preocupação em serem rastreados. As inquiridas do sexo feminino tendem a sentir-se mais incomodadas e preocupadas.

Por fim, acredita-se contribuir com a literatura, ao entregar uma escala validada sobre a perceção do utilizador sobre o uso de *cookies* para criação de publicidade direcionada. Considera-se que a escala aqui apresentada pode ser utilizada em futuros testes teóricos sobre o tema, com diferentes populações, em diferentes países que utilizam a língua portuguesa.

Para as organizações que se utilizam de *cookies* para criação de publicidade direcionada, este estudo contribui essencialmente para perceberem que os utilizadores têm conhecimento sobre o tema e sentem-se incomodados aos serem rastreados. Serve como um alerta para que essas organizações se comportem de forma mais ética e transparente, adequando a forma como se comunicam com os utilizadores e aplicam os *cookies*.

Embora o estudo tenha apresentado resultados relevantes, reconhece-se que existem algumas limitações a abordar em pesquisas futuras. Um exemplo disso é a necessidade de validação da escala por uma análise fatorial confirmatória, a fim de refinar mais resultados derivados deste estudo. Para estudos futuros, sugere-se ainda a realização de um teste prático a um grupo de utilizadores com uma proposta de manipulação total, simples e direta sobre os *cookies* em vários *websites*, com o objetivo de perceber a atitude do utilizador acerca da disponibilidade em facultar dados, num cenário onde exista mais clareza no processo.

Referências

- Batista, M., Fernandes, A., Ribeiro, L. P., Alturas, B., & Costa, C. P. (2020). Tensions between Privacy and Targeted Advertising: Is the General Data Protection Regulation being violated. *Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI, 2020-June*.
- Bolívar-Ramos, M. T., García-Morales, V. J., & García-Sánchez, E. (2012). Technological distinctive competencies and organizational learning: Effects on organizational innovation to improve firm performance. *Journal of Engineering and Technology Management - JET-M*, 29(3), 331–357.
- Castillo, C., Macrini, L., Cheniaux, E., & Landeira-Fernandez, J. (2010). Psychometric Properties and Latent Structure of the Portuguese Version of the Penn State Worry Questionnaire. *The Spanish Journal of Psychology*, 13(1), 431–443.
- Chaudhry, R., & Berger, P. (2019). Ethics in Data Collection and Advertising. *GPH - International Journal of Business Management*, 2(07 SE-Articles), 1–7.
- Culnan, M. J., & Williams, C. C. (2009). How ethics can enhance organizational privacy: Lessons from the ChoicePoint and TJX data breaches. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 33(4), 673–687.

- Cyphers, B., & Gebhart, G. (2019). Behind the one-way mirror: A deep dive into the technology of corporate surveillance. *Electronic Frontier Foundation* 53(9).
- Dahiya, R., & Gayatri, G. (2018). A Research Paper on Digital Marketing Communication and Consumer Buying Decision Process: An Empirical Study in the Indian Passenger Car Market. *Journal of Global Marketing*, 31(2), 73–95.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2009). *Multivariate Data Analysis* (7 ed). Pearson.
- Kirkpatrick, D. (2016). *Study: 71% of consumers prefer personalized ads*. Marketing Dive.
- Kulyk, O., Hilt, A., Gerber, N., & Volkamer, M. (2018). “This Website Uses Cookies”: Users’ Perceptions and Reactions to the Cookie Disclaimer.
- Matz, S. C., Kosinski, M., Nave, G., & Stillwell, D. J. (2017). Psychological targeting as an effective approach to digital mass persuasion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(48), 12714–12719.
- Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric theory*. McGraw-Hill.
- OCDE. (2002). *Síntese - Diretrizes da OCDE para a Proteção da Privacidade e dos Fluxos Transfronteiriços de Dados Pessoais*.
- Oliveira, M. M. M. P. da C. (2019). *Privacidade no Ciclo de Vida do Desenvolvimento Seguro*. Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências.
- Parlamento Europeu. (2016). Regulamento (UE) 2016/679 - relativo à proteção das pessoas singulares no que diz respeito ao tratamento de dados pessoais e à livre circulação desses dados de 27 de abril de 2016. *Jornal Oficial Da União Europeia*, 2014(3), 1–119.
- Pires, R. M. S. (2018). *Gestão de risco em segurança da informação e privacidade no DNS.PT*. Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências.
- Pordata. (2019). *PORDATA - População residente segundo os Censos: total e por grupo etário*. <https://www.pordata.pt/Portugal/População+residente+segundo+os+Censos+total+e+por+grupo+etário++-2>
- Romanou, A. (2018). The necessity of the implementation of Privacy by Design in sectors where data protection concerns arise. *Computer Law & Security Review*, 34(1), 99–110.
- Sanchez-Rola, I., Dell’Amico, M., Kotzias, P., Balzarotti, D., Bilge, L., Vervier, P. A., & Santos, I. (2019). Can i opt out yet? GDPR and the global illusion of cookie control. *AsiaCCS 2019 - Proceedings of the 2019 ACM Asia Conference on Computer and Communications Security*, 340–351.
- Summers, C. A., Smith, R. W., & Reczek, R. W. (2016). An audience of one: Behaviorally targeted ads as implied social labels. *Journal of Consumer Research*, 43(1), 156–178.
- Vergara, S. C. (2005). *Métodos de Pesquisa em Administração* (2nd ed.). Atlas S.A.

Apêndice:

Bloco I

Dimensão	Pergunta	Definição Operacional
Caracterização do respondente (inquirido?)	1.Gênero	Qualitativa nominal: feminino/masculino
	2.Idade	Qualitativa ordinal com cinco opções: menos de 20 anos, 20 a 24 anos, 25 a 29 anos, 30 a 34 anos, mais de 34 anos.
	3.Nível de Escolaridade	Qualitativa ordinal com cinco opções: Básico, Secundário, Licenciatura, Mestrado e Doutoramento.
	4.Área de Formação Académica	Qualitativa nominal com 11 opções, onde se inclui as opções “Outra” e “Sem formação académica”.
	5.Distrito de Residência	Qualitativa nominal com 18 distritos de Portugal Continental, as 2 Regiões Autónomas (Açores e Madeira) e ainda a opção “Estrangeiro”.
	6. Tipo de ocupação	Qualitativa nominal com cinco opções: “Estudante”, “Investigador”, “Empregado por conta de outrem”, “Trabalhador independente”, “Desempregado”

Bloco II

Dimensão	Pergunta	Autores de referência
Hábitos na Internet	7.Em média, seja por lazer, estudo ou trabalho, uso a Internet: (horas)	(Leon et al., 2013)
	8.Sou utilizador de redes sociais (marque quantas opções considerar necessárias): Instagram; Twitter; Facebook; LinkedIn; Youtube; outras; não utilizo.	(Leon et al., 2013)
	9.Em média, faço compras online: nunca; raramente; às vezes; muitas vezes; sempre.	(Leon et al., 2013)

Bloco III

Dimensão	Pergunta	Autores de referência
Conhecimento do respondente inquirido? acerca de <i>cookies</i> .	10.Os <i>cookies</i> são pequenos ficheiros de texto armazenados no meu computador.	(McDonald & Cranor, 2010)
	11.Eu aceito sempre os <i>cookies</i> dos websites que visito sem me importar com as consequências desse ato.	(Kulyk et al., 2018)
	12. Os <i>cookies</i> permitem que eu permaneça conectado ao longo do tempo sem precisar de inserir a minha senha sempre que visito um <i>website</i> .	(McDonald & Cranor, 2010)
	13.Regra geral, encontro opções pré-validadas para dar o meu consentimento ao uso de <i>cookies</i> .	(próprio)
	14. Quando visito um website, sinto-me obrigado/a a aceitar os <i>cookies</i> para aceder ao conteúdo que pretendo.	(próprio)
	15.Estou ciente que as empresas proprietárias dos <i>cookies</i> podem colocá-los em muitos <i>websites</i> e assim saberem quando os visito.	(McDonald & Cranor, 2010)
	16.Estou ciente que os <i>cookies</i> podem ser combinados com outras fontes (e.g.: endereço de <i>IP</i> , <i>browser fingerprints</i>), sendo possível identificar-me pessoalmente.	(McDonald & Cranor, 2010)
	17.A solicitação de consentimento apresentada pelos websites que utilizam <i>cookies</i> é clara e concisa.	(próprio)
	18.Sou cauteloso ao aceitar os <i>cookies</i> pois sei que muitas empresas registam os dados do meu comportamento <i>online</i> .	(McDonald & Cranor, 2010)
	19. Considero invasivo saber que há alguém que acompanha as minhas atividades <i>online</i> .	(McDonald & Cranor, 2010)

Bloco IV

Dimensão	Pergunta	Autores de referência
Preferência por conteúdo direcionado	20.Quando visito um <i>website</i> , vejo a mesma publicidade que qualquer outra pessoa que visita o mesmo <i>website</i> .	(Smit et al., 2013)
	21.A publicidade que me surge na <i>Internet</i> está, entre outros fatores, de acordo com o histórico dos <i>websites</i> que visitei.	(Smit et al., 2013)
	22.Compreendo que muitos conteúdos e serviços online são gratuitos graças aos lucros das empresas com a publicidade.	(Smit et al., 2013)
	23. Eu gosto de ver a publicidade/anúncios que aparecem nos <i>websites</i> que visito.	(Smit et al., 2013)
	24. Regra geral, carrego em anúncios que aparecem nos websites, para obter mais informações sobre o produto/serviço anunciado.	(Leon et al., 2013)
	25. Prefiro que os websites exibam anúncios segmentados para meus interesses.	(Smit et al., 2013)
	26. Prefiro que os websites ofereçam descontos direcionados aos meus interesses.	(Smit et al., 2013)
	27. Prefiro que os websites que visito mostrem notícias personalizadas aos meus interesses.	(McDonald & Cranor, 2010)

Bloco V

Dimensão	Pergunta	Autores de referência
Indiferença ao ser rastreado	28. Conheço as leis que me ajudam a lidar com a proteção dos meus dados relativamente à Publicidade Direcionada na Internet.	(Ur et al., 2012)
	29. Os <i>cookies</i> permitem que as empresas façam anúncios baseados no meu perfil e no histórico do meu comportamento <i>online</i> .	(McDonald & Cranor, 2010)
	30. Quando aceito o Aviso de <i>Cookies</i> de <i>websites</i> , como <i>sapo.pt</i> (imagem do Aviso), estou a permitir que este <i>website</i> e os seus parceiros me exponham à Publicidade Direcionada.	(próprio)
	31. Estou ciente que os dados pessoais que constam nos <i>cookies</i> são vendidos e que eu vejo o anúncio que pagou mais pelos meus dados.	(próprio)
	32. Não me importo que rastreiem as minhas informações, desde que os serviços se mantenham gratuitos.	(McDonald & Cranor, 2010)
	33. Ao visitar um <i>website</i> , não gosto que me surjam anúncios com os quais não me identifico.	(Leon et al., 2013)
	34. É assustador ter anúncios baseados nos <i>websites</i> que visitei.	(McDonald & Cranor, 2010)
	35. Regra geral, não me importo com os anúncios, apenas os ignoro.	(McDonald & Cranor, 2010) / (Smit et al., 2013)
	36. Fico feliz em ter anúncios relevantes sobre coisas em que estou interessado, em vez de anúncios aleatórios.	(McDonald & Cranor, 2010)
	37. Eu odeio anúncios e pagaria para evitá-los.	(McDonald & Cranor, 2010)

Sistema de Visão Computacional para Identificação Automática de Potenciais Focos do Mosquito *Aedes aegypti* Usando Drones

Gustavo A. Lima¹, Rafael O. Cotrin¹, Peterson A. Belan¹, Sidnei A. de Araújo¹

gustavo.araujo.lima94@gmail.com; rafa25.cotrin@uni9.edu.br; belan@uni9.pro.br; saraujo@uni9.pro.br

¹ Universidade Nove de Julho (UNINOVE), Rua Vergueiro, 235/249 – São Paulo/SP – Brasil

DOI: 10.17013/risti.43.93–109

Resumo: Os drones tem se tornado uma importante ferramenta tecnológica para auxiliar no combate aos focos de mosquitos. No entanto, as imagens adquiridas por eles são usualmente analisadas de forma manual, podendo consumir muito tempo nas atividades de inspeção. Neste trabalho é proposto um sistema de visão computacional (SVC) para identificação e geolocalização automática de potenciais criadouros do mosquito *Aedes aegypti* a partir de imagens aéreas adquiridas por drones. O SVC desenvolvido deu origem a um software, cujo núcleo é composto por uma rede neural convolucional (RNC) que apresentou taxas de acerto e mAP-50 (*mean average precision*) de 0,9294 e 0,9362 nos experimentos realizados com uma base composta por 500 imagens. Esses resultados, comparados com resultados recentes da literatura, corroboram a adequação da RNC para compor o SVC, o qual pode trazer melhorias para a utilização de drones em programas de prevenção e combate de fontes de reprodução de mosquitos.

Palavras-chave: Drone; Mosquito; Reconhecimento de Padrões; Visão Computacional; Redes Neurais Convolucionais.

*Computer Vision System for Automatic Identification of Potential *Aedes aegypti* Mosquito Breeding Sites Using Drones*

Abstract: Drones have become an important technological tool to help fight mosquito breeding sites. However, the images acquired by them are usually analyzed manually, which can consume a lot of time in inspection activities. In this work, a computer vision system (SVC) is proposed for the automatic identification and geolocation of potential breeding sites of the *Aedes aegypti* mosquito from aerial images acquired by drones. The developed SVC gave rise to a software, whose core is composed of a convolutional neural network (CNN) that presented rates of recall and mAP-50 (*mean average precision*) of 0.9294 and 0.9362 in the experiments conducted with a database composed by 500 images. These results, compared with recent results from the literature, corroborate the adequacy of the CNN to compose the SVC, which can bring improvements to the use of drones in programs of prevention and combating mosquito breeding sources.

Keywords: Drone; Mosquito; Pattern Recognition; Computer Vision; Convolutional Neural Networks.

1. Introdução

As doenças causadas pelo mosquito *Aedes aegypti*, como dengue, chikungunya e zika, vêm preocupando as autoridades da Organização Mundial da Saúde - OMS, segundo a qual, o número de casos notificados de dengue aumentou rapidamente nas últimas décadas (OMS, 2017). Nas Américas, mais de 1,6 milhão de casos foram notificados apenas nos primeiros cinco meses de 2020, a maioria deles no Brasil (OPAS, 2020). Segundo o Ministério da Saúde do Brasil (MSB), em 2020, até novembro, foram registrados 971.136 casos de dengue, 78.808 casos prováveis de chikungunya e 7.006 casos prováveis zika. Ao todo, 528 pessoas morreram de dengue no Brasil em 2020 (MSB, 2020).

Atualmente a OMS considera o controle e eliminação de potenciais criadouros de mosquitos uma medida preventiva imprescindível para enfrentar as doenças causadas por eles (MS, 2020). Porém, as autoridades de saúde muitas vezes veem este desafio ampliado, especialmente em áreas onde uma parte considerável da população não tem acesso a estruturas habitacionais adequadas nem a serviços básicos bem geridos, como água, saneamento e eliminação de resíduos sólidos, que são fatores determinantes para o risco de doenças transmitidas por mosquitos (OMS, 2017; MSB, 2020).

O MSB, com objetivo de combater o mosquito *Aedes aegypti*, lança campanhas publicitárias que envolvem gestores estaduais, municipais e a população. No ano de 2019 o governo federal gastou cerca de R\$22 milhões com campanhas publicitárias de combate ao mosquito *Aedes aegypti*. Em adição, um levantamento feito por uma consultoria de pesquisa estimou que o prejuízo na economia brasileira devido à transmissão de dengue, chikungunya e zika, somente em 2016, ano em que o Brasil teve quase 2 milhões de casos de doenças relacionadas ao *Aedes aegypti*, atingiu R\$2,3 bilhões incluindo custos diretos e indiretos (Dantas, 2021).

As atividades de fiscalização e combate aos potenciais criadouros do mosquito no Brasil é realizada por agentes de saúde, a partir da identificação visual de situações de risco, caracterizadas pela existência de objetos e cenários suspeitos (BRASIL, 2009). Tais atividades normalmente são caras, demoradas, perigosas, além de serem temporal e espacialmente limitadas, resultando na falta de contabilização de grandes porções do espaço urbano (Grubestic et al., 2018). Além disso, é comum os agentes de saúde encontrarem impedimentos para o desempenho de suas atividades, como imóveis fechados, abandonados ou com acesso não permitido pelo proprietário, que afetam as ações de combate à proliferação do mosquito (BRASIL, 2009).

Assim, o combate ao mosquito *Aedes aegypti* tem demandado inúmeros outros esforços, pois nem sempre as atividades de fiscalização e as campanhas de informação e mobilização das pessoas são conduzidos de forma adequada. Neste sentido vários estudos vêm sendo feitos para agilizar a busca de possíveis focos do mosquito, principalmente em regiões com maior incidência de doenças, com o uso de veículos aéreos não tripulados - VANTs, popularmente conhecidos como drones (Passos et al., 2018; Diniz e Medeiros, 2018; Carrasco-Escobar et al., 2019).

Os drones possibilitam voos mais próximos ao solo obtendo imagens com altas resoluções espaciais e temporais, permitindo a detecção de pequenos objetos na superfície da terra e a percepção de mudanças em uma determinada região, em um curto espaço de tempo (Saura et al., 2019; Ponce-Corona et al., 2020; Vintimilla et al., 2020). Além disso, os drones facilitam a inspeção de locais de difícil acesso e requerem menos recursos humanos e financeiros do que as aeronaves tripuladas. Tais vantagens tornam os drones um instrumento poderoso para apoiar intervenções direcionadas à eliminação de criadouros de mosquitos, e assim prevenir doenças como dengue, chikungunya, zika e malária. No entanto, atualmente ainda são poucos os estudos propondo o uso de drones para identificar potenciais criadouros de mosquitos a partir da análise automática de imagens, sendo os principais apresentados na seção a seguir, na qual também estão identificados os principais desafios de pesquisa.

1.1. Trabalho Correlatos e Desafios de Pesquisa

Na literatura há estudos que, embora relacionados à temática aqui investigada, não podem ser diretamente comparados com o presente trabalho. Entre eles, podemos citar: Carrasco-Escobar et al. (2019), Haas-Stapleton et al. (2019), Minakshi et al. (2020), Stanton et al. (2020) e Suduwella et al. (2020), que investigaram a identificação de criadouros de mosquitos com base na análise das características de corpos d'água imageados por drones.

Entre os estudos que se assemelham ao presente trabalho, tanto no que tange aos objetos e cenários considerados quanto aos métodos computacionais propostos para a tarefa de identificação automática dos focos estão: Agarwal et al. (2014), Mehra et al. (2016), Dias et al. (2018), Passos et al. (2020), Rossi, Backes e Souza (2020) e Bravo et al. (2021).

Agarwal et al. (2014) apresentaram um método para detectar e visualizar possíveis criadouros de mosquitos, que emprega a técnica *Bag of Visual Words* (BoVW) combinada com o classificador *Support Vector Machine* (SVM) para classificação de imagens. Em experimentos envolvendo a classificação de 500 imagens, eles obtiveram uma acurácia em torno de 82%. Em Mehra et al. (2016), um *framework* foi proposto para detectar possíveis criadouros de mosquitos em imagens do Google e de vários outros dispositivos (câmeras digitais, smartphones e drones). Para a extração das características foi utilizada a técnica BoVW, sendo a classificação realizada por Redes Bayesianas. Nos experimentos conduzidos, os autores obtiveram uma precisão de 90%. Nesses dois trabalhos, as abordagens propostas analisam uma imagem e indicam se ela contém ou não um cenário suspeito, sem fornecer a sua localização na imagem.

Passos et al. (2020) exploraram a detecção de criadouros do mosquito *Aedes aegypti* a partir de vídeos aéreos adquiridos por drones em ambientes simulados. Contudo, em seus experimentos usando diferentes modelos de redes neurais convolucionais (RNC) eles obtiveram uma acurácia máxima de 78%. Embora os autores tenham composto um banco de vídeos para realização dos experimentos, infelizmente ele não foi disponibilizado na literatura.

Dias et al. (2018) propuseram um sistema inteligente para reconhecer e geolocalizar cenários suspeitos de serem criadouros do mosquito *Aedes aegypti* a partir de vídeos capturados por drones. Eles também consideraram a detecção de porções d'água nas

imagens. Segundo os autores, nos testes realizados foi alcançada uma acurácia geral acima de 99%. Contudo, assim como nos trabalhos de Agarwal et al. (2014) e Mehra et. al (2016), apenas um par de coordenadas (latitude e longitude) é associado a cada imagem, independentemente do número de objetos e/ou cenários detectados, dificultando a localização precisa dos mesmos. Em adição, a explicação dos experimentos sobre a detecção de porções d'água não possibilita saber se o algoritmo proposto é capaz de identificar a existência de água em objetos pequenos, que pode ser importante para melhor caracterização da suspeição do mesmo.

Rossi, Backes e Souza (2020) propuseram uma abordagem computacional para detecção automática de calhas a partir de imagens adquiridas por drones, para identificação de criadouros do mosquito *Aedes aegypti*. Além de considerar apenas calhas, desprezando outros objetos e cenários que representam potenciais criadouros, os autores não apresentaram dados quantitativos mensurando os resultados obtidos, bem como não disponibilizaram o banco de imagens coletadas.

Bravo et al. (2021) propuseram abordagens baseadas nas técnicas BoVW e RNC para detecção e localização automática de objetos e cenários suspeitos de serem criadouros do mosquito *Aedes aegypti* em imagens aéreas adquiridas por drones, as quais produziram as taxas de mAP-50 de 0,9651 e 0,9028 na detecção de objetos e cenários usando RNC, e de 0,6453 na detecção de cenários usando BoVW. No entanto, além dos autores terem empregado uma arquitetura específica de RNC para cada tipo de alvo (objetos/cenários), as abordagens propostas não resultaram em um software capaz de gerar mapas com indicações georreferenciadas. Neste sentido, os autores sugerem o desenvolvimento de um software de fácil utilização construído a partir de uma arquitetura única de RNC para detecção de objetos e cenários suspeitos. Não obstante, eles alertam para necessidade do sistema computacional produzir indicações georreferenciadas dos alvos detectados.

Fazendo uma análise dos trabalhos correlatos foram encontradas as seguintes limitações: dificuldade de localização de objetos pequenos nas imagens em virtude da resolução espacial; deficiência na geolocalização dos alvos detectados; falta de um banco de imagens disponível na literatura a partir do qual se possa avaliar e comparar os métodos computacionais propostos; e, principalmente, a falta de um software que possa ser operado por agentes de saúde através de uma interface interativa e de fácil uso, para viabilizar a aplicabilidade prática dos métodos computacionais propostos. Tais limitações constituem os desafios de pesquisa que foram considerados no desenvolvimento do SVC proposto neste trabalho, o qual deu origem a um software cujo núcleo é composto por uma rede neural convolucional (RNC) modelo YOLOv4.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Visão Computacional

Visão computacional (VC) pode ser definida como uma subárea do processamento de imagens que estuda o desenvolvimento de métodos e técnicas que possibilitam um sistema computacional interpretar conteúdo de imagens digitais. Em outras palavras, um sistema de visão computacional (SVC) tem como objetivo dotar uma máquina com capacidade para descrever uma cena contida em uma imagem digital (Gonzalez e Woods, 2000).

De acordo Gonzalez e Woods (2000), um SVC típico executa os seguintes passos: i) Aquisição de imagens; ii) Pré-processamento - aplicação de técnicas de VC para aprimorar a qualidade da imagem de entrada, corrigindo iluminação, contraste e distorções, por exemplo; iii) Segmentação - isolar os objetos de interesse do fundo da imagem; iv) Extração de características - extração de vetores de atributos (textura, cor, forma, etc) que caracterizam os objetos de interesse; v) Reconhecimento e interpretação - definição das classes dos objetos segmentados de acordo com suas características.

2.2. Redes neurais convolucionais

As Redes neurais convolucionais (RNC), inicialmente propostas por (Le Cun et al., 1998), podem ser descritas como variações de uma rede neural perceptron multicamada, desenvolvida para exigir o menor pré-processamento possível. Isso ocorre porque a RNC tem a capacidade de extrair automaticamente recursos de padrões, uma tarefa que em um método tradicional de reconhecimento de padrões precisa necessariamente ser implementada separadamente, e que representa um dos principais problemas desses métodos (Le Cun et al., 1998). Essa capacidade da RNC é uma das principais vantagens para sua aplicação em tarefas de análise de imagens (Le Cun et al., 1998; Albawi et al., 2017; Schirrmeyer et al., 2017).

Basicamente, uma RNC consiste em três conjuntos de camadas: camadas convolucionais, camadas de agrupamento e as camadas totalmente conectadas (Le Cun et al., 1998). As camadas convolucionais são responsáveis por extrair as características das imagens. Eles empregam filtros que desencadeiam pequenas regiões ao longo de toda a imagem. As camadas de agrupamento, que são colocadas entre as camadas de convolução, realizam operações de amostragem espacial usando filtros que são aplicados pela imagem. Eles produzem versões de menor resolução das camadas de convolução e ajudam a tornar as representações invariantes às traduções (Goodfellow et al., 2016). As camadas totalmente conectadas funcionam de forma semelhante a uma rede neural perceptron multicamadas e agem como um classificador. Eles recebem entrada da camada anterior e produzem um vetor n -dimensional, onde n é o número de classes de saída. Assim, cada elemento vetorial é usado para indicar a probabilidade de que o padrão de entrada pertence a essa classe (Goodfellow et al., 2016; Schirrmeyer et al., 2017).

Há diversas arquiteturas de RNC, entre os quais está YOLO que tem sido amplamente utilizada na literatura para reconhecimento de objetos (Yi et al., 2019; Benjdira et al., 2019; Xu et al., 2020), e que foi empregada para compor o SVC proposto neste trabalho.

2.3. YOLOv4

YOLO é um framework composto de RNCs especialmente projetadas para detecção de objetos. O “YOLO – You Only Look Once”, proposto por (Redmon et al., 2016), tem essa denominação porque se refere ao fato de que a RNC “olha” a imagem apenas uma vez gerando as predições das classes dos objetos detectados. Em 2020 foi lançado o YOLOv4, cuja arquitetura é capaz de reconhecer, em tempo real, 80 objetos diferentes em imagens e vídeos, como demonstrado nos experimentos de Bochkovskiy et al. (2020), os quais pontuam ainda que, apesar de YOLOv4 usar parte da implementação da versão anterior (YOLOv3), seu desempenho é significativamente mais rápido do que YOLOv3 na detecção de objetos.

De acordo com Bohush et al. (2021), YOLOv4 representa o estado da arte na detecção de objetos, com uma das melhores taxas de precisão e velocidade. A abordagem é baseada na RNC Darknet53 que usa conexões *Cross-Stage-Partial-connections* (CSP), que consistem em pirâmides para extração de características. Para atingir altas taxas de velocidade e precisão na detecção, bem como a capacidade de usar o equipamento que estiver disponível para treinamento, YOLOv4 usa vários métodos para aumentar a eficiência sem, no entanto, aumentar o custo computacional. Entre eles, podemos citar: o uso de algoritmos genéticos para otimizar a taxa de aprendizagem, diferentes métodos de aumento do conjunto de dados e *Spatial Pyramid Pooling* (SPP). Este último aplica uma estratégia ligeiramente diferente na detecção de objetos com escalas diferentes. Ele substitui a última camada de pooling (após a última camada convolucional) por uma camada de pooling da pirâmide espacial, como mostrado na Figura 1.

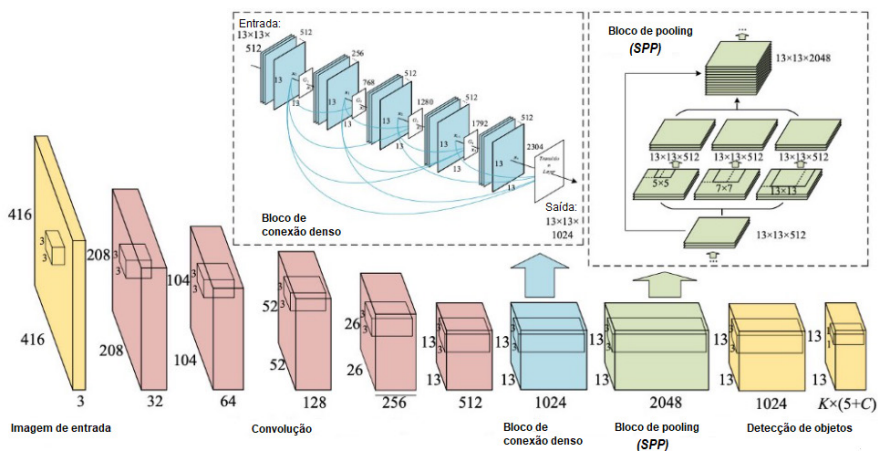


Figura 1 – Arquitetura YOLOv4. Fonte: adaptada de Huang et al. (2020)

Um bloco de conexão densa de YOLOv4 contempla várias camadas de convolução, sendo que cada uma delas produz quatro mapas de características. Ao invés de usar a saída da camada anterior apenas, cada uma das camadas leva em conta a saída de todas as camadas anteriores (Huang et al., 2020).

3. Materiais e Métodos

3.1. Base de Imagens

Para a realização dos experimentos foi composta uma base contendo 500 imagens (vide Tabela 1) adquiridas em diferentes áreas da região metropolitana do estado de São Paulo (RMSP) - Brasil, as quais foram escolhidas por serem suscetíveis à proliferação do mosquito Aedes aegypti. Segundo o Ministério da Saúde do Brasil (MSB), são mais suscetíveis os locais onde há crescimento urbano desordenado com maior número de imóveis ocupados, que possuem menor renda per capita, com maior proporção de ruas sem pavimentação, existência de muitos depósitos de materiais de reciclagem e oficinas

mecânicas, com maior quantidade de caixas d’água parcialmente tampadas, lixos, garrafas, pneus e sucata a céu aberto. Além disso, tais regiões são distantes de áreas sensíveis como aeroportos e presídios, como instrui a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), órgão responsável por regulamentar o registro e o uso de drones no Brasil.

Tipo	Conjunto	Núm. de Imagens	Resolução	Equipamento usado	Altura do solo	Ground sample distance (GSD)
Objetos	CONJ1	140	4000 × 3000	DJI Phantom 3	50	~ 2,2 cm/px
	CONJ2	100	4000 × 3000	DJI Phantom 3	70	~2,45 cm/px
Cenários	CONJ3	150	4000 × 3000	DJI Phantom 4	7, 10 e 13 m	~0,30 a 0,56 cm/px
	CONJ4	110	3000 × 2250	Câmera GoPro HERO4	3 a 5 m	~0,30 cm/px

Tabela 1 – Detalhamento da base de imagens

As imagens do CONJ1 e CONJ2 contemplam diversos tipos de recipientes para armazenamento de água para uso doméstico (caixas d’água) que podem estar cobertos ou descobertos e representam um dos principais criadouros do mosquito, enquanto as imagens do CONJ3 e CONJ4 contêm cenários suspeitos reais e simulados, os quais são caracterizados pela existência de lixo inorgânico a céu aberto, compreendendo objetos pequenos que podem acumular água como pneus velhos, garrafas pet, embalagens plásticas e de papel, entre outros. Alguns exemplos das imagens dos quatro conjuntos são ilustrados na Figura 2.

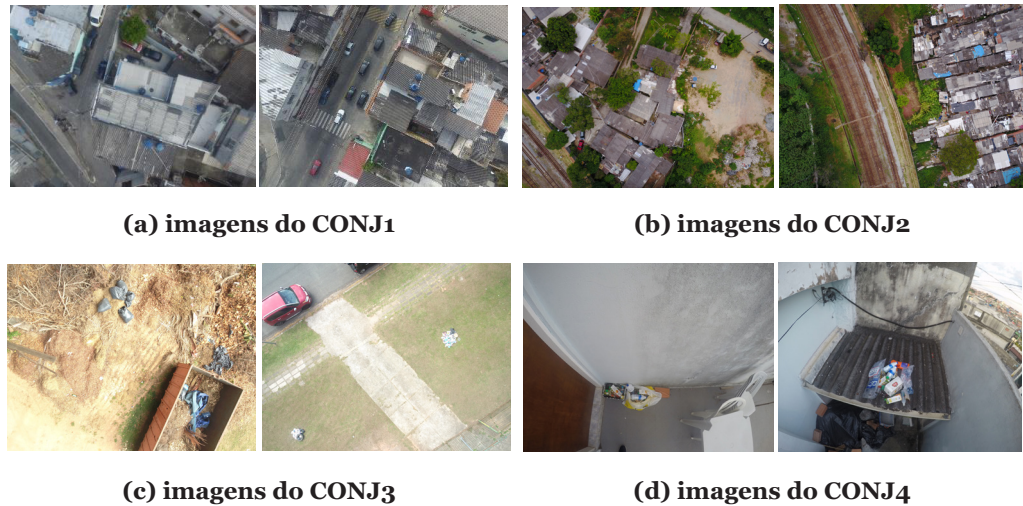


Figura 2 – Exemplos de imagens empregadas nos experimentos conduzidos

As imagens foram divididas em 2 partes: 70% para treinamento e 30% para avaliação da RNC empregada no SVC proposto. É válido ressaltar que, embora não seja uma regra, essas porcentagens são comuns na resolução problemas envolvendo métodos de aprendizagem de máquina e foram adotadas também no estudo de Bravo et al. (2021), o qual foi utilizado nas comparações dos resultados obtidos no presente trabalho. Durante a pesquisa realizada constatou-se que uma das principais dificuldades, também relatada em outros trabalhos encontrados na literatura, como em Passos et al. (2018), foi a aquisição de imagens contemplando os objetos e cenários que representam potenciais criadouros do mosquito. Por isso, a base de imagens composta pode ser considerada uma importante contribuição, uma vez que poderá ser disponibilizada, mediante solicitação, para outros pesquisadores avaliarem seus métodos.

3.2. Configuração e Treinamento de YOLOv4

Para treinamento e testes de classificação da RNC YOLOv4, desenvolvida em linguagem Python e denominada RNC_Obj+Cen, foram utilizadas 168 imagens de objetos e 182 imagens de cenários, totalizando 350 imagens, enquanto as outras 150 imagens foram usadas para testes de classificação. Vale mencionar que durante a fase de treinamento é realizado o aumento de dados usando mecanismos automáticos providos pelo *framework* YOLOv4.

A RNC_Obj+Cen foi configurada com os seguintes parâmetros: quantidade classes = 2, batches = 124, subdivisões = 16, taxa de aprendizagem = 0.001 e canais de cores considerados = 3 (RGB). Após 22 horas o treinamento foi finalizado com 1900 interações. Na Figura 3 é ilustrado o diagrama de funcionamento do método para mapeamento dos objetos e cenários usando RNC_Obj+Cen.

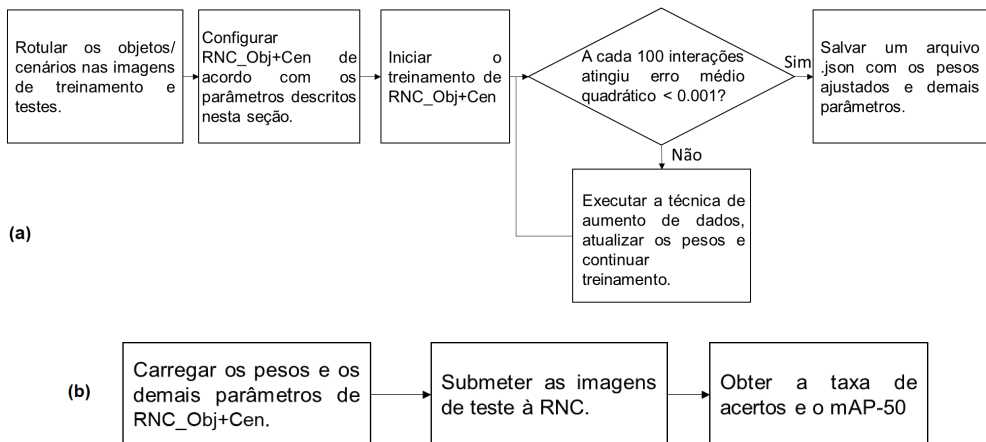


Figura 3 – Diagramas do funcionamento do método para mapeamento de objetos e cenários usando RNC_Obj+Cen: (a) treinamento; (b) testes com a RNC treinada.

No diagrama detalhado na Figura 3a, que representa o treinamento da RNC, apenas as rotinas de rotulação dos objetos, que consiste em selecionar nas imagens as regiões

contendo objetos/cenários de interesse, e configuração dos parâmetros da RNC foram feitas de forma manual. Após isso, a RNC é responsável por todo o fluxo cujo passo final é salvar o arquivo com os pesos ajustados. Já a Figura 3b se refere aos testes de classificação com a RNC treinada. Para isso, o arquivo contendo os pesos é carregado e, em seguida, as imagens separadas para os testes são submetidas à classificação. Ao final desse processo são obtidas as métricas que indicam a qualidade da classificação para o conjunto de imagens de teste.

Para avaliar o desempenho da RNC foram consideradas as métricas taxas de acerto e mAP-50, as mesmas empregadas no trabalho de Bravo et al. (2021) considerado na análise comparativa, e que são calculadas a partir das quantidades de Verdadeiro Positivo (VP), Falso Positivo (FP), Verdadeiro Negativo (VN) e Falso Negativo (FN) obtidos na classificação.

4. Resultados e Discussão

4.1. Reconhecimento de Objetos e Cenários com RNC_Obj+Cen

Para avaliar a precisão da rede RNC_Obj+Cen, as 150 imagens separadas para os testes foram submetidas à tarefa de classificação, que consumiu aproximadamente 13 minutos. Alguns resultados estão ilustrados na Figura 4.

Das 150 imagens, 78 são de cenários contendo 185 criadouros de mosquito rotulados como *ground truth* por caixa delimitadoras, enquanto as outras 72 são imagens de objetos que apresentam 354 alvos rotulados como *ground truth*. Após a classificação das imagens foi possível obter as taxas de acerto e mAP-50 de 0,9011 e 0,9240 para objetos e de 0,9837 e 0,9485 para cenários.

Das 354 caixas delimitadoras de objetos rotuladas como *ground truth*, 319 foram classificadas corretamente por RNC_Obj+Cen. Foram identificados 12 casos de FP e 35 casos de FN. Com relação aos cenários, das 185 caixas delimitadoras rotuladas como *ground truth*, 182 foram classificadas corretamente por RNC_Obj+Cen. Nos experimentos realizados nos testes não houve casos de FP, entretanto houve 3 casos de FN. Figura 4 os casos de FP e FN estão indicados, respectivamente, por círculos vermelhos e círculos brancos.

Por fim, a Tabela 2 apresenta uma comparação dos resultados obtidos neste trabalho com aqueles apresentados em Bravo et. al. (2021), que empregaram duas diferentes arquiteturas oriundas do framework YOLOv3 para detecção de objetos e cenários.



Figura 4 – Exemplos de resultados da identificação de objetos e cenários por RNC_Obj+Cen

Como pode ser visto na Tabela 2, as taxas médias de acerto e mAP-50 obtidas por RNC_Obj+Cen, que contempla a detecção de objetos e cenários pela uma mesma arquitetura YOLOv4, superaram as médias das taxas obtidas pelas duas RNCs isoladas desenvolvidas por Bravo et al. (2021), mesmo considerando que o número de objetos e cenários para serem detectados (*ground truth*) foi maior nos experimentos com YOLOv4 realizados neste trabalho. É importante destacar ainda que houve redução significativa no número

de casos de FP. Unificar a detecção de objetos e cenários em uma mesma RNC era uma premissa para viabilizar a implementação do SVC proposto, apresentado na seção a seguir.

	RNC	Tipo de alvo	Qtd. de alvos (ground truth)	VP	FP	FN	Taxa de Acerto	mAP-50
Este trabalho	YOLOv4	Objetos	354	319	12	35	0,9011	0,9240
		Cenários	185	182	0	3	0,9838	0,9485
		Totais	539	501	12	38	0,9294	0,9362
Bravo et al. (2021)	YOLOv3	Objetos	152	140	16	12	0,9211	0,9651
	Tiny-YOLOv3	Cenários	111	96	11	15	0,8649	0,9028
		Totais	263	236	27	37	0,8973	0,9340

Tabela 2 – Sintetização dos resultados obtidos na avaliação das 3 RNCs desenvolvidas

4.2. Sistema de Visão Computacional Desenvolvido

O sistema de visão computacional (SVC) deu origem a um software inteiramente desenvolvido em linguagem Python com uso das bibliotecas OpenCV¹ (composta por rotinas e algoritmos de processamento de imagens e visão computacional), Folium² (composta por algoritmos para visualização de dados em mapas), além do framework YOLOv4³. No desenvolvimento da interface do software, ilustrada na Figura 5, empregou-se a biblioteca TKinter⁴, a qual possui recursos que facilitam a criação de layouts responsivos. O software, cujo núcleo foi constituído por RNC_Obj+Cen, possui 5 itens no menu principal, sendo o primeiro (analisar imagens) responsável por identificar (detectar) os objetos e cenários suspeitos em uma ou mais imagens, como mostrado na Figura 5.

O item “galeria de imagens” permite visualizar os objetos e cenários detectados em uma ou mais imagens. Além disso, como mostrado na Figura 6, é possível visualizar a partir desse item informações georreferenciadas sobre as imagens no *Open Street Map*⁵ (OSM).

¹ <https://pypi.org/project/opencv-python/>

² <http://python-visualization.github.io/folium/>

³ <https://github.com/AlexeyAB/darknet>

⁴ <https://docs.python.org/3/library/tkinter.html>

⁵ <https://www.openstreetmap.org/>

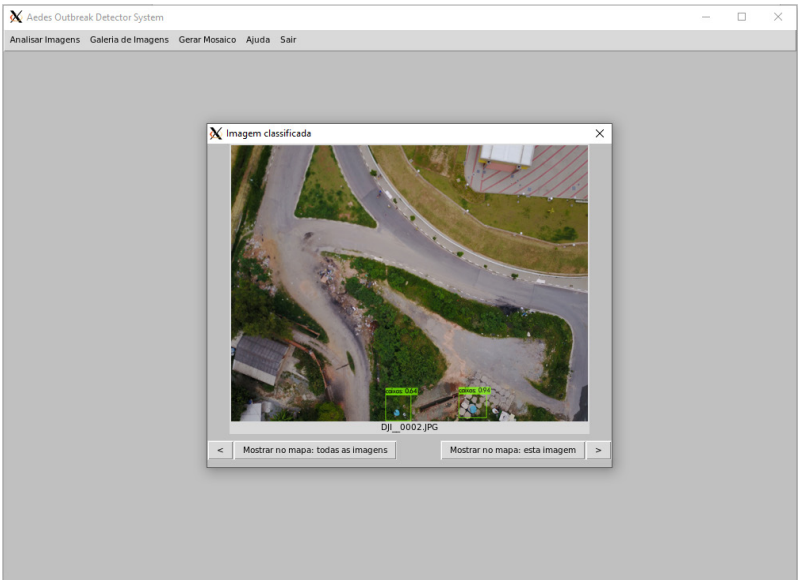


Figura 5 – Interface do software – Análise de imagens

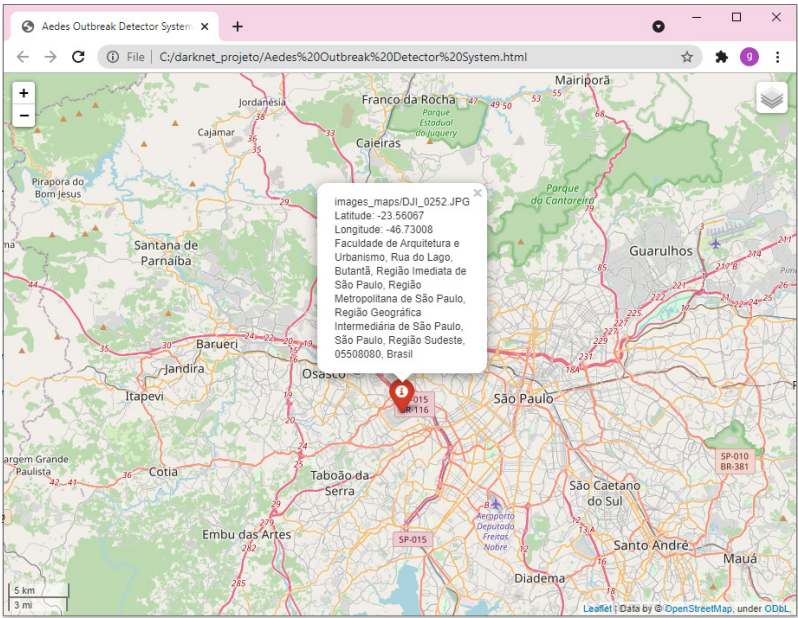


Figura 6 – Interface do software – Visualização de dados no Open Street Map

O item de menu “Gerar mosaico” permite criar um mosaico das imagens adquiridas em um voo (junção de duas ou mais imagens do local imageado). Esse módulo é importante porque permite gerar uma única imagem da área/região onde ocorreu a inspeção, facilitando o processo de análise. Por fim, o item “Ajuda” permite visualizar uma descrição detalhada de todas as funções oferecidas pelo software, enquanto o item “Sair” é utilizado para encerrar o software.

O software proposto neste trabalho, integrando uma única arquitetura de RNC para detecção de objetos e cenários suspeitos (RNC_Obj+Cen), geração de mosaico de imagens e mapa com indicações georreferenciadas contempla não só as sugestões de (Bravo et al., 2021), mas também de outros trabalhos da literatura, apresentados na seção 1.1. Além do mais, ele poderá auxiliar agentes de saúde no combate ao *Aedes aegypti*, visto que foi projetado para identificar, por meio de uma interface de fácil uso, potenciais criadouros de mosquitos a partir de imagens adquiridas por drones. Obviamente, há ainda melhorias que precisam ser feitas para ampliar a sua aplicabilidade, entre as quais podemos citar: i) propiciar a geração de mosaicos de melhor qualidade (redução de distorções e efeitos de borda); ii) prover indicações georreferenciadas de todos os alvos detectados em uma ou mais imagens; iii) retreinamento de RNC_Obj+Cen considerando imagens com mais tipos de objetos e cenários; iv) incorporação de um módulo para detecção de água acumulada nos cenários e objetos.

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

Neste trabalho foi apresentado um SVC para identificação automática de potenciais criadouros do mosquito *Aedes aegypti* com o uso de drones. Para compor o núcleo do software desenvolvido uma RNC YOLOv4 (denominada RNC_Obj+Cen) foi configurada e avaliada a partir de uma base com 500 imagens, adquiridas em áreas urbanas da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Os resultados obtidos nos testes de classificação foram: taxa de acerto = 0,9294 e mAP-50 = 0,9362. A investigação da literatura conduzida neste trabalho, somada aos resultados alcançados, permitiu evidenciar a importância do uso de drones para a inspeção de áreas de risco de proliferação de criadouros de mosquitos, especialmente nas regiões periféricas dos grandes centros urbanos onde os serviços essenciais como coleta de lixo, infraestrutura e saneamento básico são muitas vezes escassos ou mesmo inexistentes, visto que tal instrumento de sensoriamento remoto permite a inspeção em áreas de difícil acesso, sem, contudo, colocar em risco a vida dos agentes de saúde responsáveis pelas inspeções de campo. Não obstante, de uma perspectiva transdisciplinar, o uso de drones em tarefas mapeamento automático, como a explorada neste trabalho, poder apoiar a sensibilização da comunidade incentivando sua participação em programas de redução das populações de mosquitos por meio de planos de ação de baixo para cima. Em trabalhos futuros pretende-se desenvolver um método para identificação de água acumulada nos objetos e cenários visando aumentar a aplicabilidade do software desenvolvido, além de outras melhorias incluindo a geração de ortomosaicos e geolocalização com maior precisão de todos os alvos detectados em uma imagem.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo suporte financeiro (Processo nº. 2019/05748-0), e ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa DT concedida a Sidnei Alves de Araújo (Processo nº. 313765/2019-7).

Referências

- Agarwal, A., Chaudhuri, U., Chaudhuri, S., Seetharaman, G. (2014). Detection of potential mosquito breeding sites based on community sourced geotagged images. In: Geospatial InfoFusion and Video Analytics IV and Motion Imagery for ISR and Situational Awareness II, p. 90890M. <https://doi.org/10.1117/12.2058121>
- Albawi, S., Mohammed, T. A., Al-Zawi, S. (2017). Understanding of a convolutional neural network. In: International Conference on Engineering and Technology (ICET). Ieee. 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICEngTechnol.2017.8308186>
- Benjdira, B., Khursheed, T., Koubaa, A., Ammar, A., Ouni, K. (2019). Car Detection using Unmanned Aerial Vehicles: Comparison between Faster R-CNN and YOLOv3. In: Proceedings of the 1st International Conference on Unmanned Vehicle Systems (UVS), Muscat, Oman, 1-6. <https://doi.org/10.1109/UVS.2019.8658300>
- Bochkovskiy, A., Wang, C-Y., Liao, H-Y. M. (2020). YOLOv4: Optimal speed and accuracy of object detection. arXiv preprint.
- Bohush, R., Ablameyko, S., Ihnatsyeva, S., & Adamovskiy, Y. (2021). Object Detection Algorithm for High Resolution Images Based on Convolutional Neural Network and Multiscale Processing. In CMIS (pp. 135-144).
- Brasil - Ministério DA Saúde, Secretaria De Vigilância em Saúde, & Departamento de Vigilância Epidemiológica. (2009). Diretrizes nacionais para prevenção e controle de epidemias de dengue. https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_nacionais_prevencao_controle_dengue.pdf.
- Bravo, D. T., Lima, G. A., Alves, W. A. L., Colombo, V. P., Djogbénou, L., Pamboukian, S. V. D., & De Araujo, S. A. (2021). Automatic detection of potential mosquito breeding sites from aerial images acquired by unmanned aerial vehicles. Computers, Environment and Urban Systems, 90, 101692. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2021.101692>
- Carrasco-Escobar, G., Manrique, E., Ruiz-Cabrejos, J., Saavedra, M.; Alava, F., Bickersmith, S., & Gamboa, D. (2019). High-accuracy detection of malaria vector larval habitats using drone-based multispectral imagery. PLoS neglected tropical diseases, 13(1), e0007105. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007105>
- Dantas, C. G. (2021). O portal de notícias da Globo: Consultoria estima que Brasil perdeu R\$ 2,3 bilhões em um ano com doenças do Aedes. <https://g1.globo.com/bemestar/aedes-aegypti/noticia/consultoria-estima-que-brasil-perdeu-r-23-bilhoes-em-um-ano-com-doencas-do-aedes.ghtml>.

- Dias, T. M., Alves, V. C., Alves, H. M., Pinheiro, L. F., Pontes, R. S. G., Araujo, G. M., & Prego, T. M. (2018). Autonomous detection of mosquito-breeding habitats using an unmanned aerial vehicle. American Robotic Symposium, 2018 Brazilian Symposium on Robotics (SBR) and 2018 Workshop on Robotics in Education (WRE) (pp. 351-356). <https://doi.org/10.1109/LARS/SBR/WRE.2018.00070>
- Diniz, M. T. M., Medeiros, J. B. (2018). Mapeamento de focos de reprodução de *Aedes aegypti* na cidade de Caicó/RN com o auxílio de veículo aéreo não tripulado. *Revista GeoNordeste*, 2, 196–207.
- Gonzalez, R. C., Woods, R. E. (2000). *Processamento de imagens digitais*. Edgard Blucher.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A. (2016). *Convolutional networks*, in *Deep Learning*. MIT Press. <http://www.deeplearningbook.org>.
- Grubestic, T. H., Wallace, D., Chamberlain, A. W., & Nelson, J. R. (2018). Using unmanned aerial systems (UAS) for remotely sensing physical disorder in neighborhoods. *Landscape and Urban Planning*, 169, 148-159. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.09.001>
- Haas-Stapleton, E. J., Barretto, M. C., Castillo, E. B., Clausnitzer, R. J., & Ferdan, R. L. (2019). Assessing Mosquito Breeding Sites and Abundance Using An Unmanned Aircraft. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 35(3), 228-232. <https://doi.org/10.2987/19-6835.1>
- Huang, Z., Wang, J., Fu, X., Yu, T., Guo, Y., & Wang, R. (2020). DC-SPP-YOLO: Dense connection and spatial pyramid pooling based YOLO for object detection. *Information Sciences*, 522, 241-258. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2020.02.067>
- Lecun, Y., Bottou, L., Bengio, Y., & Haffner, P. (1998). Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, 86(11), 2278-2324. <https://doi.org/10.1109/5.726791>
- Mehra, M., Bagri, A., Jiang, X., Ortiz, J. (2016). Image analysis for identifying mosquito breeding grounds. *International Conference on Communication and Networking (SECON Workshops)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/SECONW.2016.7746808>
- Minakshi, M., Bhuiyan, T., Kariev, S., Kaddumukasa, M., Loum, D., Stanley, N. B., & Jacob, B. G. (2020). High-accuracy detection of malaria mosquito habitats using drone-based multispectral imagery and Artificial Intelligence (AI) algorithms in an agro-village peri-urban pastureland intervention site (Akonyibedo) in Unyama SubCounty, Gulu District, Northern Uganda. *Journal of Public Health and Epidemiology*, 12(3), 202-217. <https://doi.org/10.5897/JPHE2020.1213>
- MSB – Ministério da Saúde do Brasil. (2020). Ministério da Saúde lança campanha de combate ao *Aedes aegypti*. <https://antigo.saude.gov.br/saude-de-a-z/combate-ao-aedes>. Acesso em: 4 jun 2021.
- OMS – Organização Mundial de Saúde. (2017). Keeping the vector out: housing improvements for vector control and sustainable development. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/259404>. Acesso em: 4 jun 2021.

- OPAS - Organização Pan-Americana de Saúde. (2020). Casos de dengue nas Américas chegam a 1,6 milhão, o que destaca a necessidade do controle de mosquitos durante a pandemia. <https://www.paho.org/pt/noticias/23-6-2020-casos-dengue-nas-americas-chegam-16-milhao-que-destaca-necessidade-do-controle>. Acesso em: 19 fev 2021.
- Passos, W. L., Dias, T. M., Junior, H. M. A., Barros, B. D., Araujo, G. M., Lima, A. A., & Netto, S. L. (2018). Acerca da detecção automática de focos do mosquito *aedes aegypti*. In Brazilian Symposium on Telecommunications and Signal Processing, Campina Grande, Brazil (pp. 392-396).
- Passos, W. L., da Silva, E. A., Netto, S. L., Araujo, G. M., & de Lima, A. A. (2020). Spatio-temporal consistency to detect potential *Aedes aegypti* breeding grounds in aerial video sequences. arXiv preprint.
- Ponce-Corona, E., Sánchez, M. G., Fajardo-Delgado, D., Acevedo-Juárez, B., De-la-Torre, M., Avila-George, H., & Castro, W. (2020). Una revisión sistemática de la literatura enfocada al uso de vehículos aéreos no tripulados durante el proceso de detección de vegetación. RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (36), 82-101. <https://doi.org/10.17013/risti.36.82-101>
- Redmon, J., Divvala, S. K., Girshick, R. B., Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. In: Proceedings of 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.
- Rossi, L., Backes, A. R., Souza, J. R. (2020). Rain Gutter Detection in Aerial Images for *Aedes aegypti* Mosquito Prevention. In: Anais do XVI Workshop de Visão Computacional, 1-5. <https://doi.org/10.5753/wvc.2020.13474>
- Saura, J. R., Reyes-Menendez, A., & Palos-Sanchez, P. (2019). Mapping multispectral digital images using a cloud computing software: applications from UAV images. Heliyon, 5(2), e01277. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01277>
- Schirrmeister, R. T., Springenberg, J. T., Fiederer, L. D. J., Glasstetter, M., Eggenberger, K., Tangermann, M., & Ball, T. (2017). Deep learning with convolutional neural networks for EEG decoding and visualization. Human brain mapping, 38(11), 5391-5420. <https://doi.org/10.1002/hbm.23730>
- Stanton, M. C., Kalonde, P., Zembere, K., Spaans, R. H., & Jones, C. M. (2021). The application of drones for mosquito larval habitat identification in rural environments: a practical approach for malaria control. Malaria journal, 20(1), 1-17. <https://doi.org/10.1186/s12936-021-03759-2>
- Suduwell, C., Amarasinghe, A., Niroshan, L., Elvitigala, C., De Zoysa, K., & Keppetiyagama, C. (2017). Identifying mosquito breeding sites via drone images. In Proceedings of the 3rd Workshop on Micro Aerial Vehicle Networks, Systems, and Applications (pp. 27-30). <https://doi.org/10.1145/3086439.3086442>
- Vintimilla, A., Madera, P., Otero, N., Salinas, S., Duque, M., & Mullo, C. (2020). Método de estimación de velocidades operacionales en el diseño de UAVs de ala fija para fotografía aérea. RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (E29), 283-298.

- Xu, Z. F., Jia, R. S., Sun, H. M., Liu, Q. M., & Cui, Z. (2020). Light-YOLOv3: fast method for detecting green mangoes in complex scenes using picking robots. *Applied Intelligence*, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s10489-020-01818-w>
- Yi, Z., Yongliang, S., & Jun, Z. (2019). An improved tiny-yolov3 pedestrian detection algorithm. *Optik–International Journal for Light and Electron Optics*, 183, 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2019.02.038>

Critérios Editoriais

A RISTI (Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação) é um periódico científico, que foca a investigação e a aplicação prática inovadora no domínio dos sistemas e tecnologias de informação.

O Conselho Editorial da RISTI incentiva potenciais autores a submeterem artigos originais e inovadores para avaliação pelo Conselho Científico.

A submissão de artigos para publicação na RISTI deve realizar-se de acordo com as chamadas de artigos e as instruções e normas disponibilizadas no sítio Web da revista (<http://www.risti.xyz/>).

Todos os artigos submetidos são avaliados por um conjunto de membros do Conselho Científico, não inferior a três elementos.

Em cada número da revista são publicados entre cinco a oito dos melhores artigos submetidos.

Criterios Editoriales

La RISTI (Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información) es un periódico científico, centrado en la investigación y en la aplicación práctica innovadora en el dominio de los sistemas y tecnologías de la información.

El Consejo Editorial de la RISTI incentiva autores potenciales a enviar sus artículos originales e innovadores para evaluación por el Consejo Científico.

El envío de artículos para publicación en la RISTI debe hacerse de conformidad con las llamadas de los artículos y las instrucciones y normas establecidas en el sitio Web de la revista (<http://www.risti.xyz/>).

Todos los trabajos enviados son evaluados por un número de miembros del Consejo Científico de no menos de tres elementos.

En cada número de la revista se publican cinco a ocho de los mejores artículos enviados.



Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información

©RISTI 2021 <http://www.risti.xyz>

