



ISSN: 1646-9895

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

D e z e m b r o 1 9 • D e c e m b e r 1 9



©AISTI 2019 <http://www.aisti.eu>

Nº 35

Edição / Edición

Nº 35, 12/2019

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.

Propriedade e Publicação / Propriedad y Publicación

AISTI – Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação

Rua Quinta do Roseiral 76, 4435-209 Rio Tinto, Portugal

E-mail: aistic@gmail.com

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

Director

Álvaro Rocha, Universidade de Coimbra

Coordenadores da Edição / Coordinadores de la Edición

Maria José Sousa, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT

Álvaro Rocha, Universidade de Coimbra, PT

Conselho Editorial / Consejo Editorial

Carlos Ferrás Sexto, Universidad de Santiago de Compostela

Gonçalo Paiva Dias, Universidade de Aveiro

Jose Antonio Calvo-Manzano Villalón, Universidad Politécnica de Madrid

Luís Paulo Reis, Universidade do Porto

Manuel Pérez Cota, Universidad de Vigo

Ramiro Gonçalves, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Conselho Científico / Consejo Científico

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

Adolfo Lozano-Tello, Universidad de Extremadura, ES

Adrián Hiebra Pardo, Universidad de Santiago de Compostela, ES

Adriano Pasqualotti, Universidade de Passo Fundo, BR

Alberto Fernández, Universidad Rey Juan Carlos, ES

Alberto Freitas, FMUP, Universidade do Porto, PT

Alcinia Zita Sampaio, IST, Universidade de Lisboa, PT

Alejandro Medina, Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, MX

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 do Minho, PT

Ana Azevedo, Instituto Politécnico do Porto, PT

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
Andreia Bos, Instituto Federal do Rio Grande do Sul, BR
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
Antoni Lluís Mesquida Calafat, Universidad de les Illes Balears, ES
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 Manuel Andrade, Universidade Católica Portuguesa, PT
António Palma dos Reis, ISEG, Universidade de Lisboa, PT
António Pedro Costa, Universidade de Aveiro, PT
António Pereira, Instituto Politécnico de Leiria, PT
António Teixeira, Universidade de Aveiro, 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 Pérez-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
Boris Almonacid, Global Change Science, CL
Bráulio Alturas, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT
Brenda L. Flores-Rios, Universidad Autónoma de Baja California, MX
Brígida Mónica Faria, ESS, Instituto Politécnico do Porto, PT
Carlos Alexandre Silva, Instituto Federal de Minas Gerais, PT
Carlos Costa, Universidade de Aveiro, PT

Carlos Carreto, Instituto Politécnico da Guarda, PT
Carlos Morais, Instituto Politécnico de Bragança, PT
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
Ciro Martins, Universidade de Aveiro, PT
Claudio de la Riva, Universidade de Oviedo, ES
Cristina M.R. Caridade, ISEC, Politécnico de Coimbra, PT
Daniel Polónia, Universidade de Aveiro, PT
David Fonseca, Universitat Ramon Llull, ES
David Luis La Red Martínez, Universidad Nacional del Nordeste, AR
David Ramos Valcarcel, Universidad de Vigo, ES
Debora Paiva, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, BR
Diana Lancheros-Cuesta, Universidad de La Salle / Universidad Cooperativa de Colombia, CO
Diego Ordóñez-Camacho, Universidad Tecnológica Equinoccial, 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
Emiliano Reynares, CIDISI - UTN FRSF - CONICET, AR
Enric Mor, Universitat Oberta de Catalunya, ES
Erika Upegui, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, CO
Eusébio Ferreira da Costa, Escola Superior de Tecnologias de Fafe, PT
Fábio Marques, Universidade de Aveiro, PT
Feliz Gouveia, Universidade Fernando Pessoa, 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 Ramos, Universidade de Aveiro, PT
Fernando Ribeiro, Politécnico de Castelo Branco, PT
Filipe Caldeira, Politécnico de Viseu, PT

Filipe Montargil, Politécnico de Lisboa, PT
Filipe Portela, Universidade do Minho, PT
Francisco Javier Lena-Acebo, Universidad de Cantabria, ES
Francisco Restivo, Universidade Católica Portuguesa, PT
Franyelit María Suárez, Universidad UTE, EC
Gabriel Alberto García-Mireles, Universidad de Sonora, MX
Gabriel Guerrero-Contreras, Universidade de Cádiz, ES
Gerardo Gonzalez Filgueira, Universidad da Coruña, ES
Germano Montejano, Universidad Nacional de San Luis, AR
Guilhermina Lobato Miranda, Universidade de Lisboa, PT
Hélder Gomes, Universidade de Aveiro, PT
Hélder Zagalo, Universidade de Aveiro, PT
Helena Garbarino, Universidad ORT Uruguay, UY
Hélia Guerra, Universidade dos Açores, PT
Henrique S. Mamede, Universidade Aberta, PT
Higino Ramos, Universidad de Salamanca, ES
Inês Domingues, CI-IPOP, PT
Isabel Pedrosa, Instituto Politécnico de Coimbra, PT
Isabel Lopes, Politécnico de Bragança, PT
Isaura Ribeiro, Universidade dos Açores, PT
Isidro Calvo, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), ES
Ismael Etxeberria-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 Rocha da Silva, FEUP, Universidade do Porto, PT
 João Tavares, FEUP, Universidade do Porto, PT
 Joaquim Ferreira, Universidade de Aveiro, PT
 Joaquim Madeira, Universidade de Aveiro, PT
 Joaquim Pinto, Universidade de Aveiro, PT
 Joaquim Reis, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT
 Jorge Bernardino, ISEC, Politécnico de Coimbra, PT
 Jorge da Silva Correia-Neto, Universidade Federal Rural de Pernambuco, BR
 Jorge Pires, IBM R&D Labs - Prague, CZ
 Jose Alfonso Aguilar, Universidad Autonoma de Sinaloa, MX
 José Alvarez-Garcia, Universidad de Extremadura, ES
 José Borbinha, IST, Universidade de Lisboa, PT
 José Braga de Vasconcelos, Universidade Atlântica, PT
 José Carlos Ribeiro, Politécnico de Leiria, PT
 José Cascalho, Universidade dos Açores, PT
 José Felipe Cocón Juárez, Universidad Autónoma del Carmen, MX
 Jose J. Pazos-Arias, Universidad de Vigo, ES
 José Luis Pardo Díaz, Global School of Business. Empowement and Entrepreneursip, ES
 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
 José Luís Reis, ISMAI - Instituto Superior da Maia, PT
 Jose M Molina, Universidad Carlos III de Madrid, ES
 José Machado, Universidade do Minho, PT
 Jose Maria Alvarez Rodríguez, Universidad Carlos III de Madrid, ES
 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
Juan Manuel Fernández-Luna, Universidad de Granada, ES
Jugurta Lisboa-Filho, Universidade Federal de Viçosa, BR
Leila Weitzel, Universidade Federal Fluminense, BR
Leonardo Bermon, Universidad Nacional de Colombia, CO
Leticia Morales Trujillo, Universidad de Sevilla, ES
Lucila Ishitani, PUC Minas, BR
Lucila Romero, Universidad Nacional del Litoral, AR
Luis Alvarez Sabucedo, Universidad de Vigo, ES
Luís Cavique, Universidade Aberta, PT
Luis Chamba Eras, Universidad Nacional de Loja, EC
Luís Ferreira, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave, PT
Luis Enrique Sánchez Crespo, Universidad de Castilla-La Mancha, ES
Luis Vilán-Crespo, Universidad de Vigo, ES
Luisa María Romero-Moreno, Universidad de Sevilla, ES
Luisa Miranda, Instituto Politécnico de Bragança, PT
Lus Sussy Bayona Ore, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, PE
Magdalena Arcilla Cobián, Universidade Nacional de Educación 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
Marco Painho, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa, PT
Mari de los Milagros Gutierrez, Universidad Tecnológica Nacional, AR
Maria Amelia Eliseu, Mackenzie Presbyterian University, BR
Maria Cecília Rosa, Politécnico da Guarda, PT
Maria Cristina Marcelino Bento, UNIFATEA, BR
Maria do Rosário Bernardo, Universidade Aberta, BR
Maria Helena Garcia Ruiz, Universidad de Camtabria, 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 Sousa, Universidade Europeia, PT

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 Bugalho, Universidade Europeia, PT
Miguel Casquilho, IST, Universidade de Lisboa, PT
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
Patrícia Cabral de Azevedo Tedesco, Universidade Federal de Pernambuco, BR
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 Fernandes, Instituto Superior Miguel Torga, PT
Pedro Sánchez Palma, Universidad Politécnica de Cartagena, 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
Rui Rodrigues, Instituto Superior Miguel Torga, PT
Ramiro Delgado, Universidad de las Fuerzas Armadas, EC
Ramon Alcarria, Universidad Politécnica de Madrid, ES
Raul Laureano, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT

Ricardo J. Rodríguez, Universidad de Zaragoza, ES
Ricardo Linden, FSMA, BR
Rita Oliveira, Universidade de Aveiro, PT
Rita Santos, Universidade de Aveiro, PT
Roberto Theron, Universidad de Salamanca, ES
Rodolfo Miranda Barros, Universidade Estadual de Londrina, BR
Rodrigo Rocha Silva, Universidade de Coimbra, PT
Rogerio Garcia, Universidade Estadual Paulista, 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
Rute Abreu, Politécnico da Guarda, PT
Samuel Sepúlveda, Universidad de La Frontera, CL
Samuel Silva, Universidade de Aveiro, PT
Santiago Gonzales Sánchez, Universidad Inca Garcilaso de la Vega, PE
Sara Balderas-Díaz, Universidad de Cádiz, ES
Sara Paiva, Politécnico de Viana do Castelo, PT
Saulo Barbara de Oliveira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR
Sérgio F. Lopes, Universidade do Minho, PT
Sergio Gálvez Rojas, Universidad de Málaga, ES
Sérgio Guerreiro, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, PT
Sérgio Nunes, ISEG, Universidade de Lisboa, PT
Sílvia 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
Thiago Dias, CEFET-MG, BR
Valéria Farinazzo Martins, Universidade Presbiteriana Mackenzie, BR
Vania Baldi, Universidade de Aveiro, PT
Verónica Vasconcelos, ISEC, Politécnico de Coimbra, PT
Victor Flores, Universidad Católica del Norte, CL

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

Xose A. Vila, Universidad de Vigo, ES

O Valor Estratégico dos Sistemas de Informação e das Tecnologias para o Desenvolvimento do Conhecimento

The Strategic Value of Information Systems and Technology for Knowledge Development

Maria José Sousa.¹, Alvaro Rocha²

maria.jose.sousa@iscte-iul.pt, amrocha@dei.uc.pt

¹ Departamento de Ciência Política e Políticas Públicas, ISCTE-Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, Avenida das Forças Armadas. 1649-026, Lisboa, Portugal.

² Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Informática, Pólo II - Pinhal de Marrocos, 3030-290 Coimbra, Portugal.

DOI: 10.17013/risti.35.0

1. Introdução

Os Sistemas e Tecnologias de Informação são inovações técnicas que têm o potencial para mudar e reestruturar as organizações e as economias. A Internet, as tecnologias móveis, a inteligência artificial, o *big data*, a robótica e a nanotecnologia são motores de redefinição das indústrias do conhecimento, mas também as indústrias mais tradicionais, emergindo um novo modelo de indústrias baseadas no digital (Sousa & Rocha, 2019b). A inteligência artificial está integrada em todas as indústrias, principalmente naquelas que precisam de uma estreita colaboração entre as pessoas e os sistemas robóticos. O *big data* está revolucionando a maneira como armazenamos, organizamos e visualizamos as informações. A robótica está transformando a indústria, principalmente, automóvel, aeronáutica, saúde, entre outras. A nanotecnologia está redefinindo a indústria de computadores, da energia e da saúde. As principais tecnologias são assim o principal motor de uma estratégia para impulsionar a economia, a inovação e o desenvolvimento do conhecimento.

Neste contexto, há que apostar em novos sistemas, mais adequados às necessidades das pessoas, das organizações e das economias que se querem cada vez mais digitais (Sousa

& Rocha, 2019a). As investigações presentes nesta edição da revista RISTI contribuem em grande escala para a criação e avanço do conhecimento neste domínio.

O conjunto de oito artigos publicados nesta edição da RISTI foram resultado de um exigente processo de avaliação pelos membros do comité científico. Foram submetidos pelos autores um total de 106 artigos, sob a temática dos sistemas e tecnologias de informação, o que corresponde a uma apertadíssima e exigentíssima taxa de aceitação de 7,5%.

2. Estrutura

O primeiro artigo, com o título “Modelado y Verificación de Patrones de Diseño de Arquitectura de Software para Entornos de Computación en la Nube”, apresenta um ambiente de *design* integral com vista à formulação de projetos de arquiteturas de software para aplicações *web*. Os autores utilizam um metamodelo de componentes arquiteturais que identifica os elementos comumente usados nessas arquiteturas. É construída uma ferramenta gráfica sobre o modelo, tendo em conta padrões de design para garantir a sua correta aplicação.

O segundo artigo, com o título “Heterogeneidade na Acessibilidade dos websites das Agências de Viagens: um estudo na Região Centro de Portugal” apresenta uma investigação no âmbito do turismo acessível, sendo o objeto de estudo os websites, enquanto canais promocionais preferenciais, que podem representar elementos facilitadores ao acesso físico de produtos e serviços turísticos, caso cumpram os requisitos de acessibilidade de informação. Os resultados revelam que os websites das Agências de Viagens analisados apresentam alguns problemas em termos de acessibilidade, nomeadamente nos requisitos mais básicos (nível A) das WCAG, e nos princípios ‘Perceível’ e ‘Robusto’. O artigo termina com algumas sugestões para melhorar o nível de acessibilidade dos websites das Agências de Viagens, de forma a que todas as pessoas possam ter acesso à informação, independentemente das suas características ou necessidades.

O terceiro artigo, com o título “Experiencia Afectiva Usuario en ambientes con Inteligencia Artificial, Sensores Biométricos y/o Recursos Digitales Accesibles: Una Revisión Sistemática de Literatura”, apresenta uma revisão sistemática da literatura que considera a Affective User Experience (UAX) em ambientes com Inteligência Artificial (IA), Sensores Biométricos e Recursos Digitais acessíveis, fazendo um foco singular nas adaptações para estudantes com Síndrome de Down. A investigação foi realizada com recorrência à base de dados Scopus, que devolveu 17 artigos e 37 revistas. Os jogos e a robótica destacam-se como os principais recursos para estimular a aprendizagem das pessoas com deficiência cognitiva.

O quarto artigo, com o título “Avaliação dos novos métodos de qualidade de VGI da plataforma ClickOnMap” discute a qualidade dos dados recolhidos em sistemas de Informação Geográfica Voluntária (VGI), com o objetivo de atender a emergências, como catástrofes naturais. O objetivo desse trabalho é o de avaliar os diversos métodos de qualidade VGI da plataforma ClickOnMap, tendo sido desenvolvido um sistema chamado “Gota D’água”, que recolheu dados sobre o tema “desperdício de água em áreas urbanas” e por via de análise estatística os autores investigaram a qualidade dos métodos,

tendo esta análise mostrado que os métodos empregados são úteis e imprescindíveis no contexto VGI, tendo sido recomendado o seu uso em sistemas como o OpenStreetMap.

O quinto artigo, com o título “Avaliação de Ferramentas BPM: Uma Análise Comparativa de Soluções Comerciais”, propõe uma estrutura para orientar a avaliação de ferramentas BPM, com base no ciclo de vida BPM e em critérios tecnológicos. A estrutura de avaliação proposta foi utilizada para classificar quatro ferramentas BPM, segundo a sua documentação técnica. Desta investigação resulta uma análise comparativa, com base no método AHP, das principais diferenças entre as ferramentas BPM ao longo do ciclo de vida BPM.

O sexto artigo, com o título “Gestão da arquitetura empresarial na governação de microsserviços”, investiga os fatores relevantes acerca da arquitetura de microsserviços na perspetiva da Gestão da Arquitetura Empresarial (GAE) e propõe uma arquitetura padrão representada em ArchiMate, que suporta a função de planear e manter a arquitetura atualizada. A proposta visa atender ao papel da gestão da arquitetura empresarial através da governação descentralizada e suportar as equipas de microsserviços de modo menos intrusivo e restritivo possível. A proposta arquitetural é avaliada por intermédio da realização de entrevistas e de um inquérito aplicado a profissionais de diferentes áreas de negócio.

O sétimo artigo, com o título “Suporte Tecnológico para o Auxílio do Professor na Avaliação segundo à BNCC”, apresenta investigação enquadrada pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), um documento que tem o intuito de definir um conjunto de aprendizagens essenciais, composto por competências e habilidades que devem ser desenvolvidas pelos alunos em cada período da educação básica. Neste contexto, os autores investigam o impacto que uma ferramenta tecnológica pode proporcionar aos professores na elaboração e interpretação dos resultados da avaliação. Para sustentar a investigação, foi desenvolvido um protótipo e aplicado numa turma do Ensino Fundamental I de uma escola do setor privado. Os resultados da investigação mostram que a ferramenta revelou informações relevantes não percebidas pelo professor durante o processo de avaliação.

Finalmente, o último artigo, com o título “Razonamiento Basado en Casos para asignación óptima de tareas de desarrollo de software”, apresenta o ARDe (Assistente de recomendação do desenvolvedor), uma ferramenta que auxilia na tomada de decisões sobre a seleção dos membros da equipa de projeto. Como resultado de várias experiências, os autores verificaram que as estimativas se assemelham às métricas reais obtidas com a execução e que o ARDe também aprende a ordenar as recomendações de acordo com as preferências do líder do projeto.

3. Agradecimentos

Esta introdução termina agradecendo a todos os autores e membros o conselho científico que participaram no processo de revisão dos artigos que compõem esta edição, desejando que este número de RISTI seja um elemento de avanço do conhecimento e um importante contributo para o campo dos sistemas e tecnologias de informação que estão a redesenhar a economia digital.

Um agradecimento especial à AISTI, detentora da RISTI, assim como às Bases de Dados de Revistas Acadêmicas como CiteFactor, Compendex, 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

Referências

- Sousa, M.J.; Rocha, A. (2019a). Digital Learning: Developing Skills for Digital Transformation of Organizations. *Future Generation Computer Systems*, 91(2), 327-334.
- Sousa, M.J.; Rocha, A. (2019b). Skills for disruptive digital business. *Journal of Business Research*, 94(1), 257-263.

Índice / Index

EDITORIAL

O Valor Estratégico dos Sistemas de Informação e das Tecnologias para o Desenvolvimento do Conhecimento	ix
<i>Maria José Sousa, Alvaro Rocha</i>	

ARTIGOS / ARTICULOS / ARTICLES

Modelado y Verificación de Patrones de Diseño de Arquitectura de Software para Entornos de Computación en la Nube	1
<i>María Julia Blas, Horacio Leone, Silvio Gonnet</i>	
Heterogeneidade na Acessibilidade dos websites das Agências de Viagens: um estudo na Região Centro de Portugal	18
<i>André Silveiro, Celeste Eusébio, Leonor Teixeira</i>	
Experiencia Afectiva Usuario en ambientes con Inteligencia Artificial, Sensores Biométricos y/o Recursos Digitales Accesibles: Una Revisión Sistemática de Literatura	35
<i>Johana Miroslava Fernández-Ordóñez, Ligia Elena Maza Jiménez, Pablo Torres-Carrión, Luis Barba-Guamán, Germanía Rodríguez-Morales</i>	
Avaliação dos novos métodos de qualidade de VGI da plataforma ClickOnMap	54
<i>Jean H. S. Câmara, Jugurta Lisboa-Filho, Rafael O. Pereira, Wagner D. Souza, Joep Crompvoets</i>	
Avaliação de Ferramentas BPM: Uma Análise Comparativa de Soluções Comerciais	70
<i>Marco Sousa¹, Nuno Lopes, Óscar Ribeiro, Joaquim P. Silva</i>	
Gestão da arquitetura empresarial na governação de microsserviços	86
<i>Carlos Roberto Pinheiro, Sérgio Guerreiro, André Vasconcelos</i>	
Suporte Tecnológico para o Auxílio do Professor na Avaliação segundo à BNCC	101
<i>Letícia M. Portela, Greicy Nayara P. Zagui, Fabio André G. dos Santos, Flávia Aparecida Reitz Cardoso, Rafael Liberato</i>	
Razonamiento Basado en Casos para asignación óptima de tareas de desarrollo de software	116
<i>Guillermo Rodríguez, Luis Berdun, Leonardo Da Rocha Araujo</i>	

Modelado y Verificación de Patrones de Diseño de Arquitectura de Software para Entornos de Computación en la Nube

María Julia Blas^{1,2}, Horacio Leone^{1,2}, Silvio Gonnet^{1,2}

mariajuliablas@santafe-conicet.gov.ar, hleone@santafe-conicet.gov.ar, sgonnet@santafe-conicet.gov.ar

¹ INGAR – Instituto de Desarrollo y Diseño, CONICET-UTN, Santa Fe, CP: 3000, Santa Fe, Argentina.

² Universidad Tecnológica Nacional –Regional Santa Fe, Santa Fe, CP: 3000, Santa Fe, Argentina.

DOI: 10.17013/risti.35.1–17

Resumen: Este trabajo presenta un entorno de diseño integral que permite formular diseños de arquitecturas de software destinadas a la representación de aplicaciones web. Este entorno abstrae los principales problemas identificados a nivel de diseño, planteando módulos que ayudan al arquitecto en la elaboración de diseños de calidad. Para esto, utiliza como base un metamodelo de componentes arquitectónicos que identifica un conjunto de elementos comúnmente utilizados en dichas arquitecturas. Sobre el modelo se construye una herramienta de instanciación gráfica que se complementa con la verificación de patrones de diseño a fin de garantizar su correcta aplicación.

Palabras-clave: aplicación web; diseño de arquitectura; patrones de diseño.

Modeling and Verification of Software Architecture Design Patterns for Cloud Computing Environments

Abstract: This work presents a design environment that allows building software architecture designs for web applications. The environment is designed to solve some of the main problems identified at architectural level by proposing a set of modules that help to develop quality architectures. Its structure is based on a metamodel of architectural components that identifies a set of elements commonly used in web application architectures. Also, a graphical software tool is built using this model as a support mechanism. Such tool is completed with a verification software module that ensures the correct application of well-known web design patterns.

Keywords: web application; architecture design; design pattern.

1. Introducción

Las funcionalidades de un producto de software son ortogonales respecto a los atributos de calidad (Bass, Clements & Kazman, 2012). Cuando se evalúa la calidad de forma

continúa durante el desarrollo se intenta *garantizar que el producto tendrá el efecto requerido en los contextos de interés*. Sin embargo, la intrínseca complejidad del software dificulta la determinación de la calidad (Pressman, 2010).

De acuerdo con (Albin, 2003), entre los problemas que dificultan la especificación, diseño, medición y prueba de los atributos de calidad de un producto se destacan: lenguaje inadecuado para expresar los requerimientos de calidad, dificultades para generar diseños basados en atributos de calidad y falta de documentación en el diseño y en los patrones arquitectónicos que brindan soporte a las posibles configuraciones. Esta situación se complejiza al intentar aplicar los conceptos y técnicas existentes sobre plataformas más novedosas basadas en modelos de ejecución modernos; por ejemplo, el esquema de *computación en la nube* (CC).

En este contexto, la adopción de la tecnología de CC no es una tarea sencilla (Palos-Sánchez, Arenas-Márquez & Aguayo-Camacho, 2017). El CC (en comparación con los productos de software tradicionales) obliga a formular cambios en las normas y estándares, las capacidades de infraestructura y la especificación de las arquitecturas de software que brindan soporte a las aplicaciones y/o servicios (Silva, Verdúm, Espinoza, Hurtado & Poma, 2015). Teniendo en cuenta que la determinación del conjunto de propiedades que define un nivel adecuado de calidad para un sistema de software es una pregunta altamente dependiente del contexto (Kitchenham & Pfleeger, 1996); el estudio, entendimiento y análisis de la calidad en CC se ve afectado por la naturaleza de dicho entorno. Aunque existe una amplia variedad de patrones útiles para el diseño de software (Garlan & Shaw, 1994; Pahl, Giesecke & Hasselbring, 2009), al intentar trasladar estos patrones a los servicios de computación en la nube se presentan dos problemas derivados de la falta de madurez del área: *i)* los patrones de CC aún no se encuentran totalmente establecidos; y *ii)* no existe una técnica de representación que facilite la comprensión de las arquitecturas de software basadas en CC. Esta situación dificulta la labor de los arquitectos, dando como resultado una ralentización de la tarea de diseño. Luego, resulta necesario brindar toda la ayuda posible a los arquitectos de CC a fin de aumentar su productividad, contribuyendo a la formulación de diseños adecuados en base a distintas propiedades de calidad.

Este trabajo propone una herramienta basada en un metamodelo de patrones de arquitecturas de software en la nube que facilita la tarea de modelado y, además, posibilita la verificación semiautomática de los patrones aplicados a fin de garantizar su correcta instanciación. Complementariamente, se sientan las bases necesarias para la definición de un *entorno de diseño integrado* que incluya guías de diseño basadas en el conjunto de componentes y conexiones propuestos junto con sugerencias inteligentes derivadas de las decisiones arquitectónicas adoptadas por el usuario a lo largo de la construcción del diseño.

La Sección 2 introduce los problemas detectados en el proceso de diseño de arquitecturas para entornos de CC, los cuales han sido tomados como principios fundamentales para la formulación de la propuesta. La Sección 3 presenta la estructura del entorno de diseño propuesto como parte del trabajo, incluyendo una breve descripción de cada uno de los módulos que lo componen. La Sección 4 describe el metamodelo arquitectónico diseñado como vocabulario base de este entorno de diseño sobre el cual, en la Sección 5, se introduce el módulo de verificación de patrones de diseño (que contribuye a la

evaluación de las arquitecturas de software instanciadas). Finalmente, la Sección 6 se encuentra destinada a las conclusiones y trabajos futuros que se desprenden del entorno propuesto.

2. Diseño de Arquitecturas para Servicios de Software

El diseño arquitectónico es un proceso creativo en el que se intenta establecer una organización de los componentes del sistema de software que satisfaga tanto los requerimientos funcionales como los requerimientos no funcionales (Sommerville, 2005). Luego, al construir una arquitectura de software es necesario seleccionar los principios de trabajo adecuados con el objetivo de lograr un balance apropiado de las propiedades deseadas sobre el producto de software bajo diseño. Tales propiedades se desprenden de un conjunto de requerimientos que compiten entre sí. De acuerdo con (Bass, Clements & Kazman, 2012), la *arquitectura de un producto de software* comprende los componentes del software, las propiedades visibles de dichos componentes y las relaciones que existen entre ellos. Esta definición es indiferente al hecho de que el diseño formulado sea bueno o malo (es decir, permita o evite que el producto de software bajo desarrollo cumpla con los requerimientos identificados). Por este motivo, las arquitecturas de software deben ser evaluadas a fin de determinar su habilidad para cumplir con los atributos de calidad relevantes del sistema de software bajo desarrollo.

El proceso de evaluación de este tipo de diseños no debe centrarse en la aplicación de una única métrica universal (inexistente), sino que debe cuantificar atributos individuales para, luego, realizar una compensación sobre las métricas obtenidas (Barbacci, Klein, Longstaff & Weinstock, 1995). En este sentido, el arquitecto de software debe: *i)* contar con la habilidad requerida para evaluar cuantitativamente los atributos de calidad sobre un diseño funcional dado, y *ii)* en base al resultado de esta evaluación, realizar una compensación de características que le permita alcanzar el mejor comportamiento posible sobre el sistema de software bajo análisis.

Luego, la formulación de diseños de arquitecturas de software se caracteriza por su complejidad, donde el punto de partida es un conjunto de objetivos que no se encuentra claramente definido, cuya especificación se obtiene a medida que se lleva a cabo el proceso de solución (Roldán, Gonnet & Leone, 2016).

De acuerdo con el Instituto Nacional de Normas y Tecnología (NIST por sus siglas en inglés, National Institute of Standards and Technology), el paradigma de CC es *un modelo que habilita acceso a Internet bajo demanda de forma conveniente y generalizada a fin de compartir un conjunto de recursos de computación configurables que pueden ser asignados y entregados de forma rápida con un esfuerzo marginal reducido o con mínima interacción con el proveedor del servicio* (Mell & Grance, 2011). En este contexto, la Figura 1 presenta una primera aproximación a la estructuración arquitectónica de aplicaciones web basada en dos niveles de abstracción: *infraestructura* y *aplicación*. Las funcionalidades se encuentran alojadas en la capa de aplicación mientras que los recursos (sobre los cuales se ejecutan dichas funcionalidades) quedan encapsulados en la capa de infraestructura. De acuerdo con este diagrama de alto nivel, los *usuarios* utilizan los servicios de software por medio de un acceso indirecto a aplicaciones remotas alojadas en servidores externos pertenecientes a proveedores de infraestructura.

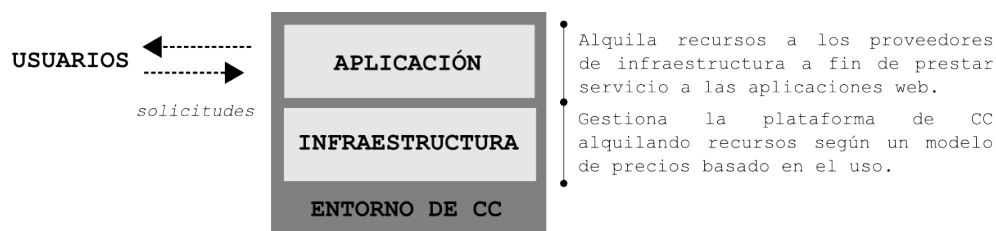


Figura 1 – Descomposición arquitectónica de alto nivel del diseño de aplicaciones web basadas en entornos de CC.

En el caso del diseño arquitectónico asociado a las aplicaciones web, el proceso creativo requiere de arquitectos especializados en el entorno de CC que sean capaces de formular soluciones factibles no sólo de ser implementadas en base a módulos de software sino también susceptibles de ser desplegadas sobre infraestructuras en la nube (de forma tal que brinden solución a los requerimientos no funcionales). Luego, la tarea de diseñar arquitecturas de software para aplicaciones de CC requiere de arquitectos con las habilidades necesarias tanto para identificar estas posibles situaciones como así también para solucionar los problemas derivados de los diferentes dominios.

Frecuentemente el arquitecto carece de información cualitativa y/o cuantitativa de utilidad para el soporte de la evaluación y selección de alternativas de diseño parciales (Kazman, Gagliardi & Wood, 2012). En muchos casos, esta situación sumada al desconocimiento propio de la “caja negra” de los entornos de CC, dificulta el estudio de la arquitectura del producto. En este contexto, las estrategias de evaluación deben basarse en una combinación de técnicas y elementos preexistentes que contribuyan al análisis del diseño arquitectónico propuesto.

2.1. Dificultades de la Tarea de Diseño de Arquitecturas Web: Problemas de Diseño y Conocimientos Requeridos

Tal como se ha establecido con anterioridad, en el área de diseño de arquitecturas de software web existen dos problemas derivados de la falta de madurez en la disciplina:

- *Los patrones de diseño orientados a CC aún no están totalmente establecidos:* Dada la variedad de enfoques que pueden utilizarse para el diseño de este tipo de arquitecturas, muchos de los patrones existentes refieren a soluciones aplicables en relación a la tecnología de la información que brinda soporte al nivel de infraestructura (no de aplicación).
- *Las técnicas de representación utilizan enfoques híbridos que combinan elementos pertenecientes a distintos niveles de definición:* Las estrategias de representación arquitectónica mezclan elementos de infraestructura con componentes de software de aplicación. Tal combinación no sólo dificulta la identificación de los elementos requeridos para cumplir los objetivos de diseño, sino que, además, es susceptible de generar confusión y ambigüedad a diseñadores inexpertos.

Frecuentemente, a fin de evitar los conflictos derivados de la falta de pericia al momento de generar un diseño, los arquitectos trabajan en base a arquitecturas genéricas. Una *arquitectura genérica* provee una estructura para una familia de problemas, encapsula propiedades inherentes a un dominio específico y guía el proceso de diseño hacia la obtención de la calidad. De esta manera, una “buena” estructura: *i)* reduce la posibilidad de obtener un diseño inflexible, y *ii)* permite a los diseñadores concentrarse en los aspectos importantes del sistema bajo desarrollo. Por el contrario, una “mala” estructura fuerza al diseñador a tomar decisiones que limitan (a futuro) las posibilidades de modificar o alterar el diseño a un costo razonable.

En este contexto, en términos generales existen dos conceptos asociados a la aplicación de *arquitecturas genéricas*: *patrones de diseño* y *decisiones arquitectónicas*. Sin embargo, en el caso de las arquitecturas de software basadas en servicios web, la formulación del diseño a nivel de aplicación debe contemplar también el despliegue de sus componentes sobre la infraestructura subyacente. Luego, la aplicación de las *arquitecturas genéricas* basadas en *patrones de diseño* y *decisiones arquitectónicas* se ve condicionada por las *condiciones de despliegue en infraestructura*.

Patrones de Diseño Arquitectónico

Un *patrón de diseño arquitectónico* define una familia de sistemas en base a un esquema de organización estructural (Garlan & Shaw, 1994). Bajo esta perspectiva, los patrones arquitectónicos pueden ser vistos como los bloques constructivos básicos de las arquitecturas de software. Esto es, definen y organizan un vocabulario de elementos basado en un conjunto de componentes y conectores asociados a un grupo de restricciones que indican la forma en la cual tales elementos pueden ser combinados. El objetivo de este vocabulario es la formulación de diseños arquitectónicos que garanticen una adecuada composición de los elementos que lo conforman según el esquema de organización seleccionado. Esta selección no debe realizarse de forma arbitraria, sino que siempre se encuentra relacionada con los requerimientos no funcionales de la aplicación bajo desarrollo. De acuerdo con esta perspectiva, los patrones de diseño arquitectónico describen pares de elementos *{problema; solución}* con el objetivo de brindar soluciones abstractas a problemas recurrentes en un dominio específico.

Las arquitecturas de sistemas de software complejos suelen basarse en la aplicación de más de un patrón de diseño (quedando definidas en base a una composición de estos últimos). Este es el caso de las arquitecturas de aplicaciones web, en donde la construcción del diseño arquitectónico implica vincular múltiples componentes haciendo uso de diversos esquemas de organización. En este sentido, los patrones de diseño de aplicaciones web describen soluciones abstractas a problemas recurrentes en el dominio de entornos de CC a fin de capturar conocimiento independiente de los proveedores de servicios de infraestructura. Estos patrones ayudan a determinar la forma en la cual deben ser distribuidos los distintos tipos de componentes de una aplicación web. Luego, la identificación de los patrones adecuados es una tarea importante que debe ser llevada a cabo por el arquitecto a cargo de la construcción del diseño. Tal responsabilidad depende directamente de su pericia y experiencia en el dominio de trabajo vinculado a la aplicación bajo desarrollo.

No todos los patrones de CC son nuevos. Muchos de los patrones existentes para las arquitecturas de software tradicionales han sido adaptados para su aplicación en contextos de aplicaciones web basadas en entornos de CC. Sin embargo, no todos los patrones de diseño existentes abstraen correctamente los elementos que conforman cada uno de los niveles arquitectónicos requeridos (esto es, software e infraestructura). En este contexto, el conjunto de patrones de diseño propuesto en (Fehling, Leymann, Retter, Schupeck & Arbitter, 2014) presenta una estrategia de organización basada en un conjunto de elementos el cual ha sido definido de acuerdo a una clasificación de componentes en términos de categorías (Tabla 1). Cada categoría refiere a un nivel de trabajo, a saber: *cloud application* (esto es, el nivel de aplicación) y *cloud runtime environment* (esto es, el nivel de infraestructura).

Luego, los patrones identificados en los distintos niveles arquitectónicos constituyen una esquematización de diseño elemental que permite agrupar múltiples estructuras con el objetivo de generar diseños aplicables a productos de software específicos.

Nivel	Categoría	Descripción
Cloud Application	Hybrid / Native Cloud Applications	Patrones que describen la forma en la cual se distribuyen los componentes de aplicación en base al tipo de entorno.
	Fundamental Architecture Styles	Patrones que los arquitectos y desarrolladores deben tener en cuenta al construir una aplicación en la nube.
	Application Components	Patrones centrados en la especificación del manejo del estado de componentes de aplicación en base al diseño.
	Multi-tenancy	Patrones de aplicaciones en la nube que se ofrecen como servicio a múltiples clientes.
	Cloud Integration	Patrones útiles para aquellas aplicaciones que se distribuyen entre diferentes entornos y/o deben integrarse con otras aplicaciones alojadas en distintos entornos.
	Application Management	Patrones que describen formas alternativas de manejar automáticamente las aplicaciones de nube haciendo uso de múltiples instancias de componentes.
Cloud Runtime Environment	Cloud Service Models	Patrones basados en modelos de servicios según las capas de la pila de aplicación sobre las cuales proporciona recursos de tecnología de la información.
	Cloud Deployment Types	Patrones de despliegue que se diferencian principalmente por los grupos de usuarios que acceden a la nube y por el grado en que los recursos se comparten entre los clientes.
	Cloud Environments	Patrones que caracterizan los ambientes creados en base a diferentes modelos de despliegue de acuerdo a los componentes requeridos.
	Processing / Communication / Storage Offerings	Patrones que refieren a diferentes ofertas alojadas en la nube que proporcionan una determinada funcionalidad a los clientes en base a un comportamiento predefinido.

Tabla 1 – Clasificación de los patrones arquitectónicos propuestos por (Fehling, Leymann, Retter, Schupeck & Arbitter, 2014).

Decisiones Arquitectónicas

Una *decisión arquitectónica* es una descripción del conjunto de agregados, eliminaciones y modificaciones realizadas sobre una arquitectura de software, el motivo de que estos cambios tengan lugar y las reglas de diseño junto con las respectivas restricciones y especificaciones adicionales que (posiblemente de forma parcial) logran cubrir uno o más de los requerimientos de la arquitectura (Jansen & Bosch, 2005). Luego, en términos generales, una decisión arquitectónica es la salida que se genera durante un proceso de diseño arquitectónico en cualquier fase de trabajo (esto es, como parte de la construcción inicial o en fases de evolución) de un sistema de software. En este contexto, aunque no se formalizan, las decisiones tomadas por los arquitectos se consideran basadas en sus propias experiencias (Carignano, Gonnet & Leone, 2019).

Múltiples autores plantean que las decisiones arquitectónicas son el núcleo de las arquitecturas de software (Jansen & Bosch, 2005; Tyree & Akerman, 2005). Esto se debe a que las decisiones de diseño refieren al dominio de aplicación del sistema de software bajo desarrollo, los patrones arquitectónicos utilizados para la formulación de su estructura, los componentes definidos como parte del diseño, la infraestructura seleccionada para su ejecución y todos los aspectos adicionales necesarios para satisfacer los requerimientos relevados (tanto funcionales como no funcionales). Dada la variabilidad que existe en las arquitecturas de CC, la documentación de las decisiones tomadas por los arquitectos en diferentes proyectos sirve como descriptor de las habilidades requeridas y del conocimiento implícito que se formula por detrás de estas determinaciones.

En este contexto, a fin de absorber el dinamismo propio con el cual crecen los diseños arquitectónicos de entornos de CC, es fundamental que la introducción de cambios arquitectónicos se realice de forma sistemática. De esta manera, se evita la erosión en el diseño arquitectónico y la pérdida de información vital para la comprensión del diseño obtenido, tanto sea en esta instancia de desarrollo como así también en instancias de trabajo futuras evidenciadas en proyectos de desarrollo similares (Jansen & Bosch, 2005).

Condiciones de Despliegue en la Infraestructura

Tal como se ha especificado con anterioridad, al formular una arquitectura para entornos de CC se deben contemplar dos niveles de diseño: aplicación e infraestructura. A nivel de aplicación se debe tener en cuenta que el diseño debe ser implementado sobre la infraestructura subyacente. En este sentido, el arquitecto a cargo debe contemplar no sólo el conjunto de componentes requeridos con el objetivo de cumplir los requerimientos funcionales (junto con sus relaciones), sino también la forma en la cual estos componentes de aplicación deben ser desplegados sobre el nivel de infraestructura. En cualquier caso, las evaluaciones que quieran realizarse en base al diseño arquitectónico completo deben necesariamente contemplar este aspecto ya que, tanto su funcionamiento como su rendimiento se ven condicionados por el contexto de ejecución definido para la aplicación. En la mayoría de los casos, este contexto de infraestructura es contratado a un proveedor externo.

En la actualidad existen muchos proveedores que brindan múltiples tipos de servicios para la definición de la infraestructura de las aplicaciones web. La principal característica

de estos servicios es que el usuario paga únicamente por el consumo que realiza. Luego, al contratar el servicio, el desarrollador sólo debe preocuparse por definir los tipos de instancias adecuadas que le permitan lograr el cumplimiento de los requerimientos funcionales y de calidad asociados a la aplicación de software. Sin embargo, esta característica depende de la experiencia del arquitecto a cargo del diseño en relación al uso de los diferentes proveedores de infraestructura.

2.2. Evaluación de Arquitecturas de CC según su Diseño

Las arquitecturas de software han evolucionado de simples representaciones estructurales a esquemas centrados en decisiones (Kruchten, Capilla & Dueñas, 2009). En este sentido, tanto los *patrones de diseño* estructurales como las *decisiones de diseño* se complementan entre sí. Sumando la *dependencia de la infraestructura*, es evidente que en un entorno de CC la construcción de arquitecturas de software se complejiza al considerar todos los aspectos requeridos para la obtención de un diseño apropiado.

En este contexto, se tiene que:

- Los *patrones de diseño* ayudan al arquitecto a resolver problemas frecuentes en términos de composiciones utilizadas como esquemas de trabajo, cuyo punto de partida es un conjunto predefinido de componentes y conexiones válidas.
- Las *decisiones arquitectónicas* se basan en la evolución de las arquitecturas como consecuencia de cambios y/o mejoras en su definición. Estas decisiones deben documentarse según los componentes y/o conexiones modificados a fin de facilitar tanto la recuperación de las soluciones aplicadas como así también analizar su impacto sobre el diseño.
- Las *dependencias de infraestructura* se formulan vinculando componentes arquitectónicos de nivel de software a componentes arquitectónicos de nivel de infraestructura (los cuales, en la práctica, corresponden a ofertas de proveedores).

Luego, estos tres aspectos comparten como problema base la *identificación del conjunto de componentes y conectores válidos para la especificación de arquitecturas de CC*. Una definición apropiada de los elementos disponibles para la formulación de los diseños arquitectónicos contribuye al proceso de diseño ya que, de forma genérica, los arquitectos pueden aplicar lineamientos estándares referidos a patrones de diseño. En base a los lineamientos aplicados, es posible documentar las decisiones arquitectónicas adoptadas a fin de garantizar la adecuación del conjunto de modificaciones y su impacto en términos de los patrones involucrados. Además, conociendo los tipos de componentes disponibles, es posible brindar información asociada a los proveedores de servicios de infraestructura que mejor se ajustan al diseño formulado.

En la siguiente sección se presenta la estructura del entorno de diseño propuesto con el objetivo de brindar a los arquitectos un mecanismo de soporte integral que ayude a aumentar su productividad en el desarrollo de arquitecturas de CC. Este trabajo se centra en la definición del vocabulario de componentes y conectores básico que brinda soporte a la construcción de arquitecturas web, dando lugar a un uso apropiado de los patrones de diseño identificados en el nivel de aplicación. Los patrones relacionados al nivel de infraestructura son conceptualizados como servicios contratados a terceros.

3. Entorno de Diseño Integrado para Arquitecturas Web

La Figura 2 esquematiza el conjunto de módulos identificados como parte del entorno de diseño propuesto.

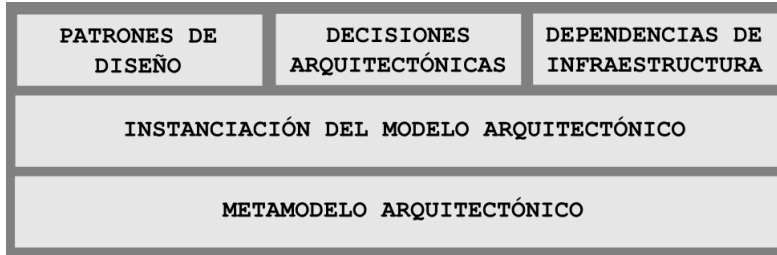


Figura 2 – Arquitectura del entorno definida en términos de módulos de software.

Tal como se ha enunciado con anterioridad, la base de trabajo consiste en un módulo conceptual denominado *metamodelo arquitectónico* que define el vocabulario de elementos disponibles para la creación de arquitecturas de CC. Un metamodelo puede definirse como “un modelo de un modelo”. Esto quiere decir que las instancias de este tipo especial de modelos corresponden a un nuevo tipo de modelo que, a su vez, puede ser instanciado (Atkinson & Kuhne, 2003). En este caso, el *metamodelo arquitectónico* posibilita la *instanciación de modelos de arquitecturas* en base a un conjunto predefinido de componentes y conectores arquitectónicos.

En base a las instanciaciones que se producen como resultado de la utilización de los componentes y conectores arquitectónicos identificados, se definen tres nuevos módulos que actúan como complementos en la especificación de arquitecturas de CC, a saber:

- Módulo *patrones de diseño*: Verifica la correcta aplicación del conjunto de patrones de diseño propuesto en (Fehling, Leymann, Retter, Schupeck & Arbitter, 2014) sobre el modelo de arquitectura instanciado, dando lugar a una evaluación del diseño.
- Módulo *decisiones arquitectónicas*: Aplica un modelo de representación del conocimiento durante la evolución del diseño basado en la trazabilidad de los elementos arquitectónicos involucrados en las decisiones tomadas por el arquitecto.
- Módulo *dependencias de infraestructura*: Utiliza la información provista por los proveedores de infraestructura a fin de asistir al arquitecto en el proceso de selección y contratación de los servicios requeridos para el despliegue de los componentes de software (incluidos en el modelo) sobre el entorno de CC.

Luego, el entorno propuesto abarca el proceso de definición y evolución de la arquitectura en base a un único conjunto de elementos que posibilitan la integración de conceptos.

4. Metamodelo de Componentes Arquitectónicos

En virtud de obtener un conjunto acotado de elementos que facilite la definición de arquitecturas de CC a nivel de componentes de software, el metamodelo diseñado se basa en el estudio de múltiples patrones de diseño de CC. De esta manera, los componentes

y conectores identificados como parte del modelo posibilitan la instanciación de arquitecturas factibles de ser implementadas en entornos de CC.

4.1. Tipos de Componentes y Vínculos Incluidos en el Metamodelo

Del estudio de los patrones de diseño de CC se identifican tres clases de componentes arquitectónicos:

- *Componentes funcionales*: Componentes que definen responsabilidades asociadas a funciones específicas. Deben ser utilizados para modelar el comportamiento de los *componentes de aplicación no definidos*.
- *Componentes de aplicación*: Componentes que se utilizan para detallar el comportamiento de las aplicaciones web. Se dividen en: i) *Componentes de aplicación definidos*: Elementos comúnmente utilizados en la definición de arquitecturas web, cuyo funcionamiento no varía según el dominio de trabajo. ii) *Componentes de aplicación no definidos*: Elementos específicos del dominio de aplicación asociado al producto de software web, cuyo comportamiento debe modelarse empleando *componentes funcionales*.
- *Componentes de administración*: Componentes que se utilizan para gestionar automáticamente el comportamiento de la aplicación web por medio del monitoreo de los *componentes de aplicación* que la componen.

Por su parte, los vínculos formados entre estos tipos de componentes pueden ser clasificados de acuerdo a tres formatos diferentes:

- *Vínculos de aplicación*: Conexiones establecidas entre componentes de alto nivel (*componentes de aplicación* y *componentes de administración*) con el objetivo de indicar una interacción funcional.
- *Vínculos de flujo*: Conexiones entre *componentes funcionales* que detallan el comportamiento de una función compleja en base a una secuencia de control definida sobre funciones elementales.
- *Vínculos especiales*: Conexiones establecidas entre *componentes de administración* y *componentes de aplicación* (específicos) con el objetivo de gestionar la cantidad de réplicas de componentes arquitectónicos requerida para dar respuesta a la carga de trabajo actual y la asignación de recursos de tecnología de la información.

En este contexto, el metamodelo incluye elementos asociados a ambas categorías (componentes y vínculos). En el caso de los vínculos arquitectónicos, se genera una subdivisión que contempla el nivel de aplicación afectado por la conexión (externo/interno) y el sentido en el cual es aplicada en relación a los componentes que une (unidireccional/bidireccional).

4.2. Especificación del Metamodelo Arquitectónico

La definición del *metamodelo* incluye dos especificaciones complementarias: i) una *descripción en Unified Modeling Language (UML)* que define el conjunto de clases, relaciones y atributos necesarios para modelar las arquitecturas de entornos de CC, y ii) un *conjunto de restricciones en Object Constraint Language (OCL)* que garantiza la consistencia de los modelos instanciados a partir de los objetos definidos en UML.

El modelo UML se divide en cuatro grupos de descripción, a saber: aplicación en la nube (*cloud application description*), descomposición basada en capas (*layer decomposition description*), componentes arquitectónicos (*architectural components description*) y estado de componentes (*components state description*).

Los elementos de la sección *cloud application description* (Figura 3, recuadro amarillo) permiten especificar la arquitectura del entorno de CC sobre la cual se despliega la aplicación web bajo diseño. Tal especificación se logra instanciando la clase *Representation*. Dicha instancia debe contener una aplicación (*CloudApplication*) y el enfoque de descomposición asociado (*Decomposition*). Ambos elementos modelan aspectos genéricos del CC, por lo que es necesario que sus instancias se relacionen con aspectos específicos de un entorno particular. Por este motivo, las instancias que se utilicen para describir el concepto *Representation* se deben corresponder (según la estrategia de descomposición elegida por el arquitecto) con alguna de las clases que especializan los términos abstractos definidos.

Como la mayoría de las arquitecturas de CC se basan en un modelo de capas, en la sección *layer decomposition description* se presenta su definición (Figura 3, recuadro verde). Por medio de la clase *CloudApplicationDecomposedInLayers* se define su esquema en base a dos elementos estructurales: *RuntimeEnvironment* y *Application*. La clase *RuntimeEnvironment* representa el conjunto de capas inferiores que componen el entorno de CC (la infraestructura), mientras que la clase *Application* modela la capa sobre la cual los arquitectos diseñan el software. Como el objetivo del metamodelo es especificar el conjunto de conceptos y relaciones requeridos para el diseño arquitectónico de aplicaciones web (ya que la infraestructura es conceptualizada como un servicio contratado a uno o más proveedores externos), el modelo profundiza la definición estructural en la clase *Application*. En este caso, la definición del enfoque de distribución

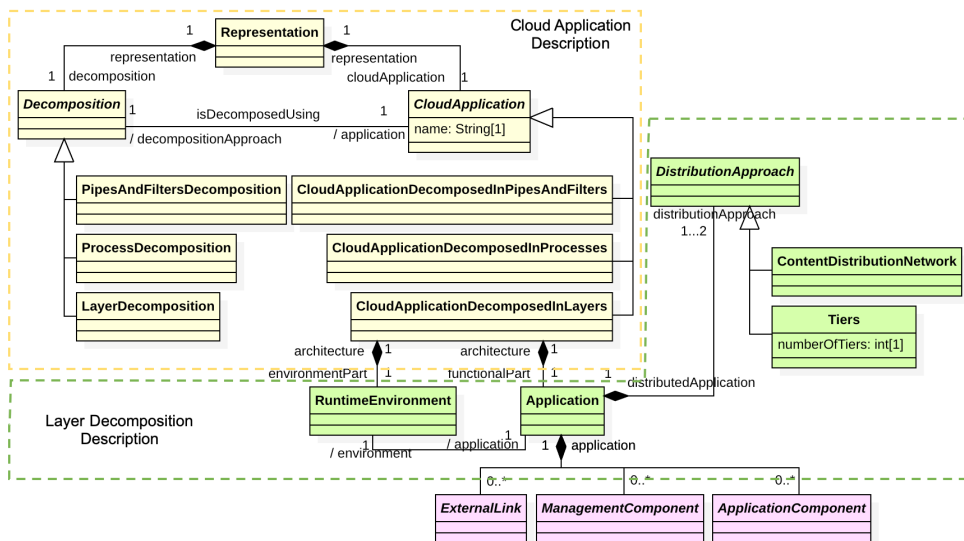


Figura 3 – Metamodelo arquitectónico (partes 1 y 2).

a utilizar sobre los componentes de aplicación a diseñar se indica por medio de la clase *DistributionApproach*.

Los conceptos de la sección *architectural components description* (Figura 4, recuadro rosado) se dividen en tres grupos, a saber: clases que modelan componentes de alto nivel, clases que modelan componentes de bajo nivel y clases que modelan conectores. La jerarquía de conceptos *ArchitecturalComponent* representa componentes de alto nivel, por lo que incluye componentes de aplicación (*ApplicationComponent*) y componentes de administración (*ManagementComponent*). Por su parte, los conceptos modelados a partir de *FunctionalComponent* definen los componentes de bajo nivel a ser usados para definir el comportamiento de componentes de alto nivel. A su vez, las clases *ExternalLink* e *InternalLink* (junto con sus especializaciones) definen el conjunto de relaciones disponibles para modelar vínculos entre estos componentes.

Un *ArchitecturalComponent* posee una entrada (*Input*) y una salida (*Output*) sobre las cuales se indican sus conexiones, las cuales se definen utilizando las especializaciones de *ExternalLink* (definidas como *UnidirectionalExternalLink*, *BidirectionalExternalLink* y *SpecialUnidirectionalExternalLink*). Las especializaciones de *ManagementComponent* modelan los elementos que gestionan el desempeño de la aplicación, mientras que las clases que heredan de *DefinedApplicationComponent* modelan componentes de aplicación definidos. En cambio, los componentes de aplicación no definidos deben

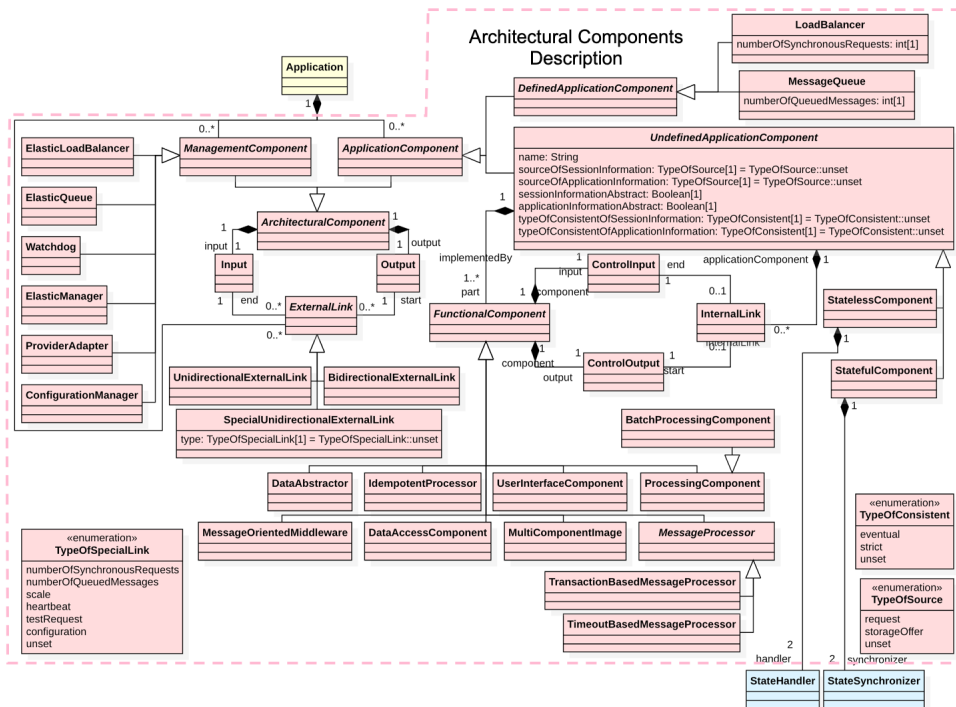


Figura 4 – Metamodelo arquitectónico (parte 3).

crearse en base a las especializaciones de *UndefinedApplicationComponent*. En este contexto, se tiene que un *StatelessComponent* es un componente cuyo estado se maneja de forma externa, mientras que en un *StatefulComponent* todas sus instancias deben sincronizar su estado para proveer un comportamiento uniforme. El comportamiento de *UndefinedApplicationComponent* debe especificarse haciendo uso de múltiples instancias de la clase *FunctionalComponent*. Tales elementos modelan responsabilidades específicas, por lo que su combinación permite generar nuevas funciones de mayor complejidad. Para esto, disponen de una entrada *ControlInput* y una salida *ControlOutput* sobre las cuales se describen las interacciones con sus pares en base a instancias de la clase *InternalLink*.

Finalmente, la sección *components state description* tiene los elementos que deben usarse para especificar el manejo de estado en componentes de aplicación definidos (Figura 5, recuadro celeste). El concepto *StateManager* modela un elemento genérico de control que gestiona estados según su componente asociado (en un *StatelessComponent* se usa un *StateHandler* y en un *StatefulComponent* se usa un *StateSynchronizer*). Cada componente tiene dos estados para manejar: estado de sesión (clase *SessionState*) y estado de aplicación (clase *ApplicationState*), los cuales deben asociarse al tipo de información a manipular (clases *SessionInformation* y *ApplicationInformation*, respectivamente).

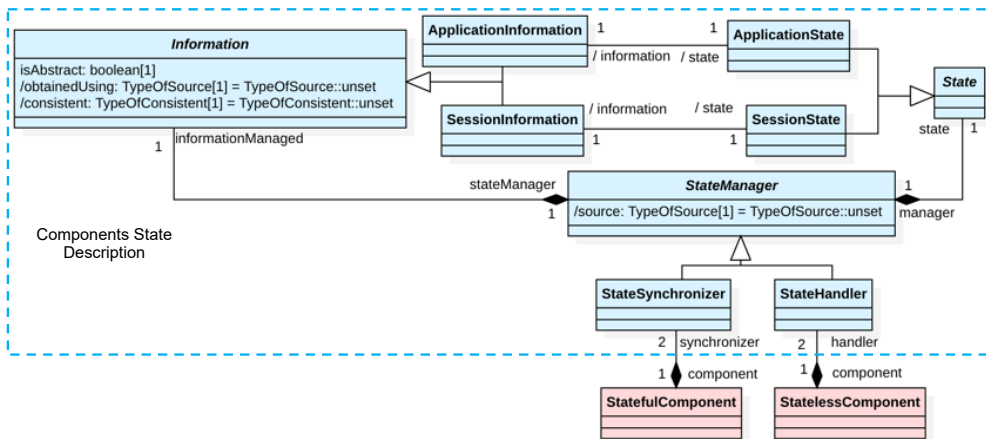


Figura 5 – Metamodelo arquitectónico (parte 4).

A fin de complementar la descripción UML, se incorporaron al modelo restricciones OCL (formuladas como invariantes) que buscan garantizar la correcta instanciación de los elementos arquitectónicos definidos. Por ejemplo, “el inicio y el fin de un *ExternalLink* no pueden referir al mismo *ArchitecturalComponent*” (Figura 6).

context ExternalLink

inv: self.start.architecturalComponent<>self.end.architecturalComponent

Figura 6 – Ejemplo de invariante OCL complementaria a la descripción UML.

4.3. Instanciación de Arquitectura: Herramienta de Modelado Gráfico

El objetivo de una descripción arquitectónica es brindar un mecanismo de soporte al proceso de diseño. Sin embargo, es deseable que este mecanismo pueda llevarse a un formato computacional que permita y facilite su análisis e instanciación (Albin, 2003).

Teniendo en cuenta que Eclipse es uno de los entornos de desarrollo más usados, en (Blas, Gonnet & Leone, 2015) se propone un plug-in para este entorno que facilita la instanciación gráfica del metamodelo. En su implementación se usaron dos herramientas del proyecto Modeling: EMF y GMF. El diagrama UML y las restricciones OCL que lo complementan se definieron en un modelo Ecore (especificado con EMF), mientras que las descripciones gráficas asociadas a los componentes y vínculos que conforman el metamodelo se detallaron con GMF.

La Figura 7 presenta la pantalla principal del plug-in junto con el modelado de la arquitectura de tres bandas propuesta en (Fehling, Leymann, Retter, Schupeck & Arbitter, 2014). Como puede observarse, existen cuatro sectores: *explorador de proyectos* (área 1, indica el proyecto en el que se diseña la arquitectura), *área de trabajo* (área 2, espacio para generar el diseño), *paleta de herramientas* (área 3, elementos disponibles para el modelado) y *tabla de propiedades* (área 4, atributos de los elementos instanciados). Luego, en relación a un proyecto de software (parte 1), el arquitecto construye su diseño web (en la parte 2) utilizando los elementos disponibles (de la parte 3) y configurando sus propiedades (parte 4). Además de las funcionalidades de modelado, la herramienta incluye un asistente de creación que ayuda al arquitecto en la especificación del entorno de CC sobre el cual se despliega la aplicación diseñada.

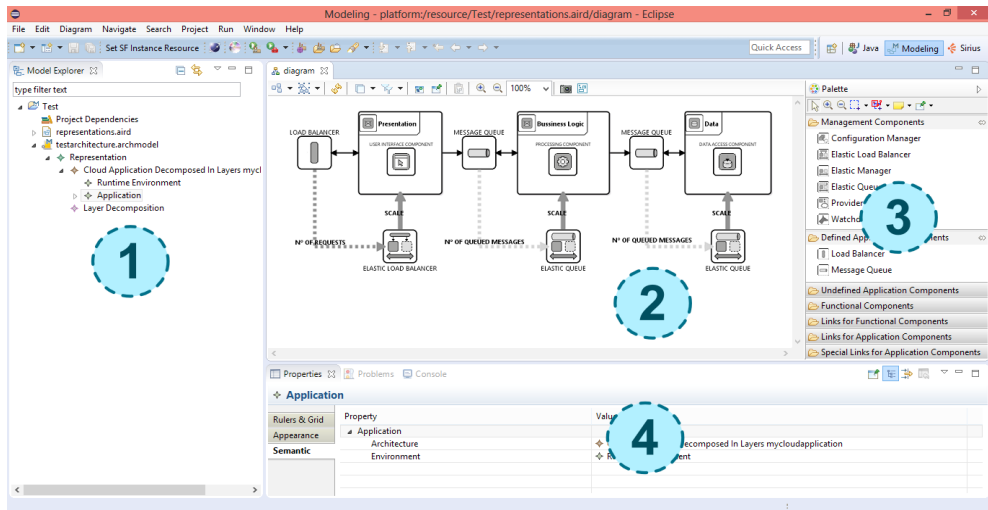


Figura 7 – Plug-in de Eclipse implementado para instanciar gráficamente el metamodelo.

5. Evaluación de Instancia: Verificación de Patrones de Diseño

Aun cuando la herramienta permite instanciar arquitecturas de CC válidas en base a los elementos y las reglas impuestas, es deseable incorporar información referida a los patrones de diseño utilizados. Luego, se incorporaron invariantes OCL que ayudan a verificar la consistencia de los diseños instanciados según los patrones arquitectónicos propuestos en el nivel *Cloud Application* (Tabla 1).

Esta verificación se realiza automáticamente mediante una opción del menú que comprueba las invariantes OCL sobre el conjunto de instancias creadas por el arquitecto. Ante una violación de restricciones, se informa al arquitecto indicando los problemas detectados sobre los componentes definidos. Por el contrario, si no se detectan inconvenientes se comunica al arquitecto que el diseño es correcto.

Luego, por medio de la verificación de los patrones de diseño, se provee un primer mecanismo de evaluación de arquitecturas de CC en términos de las características conocidas de los esquemas de diseño aplicados.

6. Conclusiones y Trabajos Futuros

Teniendo en cuenta que el paradigma de CC se ha convertido rápidamente en una de las estrategias de solución tecnológica más populares e influyentes del mundo actual, en este trabajo se han especificado los lineamientos requeridos para la construcción de un entorno de trabajo que facilite la tarea de diseño arquitectónico. La base de dicho entorno queda definida como un metamodelo, el cual describe un conjunto de elementos obtenidos a partir del estudio de múltiples patrones de diseño. Sobre este metamodelo, se han implementado los módulos de instanciación y verificación de patrones de diseño, tendientes a componer el entorno final. Luego, al restringir los componentes disponibles, el arquitecto debe tomar una menor cantidad de decisiones que, posteriormente, pueden ser verificadas conforme patrones de diseño de CC preestablecidos.

Para la especificación del módulo *decisiones arquitectónicas*, se tomará como base el modelo de gestión de conocimiento propuesto en (Roldán, Gonnet & Leone, 2016) que captura las operaciones ejecutadas junto con los elementos arquitectónicos que se operaron, los resultados obtenidos y los objetivos a cumplir. De esta manera, se complementará la propuesta desarrollada en este trabajo con un nuevo módulo.

Referencias

- Albin, S. T. (2003). *The art of software architecture: design methods and techniques*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Atkinson, C., & Kuhne, T. (2003). Model-driven development: a metamodeling foundation. *IEEE software*, 20(5), 36–41.
- Barbacci, M., Klein, M., Longstaff, T., & Weinstock, C. (1995). Quality Attributes (CMU/SEI-95-TR-021). Pittsburgh: *SEI, Carnegie Mellon University*.

- Bass, L., Clements, P., & Kazman, R. (2003). *Software architecture in practice*. Boston, MA: Addison-Wesley Professional.
- Blas, M. J., Gonnet, S., & Leone, H. (2015). Un Modelo para la Representación de Arquitecturas Cloud basadas en Capas por medio de la Utilización de Patrones de Diseño: Especificación de la Capa de Aplicación. In *Proceedings of 3º Congreso Nacional de Informática / Sistemas de Información (CONAITSI)*, Buenos Aires.
- Carignano, M. C., Gonnet, S., & Leone, H. (2019). KE-SER: Un sistema basado en el conocimiento y la experiencia para dar soporte a arquitectos de software en aspectos de seguridad. *RISTI Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, 32, 97–112.
- Fehling, C., Leymann, F., Retter, R., Schupeck, W., & Arbitter, P. (2014). *Cloud computing patterns: fundamentals to design, build, and manage cloud applications*. Berlin: Springer Science & Business Media.
- Garlan, D., & Shaw, M. (1994). An introduction to software architecture (CMU-CS-94-166). Pittsburgh: *Carnegie Mellon University*.
- Jansen, A., & Bosch, J. (2005). Software architecture as a set of architectural design decisions. In *Proceedings of 5th Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture* (pp. 109–120).
- Kazman, R., Gagliardi, M., & Wood, W. (2012). Scaling up software architecture analysis. *Journal of Systems and Software*, 85(7), 1511–1519.
- Kitchenham, B., & Pfleeger, S. L. (1996). Software quality: the elusive target. *IEEE software*, 13(1), 12–21.
- Kruchten, P., Capilla, R., & Dueñas, J. C. (2009). The decision view’s role in software architecture practice. *IEEE software*, 26(2), 36–42.
- Mell, P., & Grance, T. (2011). The NIST definition of cloud computing (SP 800-145). *NIST*. Doi: 10.6028/NIST.SP.800-145.
- Pahl, C., Giesecke, S., & Hasselbring, W. (2009). Ontology-based modelling of architectural styles. *Information and Software Technology*, 51(12), 1739–1749.
- Palos-Sánchez, P., Arenas-Márquez, F. & Aguayo-Camacho, M. (2017). La adopción de la tecnología cloud computing (SaaS): efectos de la complejidad tecnológica vs formación y soporte. *RISTI Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, 22, 89–105.
- Pressman, R. (2010). *Software engineering: a practitioner’s approach*. New York: McGraw-Hill.
- Roldán, M., Gonnet, S., & Leone, H. (2016). Operation-based approach for documenting software architecture knowledge. *Expert Systems*, 33, 313–348.

- Silva, A., Verdúm, J., Espinoza, M., Hurtado, D., & Poma, A. (2015). Modelo de calidad de servicio QoS en entornos cloud. *International Journal of Information Systems and Software Engineering Big Companies*, 2(2), 70–80.
- Sommerville, I. (2005). *Ingeniería del software*. London: Pearson Educación.
- Tyree, J., & Akerman, A. (2005). Architecture decisions: Demystifying architecture. *IEEE software*, 22(2), 19–27.

Heterogeneidade na Acessibilidade dos websites das Agências de Viagens: um estudo na Região Centro de Portugal

André Silveiro¹, Celeste Eusébio², Leonor Teixeira³

andresilveiro@ua.pt, celeste.eusebio@ua.pt, lteixeira@ua.pt

¹ DEGEIT; Universidade de Aveiro, 3810-193, Aveiro, Portugal

² GOVCOPP/DEGEIT; Universidade de Aveiro, 3810-193, Aveiro, Portugal

³ IEETA/GOVCOPP/DEGEIT; Universidade de Aveiro, 3810-193, Aveiro, Portugal

DOI: 10.17013/risti.35.18–34

Resumo: No âmbito do turismo acessível, os websites, enquanto canais promocionais preferenciais, podem representar elementos facilitadores ao acesso físico de produtos e/ou serviços turísticos, caso cumpram com os requisitos de acessibilidade de informação. O presente estudo pretende analisar o nível de acessibilidade dos websites das Agências de Viagens da Região Centro de Portugal, tendo como base as Diretrizes de Acessibilidade do Conteúdo Web (WCAG 2.0) e usando, para o efeito, duas ferramentas automáticas de avaliação (AccessMonitor e TAW *online*). Os resultados revelam que os websites das Agências de Viagens analisados apresentam alguns problemas em termos de acessibilidade, nomeadamente nos requisitos mais básicos (nível A) das WCAG, e nos princípios ‘Perceptível’ e ‘Robusto’. O artigo termina com algumas sugestões para melhorar o nível de acessibilidade dos websites das Agências de Viagens, de forma a que todas as pessoas possam ter acesso à informação, independentemente das suas características e/ou necessidades.

Palavras-chave: Agências de Viagens, turismo acessível, pessoas com incapacidade, acessibilidade da web.

Heterogeneity in Accessibility of Travel Agency Websites: A Study in the Central Portugal Region

Abstract: In the context of accessible tourism, websites, as preferential promotional channels, may facilitate the physical access of tourism products and / or services, if they meet the accessibility requirements of information. This study aims to analyze the level of websites’ accessibility of Travel Agency located in the Central Region of Portugal, based on the Web Content Accessibility Guidelines (WCAG 2.0) and using two automatic assessment tools (AccessMonitor and TAW *online*). The results reveal that the Travel Agency websites reviewed have some accessibility issues, mainly in the WCAG basic requirements (level A), and the ‘Perceptible’ and ‘Robust’ principles. The article concludes with some suggestions

for improving the accessibility of Travel Agency websites so that everyone can have access to information regardless of its characteristics and / or needs.

Keywords: Travel Agents, accessible tourism, people with disabilities, web accessibility.

1. Introdução

Nos próximos anos espera-se um aumento do número de pessoas com incapacidade (PCI), consequência do envelhecimento da população, do aumento da esperança média de vida, de problemas crónicos de saúde e até mesmo da possibilidade de qualquer pessoa poder vir a adquirir uma incapacidade temporária ou permanente em qualquer momento da sua vida (Gillovic & McIntosh, 2015). No entanto, apesar das diferenças em termos de motivações e necessidades, as PCI têm o mesmo direito de participar em atividades turísticas. Neste sentido, ao longo dos tempos, têm-se vindo a desenvolver diretivas e regulamentos com o objetivo de existir uma maior inclusão. No caso da indústria do turismo, o esforço na definição dos direitos e deveres de todos os envolvidos no setor, inclusive as PCI, tem vindo a ser notável. A Declaração de Manila (UNWTO, 1980), a Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência (nomeadamente o artigo 30º) (UN, 2007) e o Código Mundial de Ética do Turismo (UNWTO, 1999) são exemplos desses esforços, promovendo um turismo mais responsável e inclusivo, através de resoluções que estabelecem o direito a “praticar” turismo, bem como a necessidade de se criarem facilitadores à prática de atividades turísticas de PCI por parte dos fornecedores de produtos turísticos e outros stakeholders (UN, 2007; UNWTO, 1980, 1999).

Apesar de as PCI ainda terem de enfrentar muitas barreiras na área do turismo, tem-se observado um aumento da oferta de produtos turísticos acessíveis por parte de alguns fornecedores de serviços turísticos. Atualmente começam a existir empresas especializadas na oferta de produtos para este segmento, já que este representa um mercado em crescimento e financeiramente apelativo (Takeda & Card, 2002; Bowtell, 2015). Também Pinho (2015) realça que este mercado apresenta características diferenciadoras que podem revelar-se numa oportunidade de negócio para as empresas, desde que sejam integradas de forma estratégica.

Porém, para aproveitar o potencial do mercado de PCI, é fundamental apostar no turismo acessível (TA), sendo necessário, portanto, atuar em toda a cadeia de valor (planeamento, compra/aquisição e pós-venda) (Costa, Salvado & Da Costa, 2014). A esta cadeia de valor pertencem os intermediários em turismo (dos quais fazem parte os Operadores Turísticos – OTs – e as Agências de Viagens – AVs), que são os principais responsáveis pela mediação entre a procura (consumidores) e a oferta (fornecedores) (Lin, Lee & Chen, 2009).

No entanto, apesar da relevância do mercado de TA, a investigação nesta área, quando comparada com outras áreas de investigação em turismo, é relativamente escassa (Kim e Lehto, 2012). Além disso, dentro da investigação em TA existe uma grande predominância de estudos que analisam o mercado em termos de necessidades, motivações e constrangimentos (ex: Kastenholz, Eusébio & Figueiredo, 2015; Allan, 2015; Mesquita & Carneiro, 2016; Melian, Prats & Coromina, 2016; Kiruthika & Bindu, 2016; Loi & Kong, 2017; Lyu, 2017), sendo o número de estudos que analisam os agentes

responsáveis pela produção e comercialização de produtos turísticos ainda muito escasso (ex: Ozturk, Yayli, & Yesiltas, 2008; Lin et al, 2009; Schitko & Losekoot, 2012; Özogul & Baran, 2016). Dentro deste grupo, o número de estudos que analisa os intermediários em turismo – AVs e OTs – e o TA é ainda mais limitado (Takeda & Card, 2002; Card, Cole & Humphrey, 2006).

Este estudo tem como objetivo analisar a acessibilidade dos websites das AVs e OTs existentes na Região Centro de Portugal e, com base nos resultados obtidos, apresentar recomendações que contribuam para o aumento do nível de acessibilidade dos mesmos. No sentido de alcançar o objetivo definido, estruturou-se o presente trabalho em 5 secções. Após uma nota introdutória na presente secção, a secção 2 trata da fundamentação teórica que contextualiza e dá suporte ao trabalho prático, em torno de um conjunto de tópicos como o mercado do TA e a importância das AVs na dinamização desse mercado, bem como aspetos relacionados com a acessibilidade da web. Segue-se a secção 3 que descreve a metodologia adotada para a recolha e análise de dados do estudo empírico. A secção 4 apresenta os resultados do estudo empírico, seguindo-se algumas sugestões para a melhoria da acessibilidade web. Por fim, a secção 5 apresenta as principais conclusões do estudo e as perspetivas de trabalhos futuros.

2. Revisão da literatura

2.1. Mercado do turismo acessível

A associação entre os termos ‘turismo’ e ‘acessibilidade’ surge na Declaração de Manila em 1980 e no relatório ‘Turismo para Todos’, em 1989, no Reino Unido. Estes documentos evidenciam a importância de se desenvolver um turismo inclusivo e acessível a todos, impulsionando, assim, um conjunto de eventos e ações que constituem alguns dos pontos históricos do TA. Para além da Declaração de Manila, que reconhece o papel do turismo na qualidade de vida e desenvolvimento humano, destacam-se também o Código Mundial de Ética para o Turismo e a Convenção Internacional sobre os Direitos das PCI, que contribuíram para a criação de políticas e recomendações (direitos e deveres), que visam um setor turístico mais responsável e inclusivo.

Na verdade, designado muitas vezes também por ‘Turismo sem barreiras’, ‘Turismo Universal’, ‘Turismo de Acesso’ e ‘Turismo Inclusivo’, o conceito de TA não apresenta um consenso universal nem existe a aceitação de uma definição única (UNWTO, 2016c). Resumidamente, o conceito de TA visa a adaptação dos ambientes, produtos e serviços turísticos de forma a possibilitar o acesso, o uso e aproveitamento, independentemente das capacidades, do estatuto ou condição das pessoas, tendo em conta o Design Universal (UNWTO, 2016c, 2016a).

Todavia, o conceito de TA foi sofrendo alterações ao longo dos últimos, passando a considerar não apenas a acessibilidade para as PCI, mas também acessibilidade para todas as restantes pessoas, com o propósito de uma maior inclusão e, consequentemente, um turismo de qualidade para todos (UNWTO, 2016c).

Em síntese, tanto a UNWTO (2016b) como a comunidade académica utilizam frequentemente a definição de TA proposta por Darcy e Dickson (2009), justificando que os autores tentam apresentar um conceito consensual, universal e o mais inclusivo possível.

Neste trabalho é também adotada a definição de Darcy e Dickson (2009), considerando TA como sendo um turismo que permite a todas as pessoas e, particularmente, às “pessoas com necessidades especiais, incluindo mobilidade, visão, audição e dimensões cognitivas, andarem de forma independente e com equidade e dignidade através da disponibilização de ambientes, serviços e produtos turísticos projetados universalmente, (...) incluindo também pessoas com incapacidades temporárias e permanentes, idosos, obesos, famílias com bebés” (Darcy e Dickson, 2009, p. 34, tradução nossa). Em suma, o TA é um tipo de turismo mais inclusivo e colaborativo que permite às pessoas com necessidades específicas de acesso (incluindo mobilidade, visão, audição e dimensões cognitivas), usufruírem de forma independente e com equidade e dignidade, produtos e serviços turísticos (UNWTO, 2016b).

2.2. O papel das agências de viagens na dinamização do turismo acessível

O turismo, para além de ser um setor de grande relevância económica, dinâmico e em crescimento, difere das outras indústrias pela sua multidisciplinaridade e interação com vários outros setores. Também as características dos seus produtos e serviços podem contribuir para que a distribuição na indústria turística seja uma atividade relativamente complexa.

Atualmente, quando se pensa em viajar, começa-se por recolher a informação necessária para o planeamento da viagem, informação essa normalmente dispersa por várias fontes (exemplos: websites oficiais de turismo, blogs, agências de viagens, etc). Posteriormente, o processo de aquisição dos produtos e/ou serviços turísticos, como transporte, alojamento, visitas, pode realizar-se diretamente com cada entidade fornecedora (distribuição direta), ou então pode recorrer-se a uma AV (física ou virtual), ficando esta com o papel da intermediação entre os agentes da oferta e o cliente (distribuição indireta).

Tendo como base as funções e atividades das AVs, estas acabam por ser um “player” preponderante no sistema de distribuição do turismo. Como intermediários, as AVs têm a missão de melhorar e facilitar a coordenação, criando valor no canal de distribuição (Kanellou, 2000; Lee e Cranage, 2017), uma vez que, não só se envolvem no processo de construção, adaptação e transação de um conjunto de serviços (pacotes), como também potenciam aos fornecedores o acesso ao mercado, ao mesmo tempo que disponibilizam ao consumidor um espaço para adquirir serviços de viagem (Lee & Cranage, 2017).

Kanellou (2000), na sua análise às etapas de intermediação na indústria do turismo, refere que o papel do intermediário tem sido importante ao longo do desenvolvimento e crescimento do setor do turismo. Salienta, ainda, a capacidade destes intermediários se adaptarem às constantes mudanças no turismo, provocadas pelas novas tecnologias de informação e de comunicação (TICs), o que implica, não só alterações do sistema de distribuição, como uma redefinição do próprio papel dos intermediários. De uma forma tradicional, as AVs visam o contato direto com o cliente em instalações físicas e atendimentos presenciais ao balcão. Contudo, derivado do crescimento da indústria turística e do aparecimento de novas TICs, observou-se uma mudança de paradigma neste tipo de negócio (Law, Leung & Wong, 2004), dando origem a um conjunto de intermediários eletrónicos (eMediaries) no setor do turismo, como são exemplos as agências de viagens *online* que operam na web.

2.3. Acessibilidade da web

Para que as PCI possam viajar e usufruir das atividades turísticas, alguns autores defendem que a indústria turística deve ter em conta os seguintes requisitos relativamente a este mercado (Buhalis & Michopoulou, 2011; Michopoulou & Buhalis, 2013): (i) a acessibilidade física / infraestruturas; (ii) informações sobre a acessibilidade; e (iii) informações acessíveis *online* (ver Figura 1).

Na verdade, a acessibilidade física acaba por ser o requisito base que todos os operadores turísticos e agências de viagens devem ter em conta, porém, Michopoulou e Buhalis (2013) destacam que, apesar de em muitos países existir legislação que estabelece os requisitos mínimos para assegurar a acessibilidade de edifícios, muitas vezes essa informação não chega às pessoas que dela necessitam para ajudar no planeamento da viagem. É precisamente este especto que compõe o segundo requisito, considerado também fundamental para o mercado do TA (Buhalis & Michopoulou, 2011), e que diz respeito à disponibilização de informação sobre a acessibilidade. Segundo Michopoulou e Buhalis, (2013), de maneira a providenciar informações sobre a acessibilidade, deve-se ter em conta não só a informação propriamente dita sobre a acessibilidade, mas também o rigor e riqueza dessa informação, bem como o carácter fidedigno da mesma, de modo a atender às necessidades do mercado.

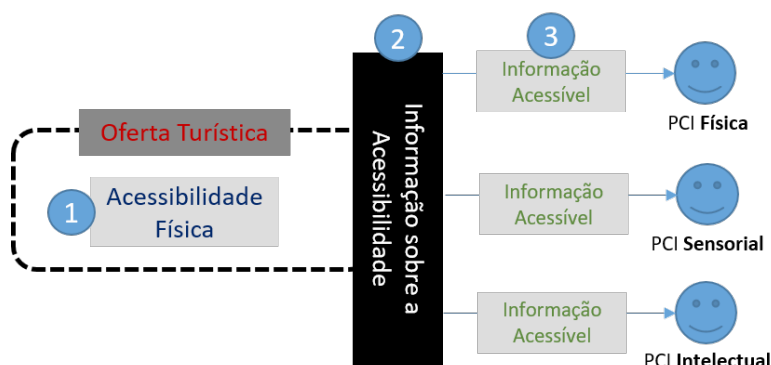


Figura 1 – Diferentes níveis de Acessibilidade.

Por fim, o último requisito para o mercado do TA, referenciado na literatura, está relacionado com a apresentação e disponibilização acessível da informação, particularizando o caso da informação *online*. Representando a Internet uma das principais fontes de informação aquando do planeamento de uma viagem e o “*word-of-mouth online*”, um dos principais mecanismos de comunicação com maior impacto atualmente, é importante garantir a acessibilidade, quer dos websites, quer da informação apresentada nestes canais de comunicação.

A acessibilidade da Web tem a ver com a capacidade de se aceder à informação sem qualquer tipo de barreira ou obstáculo provocado pela condição do utilizador. Em alguns casos, o nível de acessibilidade depende do tipo de incapacidade/necessidade do ator, e da possibilidade de serem utilizadas tecnologias de apoio, como é o exemplo

de programas de reconhecimento de voz e sintetizadores de Braille (Vila, González & Darcy, 2017). Para qualquer situação, os conteúdos Web terão que estar preparados para conectar e comunicar com esse tipo de assistentes.

Neste sentido, foram muitas as recomendações, leis e regulamentos publicados para promover uma maior acessibilidade na Web, porém as recomendações mais importantes e utilizadas são “As Diretrizes de Acessibilidade para o Conteúdo da Web” (WCAG), desenvolvidas pelo World Wide Web Consortium (W3C), que visam apresentar um conjunto de recomendações para ajudar os responsáveis pela construção de websites a tornar o conteúdo mais acessível. Esta ferramenta tem sido utilizada nos mais diferentes tipos de contexto (por exemplo Shi, 2006; Luis, Rocha & Marcelino, 2017; Mayol, Nadal & Coll, 2011; Mills, Han & Clay, 2008; Kuzma, Yen & Oestreicher, 2009; Carvalho, Lopes, Alexandre & Alturas, 2016; AkgÜL & Vatansever, 2016; Vila, González & Darcy, 2017; Vila, González & Darcy, 2018).

3. Análise da acessibilidade dos websites das Agências de Viagens da Região Centro de Portugal

3.1. Metodologia

Com o objetivo de efetuar a análise do nível de acessibilidade dos websites das AVs, utilizou-se um procedimento multi-etapas. Em primeiro lugar, acedeu-se à base de dados do Registo Nacional de Agentes de Viagens e Turismo (RNAVT), sendo que no dia três de janeiro de 2018 encontravam-se inscritos no RNAVT 2557 Agentes de Viagens e Turismo. Com o objetivo de obter o espaço preferencial de presença na Web (website ou facebook) destas AVs e/ou OTs e respectivos endereços Web, foi realizada uma pesquisa no motor de busca Google, através do nome (e da marca) das AVs, do endereço e dos contatos (telefone / telemóvel e e-mail). Para cumprir com os objetivos deste estudo, foram então considerados para análise todas as AVs localizadas na zona Centro de Portugal.

Para analisar a acessibilidade dos websites das AVs foi, então, realizada uma pesquisa para selecionar as ferramentas mais adequadas para a análise. A World Wide Web Consortium (W3C) fornece uma lista de 122 ferramentas (W3C, 2019). No entanto esta análise foi complementada com uma revisão da literatura, por forma a identificar estudos que tentassem resolver a mesma problemática, ou seja avaliação da acessibilidade Web, tendo como base a utilização de ferramentas de avaliação automática (por exemplo Shi, 2006; Mills, Han & Clay, 2008; Kuzma, Yen & Oestreicher, 2009; AkgÜL & Vatansever, 2016; Vila, González & Darcy, 2017; Vila, González & Darcy, 2018). Foi ainda efetuada uma pesquisa na Web para identificar ferramentas direcionadas para a avaliação da acessibilidade de websites em português. Desta análise, identificou-se um número reduzido de ferramentas potencialmente interessante para a avaliação automática da acessibilidade Web, que após um conjunto de testes e uma extensa análise às ferramentas resultaram em duas: AccessMonitor (<http://www.acessibilidade.gov.pt/accessmonitor/>) e o ‘Test de Accesibilidad Web’ (TAW) *online* (<https://www.tawdis.net/>).

O AccessMonitor é uma ferramenta automática fornecida pela Fundação para a Ciência e Tecnologia de Portugal, que funciona inteiramente na Web de acordo com as diretrizes de Acessibilidade do Conteúdo Web (WCAG 2.0). Após a inserção do endereço URL do website,

a ferramenta gera um resumo apresentando uma escala quantitativa (índice AccessMonitor), os erros encontrados por grau de conformidade (A, AA e AAA), bem como um relatório detalhado do teste realizado. O índice global do AccessMonitor varia de 1 (muito má prática de acessibilidade na Web) a 10 (excelente prática da acessibilidade na Web).

O TAW também é uma ferramenta *online* automática que verifica o nível de acessibilidade de uma página Web tendo em conta as WCAG 2.0. Os resultados são apresentados em três categorias: (i) “problemas” (são necessárias correções); (ii) “avisos” (é necessária uma revisão por parte de um técnico) e, por fim; (iii) “não revisto” (em que a ferramenta assinala a possibilidade de existir um problema, sendo necessário uma revisão totalmente manual por parte de um técnico para identificar esse problema). Para avaliar a acessibilidade dos websites das AVs e identificar os problemas e avisos, a ferramenta TAW foi utilizada usando os três graus de conformidade (A, AA e AAA).

Tendo sido feita a análise dos websites no mês de fevereiro de 2019, com os resultados obtidos da utilização de ambas as ferramentas, foi construída uma base de dados em SPSS. Para identificar o nível de acessibilidade dos websites, foram utilizadas estatísticas descritivas (média, mínimo, máximo e desvio padrão). Em seguida, para identificar grupos homogêneos (clusters) de AVs de acordo com a acessibilidade dos websites, foi realizada uma análise de clusters hierárquica, utilizando como método de agregação o método Ward, usando as variáveis “Índice global do AccessMonitor”, “AccessMonitor erros tipo A”, “AccessMonitor erros tipo AA” e “AccessMonitor erros tipo AAA” para criar os clusters. Posteriormente, os clusters identificados foram comparados utilizando testes estatísticos para comparar grupos, especificamente a ANOVA.

3.2. Apresentação e discussão dos resultados

3.2.1. Caracterização da amostra

Dos 289 registos presentes na base de dados relativos à Região Centro de Portugal, 192 (66,44 %) têm endereço Website associado, enquanto 41 registos (14,19 %) não têm website associado, mas possuem página de Facebook, e 56 (19,38 %) não têm nem Website nem Facebook associado. Contudo, após a pesquisa, 12 websites foram “fundidos” em dois por pertencerem a uma rede de agências que utilizam a mesma plataforma (website), resultando assim numa amostra final de 182 websites para análise. De acordo com a Tabela 1, cerca de 71% dos websites analisados são de AVs localizadas junto à costa, enquanto 7,7% localizam-se nas Beiras e Serra da Estrela e Beira Baixa. Tendo em conta o ano de registo, os anos 2011, 2018 e 2013 correspondem aos anos onde se verificou um maior número de registos (83, 23 e 20 respetivamente), enquanto que o ano de 2012 compreende o menor número de registos (apenas 7).

Localização			Registo na plataforma		
NUTs III	N	%	Ano	N	%
Beira Baixa	4	2,2%	2011	83	45,60 %
Beiras e Serra da Estrela	10	5,5%	2012	7	3,85 %
Médio Tejo	25	13,7%	2013	20	10,99 %

Localização			Registo na plataforma		
NUTs III	N	%	Ano	N	%
<i>Oeste</i>	36	19,8%	2014	9	4,95 %
<i>Região de Aveiro</i>	22	12,1%	2015	11	6,04 %
<i>Região de Coimbra</i>	37	20,3%	2016	13	7,14 %
<i>Região de Leiria</i>	34	18,7%	2017	16	8,79 %
<i>Região Viseu - Dão Lafões</i>	14	7,7%	2018	23	12,64 %
Total	182	100%	Total	182	100 %

Tabela 1 – Número de AVs por localização e por ano de registo na plataforma

3.2.2. Acessibilidade dos websites

Tendo em conta os resultados obtidos no AccessMonitor (Tabela 2), o valor mínimo obtido do índice de acessibilidade global dos websites das AVs foi de 2,8, enquanto a pontuação máxima verificada foi de 7,3. No entanto, a medida do índice global de acessibilidade dos websites das agências de viagens na Região Centro de Portugal ficou nos 4,77.

Resultados do AccessMonitor	N	Média	Desv. Padrão	Mínimo	Máximo
<i>Índice Global AccessMonitor</i>	182	4,77	0,982	2,8	7,3
<i>Erros nível A</i>	182	7,14	3,090	0	14
<i>Erros nível AA</i>	182	1,03	,783	0	3
<i>Erros nível AAA</i>	182	1,57	,849	0	3
Total de Erros (A + AA + AAA)	182	9,74	3,696	0	18

Tabela 2 – Resultados globais do AccessMonitor

Estes resultados revelam que o nível de acessibilidade dos websites analisados situa-se entre o nível baixo e o mediano, comprovando os resultados de outros estudos (usando também o AccessMonitor), nomeadamente, o estudo da Unidade ACESSO (2013), sobre a acessibilidade dos websites dos estabelecimentos de ensino superior em Portugal, na qual, obteve um índice global de 5,3 e a análise (cerca de 78 páginas contabilizadas) da Escola Superior de Educação Social que obteve um índice global de 5,7 (IPL, 2018). Por fim, a análise efetuada pela Fundação para os Estudos e Formação Autárquica (com um total de 74 páginas contabilizadas) destaca-se por apresentar um índice global ainda mais baixo, na ordem dos 2,8 (CEFA, 2012).

Em média, foram detetados 9,74 erros em cada website, tendo sido obtido um máximo de 18 erros e o mínimo igual a zero (Tabela 2). Quanto ao grau de conformidade (A, AA e AAA), o destaque vai para os erros de grau de conformidade A que apresenta um máximo de 14 erros (e mínimo igual a zero) com uma média de 7,14 erros por website analisado, o que significa que os websites analisados não cumprem o mínimo exigido em termos

de acessibilidade. No que diz respeito aos erros de grau de conformidade AA e AAA, verifica-se em ambos um máximo de 3 erros (e mínimo igual a zero), sendo que, o grupo AAA ostenta uma média superior com 1,57 erros por website analisado, enquanto que a do grupo AA é de 1,03 erros. Em termos globais, dos 182 websites analisados, 99,45% têm erros de prioridade A, 74,73% têm de AA e 86,26% têm erros de nível AAA. Assim, em termos de conformidade, pode-se concluir que apenas 0,55% (equivalente apenas a um website) dos websites da amostra estão conformes com o nível 'A' das WCAG 2.0, revelando que todos os restantes 181 websites não alcançaram o número mínimo de conformidade (nível A). Estes resultados vão novamente ao encontro da realidade encontrada pela Unidade ACESSO (2013), no seu estudo da acessibilidade dos websites de estabelecimentos de ensino superior em Portugal, na qual, apenas 0,8% da amostra estava conforme o nível A e 99,2% dos websites apresentavam erros de nível A. Por outro lado, tanto na análise da Escola Superior de Educação Social (IPL) como na análise da Fundação para os Estudos e Formação Autárquica (CEFA), verificou-se que 100% das páginas falharam nos testes de nível A, ou seja, a conformidade do website com o nível A, é de 0% (CEFA, 2012; IPL, 2018).

Tendo em conta que o valor do índice global do AccessMonitor varia entre 1 e 10, os resultados obtidos (Tabela 3) indicam que um grande número dos websites das agências de viagens (63,74%), seguem uma “prática regular” (índice entre 4 e 5), enquanto 25,27% dos websites enquadram-se numa “má prática” (índice entre 2 e 3).

Índice Global AccessMonitor	N	%
<i>Muito má prática [0-2[</i>	0	0
<i>Má prática [2-3[</i>	46	25,27
<i>Prática regular [4-5[</i>	116	63,74
<i>Boa prática [6-7[</i>	20	10,99
<i>Muito boa prática [8-9[</i>	0	0
<i>Excelente prática [10[</i>	0	0

Tabela 3 – Acessibilidade dos websites das Agências de Viagens com base no Índice Global do AccessMonitor

Apenas um número limitado de websites (10,99%) pode classificar-se como “boa prática” (índice entre 6 e 7) e não existem websites passíveis de classificação “muito boa prática” (índice entre 8 e 9) ou com “excelente prática”.

Relativamente ao tipo de erros que o AccessMonitor identificou nos testes realizados em cada website, a maioria varia entre 0 e 2 erros, porém destacam-se: (i) a marcação de formulários (nível A); (ii) marcação de links, menus e textos dos links (nível AAA); (iii) links para contornar blocos de informação (nível A) e; ainda o (iv) *standard* W3C (Html + CSS) (nível A).

A Marcação de formulários (nível A) apresenta um máximo de 6 erros e média de 1,62 que corresponde ao critério de sucesso “Em Entrada” (3.2.2) do WCAG 2.0, enquanto que a Marcação de links, menus e textos dos links (nível AAA) tem um máximo de 3 erros e média de 0,79. Ainda assim, é de destacar os erros relacionados com “Links

para contornar blocos de informação” (nível A) e “*Standard W3C (Html + CSS)*” (nível A), que apresentam as médias mais elevadas de erros (a seguir ao erro “*Marcação de formulários*”) com 1,48 e 1,27 respetivamente.

3.2.3. Heterogeneidade na acessibilidade dos websites

A identificação de grupos homogêneos foi realizada através de uma análise de clusters hierárquica, utilizando como método de agregação o método Ward, usando as variáveis “Índice global do AccessMonitor”, “AccessMonitor erros tipo A”, “AccessMonitor erros tipo AA” e “AccessMonitor erros tipo AAA” para criar os clusters. Para identificar o número de clusters a reter, foram analisados o dendograma e a tabela de aglomeração. Com base nesta análise, a solução mais adequada seria a de 3 clusters. Os clusters foram comparados utilizando a ANOVA (Tabela 4), sendo que, os pressupostos deste teste foram analisados (normalidade e homoscedasticidade) tendo-se verificado que, para todas as variáveis, era possível a sua utilização.

Componentes	Total da amostra	Cluster 1 “websites com menor acessibilidade”	Cluster 2 “websites com moderada acessibilidade”	Cluster 3 “websites com maior acessibilidade”	ANOVA	
	N = 180	N = 61 (33,5%)	N = 61 (33,5%)	N = 60 (33%)	F	p-value
	Média	Média	Média	Média		
<i>Índice Global</i>	4,775	3,787 ¹	5,123 ²	5,425 ³	100,527	0.000
<i>erro A</i>	7,14	10,23 ²	5,77 ¹	5,40 ¹	92,484	0.000
<i>erro AA</i>	1,03	1,66 ²	0,74 ¹	0,68 ¹	43,582	0.000
<i>erro AAA</i>	1,57	1,80 ²	2,30 ³	0,58 ¹	232,537	0.000

Legenda: Subconjuntos homogêneos – 1, 2, 3.

Tabela 4 – Comparação de Clusters do *AccessMonitor* usando a ANOVA.

O Cluster 1 (N = 61) – “websites com menor acessibilidade”, tem uma representatividade de 33,5 % da amostra total e contém os websites das AVs e OTs com a média mais baixa do Índice global do AccessMonitor (3,789), destacando-se também, os websites com o maior número de erros nos três níveis de conformidade (A, AA, AAA), com especial destaque para o grau de exigência mais baixo (nível de conformidade A) que apresenta uma média de 10,23 erros por teste efetuado. Com igual representatividade (33,5 %), o Cluster 2 (N = 61) – “websites com moderada acessibilidade”, integra os websites das AVs e OTs com média positiva (5,123) do Índice global do AccessMonitor e também onde se encontram os websites com o maior número de erros do tipo AAA (média de 10,23). Por fim, o Cluster 3 – “websites com maior acessibilidade”, tem uma representatividade de 33 % (N = 60) da amostra total. Nele estão presentes os websites das AVs e OTs com a melhor pontuação do Índice global do AccessMonitor (média de 5,425), assim como, os websites com a menor média de erros identificados quer do nível de conformidade AA (0,68) quer do nível de conformidade AAA (0,58).

Todavia, por forma a assinalar outras características dos clusters, efetuou-se a comparação pelo tipo de problemas (Tabela 5) e avisos (Tabela 6) identificados pelo

TAW, tendo em conta os 4 princípios das WCAG (Percetível, Operável, Compreensível e Robusto). Os princípios ‘Percetível’ e ‘Robusto’ destacam-se por apresentarem uma média superior de erros identificados tanto ao nível de problemas como de avisos. Relativamente aos problemas, os mesmos princípios destacam-se igualmente nesta análise, apresentando as médias mais altas e enquadrando-se no Cluster 1 – “websites com menor acessibilidade”, ou seja, os websites pertencentes a este cluster apresentam mais falhas nestes componentes, que devido à sua relevância, a sua ausência diminui a acessibilidade de uma página web.

Princípios	Total da amostra	Cluster 1 “websites com menor acessibilidade”	Cluster 2 “websites com moderada acessibilidade”	Cluster 3 “websites com maior acessibilidade”	ANOVA	
	N = 182	N = 61 (33,5%)	N = 61 (33,5%)	N = 60 (33%)	F	p-value
	Média	Média	Média	Média		
<i>Percetível</i>	41,70	85,49 ²	20,74 ¹	18,50 ¹	27,082	0.000
<i>Operável</i>	22,19	32,10 ²	21,10 ^{1,2}	13,22 ¹	7,311	0.001
<i>Compreensível</i>	21,21	52,34 ²	4,28 ¹	6,77 ¹	18,924	0.000
<i>Robusto</i>	36,84	67,66 ²	22,66 ¹	19,93 ¹	15,724	0.000

Legenda: Subconjuntos homogêneos – 1, 2, 3.

Tabela 5 – Comparação de Clusters em termos de problemas identificados através do TAW usando a ANOVA.

Contrariamente ao esperado, os problemas relacionados com princípio Compreensível, detém a média mais baixa no Cluster 2 - “websites com moderada acessibilidade”, em vez de se verificar no Cluster 3 – “websites com maior acessibilidade”, visto que, nos restantes princípios apresenta sempre a média mais baixa comparativamente com os outros clusters. Este resultado pode dever-se ao facto de o cluster 2 conter um grande número de websites em que a informação e a interface do utilizador são mais compreensíveis do que os restantes websites pertencentes aos clusters 1 e 3.

Princípios	Total da amostra	Cluster 1 “websites com menor acessibilidade”	Cluster 2 “websites com moderada acessibilidade”	Cluster 3 “websites com maior acessibilidade”	ANOVA	
	N = 182	N = 61	% = 33,5	N = 61	F	p-value
	Média	Média	Média	Média		
<i>Percetível</i>	105,62	150,00 ²	105,67 ^{1,2}	60,45 ¹	5,077	0.007
<i>Operável</i>	38,76	60,72 ²	34,84 ¹	20,43 ¹	15,364	0.000
<i>Compreensível</i>	20,60	30,36 ²	18,87 ¹	12,43 ¹	17,271	0.000
<i>Robusto</i>	77,08	69,92	106,75	54,18	1,541	0.217

Legenda: Subconjuntos homogêneos – 1, 2, 3.

Tabela 6 – Comparação de Clusters em termos de avisos identificados através do TAW usando a ANOVA.

Analogamente, também os princípios ‘Perceptível’ e ‘Robusto’ apresentam as médias mais altas em termos de avisos identificados (Tabela 6). Contudo, o Cluster 2 detém uma média superior no princípio ‘Robusto’, comparativamente com os restantes clusters, podendo significar que o conteúdo dos websites presentes a este cluster não é robusto o suficiente para poder ser interpretado de forma fiável.

3.2.4. Recomendações para melhorar a acessibilidade dos websites

Para um conteúdo Web mais acessível, os websites devem tentar cumprir com os requisitos recomendados pelas WCAG. Porém, tendo em conta os resultados deste estudo, é possível identificar as principais falhas de acessibilidade dos websites das AVs e OTs da Região Centro. Neste sentido, a marcação de formulários (nível A) está relacionada com a falha no critério “Em Entrada” (3.2.2) do WCAG 2.0, que diz respeito ao objetivo que visa disponibilizar um mecanismo para, explicitamente, o utilizador efetuar um pedido de mudança de contexto. Em termos práticos, o sucesso deste critério permite ajudar os utilizadores com incapacidades visuais, ou com limitações cognitivas, avisando-os previamente sobre possíveis alterações de contexto (W3C, 2018).

A Marcação de links, menus e textos dos links (nível AAA) relaciona-se com a “finalidade do link” (2.4.9 - WCAG) e ocorre quando um link é composto apenas por conteúdo não textual, como por exemplo, uma imagem, que deve ser sempre acompanhada de uma legenda (i.e. um equivalente alternativo textual), caso contrário o conteúdo poderá ser ignorado pelas tecnologias de apoio (FCT, 2012) condicionando, assim, o acesso a esta informação por parte de um determinado segmento de PCI. Caso este requisito se cumpra, ajuda (W3C, 2018):

- As pessoas com deficiências motoras, permitindo-lhes ignorar as páginas Web que não lhes interessam, evitando os batimentos de tecla necessários para aceder ao referido conteúdo e, em seguida, regressar ao conteúdo atual;
- As pessoas com limitações cognitivas não ficam desorientadas devido à navegação adicional em conteúdos que não lhes interessam;
- As pessoas com incapacidades visuais beneficiam por não perder a sua localização no conteúdo quando regressam à página original.

Assim sendo, podem aplicar-se algumas técnicas consideradas como sendo boas práticas (W3C, 2018), por forma a colmatar as principais falhas identificadas pelas ferramentas automáticas, nomeadamente: (i) fornecer alternativas de texto para qualquer conteúdo não textual (para que se possa alterar para outros formulários de acordo com o que as pessoas precisam, como impressão em grande, braille, fala, símbolos ou linguagem mais simples); (ii) maximizar a compatibilidade com dispositivos atuais e futuros, incluindo tecnologias de apoio (iii) fornecer um mecanismo para solicitar uma atualização do conteúdo em vez de atualizar automaticamente.

4. Conclusões, limitações e trabalho futuro

O presente trabalho, que teve como principal objetivo conduzir um estudo ao nível da acessibilidade dos Websites das AVs e OTs localizados na Região Centro de Portugal, usando, para o efeito, duas ferramentas de avaliação automática, revelou, que os websites analisados apresentam problemas em termos de acessibilidade. Os resultados

do AccessMonitor permitem classificar os websites como seguindo uma “Prática Regular”, enquanto que os resultados da ferramenta TAW demonstram um maior nível de incidentes nos princípios: ‘Perceptível’ e ‘Robusto’, sendo o Compreensível o princípio com menor média de erros identificados. Estes resultados corroboram os resultados do estudo de Vila, González & Darcy (2018), que analisou os websites oficiais de turismo dos países do Norte da Europa, observando que os princípios ‘Perceptível’ e ‘Robusto’ foram os mais críticos em termos de incidentes registados, com implicações diretas nos utilizadores com incapacidades visuais e limitações cognitivas, bem como na conexão com eventuais tecnologias de apoio. Os resultados do presente estudo, estão igualmente em linha com os dos estudos de Shi (2006) e de Mills, Han e Clay (2008) que concluíram que os websites analisados falharam em pelo menos um critério das WCAG, dificultando o acesso e a correta navegação pelos websites por parte dos utilizadores com algum tipo de incapacidade ou necessidade especial.

Tendo em conta o grau de conformidade, ambas as ferramentas utilizadas na análise detetaram um maior número de erros, problemas e avisos no nível A (grau de conformidade mais baixo), seguindo-se o nível AAA (grau de conformidade mais alto) e por último o nível AA. Na verdade, isto revela que muitos dos websites não preenchem os requisitos básicos da acessibilidade da web, constituindo ou aumentando assim, uma barreira impeditiva da utilização dos websites por parte das PCI. Estes resultados são concordantes com os encontrados no estudo de AkgÜL e Vatansever (2016), que concluíram que a grande maioria dos websites analisados - do governo Turco - não cumpriam os níveis mínimos dos requisitos de acessibilidade Web. Embora se possa concluir que os websites apresentam um nível de acessibilidade medíocre, existem diferenças entre eles (websites com menor acessibilidade, websites com moderada acessibilidade e websites com maior acessibilidade) no que toca ao tipo de erros (nível A, AA, AAA) e princípios (Perceptível, Operável, Compreensível e Robusto).

Dada a ausência de trabalhos científicos sobre esta temática, nomeadamente no contexto das AVs e OTs, considera-se que este estudo apresenta relevantes contributos teóricos para a comunidade científica. Em termos práticos os contributos prendem-se, essencialmente, com a possibilidade de: (i) perceber o estado da acessibilidade dos websites das AVs e OTs da Região Centro de Portugal; (ii) identificar as principais falhas na acessibilidade dos websites; (iii) identificar as diferenças existentes na acessibilidade dos websites e também (iii) identificar algumas ações que podem ser implementadas para aumentar o nível de acessibilidade dos websites das AVs e OTs.

Apesar dos relevantes contributos deste estudo, algumas limitações podem ser identificadas, uma vez que as ferramentas utilizadas para avaliar os websites das AVs e OTs da Região Centro de Portugal apenas avaliam o WCAG 2.0 e, apesar de serem automáticas (o que facilita a obtenção de resultados) estão restringidas a verificar a presença ou ausência de um determinado atributo ou elemento (por exemplo: texto alternativo ou legendas), ignorando assim, a visão e percepção das pessoas que vivenciam essas situações. Também se pode considerar uma limitação, a natureza dinâmica dos conteúdos dos websites, na qual, pode influenciar os problemas detetados de acordo com o período temporal em que se aplica a análise com as ferramentas. Para colmatar algumas destas limitações considera-se relevante no futuro desenvolver estudos sobre as seguintes temáticas (i) avaliar os websites das AVs com outras ferramentas para

comparação de resultados; (ii) replicar o estudo em outras regiões de Portugal ou até mesmo elaborar um estudo a nível nacional e ainda (iii) efetuar uma avaliação humana, de forma a perceber as dificuldades que se encontram na aquisição de serviços nos intermediários relacionadas com a acessibilidade da informação que é fornecida pelos intermediários e comparar estes com os resultados obtidos com as ferramentas de avaliação automáticas.

Acknowledgment

“This work was also financially supported by the project POCI-01-0145-FEDER-030376, funded by FEDER, through COMPETE2020 - Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (POCI), and by national funds (OE), through FCT/MCTES.”

Referências

- Allan, M. (2015). Accessible tourism in Jordan: travel constraints and motivations. *European Journal of Tourism Research*, 10, 109–119.
- Akg  L, Y., & Vatansever, K. (2016). Web Accessibility Evaluation of Government Websites for People with Disabilities in Turkey. *Journal of Advanced Management Science*, (April), 201–210. <https://doi.org/10.12720/joams.4.3.201-210>
- Bowtell, J. (2015). Assessing the value and market attractiveness of the accessible tourism industry in Europe: a focus on major travel and leisure companies. *Journal of Tourism Futures*, 1(3), 203–222. <https://doi.org/10.1108/JTF-03-2015-0012>
- Buhalis, D., & Michopoulou, E. (2011). Information-enabled tourism destination marketing: addressing the accessibility market. *Current Issues in Tourism*, 14(2), 145–168. <https://doi.org/10.1080/13683501003653361>
- Buhalis, D., & Darcy, S. (2010). *Accessible Tourism: Concepts and Issues*. Channel View Publications.
- Card, J. A., Cole, S. T., & Humphrey, A. H. (2006). A comparison of the Accessibility and Attitudinal Barriers Model: Travel providers and travelers with physical disabilities. *Asia Pacific Journal of Tourism Research*, 11(2), 161–175. <https://doi.org/10.1080/10941660600727566>
- Carvalho, R. M., Lopes, P. P. F., Alexandre, I., & Alturas, B. (2016). Qualidade dos sócios Web da Administra  o Pública Portuguesa. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informa  o*. 20, 78–98. <http://dx.doi.org/10.17013/risti.20.78-98>
- CEFA (2012). AccessMonitor - Funda  o para os Estudos e Forma  o Autárquica (CEFA). Obtido de <http://www.acessibilidade.gov.pt/accessmonitor/wcag20/?sid=1517>
- Costa, J., Salvado, A., & Da Costa, C. (2014). Cocria  o de valor : uma perspetiva das agências de viagens independentes. *Revista turística & Desenvolvimento*, 104, (21-22), 35–50.
- Darcy, S. (2006), Setting a Research Agenda for Accessible Tourism, Sustainable Tourism for Cooperative Research Centre, Gold Coast.

- Darcy, S., & Dickson, T. J. (2009). A whole-of-life approach to tourism: The case for accessible tourism experiences. *Journal of Hospitality and Tourism Management*, 16(1), 32–44. <https://doi.org/10.1375/jhtm.16.1.32>
- Gillovic, B., & McIntosh, A. (2015). Stakeholder perspectives of the future of accessible tourism in New Zealand. *Journal of Tourism Futures*, 1(3), 223–239. <https://doi.org/10.1108/JTF-04-2015-0013>
- IPL (2018). AccessMonitor - Escola Superior de Comunicação Social, IPL. Obtido de <http://www.acessibilidade.gov.pt/accessmonitor/wcag20/?sid=2841&e=A>
- Kanellou, D. (2000). The new role of intermediaries in travel and tourism distribution channels. Institute for Prospective Technology Studies. Obtido de http://www.researchgate.net/profile/Despina_Kanellou/publication/259694663_The_New_Role_of_Intermediaries_in_Travel_and_Tourism_Distribution_Channels/links/00b4952d5e3918fa7b000000.pdf
- Kastenholz, E., Eusébio, C., & Figueiredo, E. (2015). Contributions of tourism to social inclusion of persons with disability. *Disability and Society*, 30, 1259–1281. doi:10.1080/09687599.2015.1075868
- Kim, S. E., & Lehto, X. Y. (2012). The voice of tourists with mobility disabilities: insights from online customer complaint websites. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 24(3), 451–476.
- Kiruthika, D., & Bindu, V. (2016). Accessible Tourism: Determinants and Constraints; A Demand Side Perspective. *IOSR Journal of Business and Management*, 18(9), 01–08. doi:10.9790/487X-1809010108
- Kuzma, J. M., Yen, D., & Oestreicher, K. (2009). Global e-government Web Accessibility: An Empirical Examination of EU, Asian and African Sites.
- Law, R., Leung, K., & Wong, R. (2004). The impact of the Internet on travel agencies. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 105(16), 100–107.
- Lee, B. Y., & Cranage, D. A. (2017). Service failure of intermediary service: impact of ambiguous locus of control. *Journal of Travel and Tourism Marketing*, 34(4), 515–530. <https://doi.org/10.1080/10548408.2016.1208785>
- Lin, C. T., Lee, C., & Chen, W.-Y. (2009). Using fuzzy analytic hierarchy process to evaluate service performance of a travel intermediary. *The Service Industries Journal*, 29(3), 281–296. <https://doi.org/10.1080/02642060701846762>
- Loi, K. I., & Kong, W. H. (2017). Tourism for All: Challenges and Issues Faced by People with Vision Impairment. *Tourism Planning & Development*, 14(2), 181–197. <https://doi.org/10.1080/21568316.2016.1204357>
- Luis, C., Rocha, A., & Marcelino, M. J. (2017). Acessibilidade em Ambientes Virtuais de Aprendizagem. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (25), 54–65. <http://dx.doi.org/10.17013/risti.25.54-65>

- Lyu, S. O. (2017). Which accessible travel products are people with disabilities willing to pay more?: A choice experiment. *Tourism Management*, 59, 404–412. Obtido em 3 de Janeiro de 2017, de http://ac.els-cdn.com/S0261517716301625/1-s2.0-S0261517716301625-main.pdf?_tid=d9af7fde-d46a-11e6-aa8c00000aabofo1&acd nat=1483746786_16110e9a6ff3ffe5a7aad451e3ad2691.
- Mayol, J., Nadal, G. F., & Coll, A. B. (2011). Análisis y procedimiento de mejora de la accesibilidad web. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (7), 61–73.
- Melian , A., Prats, L., & Coromina, L. (2016). The perceived value of accessibility in religious sites – do disabled and non-disabled travellers behave differently? *Tourism Review*, 71(2), 105–117. <http://dx.doi.org/10.1108/TR-11- 2015-0057>
- Mesquita, S., & Carneiro, J. M. (2016). Accessibility of European museums to visitors with visual impairments. *Disability & Society*, 31(3), 373–388. doi:10.1080/09687599.2016.1167671
- Michopoulou, E., & Buhalis, D. (2013). Information provision for challenging markets: the case of the accessibility requiring market in the context of tourism. *Information & Management*, 50(5), 229–239. <https://doi.org/10.1016/j.im.2013.04.001>
- Mills, J., Han, J., & Clay, J. (2008). Accessibility of hospitality and tourism websites. *Cornell Hospitality Quarterly*, 49(1), 28–41. <https://doi.org/10.1177/1938965507311499>
- Özogul, G., & Baran, G. G. (2016). Accessible tourism: the golden key in the future for the specialized travel agencies. *Journal of Tourism Futures*, 2(1), 79–87. <https://doi.org/10.1108/JTF-03-2015-0005>
- Ozturk, Y., Yayli, A., & Yesiltas, M. (2008). Is the Turkish tourism industry ready for a disabled customer's market?: The views of hotel and travel agency managers. *Tourism Management*, 29(2), 382–389. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2007.03.011>
- Pinho, S. (2015). *Turismo Acessível : Oportunidades e Desafios para as unidades hoteleiras de Portugal*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21889.45928>
- Schitko, D., & Losekoot, E. (2012). An investigation of the attitudes of travel and tourism intermediaries to mature travellers. *Journal of Tourism*, 13(1), 61–78. <https://doi.org/10.1016/j.>
- Shi, Y. (2006). The accessibility of Queensland visitor information centres' websites. *Tourism Management*, 27(5), 829–841. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2005.05.012>
- Takeda, K., & Card, J. A. (2002). U.S. Tour Operators and Travel Agencies: Barriers Encountered When Providing Package Tours to People Who Have Difficulty Walking. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, 12(1), 47–61. https://doi.org/10.1300/J073v12n01_03
- United Nations (2007). Convention on the Rights of Persons with Disabilities and Optional Protocol. <https://doi.org/10.1038/nmat3357>

- Unidade ACESSO (2013). *Estudo sobre o estado da Acessibilidade dos sítios Web dos estabelecimentos de ensino superior*. Obtido de http://www.acessibilidade.gov.pt/estudos/2013_ensinosuperior/es2013.html#n1
- UNWTO (1980). Manila Declaration on World Tourism. Obtido de <https://www.e-unwto.org/doi/pdf/10.18111/unwtodeclarations.1980.6.4.1>
- UNWTO (1999). Global Code of Ethics for Tourism.
- UNWTO (2016a). Accessible Tourism for All: An Opportunity within Our Reach. <https://doi.org/10.18111/9789284417919>
- UNWTO (2016b). *Compilation of UNWTO Recommendations 1975–2015*.
- UNWTO (2016c). *Manual on Accessible Tourism for All: Principles, Tools and Best Practices Module I: Accessible Tourism – Definition and Context*. Madrid.
- Vila, T., González, E., & Darcy, S. (2018). Accessible tourism online resources: a Northern European perspective. *Scandinavian Journal of Hospitality and Tourism*, 0(0), 1–17. <https://doi.org/10.1080/15022250.2018.1478325>
- Vila, T., González, E., & Darcy, S. (2017). Website accessibility in the tourism industry: an analysis of official national tourism organization websites around the world. *Disability and Rehabilitation*, 0(0), 1–12. <https://doi.org/10.1080/09638288.2017.1362709>
- W3C. (2018). Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1. Obtido de <https://www.w3.org/TR/2018/REC-WCAG21-20180605/>

Apêndice 1 – Tipo de erros identificados pelo AccessMonitor.

Experiencia Afectiva Usuario en ambientes con Inteligencia Artificial, Sensores Biométricos y/o Recursos Digitales Accesibles: Una Revisión Sistemática de Literatura

Johana Miroslava Fernández-Ordóñez¹, Ligia Elena Maza Jiménez¹, Pablo Torres-Carrión¹, Luis Barba-Guamán¹, Germania Rodríguez-Morales¹

jmfernandez1@utpl.edu.ec, lemaza@utpl.edu.ec, pvtorres@utpl.edu.ec, lrbarba@utpl.edu.ec, grrodriguez@utpl.edu.ec

¹ Universidad Técnica Particular de Loja, San Cayetano Alto 1101608, Loja, Ecuador

DOI: 10.17013/risti.35.35-53

Resumen: Proponemos una revisión sistemática de literatura que considera la Experiencia Afectiva de Usuario (UAX) en ambientes con Inteligencia Artificial (IA), Sensores Biométricos y/o Recursos Digitales accesibles, haciendo singular enfoque en las adaptaciones para alumnos con Síndrome de Down. Se aplica el método de Torres-Carrión, planteando cinco preguntas de investigación: a) estándares de UX en entornos educativos, b) estrategias aplicadas con sensores biométricos para evaluar UAX, c) métodos/instrumentos para evaluar UAX de personas con Síndrome de Down en ambientes educativos, d) características de los recursos didácticos desarrollados para personas con discapacidades cognitivas y e) estrategias utilizadas en investigaciones de UAX e IA. La búsqueda en la base de datos Scopus genera 17 artículos y 37 revistas. Como resultados destacan los juegos y robótica como principales recursos para estimular el aprendizaje en personas con discapacidad cognitiva, así como, los métodos de indagación con resultados relevantes y eficientes, utilizando sensores fisiológicos y ambientales.

Palabras-clave: Experiencia Afectiva de Usuario, Inteligencia Artificial, Sensores biométricos, Recursos Didácticos accesibles, Síndrome de Down.

User Affective Experience in environments with Artificial Intelligence, Biometric Sensors and/or Accessible Digital resources. A Systematic Literature Review

Abstract: We propose a systematic review of literature that considers the User Affective Experience (UAX) in environments with Artificial Intelligence (AI), Biometric Sensors and/or accessible Digital Resources, making a singular focus on adaptations for students with Down Syndrome. The Torres-Carrión method is applied, raising five research questions: a) UX standards in educational environments, b) strategies applied with biometric sensors to evaluate UAX, c) methods / instruments to evaluate UAX of people with Down Syndrome in

educational environments, d) characteristics of the didactic resources developed for people with cognitive disabilities and e) strategies used in UAX and AI research. The search in the Scopus database generates 17 articles and 37 journals. As results, games and robotics stand out as the main resources to stimulate learning in people with cognitive disabilities, as well as the methods of inquiry with relevant and efficient results, using physiological and environmental sensors.

Keywords: User Affective Experience, Artificial Intelligence, Biometric Sensors, Accessible Digital resources, Down Syndrome.

1. Introducción

La Interacción Humano-Computador (IHC) es el área emergente de la informática más cercana al usuario, que estudia la comunicación que se produce entre los ordenadores y las personas que los utilizan (Marcos, 2001; Sears & Jacko, 2007). En este contexto la Experiencia de Usuario (UX) se refiere al sentir de la persona cuando interactúa con un sistema informático (Boada, 2017) y maneja principalmente tres dimensiones o experiencias: la estética, la significativa y la afectiva; ésta última está orientada a medir la experiencia final del usuario por medio de diferentes tipos de emociones como: diversión, ira, desprecio, satisfacción, asco, emoción, miedo, culpa, orgullo por el logro, alivio, tristeza / angustia, placer sensorial y vergüenza (Ekman, Paul & Friesen, 1971). La emociones despiertan los recuerdos que perduran y la capacidad de enganche emocional que se puede producir, convirtiéndose de esta manera en la Experiencia Afectiva de Usuario (UAX) (Buck, Khan, Fagan, & Coman, 2018). We measured reported User Affective Experience (UAX). En este ámbito emergente de la ciencia, se propone una investigación bibliográfica, que permita sostener futuras propuestas de investigación.

La investigación en UAX, al igual que otras ciencias, se ha visto enriquecida por la Inteligencia Artificial (IA), que ha permitido establecer entornos de interacción inteligente que percibe las emociones del usuario (Mira, 1999). Según García A. (2012), la IA trata de explicar el funcionamiento mental basándose en el desarrollo de algoritmos para controlar diferentes cosas, combinando varios campos, como la robótica, los sistemas expertos y otros, los cuales tienen un mismo objetivo, que es tratar de crear máquinas que puedan pensar por sí solas. La IA puede dividirse en tres amplios escenarios (Gomes & Preto, 2018, p. 64): a) estrecha o débil que se limita a un área funcional; b) general, que comprende el poder del razonamiento, la resolución de problemas y el pensamiento abstracto; y, c) la súper inteligencia que es el nivel máximo cuando la IA supera la inteligencia humana. Dentro de la IA débil se encuentra la Conversacional, con una fuerte relación con IHC, misma que garantiza que se pueda realizar conversaciones simuladas con una computadora (Brinquis, 2019), abriendo el espacio para desarrollar comportamientos empáticos entre la máquina y el usuario, siendo un gran aporte en el desarrollo de UAX.

Acorde a lo anterior, IHC ha evolucionado apoyado en IA, visible en ambientes inteligentes con soporte en IoT. Para mejorar la interacción, como nuevos instrumentos que ayudan a transformar un rasgo físico y concreto de un ser humano en una señal eléctrica, han surgido los Sensores Biométricos, que tienen capacidades para medir, codificar, comparar, almacenar, transmitir y/o reconocer características propias de una persona utilizando diferentes tipos de sistemas biométricos tales como reconocimiento

de la huella dactilar, cara, iris/retina, geometría de dedos/mano, autenticación de la voz y reconocimiento de la firma (Tolosa & Giz, 2010). Estos sensores permiten la comunicación entre el mundo real y digital, ya que mientras más datos se reciban sobre las distintas emociones que se pueden sentir, más precisa será la tecnología.

Los ambientes inteligentes están transformando la metodología de enseñanza - aprendizaje en espacios interactivos, permitiendo conocer las percepciones de los involucrados, su interrelación con los demás y el entorno; sus habilidades motrices, con las cuales se facilita la interacción y con ello el aprendizaje; mejores momentos para la estimulación y para el descanso; todo esto como un aporte innovador en la ingeniería de la enseñanza. En estos ambientes enriquecidos, el diseño de recursos didácticos digitales, desde estándares de accesibilidad ha permitido que personas con discapacidades y limitantes de aprendizaje, tales como las personas con Síndrome de Down, tengan la oportunidad de fortalecer los procesos psicológicos básicos como percepción (Herrero Nivela, Vived Conte, & Digitalia, 2007), memoria (Florez, 2004), lenguaje, comunicación (Rondal, Perera, & Nadel, 2000) y atención (Castells & Wisniewski, 1994). Estas áreas, por su interés, son consideradas para el estudio, en una de las preguntas de investigación.

Para el desarrollo de esta revisión de literatura se sigue el método propuesto por Torres-Carrión (2018) as well as for justifying future research in said area. This process is complex for beginners in scientific research, especially if you have not developed skills for searching and filtering information, and do not know which high-level databases are relevant in their field of study. The method proposed leads the researcher from 'My' to 'The' current state of the problem; we propose an adaptation of the method by Kitchenham and Bacca, which divides the process into three sub-parts: planning, conducting and reporting results. From the approach of the research problem in the preliminary phase research questions (recommended between 3 to 5 detallado en la segunda sección; se proponen cinco preguntas de investigación que incluyen: estándares que describen la UX en entornos educativos inclusivos, estrategias aplicadas con sensores biométricos para evaluar UAX, métodos e instrumentos considerados en la UAX, recursos y estrategias didácticas que unifican UAX e IA. Para dar respuestas, en el proceso de búsqueda, se obtienen 338 artículos, que se redujeron a 44 luego de aplicar criterios y protocolos de inclusión y exclusión, y finalmente 17 al aplicar criterios de calidad.

2. Metodología

Para el SLR, se aplica la Metodología de Torres-Carrión (2018) as well as for justifying future research in said area. This process is complex for beginners in scientific research, especially if you have not developed skills for searching and filtering information, and do not know which high-level databases are relevant in their field of study. The method proposed leads the researcher from 'My' to 'The' current state of the problem; we propose an adaptation of the method by Kitchenham and Bacca, which divides the process into three sub-parts: planning, conducting and reporting results. From the approach of the research problem in the preliminary phase research questions (recommended between 3 to 5, que contempla tres fases acorde a la propuesta de Kitchenham (2009): a) Planificación, b) Reporte de la revisión y c) Presentación de resultados. La fase de planificación, inicia con el conocimiento detallado del ámbito teórico en el cual se va a aportar, explicado en un mentefacto conceptual (ver Figura 1), base para establecer

el tesoro científico a utilizarse en la estructura semántica de búsqueda (Ver Tabla 2); además, como guía para el estudio, se proponen cinco preguntas de investigación. Desde estos dos insumos, se desarrollan todos los elementos de las fases de reporte de la revisión y presentación de resultados (Ver Tabla 1).

Planificación	Reporte de la revisión	Presentación de resultados
Mentefacto Conceptual	Identificación de la Búsqueda	Resultados
Estructura semántica de búsqueda	Selección de estudios primarios	Conclusiones
Preguntas de investigación	Evaluación de la calidad del estudio	
Desarrollo de Protocolos de Revisión	Extracción y seguimiento de datos	
Revisiones Sistemáticas Relacionadas	Síntesis y monitoreo de datos	
Selección de revistas y Base de datos		

Tabla 1 – Fases de la Metodología Torres-Carrión

2.1. Constructos teóricos

Un constructo es una construcción teórica para comprender un problema determinado y según la metodología aplicada en el estudio, se organiza a través del mentefacto conceptual, que “permite al Investigador centrar su atención en el contexto teórico real de la investigación” (Torres-Carrión, González-González, Bernal-Bravo, & Infante-Moro, 2019).

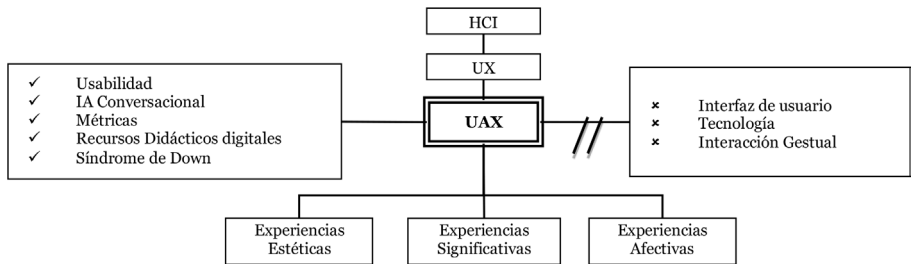


Figura 1 – Mentefacto Conceptual de Experiencia Afectiva de Usuario

El mentefacto expuesto en la Figura 1, detalla la estructura conceptual de la UAX; concepto que nace desde las áreas de la IHC y UX. Como ámbitos o subclases según (Desmet & Hekkert, 2007) destacan la experiencia estética, significativa y afectiva. Otros campos de la ciencia, que son parte de UX, empero, que no serán estudiados son: interfaz de usuario, tecnología e interacción gestual. Finalmente, las características de UAX que son de interés para nuestro estudio están visibles en la parte izquierda del mentefacto: usabilidad, IA conversacional, métricas de UAX y recursos didácticos digitales inclusivos estudiados para personas con Síndrome de Down.

2.2. Desarrollo de Protocolos de Revisión

Se definió criterios generales, de exclusión y de calidad, relacionados con las preguntas planteadas.

2.2.1. Criterios Generales

- Estudios que involucran UAX e IA.
- Publicaciones de los cinco últimos años, es decir, desde el año 2015 al 2019.
- La Base de Datos utilizada en la presente investigación es Scopus.

2.2.2. Criterios de Exclusión

- No se consideran como Experiencia de Usuario: La interfaz de usuario, la tecnología, ni la Interacción Gestual.
- No se contempló revistas que no están catalogadas como artículos científicos: editoriales, reseñas de libros, informes técnicos, etc.
- Se consideraron únicamente publicaciones referentes a Ciencias de la Computación, Ciencias Sociales y Psicología.

2.2.3. Criterios de calidad

Para la búsqueda de los estándares que describen la UX que son aplicados en entornos educativos inclusivos requeridos en la RQ1, se consideró la UX, la Usabilidad, el Diseño centrado en el ser humano para sistemas interactivos, así como la estructura del Sistema de Educación y los tipos de discapacidades.

Para saber que estrategias se han aplicado con sensores biométricos para evaluar UAX según la RQ2, se han utilizado variables como tipo de sensores, métricas y tipo de análisis.

En lo que se refiere a los métodos e instrumentos planteados en la RQ3, se consideró la UAX, emociones, educación; así como el Síndrome de Down, en sus niveles y limitaciones conforme sus capacidades intelectuales y cognitivas.

Con respecto de la RQ4, se consideraron publicaciones referentes a Recursos Didácticos digitales con su respectiva clasificación y categorías de evaluación enfocándonos en discapacidad cognitiva.

Finalmente, es necesario conocer si existen investigaciones conjuntas de Experiencia Afectiva de Usuario con Inteligencia Artificial, a fin de verificar si se puede hacer uso de alguna tecnología que permita evaluar las emociones de los usuarios, conforme lo planteado en la RQ5.

2.3. Estructura semántica de búsqueda

Desde el mentefacto conceptual, se elabora la estructura semántica (Tabla 2), sostenida en la sinonimia y el tesoro científico ("Tesoro científico," 2019). Para la obtención del tesoro, como herramienta de búsqueda se utiliza la página web (Thesaurus.com, 2019), que muestra en una escala visual la similitud de los conceptos, así como un detalle de su significado. Para la elección de los sinónimos, se realiza por sugerencia de un experto en el área del conocimiento, y en base a la relación que pueda existir con el ámbito del problema propuesto.

La búsqueda se organiza en tres niveles: UAX (L1), IA (L2) y la aplicación de cuatro Protocolos de Revisión (L3). Existe un nivel intermedio en el cual se aplica la unión de

los resultados del L1 y L2, obteniendo en la intersección de estos dos grandes conjuntos, los artículos que refieren a UAX e IA (n=338).

L1	UAX	USER EXPERIENCE	(ux OR cx OR ((user* OR customer OR person OR people OR child* OR quality OR design OR conversat*) W/2 (experienc* OR satisfaction)))	219,790
		AFFECTIVE	W/4 ((affectiv* OR emoti* OR sentiment* OR feel* OR sens* OR perceptual OR visceral) OR (intuitive OR surprisse OR excit* OR passionate OR pleasant) OR (anxiety OR eagerness OR angst OR nervousness OR concern OR doubt OR dread OR jitters OR panic OR suspense OR trouble OR uneasiness OR uncertainty) OR (happ* OR joy* OR cheerfulness OR gladness OR gaiety OR playfulness OR contentement OR rejoicing OR fun OR merriment OR mirth) OR (angry OR disgust OR displeasure OR distaste OR chagrin) OR (dissatisfaction OR trouble OR disinterest) OR (sadness OR sorrow OR gloom OR misery OR dreariness OR melancholia) OR (anger OR wrath OR ire OR rage OR temper) OR (fear OR trepidation OR apprehension OR nervousness OR frightened)))	7,318
L2	IA	ARTIFICIAL INTELLIGENCE	(ai OR ia OR ((artificial* OR bot OR robot OR machine OR simulat* OR agent OR predict* OR algorithm OR system OR sensor OR comput*) W/2 (intelligen* OR smart* OR able* OR skill OR intellect OR perception)) OR ((machine OR deep) W/2 learn*) OR ((data OR text OR video OR imag*) W/2 mining))	1,089,667
[L1 AND L2]	[UAX AND IA]			338
L3	PROTOCOLS			
	Year	2015 – 2019		203
	Subject área	Computer Science, Social Sciences, Psychology		166
	Document Type	Article		45
	Lenguaje	English		44
	Criterio de Calidad	Revisión de experto en lectura detallada de cada artículo, y su relación con el área de investigación.		17

Tabla 2 – Estructura Semántica de Búsqueda

Siguiendo la metodología, se aplican **protocolos de revisión**, que proporcionan resultados relevantes acorde a parámetros antes expuestos. En la sección de tipo de documento se ha seleccionado solamente artículos, considerando que se trata de trabajos resultantes de investigación, que abarcan todo el problema planteado. Finalmente, se realiza una lectura individual del resumen de cada artículo siguiendo lo expuesto en los criterios de calidad, para determinar su relación con la problemática planteada y las preguntas de investigación.

2.4. Preguntas de Investigación

2.4.1. RQ1: De los estándares que describen la UX, ¿Cuáles aplican en entornos educativos inclusivos?

Es necesario conocer los estándares que describen la UX, así como la estructura del Sistema de Educación, para entender su funcionamiento, tipos, edades de aprendizaje e incluso conocer el tema de discapacidades, para poder relacionarlos.

Variable	Indicador	Referencia Bibliográfica
<i>ISO 9241- 11: Guía sobre usabilidad</i>	Eficiencia, Efectividad, Seguridad, Utilidad, Facilidad para recordar, Facilidad de Aprendizaje	(International Organization for Standardization, 2018)
<i>ISO 9241-210: Diseño centrado en el ser humano para sistemas interactivos</i>	Experiencia de usuario, Satisfacción del usuario, Accesibilidad, Percepciones, Comportamientos	(International Organization for Standardization, 2010)
<i>Tipos de Educación</i>	Escolarizada o Formal	(UNESCO, 2009)
	No escolarizada o No Formal	
<i>Niveles de Educación</i>	Educación Inicial	(Ministerio de Educación de la República del Ecuador, 2016)
	Educación General Básica	
	Bachillerato	
<i>Modalidades de Educación</i>	Presencial	(Ministerio de Educación de la República del Ecuador, 2016)
	Semipresencial, a distancia	
<i>Edades de aprendizaje</i>	De 4 a 5 años	(UNESCO - IBE, 2010)
	De 6 a 14 años	
	De 15 a 17 años	
<i>Tipos de discapacidades</i>	Física, sensorial, intelectual, psicológica	(CONADIS - Ministerio De Relaciones Laborales, 2013; Órgano del Gobierno del Ecuador, 2012; Siavichay Sinchi, 2016)

Tabla 3 – Estándares de la UX, que aplican en entornos educativos inclusivos

2.4.2. RQ2: ¿Qué estrategias se han aplicado con sensores biométricos para evaluar UAX?

Se analiza las estrategias propuestas para trabajar con sensores biométricos (fisiológicos, biocinéticos y ambientales) y evaluar UAX. Conforme a las tendencias tecnológicas producidas por IoT, redes 5G e IA, es necesario conocer la forma de intervención que han aplicado en estudios previos. En ambientes inteligentes, estos sensores permiten evaluar comportamiento físico, fisiológico y emocional del usuario.

Variable	Indicador	Referencia Bibliográfica
<i>Sensores</i>	Fisiológicos, Biocinéticos, Ambientales	(Bastidas & Peláez, 2013)
<i>Métricas</i>	Tasa de rebote. Flujos de interacción. Ratio de conversión	(Montero, 2015)
	Velocidad con la que el usuario realiza una tarea. Cantidad de errores que comete. Frecuencia con que rectifica el error. Cantidad de usuarios que completan la tarea satisfactoriamente	(Calvo-Fernández Rodríguez, Ortega Santamaría, & Valls Saez, 2011)
<i>Tipo de análisis</i>	Cualitativo y Cuantitativo	(Montero, 2015)

Tabla 4 – Métricas que se utiliza para evaluar UAX con sensores biométricos

2.4.3. RQ3: ¿Cuáles son los métodos/instrumentos considerados para evaluar la UAX de personas con Síndrome de Down en ambientes educativos?

Se detallan los métodos/instrumentos, herramientas y técnicas que son considerados según los tipos de desarrollo y aprendizaje para evaluar las emociones en las personas con Síndrome de Down. Los resultados de esta pregunta, permiten establecer criterios sustentables para la propuesta de proyectos de investigación.

Variable	Indicador	Referencia Bibliográfica
<i>Afecciones de la trisomía 21</i>	Desarrollo cognitivo, Desarrollo psicomotor, Desarrollo afectivo	(Marcelli & Cohen, 2007)
<i>Emociones</i>	Asco	(Ekman, Paul & Friesen, 1971)
	Amor	(Norman, 2004; Parrott, 2001)
	Ira	(Ekman, Paul & Friesen, 1971; Izard E., 1972; Norman, 2004; Parrott, 2001)
	Interés, culpa, desprecio, Vergüenza	(Izard E., 1972)
	Disgusto	(Izard E., 1972; Plutchik, 2001)
	Alegría	(Ekman, Paul & Friesen, 1971; Izard E., 1972; Parrott, 2001; Plutchik, 2001)
	Ansiedad	(Norman, 2004)
	Enojo	(Ekman, Paul & Friesen, 1971; Plutchik, 2001)
	Miedo	(Ekman, Paul & Friesen, 1971; Izard E., 1972; Norman, 2004; Parrott, 2001; Plutchik, 2001)
	Sorpresa	(Ekman, Paul & Friesen, 1971; Izard E., 1972; Parrott, 2001; Plutchik, 2001)
	Tristeza	(Ekman, Paul & Friesen, 1971; Parrott, 2001; Plutchik, 2001)
	Felicidad o satisfacción	(Ekman, Paul & Friesen, 1971; Norman, 2004)

Variable	Indicador	Referencia Bibliográfica
<i>Tipos de Educación</i>	Escolarizada o Formal	(UNESCO, 2009)
	No escolarizada o No Formal	
<i>Tipos de Capacidad intelectual</i>	Discapacidad intelectual	(Castillero Mimenza, 2019)
	Superdotación Intelectual	
<i>Métodos e Instrumentos</i>	Convolutional Neural Networks (CNN)	(Ouherrou, Elhammoumi, Benmarrakchi, & El Kafi, 2019)
	Cuestionarios, Entrevistas, Indagación, Observación	(Hernández Sampieri, Collado Fernández, & Baptista Lucio, 2010)
	Medición del esfuerzo mental	(Ouherrou et al., 2019; P. Torres-Carrion, 2017)
	Test, Prototipo y categorización, Inspección	(Sutherland, 2013)
	LATCH-ON. Síndrome de Down: Lectura y Escritura	(Muro Haro, Santana Mancilla, & García Ruiz, 2012)
<i>Herramientas</i>	eScience. Realidad virtual. Simulación. Modelado. Creación de prototipos rápidos. PrEmo. AttrakDiff	(Córdoba-Cely, 2012)
	Reejack	(Montero, 2015)
<i>Técnicas</i>	Card Sorting o agrupación de tarjetas. Pruebas A/B	(Montero, 2015)

Tabla 5 – Métodos e instrumentos considerados en la UAX de personas con Síndrome de Down en ambientes educativos

2.4.4. RQ4: ¿Qué características tienen los recursos didácticos que se han desarrollado para personas con discapacidades cognitivas?

Conocer si existen recursos didácticos educativos desarrollados para entes con discapacidades cognitivas y cuáles son sus características, resulta fundamental para evaluar la relación del ámbito didáctico y variables de interacción de la UAX.

Variable	Indicador	Referencia Bibliográfica
<i>Tipos de recursos didácticos</i>	Auditivos, Gráficos, Imagen Fija, Juegos, Impresos, TIC, Mixtos: películas, videos, tridimensionales.	(Jiménez de la Cruz, 2016; Soto-Ardila, Melo Niño, Caballero, & Luengo, 2019)
<i>Categorías de evaluación</i>	Atención, memoria auditiva, memoria visual	(Serna Jaramillo, Vanegas Uribe, Álvarez Rueda, Niño Restrepo, & Ramírez Salazar, 2005).
<i>Clasificación de los recursos didácticos según etapas</i>	Infantil, primaria, secundaria	(Akros, 2016)

Tabla 6 – Recursos didácticos educativos que se utilizan para trabajar con personas con discapacidades cognitivas

2.4.5. RQ5: ¿Qué estrategias se han utilizado en investigaciones conjuntas de UAX con IA?

Conocer las estrategias en investigación, es dar un paso más allá de la metodología, y establecer desde la experiencia de los investigadores, como han logrado enlazar dos campos emergentes de la investigación científica (IA y UAX).

Variable	Indicador	Referencia Bibliográfica
<i>Escenarios de Inteligencia Artificial</i>	Inteligencia artificial estrecha	(Gomes & Preto, 2018)
	Inteligencia artificial general	
	Súper inteligencia artificial	
<i>Tecnologías de IA</i>	Visuales / Sonido, Robots, Chat	(Bizarro Torres, Luengo González, & Carvalho, 2018; Gomes & Preto, 2018; Jaramillo, Occhiuto, & Garzotto, 2018; Morphy, 2018)

Tabla 7 – Estrategias utilizadas en investigaciones conjuntas de UAX con IA

2.5. Revisiones Sistemáticas Relacionadas

Al realizar la búsqueda de SLR relacionados, aplicando el script general con filtrado orientado a “review”, “slr”, “meta análisis” o “survey”, no se encontraron investigaciones publicadas sobre “Experiencia Afectiva de Usuario en ambientes con Inteligencia Artificial, Sensores Biométricos y/o Recursos Digitales Accesibles”, menos aún relacionados con Síndrome de Down. Un trabajo cercano a la temática, se refiere a UX (Zaki, Wook, & Ahmad, 2015), donde se concluye que para mejorar la capacidad cognitiva de personas que padecen discapacidades como Síndrome de Down, autismo y trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH), la mayoría de investigadores lo hacen usando un estímulo de aprendizaje mediante juegos serios e interacciones que incluyen realidad virtual (RV).

2.6. Selección de revistas y Base de datos

2.6.1. Bases de Datos

Se trabaja con la base de datos Scopus, por el prestigio y alcance que tiene en el ámbito de la ciencia, así como las herramientas y facilidades que permiten realizar una búsqueda rápida y eficiente. Como resultado de la búsqueda se generaron 44 artículos (ver Tabla 2), previa revisión de calidad que se realiza de forma cualitativa con ayuda de expertos.

2.6.2. Listado de Revistas

Los 44 artículos resultantes pertenecen a 37 revistas (“Listado de revistas,” 2019). La revista de mayor relevancia es la de “Computers In Human Behavior”, misma que cubre la interacción humano-computador y la ciberpsicología. Aborda el uso de computadoras en psicología, psiquiatría y disciplinas relacionadas, así como el impacto psicológico del

uso de computadoras en individuos, grupos y la sociedad, además se publican trabajos teóricos originales, informes de investigación, revisiones de literatura, revisiones de software, reseñas de libros y anuncios (Guitton, 2019).

3. Reporte de Revisión

Una vez analizados los artículos resultantes, se ha organizado los resultados en función de la estructura de las variables en las preguntas de investigación.

3.1. RQ1- De los estándares que describen la UX, ¿Cuáles aplican en entornos educativos inclusivos?

Los estándares que describen la UX son: ISO 9241- 11 e ISO 9241-210, se enfocan en la usabilidad para alcanzar la facilidad de aprendizaje, así como la experiencia y satisfacción del usuario gracias al análisis de comportamientos y percepciones.

Los niños con discapacidades de aprendizaje (DA) muestran algunas dificultades emocionales y problemas de comportamiento en el aula, que conducen a la falta de motivación en el aprendizaje en comparación con sus compañeros sin DA (Ouherrou et al., 2019), pero gracias al uso de la Tecnología de la Información y la Comunicación (TIC) ha sido posible mejorar el aprendizaje colaborativo y social en clase, así como generar emociones positivas, como la atención y cooperación (Yoon & Baek, 2018) en niños de quinto y sexto grado.

3.2. RQ2 - ¿Qué estrategias se han aplicado con sensores biométricos para evaluar UAX?

Los tipos de sensores más utilizados para evaluar la expresión de emociones son fisiológicos (presión arterial, medición de la glucosa en la sangre, electrocardiografía, electroencefalograma) y ambientales (humedad, luz, nivel de presión sonora, temperatura), que van ubicados en lugares estratégicos y sirven para evaluar la UX mediante las emociones. De forma estratégica (Sefidgar et al., 2016) basa su estudio en los éxitos de la terapia humano-animal (robot social -> criatura háptica), en una interacción diseñada para calmar o examinar la eficacia en aplicaciones terapéuticas como el manejo de la ansiedad; trabaja con una muestra de 38 mujeres entre 19-45 años de edad, a las que se conecta sensores fisiológicos. En la interacción, éstas sostienen el robot en sus regazos y lo acarician, dando como resultado la disminución de sus frecuencias cardíacas y respiratorias, identificándose como más tranquilas y felices. Los autores proponen el robot háptico, como una terapia con impacto emocional para ayudar a las personas con trastornos mentales a mejorar sus sentimientos de autoeficacia. De igual manera, haciendo uso de háptica efectiva, Eid & Al Osman (2016) investigan el tacto afectivo, analizando cómo los participantes reaccionan emocionalmente a los estímulos y exploran la calidad de los métodos de medición de la experiencia como las reacciones fisiológicas (frecuencia cardíaca, expresiones faciales, actividad electrodérmica, expresiones gestuales o las actividades cerebrales), utilizando dos clases de hápticas afectivas: 1) juego / entretenimiento para hápticos afectivos, que se refiere a la utilización de juegos y entretenimiento para inducir comportamientos espontáneos, que conducen a una medición transparente de las emociones; 2) hápticos afectivos para

juego / entretenimiento, que implican utilizar la modalidad háptica para mejorar la interactividad y la inmersión en juegos y entretenimiento al aumentar los contenidos audiovisuales existentes con interacciones físicas.

Doumbouya, Benlamine, Dufresne, & Frasson (2018), detectan reacciones emocionales, utilizando medidas subjetivas a través del cuestionario y medidas objetivas a través de la actividad de las ondas cerebrales (electroencefalografía - EEG), combinadas con datos de seguimiento ocular y expresiones faciales para anotar los objetos del juego percibidos con las emociones dominantes expresadas. Para establecer la asociación entre los elementos del juego y la emoción dominante se utiliza el sistema de evaluación denominado EMOGRAPH (Gráfico emocional), que utiliza datos de seguimiento ocular y expresiones faciales.

Finalmente, los sensores ambientales que presenta (Berger et al., 2018), destacan su utilización con una herramienta de diseño como lo es Sensing Home, que permite a las personas integrar sensores y conectividad en productos domésticos de uso diario para que sean inteligentes, también pueden ser utilizados por personas para experimentar y explorar sensores en el hogar y en la vida diaria comprendiendo los problemas y las oportunidades de datos de los sensores desde sus hogares.

3.3. RQ3 - ¿Cuáles son los métodos/instrumentos considerados para evaluar la UAX de personas con síndrome de Down en ambientes educativos?

Los niños con problemas de aprendizaje, padecen de trastornos neurológicos que afectan sus capacidades cognitivas. Ouherrou, Elhammoumi, Benmarrakchi, & El Kafi (2019) resaltan que las emociones constituyen una parte importante en el proceso de aprendizaje de los niños y es conveniente detectarlas a través de sus expresiones faciales. Esto se logra gracias a la evaluación de los niños con problemas de aprendizaje mediante un juego educativo que muestra algunas dificultades emocionales y problemas de conducta en el aula en comparación con sus compañeros. Además, con el sistema de reconocimiento de expresión facial basado en redes neuronales convolucionales, se analiza siete expresiones básicas de emociones faciales: enojo, asco, miedo, alegría, tristeza, sorpresa y neutro (Ekman, Paul & Friesen, 1971), mismas que cada niño experimenta con un nivel diferente.

3.4. RQ4 - ¿Qué características tienen los recursos didácticos que se han desarrollado para personas con discapacidades cognitivas?

Los recursos didácticos se basan en el uso de la TIC, y juegos con diferentes contenidos multimedia como imágenes, sonidos, videos y animación (Ouherrou et al., 2019). Recursos que han sido desarrollados para personas con discapacidades cognitivas permitiendo mejorar su calidad de vida y eliminando las barreras en el aprendizaje, gracias al desarrollo de su afectividad, intelecto y motricidad, mediante la evaluación de su atención, memoria auditiva y visual. Cabe recalcar que las emociones y los estados afectivos influyen en la manera de pensar y la calidad del procesamiento de la información en el aprendizaje, principalmente en niños de primaria.

3.5. RQ5 - ¿Qué estrategias se han utilizado en investigaciones conjuntas de UAX con IA?

Con la inclusión de nuevas tecnologías, la Experiencia de Usuario aumenta, considerando que la IA evoluciona día a día y está siendo utilizada para interactuar con el humano haciendo uso del computador, estimulando señales visuales, sonoras y mixtas, permitiendo detectar emociones en los niños mediante el análisis de sus expresiones faciales; además, los juegos serios pueden ser herramientas útiles para la enseñanza de estrategias de regulación emocional en adolescentes, desarrollando la capacidad de identificar y modificar las emociones muy intensas y la excitación durante los mismos (Vara et al., 2016).

La háptica afectiva ayuda a mejorar las competencias de niños con discapacidades cognitivas y reducir comportamientos estereotipados; misma que al interactuar con los robots, y estos emitir una respuesta emocional a través del tacto, salida de voz y gestual, pueden generar un efecto terapéutico positivo en los pacientes y ayudarlos a sentirse menos solitarios (Eid & Al Osman, 2016). De igual forma, existe un tipo de robot animal diseñado específicamente para fines terapéuticos (Sefidgar et al., 2016), logrando efectos positivos sobre el estado de ánimo, comportamientos sociales e indicadores fisiológicos en los ancianos.

En el ámbito educativo, la realidad aumentada (AR) está siendo utilizada como un sistema de aprendizaje para niños pequeños, mejorando las habilidades espaciales y los factores de motivación (Han, Jo, Hyun, & So, 2015); así mismo, la integración de los robots atrae la atención de los niños para el aprendizaje y por ende mejora sus resultados, promoviendo el conocimiento científico y técnico, así como las relaciones sociales, la imaginación, la sensibilidad artística y principalmente el aumento en las emociones positivas (Yoon & Baek, 2018).

4. Discusión, conclusiones y trabajos futuros

La metodología de revisión sistemática de literatura ayuda a filtrar y organizar la información más relevante proporcionándonos datos exactos referentes a nuestra búsqueda por lo que pasamos a la discusión y conclusiones del estudio:

Los estándares ISO 9241-11 e ISO 9241-210 tienen mayor relación con la Experiencia de Usuario, ya que permiten evaluar los comportamientos y emociones provocadas como el enojo, asco, miedo, alegría, tristeza, sorpresa, disgusto y neutral. Cabe recalcar que, Ouherrou et al. (2019) resaltan que las emociones constituyen una parte importante en el proceso de aprendizaje de los niños y es conveniente detectarlas a través de sus expresiones faciales; además, de utilizar sensores fisiológicos y ambientales ya que pueden detectar emociones o estímulos internos y externos; así como, los robots hápticos (Sefidgar et al., 2016), convirtiéndose en estrategia válida en la relación UAX – IA.

Los pocos estudios realizados sobre personas con discapacidades intelectuales incluyeron niños de 6 a 14 años de edad, que reciben educación formal y utilizan los juegos y la interacción con la tecnología como principales recursos didácticos digitales, que permiten evaluar la Experiencia de Usuario y mejorar la atención, memoria auditiva y visual de los niños conforme lo indica Ouherrou et al. (2019).

Para realizar pruebas de validación de UAX se utilizan herramientas de simulación que son idóneas para ensayar, conocer el funcionamiento de determinados sistemas o anticiparse a posibles problemas.

Al no encontrarse estudios específicos sobre “Experiencia Afectiva de Usuario en ambientes con Inteligencia Artificial, Sensores Biométricos y/o Recursos Digitales Accesibles”, para personas con Síndrome de Down, se abren las puertas para trabajos futuros como evaluar la UAX con IA Conversacional en alumnos con Síndrome de Down haciendo uso de la interacción gestual y robótica; también, validar métricas emergentes para la evaluación de experiencia afectiva de usuario con IA conversacional y sensores biométricos en entornos educativos universitarios.

Referencias

- Akros (2016). 20 Recursos educativos para Educación especial. Retrieved from <https://akroseducational.es/blog/recursos-educativos-para-educacion-especial/>
- Bastidas, S. E. C., & Peláez, J. M. L. (2013). Estudio de redes de sensores y aplicaciones orientadas a la recolección y análisis de señales biomédicas. *Gerencia Tecnológica Informática*, 12(33), 85–99. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4546834.pdf>
- Berger, A., Kurze, A., Totzauer, S., Storz, M., Lefevre, K., Bischof, A., & Freiermuth, M. (2018). Sensing home: Designing an open tool that lets people collect and interpret simple sensor data from their homes. *I-Com*, 17(2), 153–167. <https://doi.org/10.1515/icom-2018-0013>
- Bizarro Torres, N., Luengo González, R., & Carvalho, J. L. (2018). Roamer, un robot en el aula de Educación Infantil para el desarrollo de nociones espaciales básicas. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (28), 14–28. <https://doi.org/10.17013/risti.28.14-28>
- Boada, N. (2017). ¿Por qué es tan importante el User Experience o Experiencia del Usuario? Retrieved March 13, 2019, from <https://www.cyberclick.es/numerical-blog/por-que-user-experience-o-experiencia-del-usuario>
- Brinquis, C. (2019). IA conversacional: conversaciones reales con un ordenador. Retrieved April 13, 2019, from <https://www.incentro.com/es-es/blog/stories/ai-conversacional-conversaciones-reales-con-un-ordenador/>
- Buck, R., Khan, M., Fagan, M., & Coman, E. (2018). The User Affective Experience Scale: A Measure of Emotions Anticipated in Response to Pop-Up Computer Warnings. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 34(1), 25–34. <https://doi.org/10.1080/10447318.2017.1314612>
- Calvo-Fernández Rodríguez, A., Ortega Santamaría, S., & Valls Saez, A. (2011). Métodos de evaluación con usuarios. Retrieved from http://openaccess.uoc.edu/webapps/02/bitstream/10609/9861/4/PID_00176614.pdf

- Castells, S., & Wisniewski, K. E. (1994). Growth hormone treatment in Down syndrome. *Journal of Pediatrics*, 124, 158–159. [https://doi.org/10.1016/S0022-3476\(94\)70277-2](https://doi.org/10.1016/S0022-3476(94)70277-2)
- Castillero Mimenza, O. (2019). ¿Qué es el Cociente Intelectual (CI)? Retrieved May 27, 2019, from <https://psicologiyamente.com/inteligencia/cociente-intelectual>
- CONADIS - Ministerio De Relaciones Laborales. (2013). Manual De Buenas Prácticas Para La Inclusión Laboral De Personas Con Discapacidad (p. 40). p. 40. Retrieved from <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/MANUALFIN.pdf>
- Córdoba-Cely, C. (2012). La experiencia de usuario: de la utilidad al efecto. *La Experiencia de Usuario: De La Utilidad Al Efecto*. *Iconofacto*, 9(1), 56–70. Retrieved from <https://revistas.upb.edu.co/index.php/iconofacto/article/view/1919>
- Desmet, P., & Hekkert, P. (2007). Framework of Product Experience Human-Product Interaction. *International Journal of Design*, 1(1), 57–66. <https://doi.org/10.1210/en.2017-00348>
- Doumbouya, R., Benlamine, M. S., Dufresne, A., & Frasson, C. (2018). Game scenes evaluation and player's dominant emotion prediction. pp. 54–65. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91464-0_6
- Eid, M. A., & Al Osman, H. (2016). Affective Haptics: Current Research and Future Directions. *IEEE Access*, 4, 26–40. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2015.2497316>
- Ekman, P., & Friesen, W. V. (1971). Universals and cultural differences in facial expressions of emotion - Ekman & Friesen.pdf. *Journal of Personality and Social Psychology*, 19, 208–282. Retrieved from <https://es.scribd.com/doc/308255392/Universals-and-Cultural-Differences-in-Facial-Expressions-of-Emotion-Paul-Ekman#logout>
- Florez, J. (2004). Patología cerebral y sus repercusiones cognitivas en el Síndrome de Down. Retrieved from <http://www.downcantabria.com/articuloN1.htm>
- García, A. (2012). Inteligencia artificial : fundamentos, práctica y aplicaciones. Retrieved from https://www.academia.edu/20419747/INTELIGENCIA_ARTIFICIAL_Fundamentos_práctica_y_aplicaciones
- Gomes, C. C., & Preto, S. (2018). Artificial intelligence and interaction design for a positive emotional user experience. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 722, 62–68. https://doi.org/10.1007/978-3-319-73888-8_11
- Guitton, M. (2019). Computers in Human Behavior. Retrieved from <https://www.journals.elsevier.com/computers-in-human-behavior/>
- Han, J., Jo, M., Hyun, E., & So, H.-J. (2015). Examining young children's perception toward augmented reality-infused dramatic play. *Educational Technology Research and Development*, 63(3), 455–474. <https://doi.org/10.1007/s11423-015-9374-9>

- Hernández Sampieri, R., Collado Fernández, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2010). Metodología de la Investigación (5ta ed.). Retrieved from https://www.academia.edu/23889615/_Hernández_Sampieri_R._Fernández_Collado_C._y_Baptista_Lucio_M._P_2010_?auto=download
- Herrero Nivelá, M. L., Vived Conte, E., & Digitalia (2007). Programa de comprensión, recuerdo y narración : una herramienta didáctica para la elaboración de adaptaciones curriculares : experiencia en alumnos con síndrome de Down. Retrieved from https://books.google.com.ec/books?id=b-3vzdDhMRMC&pg=PA16&lpg=PA16&dq=percepcion+syndrome+de+down+florez+1994&source=bl&ots=pGNEgliWYo&sig=ACfU3U2gBoJ3LjC_GC8B-3b434EIuqhKfg&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwilmPOV8rnkAhXqs1kKHSamBmoQ6AEwEHoECAkQAQ#v=onepage&q=percep
- International Organization for Standardization (2010). ISO 9241-210 Ergonomics of human-system interaction-Human-centred design for interactive systems. Retrieved from <https://www.sis.se/api/document/preview/912053/>
- International Organization for Standardization (2018). ISO 9241-11:2018 - Ergonomics of human-system interaction -- Part 11: Usability: Definitions and concepts. Retrieved May 4, 2019, from <https://www.iso.org/standard/63500.html>
- Izard E., C. (1972). Patterns of emotions; a new analysis of anxiety and depression by Carroll E. Izard. Retrieved from <https://catalogue.nla.gov.au/Record/446907>
- Jaramillo, J. C., Occhiuto, D., & Garzotto, F. (2018). Artworks' Features Discovery Through Engaging Conversations for Children. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 364(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/364/1/012097>
- Jiménez de la Cruz, C. A. (2016). Tipos de Recursos Didácticos - Recursos Didácticos y Tecnológicos. Retrieved May 4, 2019, from <https://sites.google.com/site/recursosdidacticosyteneologicos/tipos-de-recursos-didacticos>
- Kitchenham, B., Brereton, O. P., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., & Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering – A systematic literature review. Information and Software Technology, 51(1), 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.009>
- Listado de revistas (2019). Listado de revistas. Retrieved from <https://drive.google.com/file/d/1Ac3sVNnjBEh9ZLHEmEWGTldm8gkVXo4f/view?usp=sharing>
- Marcelli, D., & Cohen, D. (2007). Manual de Psicopatología del niño (7ma ed.). Retrieved from <https://www.casadellibro.com/libro-manual-de-psicopatologia-del-nino-7-ed/9788445817865/1156313>
- Marcos, M.-C. (2001). HCI (Human Computer Interaction): Concepto Y Desarrollo. El Profesional de La Información, 10(6), 4–16. Retrieved from https://www.academia.edu/308723/HCI_Human_Computer_Interaction_Concepto_Y_Desarrollo?auto=download

- Ministerio de Educación de la República del Ecuador. (2016). Ley Orgánica de Educación Intercultural. (p. 102). Retrieved from https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwixp9_T88HmAhVCbKwKHQXGBBAQFjAAegQIAhAC&url=https%3A%2F%2Feducacion.gob.ec%2Fwp-content%2Fuploads%2Fdownloads%2F2017%2F05%2Fley-Organica- Educacion-Intercultural-Codif
- Mira, J. (1999). Inteligencia artificial, emoción y neurociencia. *Arbor*, 162(640), 473–506. <https://doi.org/10.3989/arbor.1999.i640.1656>
- Montero, Y. H. (2015). Experiencia de Usuario: Principios y Métodos. Retrieved from https://yusef.es/Experiencia_de_Usuario.pdf
- Morphy, E. (2018). What Is Conversational User Experience (UX). Retrieved June 27, 2019, from <https://www.cmswire.com/digital-experience/what-is-conversational-user-experience-ux/>
- Muro Haro, B. P., Santana Mancilla, P. C., & García Ruiz, M. Á. (2012). Uso de interfaces tangibles en la enseñanza de lectura a niños con síndrome de Down. *El Hombre y La Máquina*, (25). Retrieved from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47824590004>
- Norman, D. A. (2004). Emotional Design. The Design Of Everyday Things. In *Emotional Design. The Design Of Everyday Things*, 13, 67-80. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1300/J007v13n02_06
- Órgano del Gobierno del Ecuador (2012). Ley Orgánica de Discapacidades. Cuadernos de Derecho Público, 47–78. Retrieved from https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/02/ley_organica_discapacidades.pdf
- Ouherrou, N., Elhammoumi, O., Benmarrakchi, F., & El Kafi, J. (2019). Comparative study on emotions analysis from facial expressions in children with and without learning disabilities in virtual learning environment. *Education and Information Technologies*, 24(2), 1777–1792. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-09852-5>
- Parrott, W. G. (2001). Emotions in Social Psychology: Essential Readings. In *Ann Arbor: Edwards*. Retrieved from [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=jV5QVgM6Me8C&oi=fnd&pg=PR11&dq=Parrott,+W.+G.+\(2001\).+Emotions+in+Social+Psychology:+Essential+Readings.+Ann+Arbor:+Edwards.+Psychology+Press.&ots=o5n5wSo44P&sig=xZm1iMsQ7rFVsnHGZQ7mw4g2xW0](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=jV5QVgM6Me8C&oi=fnd&pg=PR11&dq=Parrott,+W.+G.+(2001).+Emotions+in+Social+Psychology:+Essential+Readings.+Ann+Arbor:+Edwards.+Psychology+Press.&ots=o5n5wSo44P&sig=xZm1iMsQ7rFVsnHGZQ7mw4g2xW0)
- Plutchik, R. (2001). The Nature of Emotions. *International Journal of Philosophical Studies*, 27(1), 103–106. <https://doi.org/10.1080/09672559.2019.1563979>
- Rondal, J., Perera, J., & Nadel, L. (2000). Síndrome de Down : revisión de los últimos conocimientos. In ISBN 84-239-8997-6, págs. 167-184. Retrieved from <https://www.todocoleccion.net/libros-segunda-mano-medicina/sindrome-down-revision-ultimos-conocimientos-coordinado-por-jean-rondal-juan-perera-y-x152216762>

- Sears, A., & Jacko, J. A. (2007). Human-Computer Interaction: Fundamentals. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=92992AA0F69F7AA52C84EC732A44028C?doi=10.1.1.458.7291&rep=rep1&type=pdf>
- Sefidgar, Y. S., MacLean, K. E., Yohanan, S., Van Der Loos, H. F. M., Croft, E. A., & Garland, E. J. (2016). Design and Evaluation of a Touch-Centered Calming Interaction with a Social Robot. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 7(2), 108–121. <https://doi.org/10.1109/TAFFC.2015.2457893>
- Serna Jaramillo, A. J., Vanegas Uribe, A. I., Álvarez Rueda, E. M., Niño Restrepo, N., & Ramírez Salazar, D. A. (2005). Propuesta didáctica para el desarrollo de repertorios básicos de atención y memoria en niñas y niños con Síndrome de Down integrados al aula regular. Retrieved from http://tesis.udea.edu.co/bitstream/10495/3076/1/SernaAdriana_2005_PropuestaDidacticaDesarrollo.pdf
- Siavichay Sinchi, Y. T. (2016). Desarrollo social de las personas con discapacidad en Ecuador (Cuenca). Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/23532>
- Soto-Ardila, L. M., Melo Niño, L., Caballero, A., & Luengo, R. (2019). Estudio de las opiniones de los futuros maestros sobre el uso de los videojuegos como recurso didáctico a través de un análisis cualitativo. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (33), 48–63. <https://doi.org/10.17013/risti.33>
- Sutherland, I. (2013). Capítulo 2 Realidad virtual HCI (pp. 17–21). Retrieved from http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mcc/vera_p_le/capitulo2.pdf
- Tesaurus científico (2019). Tesaurus científico. Retrieved from https://drive.google.com/file/d/1AZDViS6eAYWhxR7MZaNRtUOl3tiok_05/view?usp=sharing
- Thesaurus.com (2019). Synonyms and Antonyms of Words at Thesaurus.com. Retrieved from <https://www.thesaurus.com/>
- Tolosa, C., & Giz, Á. (2010). Sistemas Biométricos. Retrieved from https://www.dsi.uclm.es/personal/MiguelFGraciani/mikicurri/Docencia/Bioinformatica/web_BIO/Documentacion/Trabajos/Biometria/Trabajo Biometria.pdf
- Torres-Carrion, P. (2017). Evaluación de estrategias de aprendizaje con HCI kinect en alumnos con Síndrome Down. Retrieved from http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:ED-Pg-CyEED-Pvtorres/TORRES_CARRION_PabloVicente_Tesis.pdf
- Torres-Carrión, P., González-González, C., Bernal-Bravo, C., & Infante-Moro, A. (2019). Gesture-based children computer interaction for inclusive education: A systematic literature review. *Communications in Computer and Information Science*, 895, 133–147. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05532-5_10
- Torres-Carrion, P. V., Gonzalez-Gonzalez, C. S., Aciar, S., & Rodriguez-Morales, G. (2018). Methodology for systematic literature review applied to engineering and education. In *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*, 2018-April(April), 1364–1373. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2018.8363388>

- UNESCO (2009). Policy Guidelines on Inclusion in Education. 38. Retrieved from <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000177849>
- UNESCO - IBE (2010). World Data on Education Données mondiales de l' éducation Datos Mundiales de Educación. 7a edición, 54. Retrieved from <http://www.ibe.unesco.org/>
- Vara, M. D., Baños, R. M., Rasal, P., Rodríguez, A., Rey, B., Wrzesien, M., & Alcañiz, M. (2016). A game for emotional regulation in adolescents: The (body) interface device matters. *Computers in Human Behavior*, 57, 267–273. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.12.033>
- Yoon, M.-B., & Baek, J.-E. (2018). Development and application of the STEAM education program based on the soccer robot for elementary students. *International Journal of Mobile and Blended Learning*, 10(3), 11–22. <https://doi.org/10.4018/IJMBL.2018070102>
- Zaki, N. A. A., Wook, T. S. M. T., & Ahmad, K. (2015). Analysis and classification of serious games for cognitive stimulation. In *Proceedings - 5th International Conference on Electrical Engineering and Informatics: Bridging the Knowledge between Academic, Industry, and Community, ICEEI 2015*, 612–617. <https://doi.org/10.1109/ICEEI.2015.7352572>

Avaliação dos novos métodos de qualidade de VGI da plataforma ClickOnMap

Jean H. S. Câmara^{1,2}, Jugurta Lisboa-Filho¹, Rafael O. Pereira¹, Wagner D. Souza³, Joep Cromptvoets⁴

jean.camara@ufv.br, jugurta@ufv.br, rafa.oliveirap@gmail.com, wagnerdiasdesouza@gmail.com, joep.cromptvoets@kuleuven.be

¹ Departamento de Informática, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG, 36570-900, Brasil

² Núcleo de Informática, Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG), Araçuaí, MG, 39600-000, Brasil

³ Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ, 23890-000, Brasil

⁴ KU Leuven Public Governance Institute, Leuven, B-3000, Bélgica

DOI: 10.17013/risti.35.54-69

Resumo: Existe uma grande discussão em relação à qualidade dos dados colectados em sistemas de Informação Geográfica Voluntária (VGI), visto que estes podem ser fornecidos por utilizadores não capacitados na produção de dados espaciais. Visando atender emergências, como catástrofes naturais, sistemas de colecta VGI podem ser desenvolvidos rapidamente utilizando plataformas como Ushahidi ou ClickOnMap. Recentemente foram implementados novos métodos de qualidade na plataforma ClickOnMap, porém ainda não havia sido avaliada a eficiência destes métodos. O objectivo desse trabalho foi avaliar os diversos métodos de qualidade VGI da plataforma ClickOnMap. Para isto foi desenvolvido um sistema chamado “Gota D’água”, que colectou dados sobre o tema “desperdício de água em áreas urbanas”. Por meio da análise dos dados colectados, estatísticas de uso e aplicação de questionário foi possível perceber a influência dos métodos de qualidade nas colaborações. Esta análise mostrou que os métodos empregados são úteis e imprescindíveis no contexto VGI, sendo recomendado seu uso em sistemas como o OpenStreetMap.

Palavras-chave: Qualidade VGI; Informação Geográfica Voluntária; Crowdsourcing; ClickOnMap Platform; Mapeamento Colaborativo.

Evaluation of New VGI Quality Methods on the ClickOnMap Platform

Abstract: There has been great interest in the quality of collected data through Volunteered Geographic Information (VGI) systems, since they may be provided by untrained users when producing spatial data. When managing emergencies, e.g., natural catastrophes, VGI collection tools may be quickly developed through platforms, such as Ushahidi or ClickOnMap. Recently, new quality methods have been implemented on the ClickOnMap Platform, however, their efficiency had not

yet been evaluated. Therefore, the aim of this study was to analyze the multiple quality methods of VGI on the ClickOnMap Platform. Thus, a system called “Gota D’água” (Drop of Water) was developed, which collected data on the subject “water waste in urban areas”. Through the analysis of the collected data, usage statistics, and responses to a questionnaire, it was possible to notice the influence of the quality methods on collaborations. The analysis showed that the employed methods are useful and crucial in the context of VGI, and their use is recommended in systems such as OpenStreetMap.

Keywords: VGI Quality; Volunteered Geographic Information; Crowdsourcing; ClickOnMap Platform; Collaborative mapping.

1. Introdução

A evolução da Web para o formato 2.0 possibilitou aos utilizadores da Internet desempenharem os papéis de produtores e editores de dados, com base em seus interesses e necessidades pessoais (Neis & Zielstra, 2014). A Web 2.0 possui tecnologias que possibilitam a interacção directa dos utilizadores com os sistemas online, gerando assim novos dados de forma mais rápida que no formato anterior da Web. Estes dados produzidos são chamados de Conteúdo Gerado pelo Utilizador (UGC, do inglês *User-Generated Content*) (Krumm, Davies & Narayanaswami, 2008). A partir dessa nova forma de criação de conteúdo surgiram projectos como a Wikipédia, Flickr e YouTube.

Paralelamente ocorreu uma enorme disseminação de dispositivos (ex.: smartphones e tablets) equipados com sistemas de geolocalização. Os utilizadores destes equipamentos estão produzindo dados espaciais para a Web em uma escala muito maior que anteriormente. A interface gráfica fácil e rápida de usar foi um factor importante para atrair estes utilizadores para o universo UGC. Além disso, esses aparelhos possuem alta mobilidade e podem possuir aplicativos que facilitam o compartilhamento de dados espaciais em redes sociais. Os dados que possuem alguma característica espacial e que são gerados a partir de algum tipo de contribuição voluntária são conhecidos como Informação Geográfica Voluntária (VGI, do inglês *Volunteered Geographic Information*) (Goodchild, 2007).

Os sistemas que colectam e distribuem este tipo de informação são chamados de sistemas VGI. Um exemplo desse tipo de sistema é o OpenStreetMap, que é um projecto de mapeamento colaborativo que tem como objectivo criar um conjunto de dados geográficos gratuitos para os utilizadores editarem e utilizarem para qualquer propósito (Haklay & Weber, 2008). Em comparação com dados de fontes oficiais do Governo ou dados gerados por empresas privadas, VGI requer menos tempo e esforço para sua criação, além de um baixo custo. Portanto, esses sistemas podem ser usados como fonte de informação em casos de desastres naturais, visto que nessas situações necessita-se que os dados sejam gerados em tempo real (Goodchild, 2007).

O OpenStreetMap foi utilizado no terremoto ocorrido no Haiti em 2010, no tsunami no Japão em 2011 e após o tufão que passou pelas Filipinas em 2013. Nos três casos a utilização do sistema foi um sucesso, alcançando com eficiência seu propósito e ajudando a salvar vidas (Neis & Zielstra, 2014). Após o terremoto de 2010 no Haiti, surgiu uma equipe internacional (HOT, do inglês *Humanitarian OpenStreetMap Team*) dedicada à acção humanitária e ao desenvolvimento da comunidade por meio do mapeamento

voluntário (Soden & Palen, 2014). Essa equipe utilizou o OpenStreetMap e trabalhou por 1,5 anos após o terremoto. Actualmente a HOT permite que as pessoas criem seus próprios mapas para gerenciar desastres. Tem-se também o exemplo do Google Maps que foi utilizado para fornecer actualizações em tempo real sobre o fechamento de estradas causado pela passagem do furacão Irma na Florida (EUA) em setembro de 2017 (Yurieff, 2017). Dessa forma, por meio de um mapa o governo local, as agências de transporte e os utilizadores informavam voluntariamente quando encontravam algum erro ou tinha alguma informação importante para colaborar.

Existem ferramentas que agilizam o desenvolvimento dos sistemas VGI, como as plataformas Ushahidi e a ClickOnMap. Essas ferramentas podem ser utilizadas nessas situações de emergência, para criar e disponibilizar rapidamente um sistema VGI, já que os dados devem ser colectados e distribuídos quase em tempo real (Georgiadou et al., 2011). Embora existam colaboradores qualificados e com conhecimentos técnicos avançados em um sistema VGI, a maioria dos dados é fornecida por indivíduos com pouco ou nenhum conhecimento sobre técnicas de mapeamento e não seguem normas e protocolos estabelecidos (Goodchild, 2007; Zielstra & Hochmair, 2013; Antoniou & Skopeliti, 2015). Portanto, VGI possui a desvantagem da falta de garantia de qualidade em comparação com dados analisados e validados por profissionais da área. Alguns casos de baixo nível de qualidade podem prejudicar ou impedir o uso da VGI (Bishr & Kuhn, 2007).

Existe uma notável preocupação com a qualidade VGI devido à grande quantidade de dados que são fornecidos por diferentes indivíduos (Flanagin & Metzger, 2008). Essas preocupações também estão relacionadas com a falta de controlo da qualidade durante o processo de criação de dados (Flanagin & Metzger, 2008). Vários autores compararam dados voluntários com dados de agências oficiais e concluíram que o nível de qualidade dos dados VGI está se aproximando do nível de qualidade dos dados de agências oficiais, principalmente em áreas urbanas densamente povoadas (Haklay, 2010; Fan et al., 2016; Brovelli et al., 2017).

Além destes trabalhos, Jonietz et al. (2017) apresentaram diversas pesquisas relacionadas com a qualidade VGI e concluíram que a qualidade dos dados voluntários representa um importante problema que pode até comprometer o resultado dos trabalhos que usam VGI. Esses autores afirmam ainda que nesse momento, VGI não pode substituir totalmente os dados geográficos gerados por fontes oficiais.

Para minimizar a distância entre o nível de qualidade dos dados oficiais com os dados fornecidos de forma voluntária é necessário identificar novos métodos e técnicas para melhorar a qualidade VGI, como sugerido por Flanagin e Metzger (2008). De fato, diversos métodos já foram propostos para melhorar o nível da qualidade VGI (Batini et al., 2009; Goodchild & Li, 2012; Hung et al., 2016; Elia et al., 2018). Porém, essa qualidade ainda está distante do nível desejado, principalmente em áreas com menor densidade populacional. Assim, novos métodos ainda precisam ser criados para melhorar a qualidade dos dados de uma VGI.

Além de ser necessário encontrar novos métodos para melhorar a qualidade VGI é indispensável avaliar os métodos de qualidade já existentes. Dessa forma, o presente trabalho tem o objectivo de avaliar a utilidade dos novos métodos de qualidade adicionados por Câmara et al. (2016) à plataforma ClickOnMap. Para isso foi desenvolvido

um sistema VGI utilizando a ClickOnMap chamado Gota D'Água. Esse sistema colectou dados de vazaduras e desperdício de água de algumas cidades do Brasil.

2. Trabalhos Relacionados

Existem muitos trabalhos relacionados à qualidade VGI, visto a relevância desse assunto. Barron, Neis, & Zipf (2014) apresentaram um framework com mais de 25 métodos e indicadores para avaliar a qualidade de um conjunto de dados do OpenStreetMap. Os autores destacam que afirmações precisas sobre a qualidade dos dados só são possíveis se existir um conjunto de dados oficiais como base de comparação. Por fim, esses autores apontam que é necessário analisar com mais detalhes a experiência, qualidade dos dados e reputação dos utilizadores do sistema.

Bordogna et al. (2014) propuseram um modelo baseado na tomada de decisões linguísticas para avaliar a qualidade de um banco de dados de VGI, criado em projectos de ciência cidadã. O estudo desses autores indica que a qualidade depende de vários aspectos: extrínsecos, intrínsecos e pragmáticos. Nesse estudo, muitos indicadores foram discutidos e uma abordagem flexível foi proposta para representar e avaliar a qualidade VGI.

Antoniou e Skopeliti (2015) destacam que a qualidade VGI pode ser descrita por medidas e indicadores de qualidade. As medidas de qualidade referem-se às medidas que podem ser aplicadas para verificar a discrepância entre os dados fornecidos voluntariamente e os dados reais, por meio, principalmente, da comparação entre VGI e dados de agências oficiais. Porém comparar VGI com dados oficiais nem sempre é possível devido a vários factores como a indisponibilidade dos dados, restrições de licença ou altos custos de aquisição.

Nesses casos, pesquisadores têm explorado maneiras mais intrínsecas de avaliar a qualidade VGI buscando outras representações para as medidas de qualidade. Para Antoniou e Skopeliti (2015), essas novas representações foram nomeadas como indicadores de qualidade. Esses indicadores dependem de elementos que influenciam a qualidade VGI, mas não podem ser medidos, como experiência do colaborador ou a falta dela, o histórico da colaboração, dentre outros.

Câmara et al. (2016) fizeram uma revisão na literatura e propuseram 19 atributos que se relacionam com qualidade VGI. Esses atributos foram divididos em 4 categorias: Intrínseca; Contextual; Representacional; e Acessibilidade. Em seguida, os autores reuniram 23 métodos de qualidade VGI mais citados nos principais trabalhos da área. Feito isso, os autores propuseram o uso de seis novos métodos de qualidade no contexto VGI: Palavras-chaves criadas pelos utilizadores; Tratamento de textos; Intervalo entre as colaborações; Selos de conquistas; Tutorial de uso; e Sistema de ajuda. Posteriormente, os 29 métodos (23 da literatura e 6 propostos) foram classificados de acordo com os 19 atributos propostos. Por fim, os autores adicionaram os novos métodos à plataforma ClickOnMap.

Senaratne et al. (2017) apresentam uma revisão de várias medidas, indicadores e métodos para avaliar a qualidade VGI. Estes autores classificam a VGI em três tipos: mapa, imagem e texto. A revisão feita por Senaratne et al. (2017) resultou em 7 medidas, 10 indicadores e 30 métodos que podem ser usados para avaliar a qualidade VGI. Os autores classificaram os artigos estudados de acordo com as medidas e indicadores

de qualidade e o tipo de VGI. Goodchild e Li (2012) propuseram três abordagens para avaliar a qualidade VGI: crowd-sourcing; social; e geográfica. Além dessas abordagens, Senaratne et al. (2017) sugerem uma abordagem adicional chamada *data mining*. Esses autores recomendam identificar novas medidas, indicadores e métodos de qualidade VGI, principalmente relacionados a avaliação da qualidade intrínseca e VGI dos tipos imagem e texto, já que estas têm recebido uma menor atenção da comunidade de pesquisadores.

Fogliaroni, D'Antonio e Clementini (2018) inicialmente discutem sobre o problema da avaliação da qualidade dos dados VGI e em seguida apresentam um modelo para medir a confiabilidade da informação e a reputação dos colaboradores. Esse modelo analisa os aspectos geométricos, qualitativos e semânticos nas edições ao longo do tempo.

Severinsen et al. (2019) apresentam um modelo, chamado VGTrust, que quantifica a confiança em VGI. Esse modelo avalia informações sobre os colaboradores e a confiança espacial e temporal associada aos dados que eles criam para produzir uma métrica de classificação geral de fácil entendimento e interpretação. Além disso, os autores apresentam um estudo de caso que testa a viabilidade do modelo em um exercício de captura de dados do mundo real realizado pela Land Information New Zealand, organização de mapeamento da Nova Zelândia. Com isso, os autores concluíram que o VGTrust é uma opção viável para novas aplicações VGI, pois ele estima com sucesso a qualidade dos dados voluntários.

Costa et al. (2019) propuseram um método de enriquecimento semântico de VGI usando dados vinculados e tesouros a fim de melhorar a rastreabilidade dos dados em um sistema VGI. O método tem dois estágios, um automático e um manual. O estágio automático vincula dados VGI a locais de interesse dos utilizadores. No estágio manual, um tesouro no domínio hídrico foi construído com base nos termos encontrados em VGI. Por fim, os autores propuseram um processo que retorna dados VGI semanticamente semelhantes com base nas consultas feitas pelos utilizadores. O método mostrou-se eficiente visto que permitiu que consultas mais complexas fossem realizadas sobre as colaborações melhorando a rastreabilidade dos dados.

Por meio desses trabalhos, percebe-se que existe uma grande preocupação em avaliar a qualidade VGI, visto que estas informações podem ser fornecidas por pessoas com diferentes formações, usando várias tecnologias e ferramentas, com níveis de detalhes e precisão diferentes e sem seguir padrões e normas. Além de ser necessário encontrar novas medidas, indicadores e métodos para avaliar a qualidade VGI é indispensável avaliar os métodos de qualidade já existentes.

3. Plataforma ClickOnMap

A mudança do clima global, o crescimento populacional e a propagação de doenças infecciosas, dentre outros factores, aumentou o número de desastres naturais e antrópicos e as respostas a estes desastres envolvem pessoas de diversas regiões por meio da colaboração voluntária (Zook et al., 2010). Os sistemas VGI podem ajudar na prevenção, execução de acções durante um fenómeno ou na recuperação de uma região após um desastre natural. Como mencionado anteriormente, o OpenStreetMap foi usado para ajudar a salvar vidas após o terremoto do Haiti em janeiro de 2010. Assim, nesses

casos emergenciais é desejável que se consiga criar um sistema VGI rapidamente para auxiliar na gestão da emergência, onde os dados devem ser colectados e distribuídos quase em tempo real (Georgiadou et al., 2011). Existem ferramentas que agilizam o desenvolvimento de sistemas VGI como é o caso da plataforma ClickOnMap.

A plataforma ClickOnMap foi criada para reduzir o tempo e o esforço gasto no desenvolvimento de sistemas VGI (Souza et al., 2014). Essa plataforma é *open source* e está disponível para download em www.dpi.ufv.br/projetos/clickonmap. Por meio de uma área administrativa, o utilizador pode gerenciar e customizar um sistema VGI, não sendo necessário ter conhecimento avançado em linguagem de programação. Nesta área administrativa pode-se gerenciar configurações, utilizadores, categorias, tipos (subcategorias) e colaborações que foram realizadas no sistema. Além disso, a ClickOnMap possui métodos que podem melhorar a qualidade dos dados fornecidos, por exemplo, a avaliação de VGI a partir de notas fornecidas por utilizadores, definição de um sistema de pontuação com um ranking de utilizadores e documentação da VGI por meio do template *Dynamic Metadata for VGI* (DM4VGI) (Souza et al., 2013).

Câmara et al. (2016) adicionaram novos métodos à plataforma ClickOnMap: Palavras-chaves criadas pelos utilizadores; Tratamento de textos; Intervalo entre as colaborações; Selos de conquistas; Tutorial de uso; e Sistema de ajuda. A Figura 1 exibe o gerenciador de métodos de qualidade da ClickOnMap. Nessa área o administrador pode habilitar e desabilitar os métodos que desejar em seu sistema VGI.

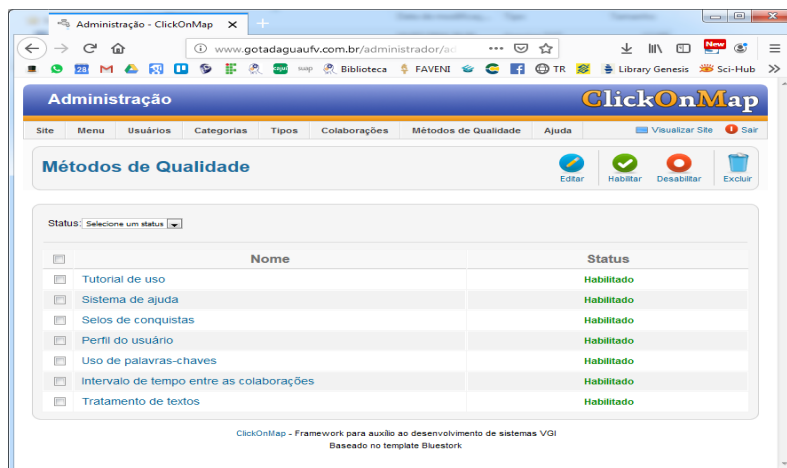


Figura 1 – Gerenciador de métodos de qualidade VGI da plataforma ClickOnMap

Além de sistemas de resposta à situação de emergência ou catástrofe, os sistemas desenvolvidos utilizando a plataforma ClickOnMap podem ser também utilizados como um canal de comunicação entre os moradores e os órgãos públicos de uma cidade, expondo os problemas e informações úteis sobre a cidade quase em tempo real. Um diferencial desta plataforma é a possibilidade de oferecer aos utilizadores diversas estatísticas, ajudando o cidadão ou o Governo na tomada de decisão com maior eficiência. A ClickOnMap tem sido utilizada principalmente como ferramenta de auxílio à gestão pública, abrindo um canal de comunicação entre governos municipais e o cidadão.

4. Estudo de Caso

Com o objectivo de analisar e avaliar a utilidade dos novos métodos de qualidade VGI adicionados à plataforma ClickOnMap por Câmara et al. (2016) foi desenvolvido um sistema VGI denominado Gota D'Água¹. Esse sistema tem como intuito mapear as vazaduras e desperdício de água para ajudar no combate à falta d'água nas cidades.

Antes de iniciar o estudo de caso, fez-se necessário adicionar a funcionalidade de Perfil do Utilizador à ClickOnMap. Essa funcionalidade disponibiliza uma área com as seguintes informações de cada utilizador: apelido; faixa etária; data de registo; posição no ranking geral; sua classe de utilizador; o número e as últimas colaborações realizadas; e os selos de conquistas. O apelido é usado para não exibir informações pessoais aos outros utilizadores do sistema, visto que em casos de sistemas que colectam denúncias não é interessante exibir as informações pessoais dos utilizadores.

A Figura 2 ilustra a página inicial do sistema Gota D'Água. Em azul, no lado esquerdo e logo abaixo da barra de opções, existe o botão de acesso ao Tutorial de Uso. Optou-se por usar o tutorial de uso padrão fornecido pelo sistema. Nesse tutorial o utilizador pode aprender: criar uma conta no sistema; criar ou editar uma colaboração; enviar imagem, vídeo ou arquivo; ganhar os selos de conquista; consultar as estatísticas que são fornecidas, dentre outros detalhes do sistema. Assim, ao consultar este tutorial, o utilizador pode adquirir um conhecimento geral do sistema e realizar as suas colaborações sem dificuldade, utilizando todos os recursos disponíveis.

Para realizar uma colaboração, o utilizador deve fazer um registo por meio de um formulário de registo, disponibilizado pelo sistema, ou entrar como um utilizador anónimo. O *Internet Protocol* (IP) do utilizador é capturado no momento da sua colaboração por questão de segurança, porém apenas os administradores do sistema

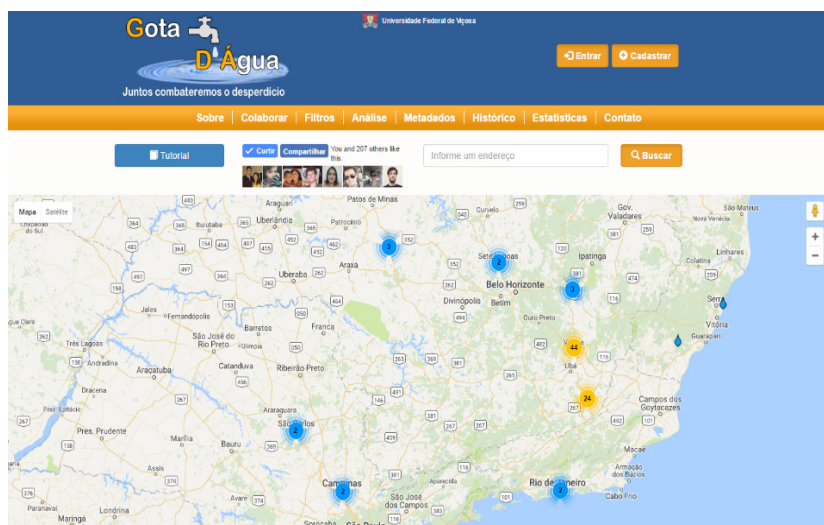


Figura 2 – Página inicial do sistema Gota D'Água

¹ Pode ser consultado em <http://www.gotadaguaufv.com.br>

têm acesso a este dado. Além do Tutorial de Uso, optou-se por utilizar o método Sistema de Ajuda. Sendo assim, ao entrar pela primeira vez no sistema, o utilizador recebe uma mensagem de boas-vindas junto com uma instrução do que deve ser feito para começar a colaborar. O Sistema de Ajuda que auxilia o utilizador em sua primeira colaboração é composto por apenas quatro instruções, o que motiva o uso dessa funcionalidade.

O sistema Gota D'Água disponibiliza as seguintes categorias para as colaborações: “Desvios Ilegais”; “Falta de Água”; “Utilização Indevida de Água”; “Vazamentos”; e “Outros”. Assim, os utilizadores podem seleccionar e informar as principais formas de desperdício de água. Após preencher os dados do formulário e enviar a colaboração, é exibida uma mensagem para o utilizador solicitando o preenchimento de até 5 palavras-chave. Escolheu-se utilizar este paço como opcional, portanto, o colaborador pode ignorá-lo e finalizar sua contribuição normalmente. Toda colaboração possui um fórum, onde os utilizadores podem comentar e discutir sobre a veracidade ou qualidade de uma VGI. Todas as colaborações também podem ser editadas por meio do sistema de Revisão Wiki que está disponível. As colaborações podem ser filtradas de acordo com as categorias, exibindo apenas as colaborações que o utilizador deseja visualizar e/ou analisar. O sistema também possui gráficos que exibem estatísticas sobre as colaborações. Todas as colaborações são documentadas de forma automática, com base no template DM4VGI (Souza et al., 2013), que utiliza metadados automaticamente colectados.

Os textos informados pelos utilizadores nos campos título e descrição das colaborações passam por uma revisão realizada pelo método Tratamento de Textos. As abreviações e as palavras expandidas pelas quais serão substituídas foram pré-cadastradas na configuração do sistema. Além disso, este método remove pontuações e espaçamentos repetidos, inicia todas as sentenças com letra maiúscula, adiciona espaço após e remove os espaços antecedentes às pontuações e corrige fechamento de pontuações como parênteses e colchetes.

No sistema Gota D'Água, o método Intervalo entre as colaborações foi configurado para não permitir que um utilizador faça mais de quatro colaborações em menos de dois minutos. Com isso, dificulta-se o uso de software, por utilizadores maliciosos, que colabore automaticamente em curto intervalo de tempo com a finalidade de atacar o sistema. O utilizador que realizar quatro colaborações em menos de dois minutos recebe um alerta informando-o que ao realizar mais uma colaboração dentro deste intervalo de tempo ele será bloqueado por 24 horas. Disponibilizou-se também, o método Selos de Conquista. Esses selos permitem identificar as habilidades dos utilizadores do sistema que podem ser fundamentais para avaliar a qualidade de uma VGI.

4.1. Teste de Aplicabilidade dos Métodos Propostos

Colectou-se os dados e divulgou-se amplamente esse sistema em listas de correios electrónicos e redes sociais durante 40 dias. Como mostra a Tabela 1, o sistema obteve 865 acessos, sendo que a duração média de cada acesso foi de aproximadamente 3 minutos e 32 segundos. Esses acessos foram originados de 19 estados distintos. Porém, as colaborações foram realizadas por utilizadores de apenas 5 desses 19 estados. Essas estatísticas foram colectadas pelo serviço Google Analytics (www.analytics.google.com) que é fornecido gratuitamente pela empresa Google. As demais estatísticas da Tabela 1 foram colectadas pela ClickOnMap Plataforma.

Descrição	Quantidade
Acessos	865
Colaborações realizadas	100
Total de utilizadores	811
Utilizadores anónimos	735
Visualizações de colaborações	446
Palavras-chaves capturadas	167
Textos corrigidos	128
Utilizadores bloqueados	1
Selos conquistados	143
Visualização do tutorial de uso	228
Abandonos ao sistema de ajuda	10

Tabela 1 – Estatísticas do sistema Gota D'Água

No período de 40 dias, o sistema recebeu 100 colaborações e a quantidade total de colaborações por categoria pode ser vista na Tabela 2. Esse número de colaborações inclui as contribuições feitas por utilizadores registados, anónimos e os que foram bloqueados. Observa-se que a maior parte das colaborações está relacionada a observação de vazaduras e não houve colaboração sobre desvios ilegais. Um Desvio ilegal é uma ligação clandestina na rede de água e é crime no Brasil.

Nos primeiros dias de colecta dos dados, observou-se que o número de colaborações realizadas em relação ao número de acessos ao sistema foi baixo. Embora esse comportamento não seja diferente da maioria dos sistemas VGI, para entendê-lo melhor, ao sair do sistema o utilizador foi convidado a responder um formulário cujas perguntas e alternativas estão exibidas na Tabela 3. Esse formulário foi elaborado alguns dias após iniciar a colecta dos dados e recebeu 50 respostas, cujas estatísticas também estão exibidas nessa tabela.

Categoria	Número de Colaborações
Desvios Ilegais	0
Falta de Água	20
Utilização Indevida de Água	33
Vazamentos	41
Outros	6

Tabela 2 – Quantidade total de colaborações por categoria

As perguntas P1 e P2 eram obrigatórias enquanto as perguntas P3 e P4 opcionais. Solicitou-se o correio electrónico do utilizador por meio da pergunta P4, pois caso ele não tivesse conseguido colaborar, o administrador do sistema entraria em contacto para saber o que ocorreu. De quatro pessoas que alegaram não conseguir colaborar, apenas uma informou um correio electrónico. Tentou-se um contacto para saber o motivo de

não ter conseguido realizar a colaboração, mas o administrador não obteve respostas do utilizador. Com base na Tabela 3 pode-se inferir que muitos utilizadores entraram no sistema apenas para conhecê-lo e não sabiam exactamente com “o que” colaborar. Poucos utilizadores tiveram algum tipo de dificuldade durante o processo de colaboração. Outros factores que também podem contribuir para o baixo número de colaborações em relação aos acessos é o medo de ser identificado, mesmo com a possibilidade de colaborar anonimamente, e principalmente a falta de resposta dos órgãos responsáveis às colaborações do sistema.

O número total de consultas ao conteúdo das colaborações foi de 446. Em média, cada uma das 100 colaborações obteve aproximadamente quatro visualizações. Além disso, foram fornecidas 167 palavras-chave distribuídas por 78 colaborações. Essas palavras-chave foram analisadas e observou-se que a maioria foi usada correctamente e estava de acordo com o conteúdo da VGI. A maioria dos textos fornecidos passaram por correcções automáticas, como pode ser visto na Tabela 4, a qual exhibe a descrição da correcção e a quantidade de vezes que ela foi aplicada.

Código	Pergunta	Alternativas	Número de respostas	% em relação ao total
P1	Você se cadastrou no sistema?	Sim	34	68
		Não confio neste sistema	2	4
		Não encontrei o formulário de registo	8	16
		Não consegui me cadastrar	1	2
		Outros	5	10
P2	Você realizou alguma colaboração?	Sim	28	56
		Não sei onde tem vazaduras, desperdícios, desvios ilegais ou falta de água e etc	12	24
		Não consegui colaborar	4	8
		Não tenho tempo para colaborar	1	2
		Outros	5	10
P3	Alguma sugestão?	-	12	24
P4	Informe seu correio electrónico	-	10	20

Tabela 3 – Perguntas do formulário aplicado ao utilizador após usar o sistema Gota D'Água

Durante o período de colecta de dados, um utilizador fez cinco colaborações em menos de dois minutos e foi bloqueado, ou seja, ficou 24 horas sem poder realizar acções como criar ou editar colaborações, comentar, avaliar dentre outras. Outros dois utilizadores fizeram quatro colaborações em menos de dois minutos e quase foram bloqueados. Isso mostra a vulnerabilidade que um sistema VGI tem em relação a vandalismos e utilizadores mal-intencionados. Os selos de conquistas tiveram uma boa aceitabilidade. A página que exhibe as informações sobre como conquistar cada selo obteve 31 acessos.

Além disso, 143 selos foram conquistados pelos utilizadores do sistema. O selo mais conquistado foi o de “Colaborador Básico”.

Tipo de correcção	Quantidade
Conversão de caracteres maiúsculos para minúsculos	65
Sentença com primeira letra maiúscula	10
Correcção do uso de espaço em branco	6
Remoção de palavra e pontuação repetida	0
Expansão de palavras abreviadas	2
Correcção de acentuação	25
Adição de ponto final	19
Total	128

Tabela 4 – Estatísticas do método Tratamento de Textos

Com isso, facilitou-se o processo de conhecimento das habilidades dos autores das colaborações. A Figura 3 exhibe o perfil, juntamente com os selos conquistados pelo primeiro colocado do ranking de utilizadores. O primeiro colocado fez 22 colaborações e se destacou visto que o sistema recebeu 100 colaborações. O administrador entrou em contacto com esse utilizador e este informou ao administrador que realizou várias colaborações porque queria obter alguns selos de conquista. Isso indica que a gamificação pode motivar os utilizadores a colaborarem mais com o sistema.

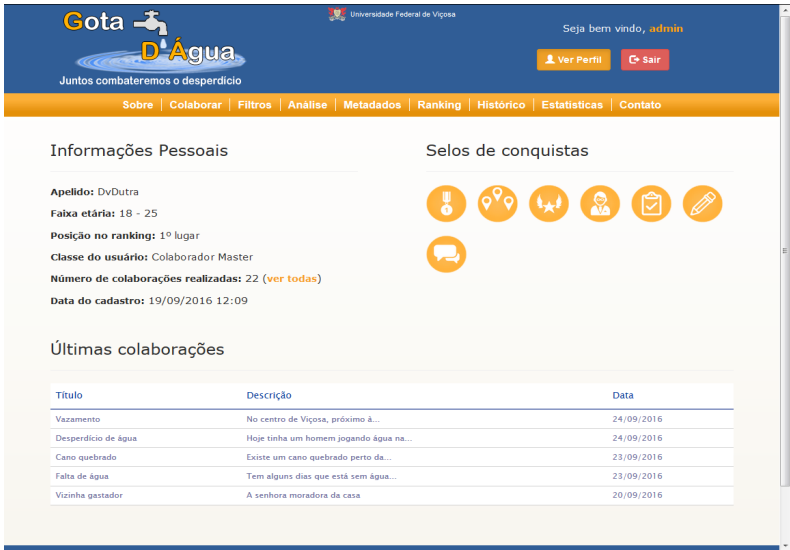


Figura 3 – Perfil do utilizador que ficou em primeiro lugar no ranking de utilizadores

O tutorial de uso foi visualizado por 17 utilizadores diferentes, sendo que destes utilizadores quatro leram parcialmente e três concluíram a leitura de todo o conteúdo.

Observou-se que a maioria dos utilizadores leram determinada parte do tutorial de uso e logo em seguida colocaram em prática o que aprenderam. Além disso, muitos utilizadores consultaram o tutorial de uso antes de se registarem e entrarem no sistema. Todos os 76 utilizadores visualizaram o sistema de ajuda, pois este sistema é exibido quando o utilizador realiza seu primeiro acesso ao sistema. Observou-se que destes utilizadores apenas 10 fecharam o sistema de ajuda antes de chegar na última instrução. Isso mostra que o sistema de ajuda não é invasivo e que realmente auxilia os utilizadores na utilização do sistema.

Nota-se que a disponibilidade de um tutorial de uso minimiza as dificuldades e problemas durante a colaboração. Dos 50 utilizadores que responderam à pesquisa após o uso do sistema, apenas uma pessoa teve dificuldade e não conseguiu se cadastrar. Provavelmente este utilizador não consultou o tutorial de uso. Observa-se também que poucos utilizadores lêem todo o tutorial, a maioria consulta apenas as primeiras páginas. Esse fato reforça que os tutoriais devem ter pouco textos e mais imagens explicativas para incentivar e despertar o interesse do leitor em consultar o material até o fim.

4.2. Considerações finais sobre a experimentação

O sistema de ajuda foi muito importante e isso pode ser constatado com o baixo número de utilizadores que não conseguiram colaborar (8%). Esse sistema de ajuda conduz e não deixa o utilizador se perder durante o processo de colaboração. Verificou-se que os utilizadores que utilizaram o tutorial de uso e o sistema de ajuda utilizaram mais funcionalidades do sistema, como uso do zoom, fórum, sistema de avaliação, dentre outros. Com isso, provavelmente as colaborações obtiveram um maior nível de precisão com grande chance de produzirem VGI com mais qualidade.

O selo de conquista foi o método que mais se destacou no sistema. Como foi visto, a página que exibe as informações de como conquistar os selos foi acessada 31 vezes e alguns utilizadores deram o retorno informando que ficaram satisfeitos por terem conseguido conquistar os selos. Portanto, além de motivar a colaboração de forma correcta, os selos permitiram conhecer o perfil do colaborador e inferir o nível de qualidade de suas colaborações.

O uso de palavras-chave também foi bem aceito pelos utilizadores. A maioria das colaborações recebeu pelo menos uma palavra-chave. Com isto, facilitou-se o processo de busca por uma informação e permitiu que os utilizadores informassem categorias diferentes das disponibilizadas pelo sistema. Daí, melhorou-se o nível de rastreabilidade de uma informação e este é um dos atributos que está relacionado à qualidade VGI.

O intervalo de tempo entre colaborações mostrou-se eficaz quanto ao bloqueio de vandalismos em sistema VGI. Um utilizador foi bloqueado por fazer a mesma colaboração várias vezes e outros desistiram de poluir o sistema quando foram quase bloqueados, ou seja, se fizessem mais uma colaboração naquele intervalo de tempo seriam bloqueados. Por fim, o tratamento de texto mostrou ser um método indispensável para qualquer sistema VGI. Ele corrigiu várias palavras que não foram acentuadas, adicionou ponto ao final da sentença, removeu espaços em branco e pontuações redundantes dentre outras. Com isso, melhorou-se a legibilidade da informação aumentando o nível de qualidade VGI.

5. Conclusões

O aumento da produção e colecta de VGI tem aumentado a preocupação quanto à qualidade desses dados e, consequentemente, das informações obtidas a partir de sua análise. De fato, muitos trabalhos mostram que os sistemas VGI necessitam de métodos relacionados à qualidade das colaborações. Porém, não basta apenas propor novos métodos, deve-se realizar uma avaliação quanto à utilidade dos métodos existentes no contexto VGI.

Esse trabalho avaliou a utilidade dos novos métodos de qualidade adicionados por Câmara et al. (2016) à plataforma ClickOnMap. Para avaliar a utilidade dos novos métodos um estudo de caso foi realizado, envolvendo o desenvolvimento de um sistema VGI sobre desperdício de água, configurado a partir da ClickOnMap. Todos os métodos mostraram resultados positivos, como pode ser visto na secção anterior, porém, algumas melhorias podem ser feitas para aprimorar esses métodos. Por exemplo, o método Intervalo entre as colaborações deve investigar o motivo de um grande número de colaborações em um curto intervalo de tempo antes de bloquear um utilizador. Pode ser que o utilizador não tenha entendido correctamente o processo de colaboração, o site não esteja respondendo correctamente ou o utilizador tenha pressionado o botão enviar várias vezes consecutivas sem a intenção de realizar a colaboração diversas vezes. Dessa forma, pode-se mostrar mais avisos ou encaminhar o utilizador ao Tutorial de uso antes de bloqueá-lo.

Outra melhoria que pode ser feita é em relação aos métodos Tutorial de uso e Sistema de ajuda. Para esses métodos deve-se identificar directrizes para fornecer aos utilizadores tutoriais e sistemas de ajuda mais precisos. Quanto ao método Selos de conquistas, técnicas de validação podem ser desenvolvidas para garantir que realmente os selos retratem as habilidades dos utilizadores. Além disso, deve-se realizar um estudo a fim de verificar se os utilizadores que recebem mais selos de conquistas, ou algum selo de conquista específico, realmente estão realizando colaborações com um nível de qualidade maior do que os utilizadores que recebem menos selos.

A ClickOnMap suporta facilmente a implementação e configuração de novos métodos de melhoria de qualidade VGI de forma rápida e fácil para os programadores. Além disso, todos os métodos disponibilizados pela ferramenta podem ser configurados e adaptados de acordo com a temática e políticas do sistema VGI que será criado por esse software. Assim, os sistemas VGI que são criados a partir da ClickOnMap tendem a receber dados com maior qualidade do que os sistemas VGI que não utilizam esses métodos. Os resultados mostraram que os novos métodos adicionados à ClickOnMap ajudaram a melhorar o nível de qualidade VGI dos sistemas desenvolvidos com o auxílio dessa plataforma. Sendo assim, alguns desses métodos poderiam ser inseridos em outros sistemas VGI como, por exemplo, o OpenStreetMap.

Agradecimentos

Projecto parcialmente financiado pela Fapemig – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais.

Referências

- Antoniou, V., & Skopeliti, A. (2015). Measures and indicators of VGI quality: An overview. *ISPRS annals of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, 2, 345. doi: 10.5194/isprsannals-II-3-W5-345-2015.
- Barron, C., Neis, P., & Zipf, A. (2014). A comprehensive framework for intrinsic OpenStreetMap quality analysis. *Transactions in GIS*, 18(6), 877–895.
- Batini, C., Cappiello, C., Francalanci, C., & Maurino, A. (2009). Methodologies for data quality assessment and improvement. *ACM computing surveys (CSUR)*, 41(3), 16. doi: 10.1145/1541880.1541883.
- Bishr, M., & Kuhn, W. (2007). Geospatial information bottom-up: A matter of trust and semantics. In *The European information society* (pp. 365-387). Springer, Berlin, Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-540-72385-1_22.
- Bordogna, G., Carrara, P., Criscuolo, L., Pepe, M., & Rampini, A. (2014). A linguistic decision making approach to assess the quality of volunteer geographic information for citizen science. *Information Sciences*, 258, 312–327. doi: 10.1016/j.ins.2013.07.013.
- Brovelli, M. A., Minghini, M., Molinari, M., & Mooney, P. (2017). Towards an automated comparison of OpenStreetMap with authoritative road datasets. *Transactions in GIS*, 21(2), 191–206. doi: 10.1111/tgis.12182.
- Câmara, J. H. S., Lisboa-Filho, J., Souza, W. D., & Pereira, R. O. (2016). Quality Attributes and Methods for VGI. In *International Conference on Computational Science and Its Applications* (pp. 306-321). Berlin: Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-319-42111-7_24.
- Costa, L. S., Oliveira, I. L., Moreira, A., & Lisboa-Filho, J. (2019). A Proximity-Based Semantic Enrichment Approach of Volunteered Geographic Information: A Study Case of Waste of Water. *Information*, 10(7), 234. doi: 10.3390/info10070234.
- Elia, A., Balbo, S., & Boccoardo, P. (2018). A quality comparison between professional and crowdsourced data in emergency mapping for potential cooperation of the services. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1), 572–586. doi: 10.1080/22797254.2018.1460567.
- Fan, H., Yang, B., Zipf, A., & Rousell, A. (2016). A polygon-based approach for matching OpenStreetMap road networks with regional transit authority data. *International Journal of Geographical Information Science*, 30(4), 748–764.
- Flanagin, A. J., & Metzger, M. J. (2008). The credibility of volunteered geographic information. *GeoJournal*, 72(3-4), 137–148. doi: 10.1007/s10708-008-9188-y.
- Fogliaroni, P., D’Antonio, F., & Clementini, E. (2018). Data trustworthiness and user reputation as indicators of VGI quality. *Geo-spatial Information Science*, 21(3), 213–233. doi: 10.1080/10095020.2018.1496556.

- Fonte, C. C., Antoniou, V., Bastin, L., Estima, J., Arsanjani, J. J., Bayas, J. C. L., ... & Vatsava, R. (2017). Assessing VGI data quality. *Mapping and the citizen sensor*, 137–163.
- Georgiadou, Y., Bana, B., Becht, R., Hoppe, R., Ikingura, J., Kraak, M. J., ... & Miscione, G. (2011). Sensors, empowerment, and accountability: a Digital Earth view from East Africa. *International journal of digital earth*, 4(4), 285–304. doi: 10.1080/17538947.2011.585184.
- Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), 211–221. doi: 10.1007/s10708-007-9111-y.
- Goodchild, M. F., & Li, L. (2012). Assuring the quality of volunteered geographic information. *Spatial statistics*, 1, 110–120. doi: 10.1016/j.spasta.2012.03.002.
- Haklay, M., & Weber, P. (2008). Openstreetmap: User-generated street maps. *IEEE Pervasive Computing*, 7(4), 12–18. doi: 10.1109/MPRV.2008.80.
- Haklay, M. (2010). How good is volunteered geographical information?: A comparative study of OpenStreetMap and Ordnance Survey datasets. *Environment and planning B: Planning and design*, 37(4), 682–703.
- Hung, K. C., Kalantari, M., & Rajabifard, A. (2016). Methods for assessing the credibility of volunteered geographic information in flood response: A case study in Brisbane, Australia. *Applied Geography*, 68, 37–47.
- Jonietz, D., Antonio, V., See, L., & Zipf, A. (2017). Highlighting current trends in volunteered geographic information. *International Journal of Geo-Information*, 6(7), 202. doi: 10.3390/ijgi6070202.
- Krumm, J., Davies, N., & Narayanaswami, C. (2008). User-Generated Content. *IEEE Pervasive Computing*, 7(4), 10–11. doi: 10.1109/MPRV.2008.85.
- Neis, P., & Zielstra, D. (2014). Recent Developments and Future Trends in Volunteered Geographic Information Research: The Case of OpenStreetMap. *Future Internet*, 6(1), 76–106. doi: 10.3390/fi6010076.
- Senaratne, H., Mobasheri, A., Ali, A. L., Capineri, C., & Haklay, M. (2017). A review of volunteered geographic information quality assessment methods. *International Journal of Geographical Information Science*, 31(1), 139–167. doi: 10.1080/13658816.2016.1189556.
- Severinsen, J., de Roiste, M., Reitsma, F., & Hartato, E. (2019). VGTrust: measuring trust for volunteered geographic information. *International Journal of Geographical Information Science*, 33(8), 1683–1701.
- Soden, R., & Palen, L. (2014). From crowdsourced mapping to community mapping: The post-earthquake work of OpenStreetMap Haiti. In *COOP 2014-Proceedings of the 11th International Conference on the Design of Cooperative Systems, 27-30 May 2014, Nice (France)* (pp. 311–326). Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-319-06498-7_19.

- Souza, W. D., Lisboa-Filho, J., Vidal-Filho, J. N., & Câmara, J. H. S. (2013). DM4VGI: A template with dynamic metadata for documenting and validating the quality of Volunteered Geographic Information. In *Proceedings of the 14th Brazilian Symposium on Geoinformatics - GeoInfo* (pp. 1-12).
- Souza, W. D., Lisboa-Filho, J., Câmara, J. H. S., Vidal-Filho, J. N., & Oliveira, A. P. (2014). ClickOnMap: a framework to develop volunteered geographic information systems with dynamic metadata. In *International Conference on Computational Science and Its Applications* (pp. 532-546). Berlim: Springer, Cham.
- Yurieff, K. (2017). *Florida and Google Maps team up to mark road closures due to Irma*. Retrieved from: <https://money.cnn.com/2017/09/08/technology/google-maps-hurricane-irma/index.html>
- Zielstra, D., & Hochmair, H. H. (2013). Positional accuracy analysis of Flickr and Panoramio images for selected world regions. *Journal of Spatial Science*, 58(2), 251–273. doi: 10.1080/14498596.2013.801331.
- Zook, M., Graham, M., Shelton, T., & Gorman, S. (2010). Volunteered geographic information and crowdsourcing disaster relief: a case study of the Haitian earthquake. *World Medical & Health Policy*, 2(2), 7–33. doi: 10.2202/1948-4682.1069.

Avaliação de Ferramentas BPM: Uma Análise Comparativa de Soluções Comerciais

Marco Sousa¹, Nuno Lopes¹, Óscar Ribeiro¹, Joaquim P. Silva¹

marcocruzsousa@gmail.com, nlopes@ipca.pt, oribeiro@ipca.pt, jpsilva@ipca.pt

¹ Instituto Politécnico do Cávado e Ave, Vila Frescaínha S. Martinho, 4750-810, Barcelos, Portugal

DOI: 10.17013/risti.35.70-85

Resumo: A diversidade de ferramentas BPM torna cada vez mais difícil para uma organização realizar uma seleção adequada de uma ferramenta. Este artigo propõe uma estrutura para orientar a avaliação de ferramentas BPM, a qual tem como foco principal o ciclo de vida BPM e inclui um conjunto de critérios tecnológicos. Esta estrutura de avaliação foi utilizada para classificar uma edição comercial de quatro ferramentas BPM, segundo a sua documentação técnica. O resultado deste artigo apresenta uma análise comparativa com base no método AHP, a qual evidencia as principais diferenças entre as ferramentas BPM ao longo do ciclo de vida BPM. Pretende-se incentivar a adoção da gestão dos processos de negócio junto das organizações e ajudar as mesmas na escolha da ferramenta de BPM a utilizar.

Palavras-chave: Gestão de Processos de Negócio, Ciclo de Vida BPM, Ferramentas BPM.

Evaluation of BPM Tools: A Comparative Analysis of Commercial Solutions

Abstract: The diversity of BPM tools makes it increasingly difficult for an organization to make a proper selection of a tool. This article proposes a structure to guide the evaluation of BPM tools, which has as main target the BPM lifecycle and includes a set of technological criteria. This evaluation framework was used to classify a commercial edition of four BPM tools according to their technical documentation. The result of this article presents a comparative analysis based on the AHP method, which highlights the main differences between BPM tools throughout the BPM lifecycle. The aim is to encourage the adoption of business process management by organizations and help them in the choice of the BPM tool to use.

Keywords: Business Process Management, BPM Lifecycle, BPM Tools.

1. Introdução

As organizações devem ser eficientes, os processos devem ser constantemente avaliados e melhorados, como parte das operações diárias do negócio. Um processo de negócio pode

ser definido como um conjunto de atividades que são executadas em coordenação num ambiente organizacional e técnico. Essas atividades realizam em conjunto o objetivo do negócio (Weske, 2012). Os processos de negócio foram muitas vezes categorizados como processos de gestão, operacionais ou de suporte, sendo os processos operacionais aqueles que estão relacionados com a atividade central do negócio em termos de produção ou fornecimento de serviços com valor acrescentado aos clientes (Hook, 2011). A gestão de processo de negócio (BPM) é uma disciplina de gestão que requer uma mudança de pensamento centrada no processo (Hill, Sinur, Flint, & Melenovsky, 2006). BPM suporta os processos de negócio através da utilização de métodos, técnicas e sistemas de software, para desenhar, representar, controlar e analisar processos operacionais, envolvendo pessoas, organizações, aplicações, documentos e outras fontes de informação (Van der Aalst, ter Hofstede, & Weske, 2003). O ciclo de vida BPM é de grande importância para levar a cabo uma melhoria contínua dos processos, contribuindo para que as organizações procurem ferramentas que proporcionem o apoio necessário na realização dessas melhorias (Peralta, Salgado, Montejano, & Riesco, 2016). Devido à diversidade de ferramentas BPM, selecionar qual a ferramenta mais adequada para uma organização revela-se uma tarefa cada vez mais difícil. Com a adoção de BPM as organizações podem obter benefícios, tais como, uma maior visibilidade e conhecimento das atividades, uma maior habilidade em identificar problemas e uma melhor definição de regras e funções do negócio (Ko, 2009). BPM tem um papel ambicioso na melhoria contínua dos processos e em promover a sua eficácia e eficiência (Rademakers, 2012). BPM contribui para uma gestão mais eficiente dos processos e, com ferramentas específicas, as organizações poderão alcançar os seus objetivos organizacionais.

Este artigo propõe uma estrutura para orientar a avaliação de ferramentas BPM, a qual tem como foco principal o ciclo de vida BPM e inclui um conjunto de critérios tecnológicos. Esta estrutura de avaliação foi utilizada para classificar uma edição comercial de quatro ferramentas BPM, segundo a sua documentação técnica. O resultado deste artigo apresentará uma análise comparativa, com base no método AHP, entre as quatro ferramentas BPM.

Este artigo está estruturado em cinco secções. Na secção 2 contextualiza-se o termo “ciclo de vida BPM” e são introduzidos outros estudos relacionados com a avaliação de ferramentas BPM. Na secção 3 descreve-se a estrutura de avaliação constituída por um conjunto de critérios tecnológicos, identifica-se e classifica-se as ferramentas BPM. Na secção 4 avalia-se as ferramentas BPM de acordo com os resultados obtidos. Na secção 5 retira-se uma conclusão na qual se pretende sintetizar todo o trabalho realizado.

2. Estado da Arte

O exato significado de BPM está diretamente relacionado com o seu ciclo de vida (Weske, 2012). O ciclo de vida BPM demonstra que a implementação de processos de negócio é um plano contínuo de melhoria devido à frequente mudança do ambiente empresarial e à necessidade de otimização dos processos (Rademakers, 2012). Na literatura científica existem várias propostas com diferentes visualizações, definições e perspetivas de um ciclo de vida BPM: (i) Van der Aalst, ter Hofstede & Weske (2003) defendem um ciclo de vida BPM restrito aos processos de negócio operacionais, (ii) Hill, Sinur, Flint &

Melenovsky (2006) defendem um ciclo de vida BPM que contribuiu para criar valor para um processo de negócio, (iii) Rademakers (2012) defende um ciclo de vida BPM com cinco fases essenciais para criar um processo de negócio totalmente funcional, (iv) Weske (2012) defende um ciclo de vida BPM que envolve a Administração e os Intervenientes do processo no centro de todo o ciclo de vida BPM e (v) Van der Aalst (2013) defende um ciclo de vida BPM que tem como foco principal dois tipos de análise distintos, um tipo baseado no modelo e outro tipo baseado nos dados do processo de negócio. A proposta do ciclo de vida BPM referenciada por Weske (2012) terá um papel fundamental no desenvolvimento da estrutura de avaliação, uma vez que constitui a proposta que melhor se enquadra neste artigo. Nesta proposta, o ciclo de vida BPM (i) é direcionado aos processos organizacionais (processos que caracterizam as funcionalidades do negócio), (ii) inclui subfases e (iii) tem como foco central os intervenientes do processo de negócio.

Nos últimos anos têm sido publicados diferentes estudos relacionados com a avaliação de ferramentas BPM: (i) Hill & Sinur (2010) apresentam um relatório técnico designado, por “*Magic Quadrant for Business Process Management Suites*”, elaborado pela consultora Gartner, que inclui uma avaliação das ferramentas BPM comerciais de vinte e cinco distribuidores; (ii) Craggs (2011) apresenta um relatório técnico, elaborado pela consultora Lustratus, que inclui uma avaliação das ferramentas BPM comerciais de três distribuidores; (iii) Richardson & Miers (2013) apresentam um relatório técnico, designado por “*The Forrester Wave: BPM Suites, Q1 2013*”, elaborado pela consultora Forrester, que inclui uma avaliação das ferramentas BPM comerciais de dez distribuidores; (iv) Bischoff & van Dinther (2016) apresentam uma análise comparativa de quatro ferramentas BPM *open source*, onde a avaliação das ferramentas é realizada com base num conjunto de critérios e na implementação de diferentes processos de negócio; (v) Meidan, García-García, Escalona & Ramos (2016) apresentam uma avaliação de sete ferramentas BPM *open source*, utilizando uma metodologia que combina a revisão sistemática da literatura (SLR) com modelos de qualidade, e tendo por base um conjunto de critérios tecnológicos subdivididos pelas fases do ciclo de vida BPM e um esquema de classificação; e (vi) Dunie, Kerremans, Baker & Wong (2017) apresentam um relatório técnico, designado por “*Magic Quadrant for Intelligent Business Process Management Suites*”, elaborado pela consultora Gartner, que inclui uma avaliação das ferramentas BPM comerciais de dezoito distribuidores. Todos estes estudos são um ponto de partida para personalizar outras estruturas de avaliação, permitindo adicionar critérios tecnológicos, utilizar diferentes ciclos de vida BPM, definir novos métodos de classificação e avaliar diferentes edições das ferramentas BPM.

3. Método de Avaliação

A estrutura definida para orientar a avaliação das ferramentas BPM tem como foco principal o ciclo de vida BPM referenciado por Weske (2012), com o intuito de explorar as necessidades mais específicas das organizações, e inclui um conjunto de critérios tecnológicos referenciados na literatura científica que estarão na base da método de avaliação. O ciclo de vida BPM referenciado por Weske (2012) é constituído pelas seguintes fases: (i) Desenho e Análise, (ii) Configuração, (iii) Execução e (iv) Avaliação, incluindo (v) Administração e Intervenientes como foco central de todo o ciclo de vida BPM. Neste artigo também foram atribuídos critérios tecnológicos em Administração e

Intervenientes apesar de esta não ser uma fase explícita do ciclo de vida BPM, mas sim um conjunto de tarefas de suporte às fases do ciclo de vida BPM.

3.1. Fase de Desenho e Análise

Na fase de Desenho e Análise, inicia-se o ciclo de vida BPM, na qual são realizadas pesquisas sobre processos de negócio e o seu ambiente técnico e organizacional. Esta fase é constituída pelas seguintes subfases: (i) subfase de Identificação e Modelação Processo Negócio, (ii) subfase de Validação, (iii) subfase de Simulação e (iv) subfase de Verificação.

Na subfase de Identificação e Modelação Processo Negócio, e com base nas pesquisas, os processos de negócio são identificados, revistos, validados e representados em modelos de processos de negócio (Weske, 2012). Após identificar o processo de negócio, pode ser utilizado um vasto conjunto de linguagens de modelação para expressar os modelos de processo de negócio, tais como BPMN ou UML (OMG, 2011). Neste contexto, a interoperabilidade entre as diferentes linguagens de modelação é um aspeto muito importante nos sistemas BPM. O modelo formal do processo de negócio deve ser representado em diferentes perspetivas para que os diferentes intervenientes o possam analisar e entender sem ambiguidades. A disponibilidade para gerar documentação sobre os processos de negócio é também um aspeto importante para a comunicação entre os intervenientes (Meidan et al., 2016). Outro aspeto importante dentro da modelação de processos de negócio é a utilização de regras de negócio que permitem incluir na modelação do processo tipos de pontos de decisão flexíveis do negócio (Rademakers, 2012). Muitas ferramentas de modelação de processos de negócio fornecem repositórios de modelos de processos que permitem o armazenamento e recuperação de modelos de processos (Van der Aalst, 2013). Em BPMN 2.0 a reutilização pode estar presente nos subprocessos, pois estes podem ser reutilizados por outros processos de negócio (Rademakers, 2012). A fim de detetar os aspetos a melhorar no processo e, desta forma, promover a sua melhoria contínua, são definidas métricas que são chamadas de indicadores de desempenho do processo (KPI) (Peralta et al., 2016). Na subfase de Validação, um instrumento útil utilizado na validação de um processo de negócio é o *workshop*, durante o qual as pessoas envolvidas discutem o processo. Os participantes do *workshop* vão verificar se todas as instâncias válidas do processo de negócio estão refletidas no modelo de processo de negócio. Na subfase de Simulação, os processos de negócio são simulados, o que permite aos intervenientes navegarem pelo processo passo a passo e verificarem se o processo atualmente expõe o comportamento desejado (Weske, 2012). Na subfase de Verificação, os processos de negócio são analisados para verificar se funcionam corretamente. Quando existem processos a serem melhorados, a análise a esses processos é realizada antes que as alterações sejam colocadas em vigor (Van der Aalst & van Hee, 2004). A Tabela 1 resume o conjunto de critérios da fase de Desenho e Análise.

Critérios	Descrição
#DA.1	Suporte para diferentes linguagens modelação de processos.
#DA.2	Suporte para interoperabilidade entre linguagens de modelação de processos.
#DA.3	Suporte para diferentes perspetivas dos processos.
#DA.4	Suporte para gerar documentação dos processos.

CrITÉRIOS	Descrição
#DA.5	Suporte para modelação de processos utilizando regras de negócio.
#DA.6	Suporte para reutilização de modelos de processos.
#DA.7	Suporte para modelação de processos utilizando KPI.
#DA.8	Suporte para sugestões de melhoria dos processos.
#DA.9	Suporte para simulação dos processos.
#DA.10	Suporte para verificação dos processos.

Tabela 1 – Critérios Tecnológicos Fase de Desenho e Análise

3.2. Fase de Configuração

Na fase de Configuração, após o modelo do processo de negócio ser desenhado e verificado, é necessário implementar o processo de negócio (Weske, 2012). Um modelo de processo de negócio é composto por papéis dos utilizadores, definição de estados e transições entre esses mesmos estados. Os modelos de processos de negócio têm o propósito de representar uma realidade organizacional e são implementados pelas instâncias de processos de negócio (Marques & Guerreiro, 2016). Esta fase é constituída pelas seguintes subfases: (i) subfase de Seleção Sistema, (ii) subfase de Implementação e (iii) subfase de Testes e Implantação.

Na subfase de Seleção Sistema, a tradução de um modelo gráfico num formato executável poderá ser efetuada de forma automática e o modelo do processo será melhorado com informação técnica o que facilitará a execução do processo no sistema BPM. O modelo executável de um processo de negócio é modelado por linguagens executáveis de processos de negócio para *Web Services*, tais como WS-BPEL. A linguagem de modelação BPMN fornece um mapeamento para a linguagem de execução WS-BPEL, mas nem todas as linguagens de modelação mapeiam as linguagens de execução (OMG, 2011). Após a tradução do modelo do processo em um modelo executável do processo de negócio será possível adicionar um acordo de nível de serviço (SLA) ao modelo associado ao KPI, o que facilitará a monitorização do processo de negócio (Meidan et al., 2016). Na subfase de Implementação, a interação dos utilizadores com o sistema pode ser efetuada através de interfaces gráficas (Weske, 2012). A gestão de utilizadores deve ser implementada no sistema BPM, permitindo definir quais os papéis dos diversos utilizadores com base as suas capacidades. Os papéis de cada utilizador normalmente estão descritos na estrutura organizacional das organizações e, normalmente são armazenados em sistemas do tipo LDAP. A configuração de um sistema BPM envolve aspetos transacionais, a implementação de mecanismos para o tratamento de exceções e o controlo das transações (Meidan et al., 2016). Na subfase de Testes e Implantação, a implementação do processo de negócio deve ser testada, os testes de integração e desempenho são importantes para detetar potenciais problemas de execução. Após a realização dos testes, o sistema deve ser implantado no ambiente para o qual foi desenvolvido. Dependendo de opções específicas, podem ser requeridas atividades adicionais como, por exemplo, o treino de pessoas ou a migração dos dados de uma aplicação para a nova plataforma (Weske, 2012). Concluída a implantação do sistema, os processos estão disponíveis para todos os utilizadores finais, podendo ser

conectados e integrados com outros serviços e recursos, internos ou externos, tais como REST ou WSDL (Meidan et al., 2016). A Tabela 2 resume o conjunto de critérios da fase de Configuração.

CrITÉRIOS	Descrição
#CF.1	Suporte para linguagens de execução de processos.
#CF.2	Suporte para tradução manual ou automática num modelo executável do processo.
#CF.2	Suporte para adição de SLA e conexão com um KPI.
#CF.4	Suporte para desenho de interfaces gráficas.
#CF.5	Suporte para diferentes linguagens de programação para implementar serviços.
#CF.6	Suporte para atribuir papéis aos utilizadores.
#CF.7	Suporte para descrição dos papéis dos utilizadores.
#CF.8	Suporte para a importação de uma estrutura organizacional de outro sistema.
#CF.9	Suporte para o tratamento de exceções e o controlo das transações nos processos.
#CF.10	Suporte para execução distribuída.
#CF.11	Suporte para integração com outros sistemas e serviços.

Tabela 2 – Critérios Tecnológicos da Fase de Configuração

3.3. Fase de Execução

Na fase de Execução, as instâncias do processo de negócio são inicializadas para preencher os objetivos do negócio das organizações. A execução do processo precisa atender a uma correta orquestração do processo, garantindo que as atividades dos processos são desempenhadas de acordo com as restrições de execução especificadas no modelo do processo (Weske, 2012). Os utilizadores têm um papel ativo e autónomo na execução dos processos de negócio, existindo por esta razão o risco de que as prescrições dos processos de negócio não sejam cumpridas em conformidade com as iniciais (Marques & Guerreiro, 2016). Esta fase é constituída pelas seguintes subfases: (i) subfase de Operação, (ii) subfase de Monitorização e (iii) subfase de Manutenção.

Na subfase de Operação, os utilizadores interagem com as instâncias do processo de negócio através de interfaces gráficas para executar as tarefas, fornecer dados ao processo, obter e submeter documentos entre outras atividades. Neste sentido, a gestão documental ou um calendário podem ser implementados internamente no sistema BPM. Uma gestão de versões possibilita a execução em simultâneo de diferentes versões do mesmo processo e assim rastrear todas as versões em execução (Meidan et al., 2016). A subfase de Monitorização está relacionada com o controlo dos processos de negócio, na qual o objetivo é permitir que a operação das instâncias seja conduzida, usando um esforço limitado, para um estado estável previamente definido pela organização, sendo capaz de reagir às alterações que vão ocorrendo (Marques & Guerreiro, 2016). Através desta monitorização é possível obter informação para o cálculo de KPI, a qual pode ser apresentada em painéis de visualização. Recorrendo a técnicas de visualização, um sistema BPM permite apresentar a informação de monitorização em diferentes vistas (Meidan et al., 2016). Na subfase de Manutenção, um sistema BPM disponibiliza a informação detalhada do estado atual das instâncias do processo de negócio (Weske,

2012). Esta funcionalidade possibilita melhorar a previsão de problemas e riscos durante a execução dos processos. Outro aspeto importante num sistema BPM prende-se com a capacidade de alterar os papéis das atividades ou recursos para equilibrar as cargas de trabalho (Meidan et al., 2016). A Tabela 3 resume o conjunto de critérios da fase de Execução.

CrITÉRIOS	Descrição
#EX.1	Suporte para gestão documental e de um calendário.
#EX.2	Suporte para informar os utilizadores sobre as suas tarefas.
#EX.3	Suporte para gestão de versões do modelo dos processos.
#EX.4	Suporte para controlo e monitorização técnica.
#EX.5	Suporte para diferentes vistas da informação de monitorização.
#EX.6	Suporte para painéis de visualização e relatórios.
#EX.7	Suporte para alterar o recurso de uma atividade numa instância do processo.
#EX.8	Suporte para alterar regras de negócio dos processos.
#EX.9	Suporte para detetar e resolver falhas.
#EX.10	Suporte para alterar o equilíbrio da carga de trabalho entre os utilizadores.

Tabela 3 – Critérios Tecnológicos da Fase de Execução

3.4. Fase de Avaliação

Na fase de Avaliação, através da informação dos ficheiros de registo, é possível avaliar e melhorar os modelos de processo de negócio e as suas implementações. As técnicas de mineração de processos e monitorização da atividade do negócio (BAM) contribuem para identificar a qualidade do modelo do processo de negócio e a sua adequação ao ambiente de execução (Weske, 2012). As técnicas de mineração de processos permitem descrever um conjunto de análises que exploram a informação armazenada em registos de transações ou em sistemas de base de dados (Van der Aalst, 2013). A disponibilidade dos ficheiros de registo, outros recursos históricos como sistemas de base de dados e os níveis de negócio a atingir pelos valores definidos nos KPI são aspetos muito importantes num sistema BPM (Meidan et al., 2016). A Tabela 4 resume o conjunto de critérios para a fase de Avaliação.

CrITÉRIOS	Descrição
#AV.1	Suporte para técnicas de Mineração de Processos.
#AV.2	Suporte para técnicas de Monitorização da Atividade do Negócio.
#AV.3	Suporte para diferentes tipos de dados históricos.

Tabela 4 – Critérios Tecnológicos da Fase de Avaliação

3.5. Administração e Intervenientes

Em Administração e Intervenientes, nos diferentes níveis de abstração de um sistema BPM, existem inúmeros artefactos que devem ser bem organizados e estruturados

(Weske, 2012). A diversidade de conteúdos no apoio à interação dos intervenientes é um aspeto muito relevante num sistema BPM (Meidan et al., 2016). A Tabela 5 resume o conjunto de critérios para Administração e Intervenientes.

CrITÉRIOS	Descrição
#AI.1	Suporte para diferentes tipos de documentação técnica da ferramenta BPM.
#AI.2	Suporte para visualizar a maturidade da ferramenta BPM.
#AI.3	Suporte para diferentes tipos de apoio técnico à ferramenta BPM.

Tabela 5 – Critérios Tecnológicos: Administração e Intervenientes

3.6. Seleção das Ferramentas BPM

Neste artigo optou-se por utilizar as seguintes ferramentas BPM: (i) Bonita¹, (ii) ProcessMaker², (iii) Bizagi³ e (iv) Alfresco Process Services⁴.

A edição *open source/freeware* destas ferramentas BPM foi estudada por Sousa, Lopes, Ribeiro & Silva (2018) na implementação de um processo de negócio ao longo da fase de Desenho e Análise. Estas ferramentas BPM surgem bem referenciadas em diversos estudos publicados na literatura científica relacionados com a avaliação de ferramentas BPM, que disponibilizam diversas edições *open source/freeware* e comerciais. Enquanto a edição *open source/freeware* suporta apenas uma das fases do ciclo de vida BPM, as edições comerciais suportam todo o ciclo de vida BPM. A Tabela 6 apresenta a designação da edição comercial, e respetiva versão, de cada uma das ferramentas BPM consideradas.

Ferramentas BPM	Edição Comercial - Versão
Bonita	<i>Performance</i> - versão 7.5
ProcessMaker	<i>Enterprise</i> - versão 3.2
Bizagi	<i>Modeler</i> - versão 3.1 <i>Studio</i> - versão 11.1
Alfresco Process Services	<i>Enterprise</i> - versão 1.7

Tabela 6 – Edições Comerciais das Ferramentas BPM

3.7. Método de Classificação

O método de classificação desenvolvido neste artigo atribuirá em cada fase do ciclo de vida BPM uma classificação final, a qual permitirá uma avaliação mais concreta das funcionalidades de cada uma das ferramentas BPM. A Tabela 7 apresenta os níveis de pontuação definidos no método de classificação.

¹ Disponível em: <https://www.bonitasoft.com/>

² Disponível em: <https://www.processmaker.com/>

³ Disponível em: <https://www.bizagi.com/>

⁴ Disponível em: <https://www.alfresco.com/bpm-software/>

Nº Pontos	Descrição	Símbolos
0 Pontos	Se a ferramenta BPM não suporta o critério de avaliação.	◇◇
1 Ponto	Se a ferramenta BPM suporta o critério de avaliação (nível mínimo).	◆◇
2 Pontos	Se a ferramenta BPM suporta o critério de avaliação (nível mínimo) e inclui outros aspetos relevantes para o critério de avaliação.	◆◆

Tabela 7 – Níveis de Pontuação do Método de Classificação

3.8. Classificação das Ferramentas BPM

A classificação das ferramentas BPM teve por base a documentação técnica disponibilizada por cada uma das ferramentas BPM. Os resultados obtidos por cada uma das ferramentas BPM ao longo das fases do ciclo de vida BPM serão apresentados nas tabelas 8 a 12. A Tabela 8 resume os resultados obtidos pelas ferramentas BPM ao longo da fase de Desenho e Análise.

Critérios	Bonita	ProcessMaker	Bizagi	Alfresco
#DA.1	◆◇	◆◇	◆◆	◆◇
#DA.2	◆◆	◆◇	◆◆	◆◇
#DA.3	◆◆	◆◆	◆◆	◆◆
#DA.4	◆◆	◆◆	◆◆	◆◆
#DA.5	◆◇	◆◆	◆◆	◆◇
#DA.6	◆◆	◆◆	◆◆	◆◇
#DA.7	◆◆	◆◆	◆◆	◆◇
#DA.8	◆◇	◆◇	◆◆	◆◇
#DA.9	◆◆	◇◇	◆◆	◆◇
#DA.10	◆◆	◆◆	◆◆	◆◆

Tabela 8 – Classificação da Fase de Desenho e Análise

Na fase de Desenho e Análise, ProcessMaker não disponibiliza informação técnica sobre o suporte para simulação de um processo de negócio. As quatro ferramentas BPM suportam diferentes perspetivas, permitem gerar diferentes tipos de documentação e incluem a funcionalidade de verificação de um processo de negócio. A Tabela 9 resume os resultados obtidos das ferramentas BPM na fase de Configuração.

Critérios	Bonita	ProcessMaker	Bizagi	Alfresco
#CF.1	◇◇	◆◇	◇◇	◇◇
#CF.2	◆◆	◆◆	◆◆	◆◆
#CF.3	◇◇	◆◇	◆◆	◆◆
#CF.4	◆◆	◆◆	◆◇	◆◇
#CF.5	◆◇	◆◆	◆◇	◆◆
#CF.6	◆◆	◆◇	◆◆	◆◆
#CF.7	◆◇	◆◇	◆◇	◆◇

Critérios	Bonita	ProcessMaker	Bizagi	Alfresco
#CF.8	◆◇	◆◆	◆◆	◆◆
#CF.9	◆◆	◆◇	◆◆	◆◆
#CF.10	◆◆	◆◇	◆◆	◆◆
#CF.11	◆◆	◆◆	◆◆	◆◆

Tabela 9 – Classificação da Fase de Configuração

Na fase de Configuração, ProcessMaker é a única ferramenta que suporta linguagens de execução (funções ProcessMaker PHP). Bonita é a única ferramenta que não suporta a adição de SLA e uma conexão com um KPI. As quatro ferramentas BPM suportam a tradução manual ou automática num modelo executável de um processo de negócio e suportam a integração com outros sistemas e serviços (REST API, *Web Services*). A Tabela 10 resume os resultados obtidos das ferramentas BPM na fase de Execução.

Critérios	Bonita	ProcessMaker	Bizagi	Alfresco
#EX.1	◆◆	◆◆	◆◆	◆◆
#EX.2	◆◇	◆◆	◆◆	◆◇
#EX.3	◆◆	◇◇	◆◆	◆◆
#EX.4	◆◆	◆◇	◆◆	◆◆
#EX.5	◆◆	◆◇	◆◆	◆◆
#EX.6	◆◇	◆◆	◆◆	◆◆
#EX.7	◆◆	◆◆	◆◆	◆◆
#EX.8	◇◇	◆◇	◆◆	◇◇
#EX.9	◆◇	◆◇	◆◆	◆◇
#EX.10	◆◆	◆◆	◆◆	◆◆

Tabela 10 – Classificação da Fase de Execução

Na fase de Execução, ProcessMaker é a única ferramenta que não disponibiliza a gestão de versões de um modelo de processo de negócio. Bonita e Alfresco não suportam a alteração de regras de negócio de um processo. As quatro ferramentas BPM disponibilizam gestão documental e de um calendário, suportam a alteração de um papel ou recurso em uma atividade de uma instância do processo de negócio e suportam a alteração do equilíbrio da carga de trabalho entre os utilizadores. A Tabela 11 resume os resultados obtidos das ferramentas BPM na fase de Avaliação.

Critérios	Bonita	ProcessMaker	Bizagi	Alfresco
#AV.1	◆◆	◆◇	◆◆	◇◇
#AV.2	◆◆	◆◇	◆◆	◇◇
#AV.3	◆◆	◆◆	◆◆	◆◆

Tabela 11 – Classificação da Fase de Avaliação

Na fase de Avaliação, Alfresco não disponibiliza informação técnica sobre o suporte para técnicas de Mineração de Processos e para técnicas BAM. As quatro ferramentas BPM suportam diferentes tipos de dados de histórico (ficheiros de registo, registo de eventos). A Tabela 12 resume os resultados obtidos das ferramentas BPM em Administração e Intervenientes.

Critérios	Bonita	ProcessMaker	Bizagi	Alfresco
#AI.1	◆◆	◆◆	◆◆	◆◇
#AI.2	◆◆	◆◆	◆◆	◆◆
#AI.3	◆◆	◆◆	◆◆	◆◆

Tabela 12 – Classificação de Administração e Intervenientes.

Em Administração e Intervenientes, as quatro ferramentas BPM disponibilizam o ano e número da edição de cada versão de lançamento, assim como diferentes tipos de suporte técnico à ferramenta (Fóruns, Suporte Técnico).

4. Análise de Resultados

A análise de resultados será de acordo com o conjunto de critérios tecnológicos definidos para o ciclo de vida BPM, a qual implica considerar múltiplos critérios tecnológicos. Por este motivo e com o objetivo de aprofundar mais esta análise de resultados, será utilizado o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) recorrendo a uma ferramenta de apoio à decisão denominada por SuperDecisions⁵. O método AHP tem sido muito usado na tomada de decisões multicritério, fornecendo um quadro abrangente e racional para estruturar um problema de decisão, representar os seus elementos e quantificar os mesmos. Este método permite uma comparação sistemática de alternativas, sendo aplicável a praticamente todas as áreas de tomada de decisão, incluindo a seleção de ferramentas de software (Cruz-Cunha, Silva, Gonçalves, Fernandes, & Ávila, 2016). Entre as vantagens do método AHP estão (i) a avaliação multicritérios, (ii) a utilização de variáveis linguísticas e (iii) a necessidade de uma análise aprofundada para definir os pesos das várias alternativas de decisão (Vanti, Solana-González, & Seibert, 2018). Através das classificações finais das ferramentas BPM, o método AHP indicará qual a melhor ferramenta BPM ao longo de todo o ciclo de vida BPM e em cada uma das respetivas fases. O método AHP realizará ciclicamente (duas a duas) a comparação entre as ferramentas BPM e o grau de comparação entre as ferramentas BPM em cada um dos critérios tecnológicos será dividido em três níveis: (i) Igual – se uma ferramenta BPM apresenta o mesmo grau de importância (mesmo número de pontos) que a outra ferramenta BPM, nível representado pelo valor “1” na escala do método AHP; (ii) Moderado – se uma ferramenta BPM apresenta um grau de importância moderadamente mais forte (exatamente mais um ponto) que a outra ferramenta BPM, nível representado pelo valor “3” na escala do método AHP; e (iii) Forte – se uma ferramenta BPM apresenta um grau de importância mais forte (mais dois pontos) que a outra ferramenta BPM, nível representado pelo valor “5” na escala do método AHP.

⁵ Disponível em: <https://www.superdecisions.com/>

A partir da abordagem metodológica do método AHP, os resultados da definição final de prioridades são apresentados a seguir para alcançar o objetivo de identificar qual a melhor ferramenta BPM. SuperDecisions fornece diferentes análises priorizadas para os diferentes critérios, bem como o *ranking* das diferentes alternativas de decisão. As tabelas 13 a 18, produzidas pelo SuperDecisions, incluem as colunas: (i) *Graphic* (gráfico de barras relativo ao valor na coluna *Total*), (ii) *Alternatives* (identificação dos itens em avaliação), (iii) *Total* (pontuação final de cada item de avaliação), (iv) *Normal* (valores resultantes da normalização dos valores na coluna *Total*), (v) *Ideal* (valores resultantes da divisão dos valores na coluna *Total* pelo maior valor presente na coluna *Total*) e (vi) *Ranking* (identificação da posição dos itens em avaliação) (Creative Decisions Foundation, 2018). Estas tabelas apresentam os resultados obtidos pelas ferramentas BPM e resumizam o resultado da aplicação do método AHP, no qual é apresentada uma linha por cada item de avaliação (ferramentas BPM). A Tabela 13 apresenta os resultados obtidos pelas ferramentas BPM na fase de Desenho e Análise.

Graphic	Alternatives	Total	Normal	Ideal	Ranking
	1Bonita	0.2578	0.2578	0.7357	2
	2ProcessMaker	0.2179	0.2179	0.6220	3
	3Bizagi	0.3504	0.3504	1.0000	1
	4Alfresco	0.1739	0.1739	0.4963	4

Tabela 13 – Resultados Obtidos Fase de Desenho e Análise

Na fase de Desenho e Análise, Bizagi obteve a classificação final mais alta e a pontuação máxima nos dez critérios tecnológicos. Alfresco obteve a classificação final mais baixa, embora tenha obtido a pontuação máxima em três dos dez critérios tecnológicos. A Tabela 14 apresenta os resultados obtidos pelas ferramentas BPM na fase de Configuração.

Graphic	Alternatives	Total	Normal	Ideal	Ranking
	1Bonita	0.2259	0.2259	0.8264	4
	2ProcessMaker	0.2502	0.2502	0.9155	3
	3Bizagi	0.2506	0.2506	0.9168	2
	4Alfresco	0.2733	0.2733	1.0000	1

Tabela 14 – Resultados Obtidos Fase de Configuração

Na fase de Configuração, Alfresco obteve a classificação final mais alta. Bonita obteve a classificação final mais baixa, apesar de ter obtido a pontuação máxima em seis dos onze critérios tecnológicos. ProcessMaker é a única que pontuou nos onze critérios tecnológicos. A Tabela 15 apresenta com os resultados obtidos pelas ferramentas BPM na fase de Execução.

Graphic	Alternatives	Total	Normal	Ideal	Ranking
	1Bonita	0.2150	0.2150	0.6328	3
	2ProcessMaker	0.2104	0.2104	0.6193	4
	3Bizagi	0.3397	0.3397	1.0000	1
	4Alfresco	0.2350	0.2350	0.6917	2

Tabela 15 – Resultados Obtidos Fase de Execução

Na fase de Execução, Bizagi obteve a classificação final mais alta e obteve a pontuação máxima nos dez critérios tecnológicos. ProcessMaker obteve a classificação final mais baixa, mesmo tendo a pontuação máxima em cinco dos dez critérios tecnológicos. A Tabela 16 apresenta os resultados obtidos pelas ferramentas BPM na fase de Avaliação.

Graphic	Alternatives	Total	Normal	Ideal	Ranking
	1Bonita	0.3432	0.3432	1.0000	2
	2ProcessMaker	0.1849	0.1849	0.5387	3
	3Bizagi	0.3432	0.3432	1.0000	1
	4Alfresco	0.1286	0.1286	0.3747	4

Tabela 16 – Resultados Obtidos Fase de Avaliação

Na fase de Avaliação, Bonita e Bizagi obtiveram a classificação final mais alta e a pontuação máxima nos três critérios tecnológicos. Alfresco obteve a classificação final mais baixa, tendo obtido a pontuação máxima em um dos três critérios tecnológicos. A Tabela 17 apresenta os resultados obtidos pelas ferramentas BPM em Administração e Intervenientes.

Graphic	Alternatives	Total	Normal	Ideal	Ranking
	1Bonita	0.2667	0.2667	1.0000	3
	2ProcessMaker	0.2667	0.2667	1.0000	2
	3Bizagi	0.2667	0.2667	1.0000	1
	4Alfresco	0.2000	0.2000	0.7500	4

Tabela 17 – Resultados Obtidos Administração e Intervenientes

Em Administração e Intervenientes, Bonita, ProcessMaker e Bizagi obtiveram a classificação final mais alta, pois conseguiram a pontuação máxima nos três critérios tecnológicos. Alfresco obteve a classificação final mais baixa, apesar de ter obtido a pontuação máxima em dois dos três critérios tecnológicos. A Tabela 18 apresenta os resultados obtidos pelas ferramentas BPM ao longo do ciclo de vida BPM.

Graphic	Alternatives	Total	Normal	Ideal	Ranking
	1Bonita	0.8390	0.2602	0.8532	2
	2ProcessMaker	0.7391	0.2292	0.7516	3
	3Bizagi	0.9834	0.3050	1.0000	1
	4Alfresco	0.6625	0.2055	0.6737	4

Tabela 18 – Resultados Obtidos Ferramentas BPM

Ao longo do ciclo de vida BPM, Bizagi obteve a classificação final mais alta e com a pontuação máxima em trinta e três dos trinta e sete critérios tecnológicos. Alfresco obteve a classificação final mais baixa, embora tenha obtido a pontuação máxima em vinte e um dos trinta e sete critérios tecnológicos.

5. Conclusões

O trabalho efetuado teve uma componente inicial muito importante, relacionada com a escolha de qual o ciclo de vida BPM, que permitiu definir a base da estrutura de avaliação. Os resultados obtidos através da classificação das ferramentas BPM demonstram que o método de avaliação permite distinguir entre as diferentes ferramentas BPM e apresenta valores díspares em cada uma das ferramentas, permitindo realçar os seus aspetos mais relevantes. Ao longo da investigação da documentação técnica das ferramentas BPM identificaram-se os seus principais conceitos e critérios tecnológicos, uma vez que a realização da classificação das ferramentas BPM segundo a documentação técnica requer algum conhecimento prévio dos conceitos e critérios tecnológicos utilizados em cada ferramenta BPM. De acordo com a ferramenta BPM o mesmo conceito pode ter designações diferentes, por exemplo, os intervenientes do processo de negócio na ferramenta BPM Bonita são designados por Atores (*Actors*) enquanto na ferramenta BPM Bizagi são designados por Executantes (*Performers*).

A análise de resultados discutida neste artigo poderá ser útil para a tomada de decisão entre uma destas ferramentas BPM: Bonita, ProcessMaker, Bizagi e Alfresco Process Services. De acordo com resultados obtidos, a ferramenta BPM Bizagi posiciona-se como a ferramenta BPM que reúne um maior número de aspetos positivos, no entanto as organizações têm sempre de verificar se esta será a ferramenta BPM que melhor se adapta às suas necessidades organizacionais. Conclui-se convictamente que, à semelhança destas quatro ferramentas BPM, uma ferramenta BPM que implementa os conceitos abordados ao longo deste artigo é sem dúvida uma mais-valia para as organizações. A utilização de ferramentas BPM permite gerir, otimizar e automatizar os processos de negócio ao longo de todo o processo, possibilitando interações com diferentes intervenientes, assim como reagir rapidamente as solicitações, do mercado tornando as organizações mais competitivas que os seus concorrentes. A aplicação da estrutura de avaliação definida neste artigo em diferentes ferramentas BPM irá contribuir com mais informação tecnológica para esta área do conhecimento.

Referências

- Bischoff, B., & van Dinther, C. (2016). Workflow Management Systems an analysis of current open source products. *Digital Enterprise Computing 2016. Lecture Notes in Informatics, 2016*, 147–160. Obtido de <http://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings258/article19.html>
- Craggs, S. (2011). Comparing BPM from IBM, Software AG and Pegasystems. Obtido de <http://lustratus.com/product/comparing-bpm-from-pegasystems-ibm-and-tibco/>
- Creative Decisions Foundation (2018). Super Decisions: AHP and ANP. Obtido de <http://www.superdecisions.com/method/>
- Cruz-Cunha, M. M., Silva, J. P., Gonçalves, J. J., Fernandes, J. A., & Ávila, P. S. (2016). ERP Selection using an AHP-based Decision Support System. *Information Resources Management Journal*, 29(4), 65–81. <https://doi.org/10.4018/IRMJ.2016100105>
- Dunie, R., Kerremans, M., Baker, V. L., & Wong, J. (2017). Magic Quadrant for Intelligent Business Process Management Suites. Obtido de <https://www.gartner.com/en/documents/3818763>
- Hill, J. B., & Sinur, J. (2010). Magic Quadrant for Business Process Management Suites. Obtido de <https://www.gartner.com/en/documents/1453527>
- Hill, J. B., Sinur, J., Flint, D., & Melenovsky, M. J. (2006). Gartner's Position on Business Process Management. Obtido de <https://www.gartner.com/en/documents/489533>
- Hook, G. (2011). Business Process Modeling and Simulation. *Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference (WSC)*, 773–778. <https://doi.org/10.1109/WSC.2011.6147804>
- Ko, R. K. L. (2009). A Computer Scientist's Introductory Guide to Business Process Management (BPM). *Crossroads*, 15(4), 11–18. <https://doi.org/10.1145/1558897.1558901>
- Marques, R. P., & Guerreiro, S. (2016). Mecanismo de controlo para a frente orientado ao risco como garantia da conformidade da execução de processos de negócio. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, 2016(20), 34–47. <https://doi.org/10.17013/risti.20.34-47>
- Meidan, A., García-García, J. A., Escalona, M. J., & Ramos, I. (2016). A Survey on Business Processes Management Suites. *Computer Standards and Interfaces*, 51, 71–86. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2016.06.003>
- OMG (2011). *Business Process Model and Notation (BPMN) Version 2.0. Business*. Obtido de <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/About-BPMN/>
- Peralta, M., Salgado, C., Montejano, G., & Riesco, D. (2016). Las Redes Sociales y la Nube: Un nuevo Paradigma para los Procesos de Negocio. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, 2016(18), 66–82. <https://doi.org/10.17013/risti.18.66-82>

- Rademakers, T. (2012). *Activiti in Action: Executable business processes in BPMN 2.0*. Shelter Island: Manning Publications.
- Richardson, C., & Miers, D. (2013). The Forrester Wave: BPM Suites, Q1 2013. Obtido de <https://www.forrester.com/report/The+Forrester+Wave+BPM+Suites+Q1+2013/-/E-RES88581>
- Sousa, M., Lopes, N., Ribeiro, O., & Silva, J. (2018). Evaluation of BPM tools open source/freeware. In *2018 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*. IEEE. <https://doi.org/10.23919/CISTI.2018.8398642>
- Van der Aalst, W. M. P. (2013). Business Process Management: A Comprehensive Survey. *ISRN Software Engineering, 2013*, 1–37. <https://doi.org/10.1155/2013/507984>
- Van der Aalst, W. M. P., ter Hofstede, A. H. M., & Weske, M. (2003). Business Process Management: A Survey. In *Business Process Management. BPM 2003. Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 2678, pp. 1–12). Berlin: Springer.
- Van der Aalst, W. M. P., & van Hee, K. (2004). *Workflow Management: Models, Methods and Systems*. US: The MIT Press.
- Vanti, A. A., Solana-González, P., & Seibert, R. (2018). Corporate governance and IT corporate governance using the analytic hierarchy process in creating value. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao, 2018(27)*, 86–108. <https://doi.org/10.17013/risti.27.86-108>
- Weske, M. (2012). *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures* (2.^a ed.). Berlin: Springer.

Gestão da arquitetura empresarial na governação de microsserviços

Carlos Roberto Pinheiro¹, Sérgio Guerreiro^{2,3}, André Vasconcelos^{2,3}

carlos.guti@gmail.com, sergio.guerreiro@tecnico.ulisboa.pt, andre.vasconcelos@tecnico.ulisboa.pt

¹ Universidade Aberta, Lisboa, Portugal

² Instituto Superior Técnico, University of Lisbon, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisbon, Portugal

³ INESC-ID, Rua Alves Redol 9, 1000-029 Lisbon, Portugal

DOI: 10.17013/risti.35.86–100

Resumo: A arquitetura de microsserviços é um estilo arquitetural para construção de sistemas distribuídos através de um conjunto de pequenos serviços autónomos. Este trabalho investiga os fatores relevantes acerca da arquitetura de microsserviços na perspetiva da Gestão da Arquitetura Empresarial (GAE) e propõe uma arquitetura padrão representada em ArchiMate, que suporta a função de planear e manter a arquitetura atualizada. Esta arquitetura padrão define, (i) princípios e contexto de governação, (ii) uma estrutura genérica para constituição das equipas, e (iii) uma arquitetura de referência contendo padrões tecnológicos. A proposta visa atender ao papel da gestão da arquitetura empresarial através da governação descentralizada e suportar as equipas de microsserviços de modo menos intrusivo e restritivo possível. A proposta arquitetural é avaliada por intermédio da realização de entrevistas e de um inquérito aplicado a profissionais de diferentes áreas de negócio.

Palavras-chave: Gestão da Arquitetura Empresarial; Arquitetura Empresarial Adaptativa; Arquitetura de Microsserviços; SOA

Enterprise architecture management in microservice governance

Abstract: Microservice architecture is an architectural style to building distributed systems through a set of small standalone services. This paper investigates the relevant factors about the microservices architecture from the perspective of Enterprise Architecture Management (EAM) and proposes a reference architecture represented in ArchiMate, which supports the function of planning and keeping the architecture up to date. This reference architecture defines, (i) governance principles and context, (ii) a generic team building structure, and (iii) an architecture model containing technology standards. The proposal aims to address the role of enterprise architecture management through decentralized governance and to support microservice teams in the least intrusive and restrictive way possible. The architectural proposal is evaluated through interviews and a survey applied to professionals from different business areas.

Keywords: Enterprise Architecture Management; Adaptive Enterprise Architecture; Microservice Architecture; SOA.

1. Introdução

A arquitetura de microsserviços é um estilo arquitetural para a construção de sistemas distribuídos baseados em microsserviços. Embora os microsserviços sejam componentes que individualmente apresentem uma baixa complexidade, os sistemas baseados em microsserviços são altamente complexos devido à heterogeneidade de tecnologia, volatilidade e alta granularidade dos componentes (Bogner & Zimmermann, 2016a). Apesar desta complexidade, é importante gerir e garantir o alinhamento e a integração entre a modelação destes sistemas e a gestão da arquitetura empresarial (Cabrera et al, 2015), por fatores como, o controlo da proliferação de tecnologias, a eficiência e eficácia dos sistemas de informação, o valor gerado para o negócio da organização, a coordenação do desenvolvimento arquitetural entre diferentes áreas da organização, e outros. Assim, procuramos identificar o que deve ser observado e documentado na arquitetura empresarial ao adotar-se uma arquitetura de microsserviços com base no TOGAF (The Open Group, 2018) e modelar estes fatores em ArchiMate (The Open Group, 2017). Este modelo pode servir como uma referência para a arquitetura de microsserviços, procurando garantir a rastreabilidade entre a arquitetura empresarial e a arquitetura de microsserviços. Para atingir este objetivo, são identificados os aspetos da arquitetura de microsserviços que são relevantes para a gestão da arquitetura empresarial e como devem ser descritos num modelo organizacional, a fim de garantir a gestão das dependências entre os componentes arquiteturais, sua eficiência e eficácia. E finalmente, este artigo, propõe-se também descrever estes aspetos em ArchiMate.

Esta pesquisa propõe um modelo abstrato viável que resolve a dificuldade de representar os aspetos relevantes da arquitetura de microsserviços ao nível da arquitetura empresarial por meio de artefactos inovadores, contribuindo para novos conhecimentos sobre como projetar os sistemas baseados na arquitetura de microsserviços. *Design Science Research Methodology* (DSRM) (Hevner & Chatterjee, 2010) foi a metodologia escolhida para esta investigação.

O documento está organizado da seguinte forma. A secção 2 apresenta a revisão de literatura. Na secção 3 detalha-se a proposta para a gestão da arquitetura empresarial na governação de microsserviços. De seguida, na secção 4, relata-se a avaliação que foi executada sobre a proposta. Finalmente, a secção 5 conclui o trabalho e identifica o trabalho futuro a ser desenvolvido neste domínio.

2. Revisão de literatura

Para identificar o estado da arte, fizemos uma revisão sistemática através de Research Gate, Google Scholar e AIS e-library com a chave: (“Enterprise Architecture Management” OR “Adaptive Enterprise Architecture” OR “Adaptable Enterprise Architecture”) AND (Microservice* OR SOA), na qual aplicamos sucessivos critérios de eliminação de publicações fora dos objetivos da pesquisa ou de origem predatória. A Tabela 1 mostra uma visão quantitativa desse processo.

Etapas/Critério de Exclusão	Research Gate	Google Scholar	AIS
Total de Publicações	70	382	75
Língua	0	197	56
Relevância do Título	0	99	48
Publicações Predatórias	0	91	0
Resumo, introdução e conclusão	5	25	9
Total Restante	39		

Tabela 1 – Visão quantitativa revisão sistemática da literatura

Por fim, a análise dos conteúdos das 39 publicações restantes somadas a algumas de pesquisas exploratórias resultou na seleção de 18 contribuições.

Microsserviços são pequenos serviços autônomos, publicáveis de forma independente (Newman, 2015). O tema microsserviços tem despertado um grande interesse, mas ainda se encontra na infância acadêmica, razão pela qual a maioria dos artigos é caracterizada por questões relacionadas a soluções no nível tecnológico e de infraestrutura (Francesco, Malavolta, & Lago, 2017). Isso reforça a importância em investigar características relacionadas à comunicação entre arquitetos e outras partes interessadas no nível corporativo. Identificamos algumas questões e dificuldades na gestão da arquitetura empresarial relatadas na literatura. A autonomia das equipas de microsserviços reduzem a necessidade de comunicação no nível corporativo, o que dificulta a sincronização de estratégias corporativas (Lenarduzzi & Sievi-Korte, 2018). É difícil determinar claramente o contexto e a granularidade dos microsserviços (Soldani, Tamburri, & Van Den Heuvel, 2018). A falta de clareza na definição do contexto do microsserviço e da definição da responsabilidade pelos microsserviços favorece a duplicação de funções e leva a ineficiências (Yale Yu, Silveira, & Sundaram, 2016). Ademais, é difícil manter as equipas treinadas e a coordenação entre equipas (Salah, Jamal Zemerly, Chan Yeob Yeun, Al-Qutayri, & Al-Hammadi, 2016).

No contexto da arquitetura empresarial, a inovação nos sistemas de informação assume papel estratégico em resposta ao contexto de extrema competitividade (Abreu, Carvalho, & Rocha, 2018). Por outro lado, os sistemas de informação são amplamente cobertos pelo TOGAF e ArchiMate, bem como os serviços por SOA. No entanto, as implicações sobre as restrições impostas pela arquitetura de microsserviços exigem novas visões para acomodar o desafio de governar a sua adoção sem bloquear inovações. Considerando que a arquitetura empresarial deve ser aberta e flexível, permitindo escolhas ágeis de tecnologia, infraestrutura e outros (Fernandes, 2018), juntamos duas abordagens que se complementam. Uma *top-down*, com base no TOGAF para planear a arquitetura; e outra *bottom-up* baseada na composição de minidescrições arquiteturais proposta por Bogner & Zimmermann (2016a), que complementa o modelo e permite capturar algumas decisões atualizando a visão da arquitetura empresarial a partir da implementação e evolução dos microsserviços. *The Open Group* também desenvolveu uma arquitetura de referência de microsserviços (Balakrishnan et al., 2016), mas em um nível alto, não modelado em ArchiMate e considerando apenas cenários *green-field*,

onde todos os aspetos podem ser geridos sem preocupações sobre legados. No entanto, não suporta uma solução para organizações que são altamente reguladas e que adotarão esta arquitetura em um cenário *brown-field*, de coexistência com grandes estruturas legadas e normas rígidas.

3. Proposta

Apesar da arquitetura de microsserviços promover a governação descentralizada, é importante manter o alinhamento organizacional e estratégico, otimizando investimentos e controlando custos em Tecnologias da Informação (TI). Neste trabalho, buscamos ampliar as referências existentes agregando três elementos chave: (i) uma abordagem para modelar as visões corporativas da arquitetura de microsserviços; (ii) uma visão detalhada do sistema composta por minidescrições arquiteturais que permite manter os modelos arquiteturais atualizados; (iii) e uma arquitetura de referência modelada em ArchiMate. Os principais aspetos identificados estão listados na Tabela 2.

Características	Implicações para a Arquitetura Empresarial
Implementação agnóstica	Permite que cada microsserviço utilize a tecnologia que lhe convier para resolver o problema de negócio. Apesar de ser uma vantagem e prover grande flexibilidade, deve ser gerida de forma a evitar o excesso de tecnologias (Yale Yu et al., 2016). Assim, as principais tecnologias disponíveis na organização devem estar no modelo corporativo para apoiar as equipas na seleção das tecnologias, e suas escolhas devem ser registadas para rastreamento e gestão do conhecimento.
Totalmente desacoplado	Os microsserviços devem ser totalmente independentes uns dos outros. Para isso, um microsserviço deve implementar uma função de negócio atómica, que deve ser identificada pela decomposição de um processo de negócio da organização (Balakrushnan et al., 2016).
Baseado em nuvem	Geralmente, os microsserviços usam infraestrutura na nuvem e a escalabilidade automática implica uma volatilidade dos custos de infraestrutura (Balakrushnan et al., 2016; Yale Yu et al., 2016). Esta infraestrutura pode ser mapeada no modelo corporativo para permitir a implementação de mecanismos globais para monitorar o uso e o custo da nuvem.
Interface bem definida com um contrato publicado (API)	Um microsserviço expõe uma interface de comunicação (API) bem definida com um contrato publicado, que é exposto por meio de um gateway de API (Balakrushnan et al., 2016; Yale Yu et al., 2016). Como o <i>gateway</i> de API é um componente transversal, deve ser governado no nível corporativo e ser representado no modelo ligando os microsserviços para fornecer uma visão acerca do relacionamento entre cada API e os demais componentes da arquitetura.
Governança descentralizada	A governação descentralizada consiste na ideia de que uma única equipa é responsável por gerir autonomamente todo o ciclo de vida do microsserviço (Balakrushnan et al., 2016; Fowler & Lewis, 2014; Newman, 2015). O modelo deve representar as preocupações e estruturas de governação da arquitetura empresarial e de microsserviços.
Orientado a produtos e domínio de negócio	Os microsserviços devem ser orientados a produtos ao invés de projetos (Fowler & Lewis, 2014; Newman, 2015). Os processos e motivações de produtos e negócio devem guiar a definição do contexto dos microsserviços. O modelo da arquitetura deverá tornar esse contexto claro. Ademais, os microsserviços devem ser representados no modelo arquitetural vinculados à função negócio que realizam.

Estrutura organizacional	As equipas de microsserviços devem ser estruturadas em torno de produtos (Newman, 2015). Além disso, a arquitetura de microsserviços é amparada por práticas BuzDevOps e requer uma visão arquitetural de como as equipas são organizadas (Drews, Schirmer, Horlach, & Tekaatt, 2017).
---------------------------------	--

Tabela 2 – Aspetos e implicações dos microsserviços para a Arquitetura Empresarial

Para delimitar os contextos da governação dos microsserviços (Figura 1), consideramos dois princípios fundamentais da governação no nível corporativo ou no nível da equipa de microsserviços. (i) A governação dos microsserviços na arquitetura empresarial deve ser mantida mínima e não intrusiva; (ii) uma única equipa tem total responsabilidade por um microsserviço.

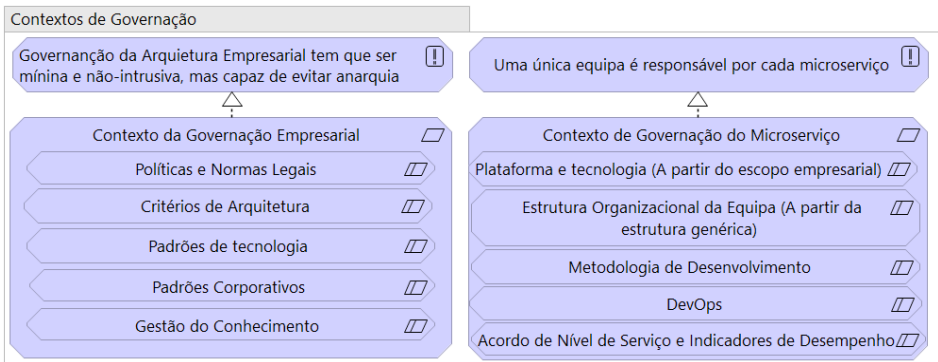


Figura 1 – Princípios e Contextos de Governação (adaptado de Balakrushnan et al., 2016)

A arquitetura de microsserviços requer uma estrutura organizacional que suporte a visão de produto. Na Figura 2, os principais papéis da estrutura proposta são o arquiteto empresarial, o *Product Owner* e o arquiteto do microsserviço. O arquiteto empresarial tem a responsabilidade de manter os modelos arquiteturais integrados e manter o conjunto de requisitos e recomendações do nível corporativo para os microsserviços. Estes três papéis participam do quadro de governação corporativa a fim de manter o alinhamento das questões transversais da arquitetura.

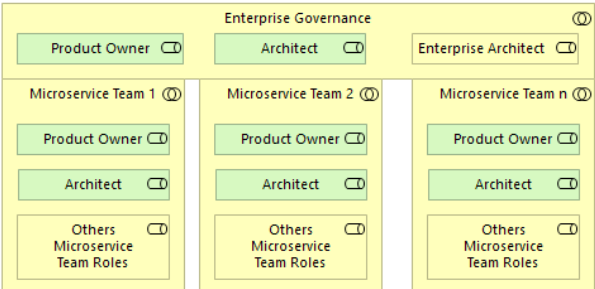


Figura 2 – Estrutura das Equipas (adaptado de Balakrushnan et al., 2016)

Para ajudar a equipa de microserviços a escolher a melhor tecnologia para as suas necessidades, o modelo corporativo deve fornecer um catálogo de tecnologias, que consideram a sua relevância quanto a gestão de conhecimento e custos. A Figura 3 é uma adaptação do modelo proposto por Balakrushnan et al., (2016) enriquecido por alguns outros aspetos descritos por Yale Yu, Silveira, & Sundaram (2016). Nele são representadas recomendações ou requisitos de tecnologias para microserviços, observando que dentro da Arquitetura Interna é uma recomendação visando evitar os riscos potenciais do excesso de tecnologias, mas sem restringir a inovação.

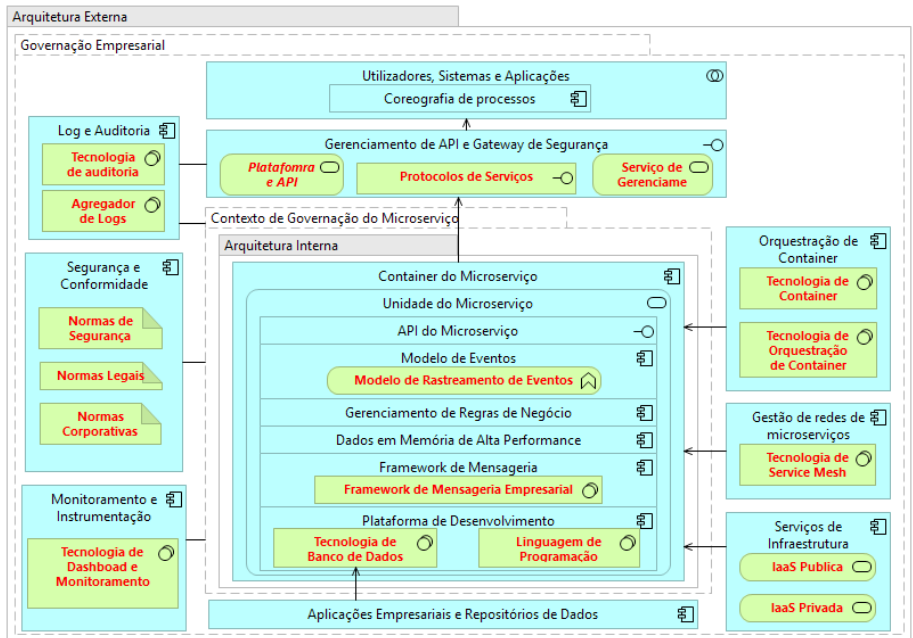


Figura 3 – Padrões de Tecnologia Flexível (fonte: autor)

Um microserviço é parte de um sistema “produto”, mas observamos que as fronteiras entre as diferentes capacidades de negócio e sistemas podem não ser claras (Soldani et al., 2018). Assim, propomos uma matriz CRUD (Figura 4) para identificar agrupamentos

Matriz CRUD	Entidades								
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
C1	CU	CRU							
C2		CRD	P1				R	R	
C3			CRU	C					
C4			CD	UR	P2		R		
C5			R	R	CRU				
C6						UD	CD	P3	
C7			R					CRU	
C8	R				R			CRD	D
C9						P4			CRU

Figura 4 – Matriz CRUD de Produtos (fonte: autor)

de informação e definir os produtos. Esta matriz determina o contexto inicial para os microsserviços.

Tendo como norte que é desejável delegar tantas decisões quanto possível à equipa de microsserviços, propõe-se a matriz da Figura 5, que define as responsabilidades sobre a governação de cada aspeto arquitetural. Nesta matriz, as linhas representam as preocupações de governação e as colunas os componentes arquiteturais. As células indicam se a responsabilidade principal reside na Equipa de TI corporativa (ET), autonomamente na Equipa de Microsserviço (EM), ou na equipa de Microsserviço, mas limitadas por Recomendações empresariais (MR).

Matriz de Responsabilidade - Contextos de Governação	Arquitetura Externa										Arquitetura Interna									
	Utilizadores, Sistemas e Aplicações	Gerenciamento de API e Gateway de Segurança		Monitoramento e Instrumentação	Orquestração de Container	Log e Auditoria	Segurança e Conformidade	Gestão de redes de microsserviços	Aplicações Empresariais e Repositórios de Dados	Serviços de Infraestrutura e Nuvem	Container do Microsserviço	Unidade do Microsserviço		API do Microsserviço		Modelo de Eventos	Regras de Negócio	Dados em Memória de Alta Performance	Ferramenta de Mensageria	Plataforma de Desenvolvimento
	Políticas e Normas Legais	ET	ET	ET		ET	ET		ET											
	Critérios de Arquitetura	ET	ET	ET	ET	ET	ET	ET	ET	ET	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	MR
	Padrões de Tecnologia		ET	ET	ET	ET	ET	ET	ET	ET	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM
	Padrões Corporativos	ET	ET	ET	ET	ET	ET	ET	ET	ET					MR				MR	MR
	Gestão do Conhecimento										EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM
	Plataforma e Tecnologia										MR	EM	EM	MR	EM	EM	EM	MR	MR	MR
	Estrutura Organizacional da Equipe											MR								
	Development Methodology										EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM
DevOps										EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	
ANS e Indicadores de Desempenho										EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	

Figura 5 – Matriz de Responsabilidade da Governação (fonte: autor)

Uma vez que uma equipa tem o controlo sobre a governação dos microsserviços, é necessário manter o modelo de arquitetura empresarial atualizado. Para isso, usamos um modelo de minidescrições arquiteturais em ArchiMate (Figura 6).

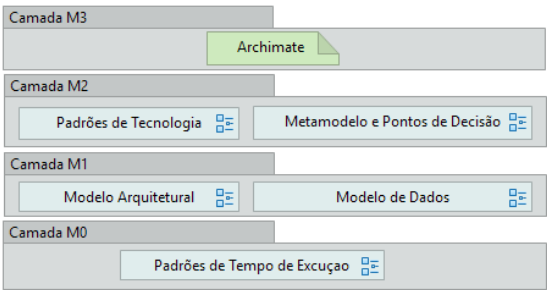


Figura 6 – Minidescrição de Microsserviços (Adaptado de Bogner & Zimmermann, 2016b)

Estas minidescrições são utilizadas para que as mudanças no microsserviço sejam capturadas e atualizem automaticamente o modelo de arquitetura empresarial, garantindo que a visão corporativa tenha sempre a informação mais atual possível. Na

camada M3 é descrito a linguagem utilizada para modelar as visões arquiteturais dos microserviços. Na camada M2 são representadas a arquitetura de referência e restrições corporativas. Ela descreve as principais tecnologias e padrões que a arquitetura de microserviços deve seguir e um link para o catálogo de tecnologias disponíveis. A camada M1 é uma visão da arquitetura de cada microserviço descrevendo os microserviços com informações resultantes das escolhas sobre as opções disponíveis na arquitetura empresarial e detalha aspetos de implementação como, regras de negócio, entidades informacionais, modelos de eventos, serviços de aplicações e interfaces consumidas. A camada MO regista informações de execução, como monetização e custos por uso.

4. Avaliação

Esta secção descreve a avaliação e os resultados alcançados na solução dos problemas de investigação (Peffer, Tuunanen, Rothenberger, & Chatterjee, 2007)

Observamos a necessidade de se governar alguns aspetos da arquitetura de microserviços no nível empresarial e identificamos questões e dificuldades relatadas na literatura. Notamos a mudança do papel da gestão da arquitetura empresarial, de um papel restritivo para um consultivo, visando apoiar as equipas em questões transversais, rastrear mudanças na arquitetura empresarial e assegurar transparência de custos e gestão de riscos. Para apoiar o novo papel da gestão da arquitetura empresarial propusemos um modelo com algumas visões arquiteturais complementar a outras propostas. Procuramos fornecer uma abordagem para delimitar o contexto dos produtos de microserviços, o que ajuda a escolha da equipa responsável pelos produtos e também uma visão para manter visualmente um catálogo de tecnologias no nível empresarial, além de uma proposta para manter o modelo de arquitetura empresarial atualizado a partir da evolução de cada microserviço.

Para confirmar a utilidade e uso da solução por arquitetos no contexto da arquitetura de microserviços, realizámos um questionário seguido de entrevistas com profissionais especialistas que fazem parte de equipas de microserviços, com foco em avaliar o contributo da solução na mitigação dos riscos corporativos. Ao correlacionar a solução aos riscos corporativos, temos evidências objetivas sobre o contributo da solução para a gestão da arquitetura empresarial, provando a sua eficácia e relevância. Nestas entrevistas, seguimos uma dinâmica onde apresentámos aos entrevistados as questões de pesquisa, os problemas identificados e a solução proposta. Em seguida, pedimos que respondessem ao questionário a fim de confirmar as percepções se os aspetos apresentados eram de facto ligados aos riscos listados, o quanto eles concordavam com isso, e se a solução proposta como um todo contribui para mitigação de cada risco. No final, concluímos as entrevistas pedindo-lhes um *feedback* aberto visando identificar o que funcionou melhor e entender o que não funcionou tão bem. Os riscos estão listados em baixo e melhor descritos adiante nesta secção.

1. Risco de reduzir a flexibilidade/agilidade da TI na entrega ao negócio
2. Risco de aumentar o custo de formação
3. Risco de aumentar o custo de licenciamento
4. Risco no controlo do custo da infraestrutura de TI
5. Risco de exposição à falta de suporte

6. Risco de uso inadequado de soluções de TI
7. Risco de reduzir o nível de reutilização do serviço
8. Risco de não conformidade com normas de segurança
9. Risco de não conformidade com normas reguladoras externas

Para confirmar que os problemas identificados estão relacionados com as preocupações corporativas, correlacionamos estes riscos aos objetivos de TI descritos no *COBIT* (2012). Os riscos identificados e suas relações com os objetivos de TI são explicados em seguida.

1.Reduzir a flexibilidade/agilidade da TI

Apesar dos benefícios das decisões descentralizadas sobre a melhor tecnologia para cada caso, a diversidade descontrolada de tecnologias tem impactos negativos na agilidade da TI, uma vez que pode reduzir a mobilidade dos recursos humanos. Além disso, a falta de mobilidade pode impactar a motivação dos profissionais de TI. Também pode impedir o uso otimizado de ativos e recursos de TI. Outro papel importante da TI é apoiar as inovações de negócio, no entanto, manter o conhecimento e a expertise nessas tecnologias torna-se mais difícil e isso pode impactar as iniciativas para as inovações de negócios. Ademais, a descentralização permite utilizar soluções específicas para resolver problemas locais, no entanto, sua utilização pode ser inadequada numa visão corporativa.

2. Aumento do custo de formação

A diversidade descontrolada de tecnologias pode aumentar o custo de formação. O risco de aumentar o custo da capacitação das pessoas em nossa visão está relacionado à transparência do custo, aos benefícios e riscos de cada tecnologia. Escolher uma nova tecnologia para resolver um problema que já foi resolvido usando a tecnologia existente na empresa implica a perda de agilidade para as equipas, que têm que amadurecer na nova tecnologia. Este aspeto também está relacionado a não otimizar recursos e ativos de TI. Além disso, pode impactar negativamente o conhecimento e expertise necessária para apoiar as inovações de negócios e para manter a competência e motivação do pessoal de negócio e TI.

3. Aumento do custo de licenciamento

A diversidade de tecnologias para a mesma finalidade pode aumentar o custo das licenças, o custo de infraestruturas na nuvem, e a dificuldade de gerenciá-los. Assim, pode dificultar a realização dos benefícios pretendidos pelos investimentos em TI e complicar a gestão do portfólio de serviços. Embora essa diversidade permita uma racionalização de custos do uso da nuvem, o custo efetivo de gerenciar as licenças pode ficar oculto, implicando na falta de transparência de custos de TI e dificuldade de otimizar o uso de ativos e recursos de TI.

4. Aumento do custo da infraestrutura de TI

A diversidade pode causar um aumento ou falta de controlo sobre o custo do uso de recursos de infraestrutura em nuvem. O que pode dificultar a realização dos benefícios esperados dos investimentos em TI. Se não for claramente controlado, pode interferir na

transparência dos riscos e impactar a infraestrutura de processamento em caso de falta de orçamento suficiente para suportar incrementos de infraestrutura, bem como pode afetar a otimização dos recursos de TI.

5. Exposição à falta de suporte.

Escolhas completamente autônomas podem levar à escolha de tecnologias que não são suficientemente robustas para garantir a continuidade, como tecnologias que podem ser descontinuadas ou abandonadas pela comunidade. Pode ser mais difícil recrutar pessoas com conhecimento na tecnologia, ou interessadas em aprendê-la, implicando em dificuldades para gerenciar e motivar o pessoal de TI, bem como, em risco à continuidade dos negócios. As escolhas de tecnologias abandonadas ou com comunidade pequena podem ocultar o custo gasto internamente para manter o suporte no nível de TI. Este tipo de situações soa como um possível uso inadequado da solução tecnológica e também afetam a agilidade de TI, pois provavelmente a equipa terá que investigar os problemas sem ajuda parceiros especializados. Sem ninguém para recorrer, nenhum perito e apoio comunitário, os profissionais da organização podem se deparar com um sentimento de impotência para resolver problemas e isso pode impactar a motivação desses profissionais.

6. Uso inadequado da solução de TI.

A escolha autónoma da tecnologia pode levar a escolhas inapropriadas do ponto de vista da integração com outras aplicações corporativas. Por exemplo, o uso de um protocolo de comunicação que outras aplicações e parceiros não estejam prontos integrar. Claramente este risco está relacionado ao uso inadequado de soluções tecnológicas. Possivelmente, também implica em dificuldade na otimização de ativos e recursos de TI e por fim, acaba por reduzir a agilidade de TI.

7. Redução do nível de reutilização do serviço.

Reutilização é um princípio e um benefício importante do SOA e contribui para a agilidade da TI. A má definição do contexto de microsserviços pode levar a serviços duplicados, contribuindo para ineficiências na gestão de custos e de capacidade de TI. Um baixo nível de reutilização implica o uso não otimizado de recursos e os custos de manutenção de dois serviços podem ficar escondidos.

8. Não conformidade com as políticas de segurança corporativas.

Quanto maior a diversidade de tecnologias para o mesmo propósito, maior a dificuldade de gerir e mitigar possíveis vulnerabilidades de segurança da informação. Implica na falta de transparência dos riscos, uma exposição à segurança da informação e a outras políticas internas.

9. Não conformidade com as políticas regulatórias.

Por exemplo, uma regra reguladora pode determinar que os registos de dados devem ser imutáveis e armazenados por um determinado período de tempo em um determinado ambiente. Um exemplo é em contabilidade, onde uma vez registado um evento, não

pode mais ser alterado, apenas compensado. Este risco é relacionado à conformidade da TI e ao suporte para o cumprimento das normas regulatórias. Além disso, é importante perceber a transparência deste risco, seu custo e benefícios em mitigá-lo. Ademais, a não-conformidade com normas reguladoras pode resultar em um uso inadequado da informação.

Questionário e Entrevistas

O questionário foi desenvolvido a partir dos nove riscos identificados. Para cada risco foram aplicadas duas questões utilizando uma escala Likert de 5 pontos, procurando confirmar a existência do risco e o quanto o modelo apresentado mitiga o risco. Dez profissionais de TI participaram das entrevistas, todos parte de equipas de microsserviços, de quatro organizações diferentes, descritas a seguir: uma empresa especializada em ferramentas de CRM com forte presença no mercado de *shopping centers* no Brasil que está reconstruindo seus produtos em uma arquitetura de microsserviços, visando escalabilidade e mudança em seu modelo de negócios de licenciamento anual para cobrança por uso; duas empresas fazem parte do maior grupo de *mass media* da América Latina e utilizam intensamente microsserviços para suportar o grande número de leitores móveis e online, sendo uma responsável pelo jornal de maior circulação no Brasil e outra responsável pela publicação de um grande número de revistas; e uma empresa de consultoria especializada em APIs e microsserviços classificada como líder na Forrester e visionária no Gartner com uma grande base de clientes em áreas como bancos, seguros, pagamentos e outros.

5. Resultados

Avaliamos o quanto os participantes concordavam com a análise de riscos apresentada partir de uma escala Likert de 1 a 5, onde 1 significa o não reconhecimento da existência de risco a nível empresarial e seus impactos e 5 total reconhecimento do risco e seus impactos a nível empresarial. E depois o quanto concordavam que a solução demonstrada ajuda a resolver os riscos num grau de concordância a partir da escala Likert de 1 a 5, onde 1 significa que a solução não contribui para mitigar o risco associado e 5 significa o total reconhecimento de que a solução apresentada contribui para a mitigação do risco e seus impactos. O resultado é mostrado nos gráficos *box plot* da Figura 7 e da Figura 8.

Na Figura 7 podemos observar a distribuição no reconhecimento de risco, enquanto na Figura 8 a distribuição do reconhecimento da utilidade da solução na mitigação destes riscos. Estes gráficos descartam os *outliers*, que apresentam respostas muito discrepantes e poderiam distorcer a análise. A partir do gráfico da avaliação de riscos (Figura 7) podemos notar que a menor variação e o maior valor correspondem ao risco em aumentar o custo de formação e ao risco relacionado com a falta de suporte, seguido pelo risco de reduzir a flexibilidade/agilidade da TI e da não conformidade com normas regulatórias. Assim, conclui-se que esses riscos têm maior reconhecimento entre os entrevistados. Enquanto as maiores variações estão relacionadas ao risco de aumento no custo de licenciamento e de uso inadequado de soluções de TI, indicando menor concordância entre os entrevistados. No entanto, analisando a faixa ocupada entre o primeiro e o terceiro quartil percebemos que todos os riscos identificados foram reconhecidos. Os maiores riscos para essas organizações, aumentar o custo de formação

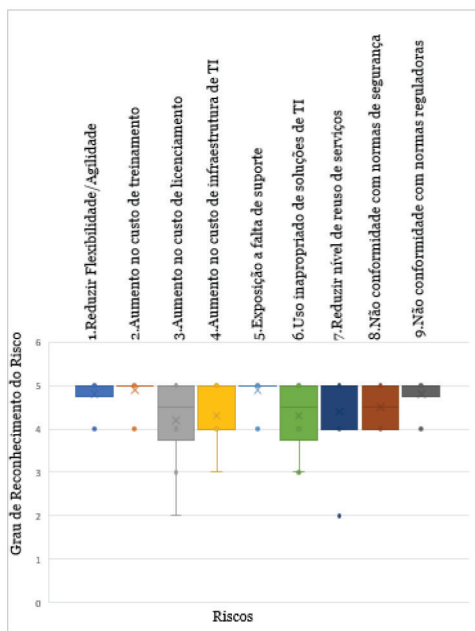


Figura 7 – Box Plot Avaliação dos Riscos

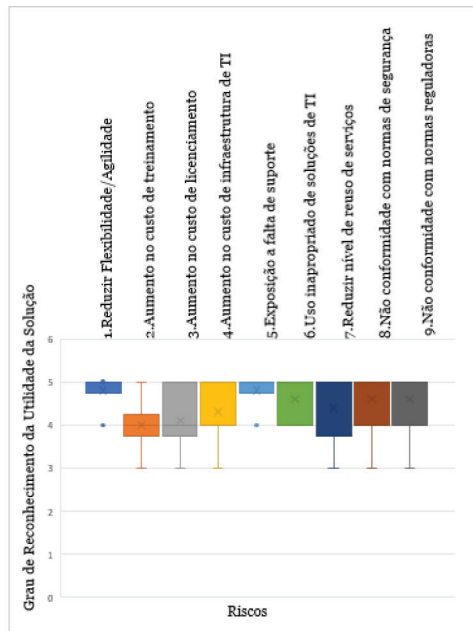


Figura 8 – Box Plot Avaliação da Solução

e falta de suporte, apontam para uma forte preocupação quanto ao domínio efetivo das tecnologias utilizadas. Esses dois riscos alertam para dificuldades na resolução de problemas nessas tecnologias, reduzindo a velocidade de entrega de soluções, o que reforça o terceiro risco na classificação, o de reduzir a flexibilidade/agilidade da TI.

O gráfico da avaliação da solução (Figura 8) confirma que a proposta ajuda a mitigar todos os riscos identificados, uma vez que todos os riscos tiveram pontuações elevadas quando desconsiderando os *outliers*. As menores variações são relativas à mitigação dos riscos na redução da flexibilidade/agilidade e na exposição à falta de apoio, indicando maior consenso entre os participantes. Além disso, este consenso está na faixa mais alta, o que demonstra que o maior impacto em termos de mitigação de risco está relacionado com estes dois riscos. Por outro lado, as maiores variações estão relacionadas com a mitigação de aumento do custo de licenciamento e da redução do nível de reutilização de serviços. Neste caso, há diferenças entre percepções do contributo da solução para a mitigação destes riscos. Embora encontremos menos consenso sobre esses riscos, eles ainda estão numa faixa elevada. A menor contribuição está relacionada com o aumento no custo de formação, que está longe do valor máximo, portanto, este é o ponto mais fraco em relação à percepção da utilidade da solução. Controlar os custos de formação, por sua vez, está diretamente ligado à preocupação com a gestão do conhecimento e o domínio efetivo das tecnologias utilizadas, diagnosticadas na análise de riscos.

Ao final, foi solicitado aos participantes feedback aberto focando a análise na percepção dos riscos, de como o modelo poderia contribuir para as suas organizações e as razões que os levam a não concordar com a solução em termos de contributo para a redução dos riscos quando respondido um grau inferior a 5. Algumas considerações foram feitas

nesta fase. A probabilidade de um microsserviço aumentar o custo da licença, bem como os custos de infraestrutura e de uso da nuvem, relacionados aos riscos 3 e 4, podem ser baixos, considerando a capacidade de aumentar ou diminuir automaticamente a quantidade de instâncias de microsserviços. Sobre o risco relacionado ao uso inadequado da solução de TI, o argumento de que as escolhas autônomas podem dificultar a integração a outras aplicações corporativas, pode ter baixa probabilidade e impacto, porque os microsserviços comunicam através de diferentes requisitos técnicos para a integração e facilmente evoluem se uma nova interface for necessária. A duplicação de funções e a eventual redução da reutilização pode ser aceitável em favor da agilidade das mudanças e não ter de conciliar interesses de diferentes contextos. Por exemplo, um microsserviço responsável pelos dados do “produto” parece ser reutilizável, mas quando o levamos para o contexto de um assinante de TV paga, ele terá um universo de dados e operações distintos de um produto do contexto de uma revista de papel. Embora a entidade pareça a mesma, para contextos diferentes pode não ser verdade. Em geral, modelo foi considerado útil, principalmente por apresentar luz sobre as preocupações corporativas e outros insights para a adoção da arquitetura de microsserviços. O modelo apresentado não resolve totalmente o risco de duplicação de funções e microsserviços, embora contribua para o nível de reutilização ao definir um contexto para o sistema de microsserviço. Também não consegue resolver a granularidade de cada microsserviço, uma vez que o contexto é definido em um nível ainda alto. A empresa de CRM demonstrou menor preocupação com custos de licenciamento e suporte, preferindo utilizar tecnologias gratuitas e de código aberto, sendo muito sensíveis ao custo da infraestrutura. Já as empresas do grupo de *mass media*, demonstraram maior preocupação com a falta de suporte e a conformidade com as normas internas e externas. Essas diferenças mostram como os riscos têm pesos diferentes para cada organização, embora tenham sido considerados importantes.

6. Conclusões e trabalho futuro

Com o objetivo de apoiar a Gestão da Arquitetura Empresarial na condução dos aspetos mais relevantes sobre a arquitetura de microsserviços, desenvolvemos um modelo em ArchiMate contento os princípios, as responsabilidades de governação, os contextos delimitadores de produtos, uma estrutura de equipa e uma visão de arquitetura de tecnologias para microsserviços. Este modelo permite manter os requisitos e recomendações da arquitetura empresarial para as equipas de microsserviços, bem como manter atualizadas as informações sobre os microsserviços, a fim de prover transparência de custos e equilíbrio quanto aos benefícios da governação descentralizada. O modelo proposto aborda aspetos que as outras referências isoladamente não abrangem, além de dois *gaps* não cobertos por nenhuma das outras referências, tais como, um método para definir o contexto e tamanho de um sistema baseado em microsserviços e um modelo para manter um catálogo de tecnologias, capaz de evitar a anarquia tecnológica.

Por fim, a análise de impacto da arquitetura de microsserviços sobre os riscos empresariais reforça a necessidade de suporte da arquitetura empresarial acerca de temas envolvendo mais de um sistema/equipa no nível corporativo. Esta análise pode ajudar as empresas que desejam adotar a arquitetura de microsserviços, bem como outros investigadores a refletir sobre como lidar com estes aspetos e riscos.

Apesar da viabilidade demonstrada, a união de duas abordagens diferentes, uma *top-down* para planear a arquitetura e outra para atualizar o modelo por uma perspetiva *bottom-up*, não apresenta uma solução fluída. Assim, para o trabalho futuro, persistem algumas lacunas, como na gestão do conhecimento, que ainda não está explícito na modelo proposto. Ademais, ainda parece haver muitas responsabilidades compartilhadas entre a governação no nível corporativo e a governação no nível dos microserviços. Este não foi o foco desta investigação, mas certamente abre um ponto de discussão sobre os benefícios reais em manter cada espectro na governação empresarial ou delegá-lo à equipa de microserviços. As premissas feitas para o desenvolvimento desta investigação sobre a existência da dificuldade das organizações em manter o alinhamento entre as arquiteturas empresarial e de microserviços, bem como os aspetos discutidos, merecem mais investigação. Ainda, um método automatizado de recolha de dados para atualizar o modelo pode ser investigado, conforme proposto por Bogner & Zimmermann (2016a). E por fim, o modelo proposto deve ser aplicado e avaliado em casos reais para enriquecer a solução com experiências em diferentes domínios.

Agradecimentos

Este trabalho foi parcialmente suportado por fundos nacionais através da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) com a referência UID/CEC/50021/2019 e pela Comissão Europeia no programa H2020 sobre o acordo de contrato 822404 (projecto QualiChain).

Referências

- Abreu, A., Carvalho, J. V., & Rocha, Á. (2018). New challenges of information systems in the current context of organizations. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, 2018(30), ix. Doi: <https://doi.org/10.17013/risti.30.0>
- Balakrushnan, S., Bell, J., Currier, B., Packard, H., Harrington, E. E., Helstrom, B., ... & Martins, M. (2016). *Microservices Architecture*. Retrieved from The Open Group website: <https://publications.opengroup.org/white-papers/soa/w169>
- Bogner, J., & Zimmermann, A. (2016a). Adaptable digital enterprise architecture with microservices. In *10th Advanced Summer School on Service Oriented Computing*, 59–61. Retrieved from <https://publikationen.reutlingen-university.de/frontdoor/index/index/docId/1384>
- Bogner, J., & Zimmermann, A. (2016b). Towards Integrating Microservices with Adaptable Enterprise Architecture. In *Proceedings - IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Workshop, EDOCW*. Doi: <https://doi.org/10.1109/EDOCW.2016.7584392>
- COBIT (2012). *A Business Framework for the Governance and Management of Enterprise IT*. Retrieved from <http://www.isaca.org/cobit/pages/default.aspx>
- Drews, P., Schirmer, I., Horlach, B., & Tekaath, C. (2017). Bimodal Enterprise Architecture Management: The Emergence of a New EAM Function for a BizDevOps-Based Fast IT. In *IEEE 21st International Enterprise Distributed Object Computing Workshop (EDOCW)*, 57–64. Doi: <https://doi.org/10.1109/EDOCW.2017.18>

- Fernandes, S. (2018). New challenges in is: The increasing importance of cyber-physical processes. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, 2018(30), 51–61. Doi: <https://doi.org/10.17013/risti.30.51-61>
- Fowler, M., & Lewis, J. (2014). Microservices - A definition of this new architectural term. Retrieved November 20, 2019, from ThoughtWorks website: <https://martinfowler.com/articles/microservices.html>
- Francesco, P. Di, Malavolta, I., & Lago, P. (2017). Research on Architecting Microservices: Trends, Focus, and Potential for Industrial Adoption. In *2017 IEEE International Conference on Software Architecture (ICSA)*, 21–30. Doi: <https://doi.org/10.1109/ICSA.2017.24>
- Hevner, A. R., & Chatterjee, S. (2010). Design Research in Information Systems: Theory and Practice. In *Springer* (Vol. 2). Doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6108-2>
- Lenarduzzi, V., & Sievi-Korte, O. (2018). On the negative impact of team independence in microservices software development. In *Proceedings of the 19th International Conference on Agile Software Development Companion - XP '18*, 1–4. Doi: <https://doi.org/10.1145/3234152.3234191>
- Newman, S. (2015). *Building microservices: Designing Fine-Grained Systems*. Sebastopol, CA, EUA: O'Reilly Media.
- Peppers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., & Chatterjee, S. (2007). A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. *Journal of Management Information Systems*, 24(3), 45–77. Doi: <https://doi.org/10.2753/miso742-1222240302>
- Salah, T., Zemerly, M.J., Chan, C.Y., Al-Qutayri, M., & Al-Hammadi, Y. (2016). The evolution of distributed systems towards microservices architecture. In *2016 11th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions (ICITST)*, 318–325. Doi: <https://doi.org/10.1109/ICITST.2016.7856721>
- Soldani, J., Tamburri, D. A., & Van Den Heuvel, W.-J. J. (2018). The pains and gains of microservices: A Systematic grey literature review. *Journal of Systems and Software*, 146, 215–232. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.09.082>
- The Open Group (2017). ArchiMate® 3.0.1 Specification. *The Open Group Standard*. Retrieved from <http://pubs.opengroup.org/architecture/archimate3-doc/>
- The Open Group (2018). The TOGAF® Standard, Version 9.2. Retrieved February 16, 2019, from <https://publications.opengroup.org/standards/togaf/c182>
- Yale, Yu, Silveira, H., & Sundaram, M. (2016). A microservice based reference architecture model in the context of enterprise architecture. In *2016 IEEE Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC)*, 1856–1860. Doi: <https://doi.org/10.1109/IMCEC.2016.7867539>

Suporte Tecnológico para o Auxílio do Professor na Avaliação segundo à BNCC

Letícia M. Portela¹, Greicy Nayara P. Zagui¹, Fabio André G. dos Santos², Flávia Aparecida Reitz Cardoso¹, Rafael Liberato¹

leticiaportela@alunos.utfpr.edu.br, greicypazini@gmail.com, fabio.santos@ifpr.edu.br, reitz@utfpr.edu.br, liberato@utfpr.edu.br

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Via Rosalina Maria dos Santos, 1233, 87301-899, Campo Mourão – PR, Brasil

² Instituto Federal do Paraná, Rua José Felipe Tequinha, 1400, 87703-536, Paranavaí – PR, Brasil

DOI: 10.17013/risti.35.101–116

Resumo: A educação brasileira tem passado por profundas reformulações com a criação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), um documento que tem o intuito de definir um conjunto de aprendizagens essenciais, composto por competências e habilidades que deve ser desenvolvido pelos alunos em cada período da educação básica. A implantação da BNCC afeta diretamente o trabalho do professor, pois ela é responsável por nortear quais habilidades devem ser desenvolvidas pelos alunos e a avaliação caracteriza-se como um dos principais instrumentos utilizados para verificação do progresso do aprendizado. No entanto, fatores como a alta carga horária em sala de aula e o elevado número de alunos sob sua tutela, colocam em risco a eficácia desse instrumento. Assim, objetivou-se a investigação do impacto que uma ferramenta tecnológica pode proporcionar aos professores na elaboração e interpretação dos resultados da avaliação. Para sustentar a investigação, um protótipo foi desenvolvido e aplicado em uma turma do Ensino Fundamental I de uma escola do setor privado. Os resultados mostraram que a ferramenta foi capaz de revelar informações relevantes não percebidas pelo professor.

Palavras-chave: Avaliação; Habilidade; Competência; BNCC.

Technology Support for Teacher Assistance in BNCC Assessment

Abstract: Brazilian education has undergone deep reformulations with the creation of the Common National Curriculum Base (BNCC), a document that aims to define a set of essential learning, composed by competences and and skills to be developed by students in each period of basic education. The BNCC affects the teacher's work, because it is responsible for guiding which skills should be developed by the students and the assessment is characterized as one of the main tools used to verify the learning progress. However, factors such as the high workload in the classroom and the large number of students under its supervision put the effectiveness of this instrument at risk. Thus, the objective was to investigate the impact that a technological tool can provide to teachers on the elaboration and interpretation

of assessment results. To support the research, a prototype was developed and applied in an elementary school class at a private school. The results showed that the prototype was able to reveal relevant information unnoticed by the teacher.

Keywords: Evaluation; Assessment, Skills; Competence; BNCC.

1. Introdução

A educação brasileira tem passado por profundas reformulações com a criação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Em discussão desde 2015 e com versão final lançada em 2018, a BNCC prevê uma série de modificações para as três etapas da Educação Básica no Brasil: Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio. A base se caracteriza como um documento governamental normativo criado com o intuito de definir um conjunto de aprendizagens essenciais, compostas por competências e habilidades, que deve ser desenvolvido pelos alunos ao longo do período que contempla a educação básica (Ministério da Educação, 2018). O documento fornece ainda parâmetros para orientar não apenas a elaboração dos currículos, mas também a elaboração e revisão das propostas pedagógicas, as políticas para formação de professores, os materiais didáticos e as avaliações oriundas de escolas públicas e particulares. As escolas devem adequar seus currículos até o início do ano letivo de 2020.

A implantação da BNCC afeta diretamente o professor, pois ele deverá ser capaz de diagnosticar o desempenho dos alunos nas habilidades definidas pelo documento. A avaliação é um dos principais instrumentos para verificar o progresso do aprendizado e fornecer informações relevantes para intervenções pedagógicas. A eficácia desse instrumento está diretamente atrelada à capacidade do professor em elaborar a avaliação e interpretar seus resultados. No entanto, considerando o cenário atual da educação brasileira, alguns fatores colocam em risco a eficácia deste instrumento, tais como: a alta carga horária em sala de aula, o elevado número de alunos sob sua tutela e a ausência de suporte tecnológico adequado à avaliação.

Para exemplificar a influência desses fatores na avaliação, considera-se o cenário real de um professor de História que leciona na rede particular de ensino na cidade de Campo Mourão no estado do Paraná. Este professor possui uma jornada semanal de 20 horas. Leciona 2 aulas da disciplina de História para 1 turma do 6º ano, 2 turmas do 8º ano e 6 turmas do 9º ano, totalizando 18 horas semanais em sala de aula e 2 horas semanais para as demais atividades inerentes à profissão (preparação da avaliação, correção, preparação de aulas, etc.). O professor leciona para, aproximadamente, 200 alunos (entre 20 e 25 alunos por turma). Segundo a BNCC, o aluno deve desenvolver 19 habilidades no 6º ano, 27 habilidades no 8º ano e 36 habilidades no 9º ano. Portanto, o professor deverá ser capaz de diagnosticar o desenvolvimento de 82 habilidades para, aproximadamente, 200 alunos.

Diante do exposto, este trabalho propõe a investigação do impacto que uma ferramenta tecnológica pode proporcionar aos professores na elaboração e interpretação dos resultados da avaliação. A hipótese é que essa ferramenta tecnológica produza informações significativas sobre o desempenho dos alunos que não seriam percebidas dado os fatores supracitados. Essas informações poderiam auxiliar o professor na interpretação dos resultados, potencializando a eficácia da avaliação no processo de

ensino-aprendizagem. A investigação foi conduzida com o objetivo de responder às seguintes Questões de Pesquisa: **(QP1)** A ferramenta tecnológica evidenciou informações que foram imperceptíveis ao professor na avaliação dos alunos segundo as habilidades propostas na BNCC? **(QP2)** As informações evidenciadas pela ferramenta tecnológica proporcionaram reflexões sobre possíveis intervenções pedagógicas?

Para responder à QP1 e QP2, inicialmente, desenvolveu-se um protótipo de software com funcionalidades em potencial para auxiliar o professor no processo de avaliação das habilidades da BNCC. Em seguida, o protótipo foi aplicado durante a avaliação na disciplina de Matemática de uma turma do 5º ano do Ensino Fundamental I em uma escola particular do município de Campo Mourão no estado do Paraná. A aplicação do protótipo ocorreu no segundo quadrimestre de 2019 e teve o acompanhamento da professora da disciplina. As questões de pesquisa foram respondidas com base na discussão dos resultados proporcionados pelo protótipo juntamente com a professora da disciplina e a coordenadora pedagógica.

O artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a fundamentação teórica e os trabalhos relacionados, a Seção 3 descreve a metodologia utilizada, a Seção 4 apresenta os resultados e, por fim, a Seção 5 apresenta a conclusão e os trabalhos futuros.

2. Fundamentação Teórica e Trabalhos Relacionados

Esta seção tem por objetivo elucidar os conceitos que serviram de base para a elaboração do presente trabalho.

2.1. Avaliação de Aprendizagem

De uma forma geral, a avaliação de aprendizagem se caracteriza como um instrumento para verificar o progresso do estudante e a qualidade do conhecimento adquirido, implicando em uma reflexão que leva a tomadas de decisão para aceitar este resultado ou elaborar estratégias para sua melhoria (Luckesi, 2005). De forma complementar, Carneiro et al. (2017) defendem que a avaliação de aprendizagem é um recurso utilizado continuamente em âmbito educacional, sendo um dos seus papéis direcionar a prática pedagógica com base nos objetivos de aprendizagem que foram propostos. Além disso, Torres, et al. (2018) apontam que a avaliação é um processo fundamental da aprendizagem, visto que ela é responsável por fornecer informações cruciais sobre o desenvolvimento de novos conhecimentos pelos alunos. O pensamento de tais autores se assemelha com o que se encontra na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), que apresenta a avaliação como um processo cumulativo e contínuo, e aponta que os aspectos qualitativos da avaliação devem prevalecer sobre os aspectos quantitativos (Senado Federal, 2018).

Dessa maneira, cabe ao docente e equipe pedagógica definir a forma com que a avaliação de aprendizagem será conduzida em sala de aula, ou seja, quais os elementos que irão compor todo o processo de avaliação (conteúdos, instrumentos de avaliação, etc.). Assim, o processo de avaliação pode assumir diversos formatos e, devido a isso, são encontrados na literatura algumas classificações de avaliações conforme a metodologia empregada ao longo do seu desenvolvimento e, dentre os tipos de avaliação, destacam-se a Avaliação Diagnóstica, a Avaliação Formativa e a Avaliação Somativa.

De acordo com Nascimento (2017, p. 651), a Avaliação Diagnóstica “acontece antes da ação, no intuito de avaliar qual é o desempenho do educando referente ao processo de ensino, para que se possa desenvolver o currículo escolar em função do que foi diagnosticado”. Assim, se a avaliação diagnóstica for bem executada, é possível traçar estratégias que auxiliem no processo de ensino e aprendizagem.

Já a Avaliação Formativa caracteriza-se por ser contínua e realizada ao longo de todo o período letivo, permitindo constatar se os alunos estão desenvolvendo seus conhecimentos conforme o esperado em cada etapa de aprendizagem, antes de prosseguir para as próximas (Freitas, da Costa & de Miranda, 2014). Por meio deste tipo de avaliação, o professor tem a possibilidade de realizar intervenções pedagógicas, as quais servem de auxílio tanto para o professor, como para os alunos, visto que o professor pode sanar as dificuldades apresentadas pelos alunos e aperfeiçoar seus procedimentos de ensino.

Por fim, a Avaliação Somativa, também chamada de Classificatória, tem por característica principal ser aplicada no final do processo de ensino, com o objetivo de identificar o nível de aproveitamento do estudante e determinar sua aprovação ou não (Nascimento, 2017). Neste tipo de avaliação há a classificação do aluno com base na quantidade de conhecimento que ele reproduz nas provas.

No que diz respeito à forma com que a avaliação de aprendizagem é tratada na educação brasileira, nos últimos anos houveram muitos debates dos quais um deles culminou na criação da BNCC, uma iniciativa do governo brasileiro que tem por finalidade definir quais as competências que devem ser adquiridas pelos alunos na educação básica. A próxima seção esclarece melhor os aspectos relativos à BNCC.

2.2. Base Nacional Comum Curricular (BNCC)

A discussão sobre a criação de uma BNCC começou por volta de 2015 e, desde então, foram lançadas algumas versões da base, até chegar na versão atual (lançada em 2018) que se intitula como a versão final. A criação da BNCC foi pautada na ideia da existência de um currículo unificado na educação, o qual poderia ser adotado pelas escolas de forma a promover a equidade educacional e o alinhamento entre elementos fundamentais da educação, tais como o conteúdo ensinado, formação dos professores, materiais didáticos, dentre outros (Heinsfeld & da Silva, 2018).

O objetivo da BNCC é o de nortear a formulação dos currículos escolares, de forma que seja possível estipular quais as competências e habilidades que devem ser adquiridas e aperfeiçoadas pelos alunos na educação básica. Alguns países já adotam essa abordagem de ensino pautada no desenvolvimento de competências, como é o caso da Espanha, Colômbia, Peru, dentre outros (Duran et. al., 2017).

Os agrupamentos de competências e habilidades apresentados na BNCC não compõem um modelo obrigatório, mas sim, uma forma de explicitar com clareza o que se deseja que os alunos aprendam ao longo da educação básica (Ministério da Educação, 2018). Além disso, a BNCC deve obedecer à LDB, que explicita em seu Artigo 26º que “os currículos da Educação Infantil, do Ensino Fundamental e do Ensino Médio devem ter base nacional comum, a ser complementada, em cada sistema de ensino e em cada estabelecimento

escolar, por uma parte diversificada, exigida pelas características regionais e locais da sociedade, da cultura, da economia e dos educandos (Senado Federal, 2018, p. 19)”.

A estrutura da BNCC foi projetada de modo a promover o desenvolvimento de dez competências gerais distribuídas entre as três etapas da educação básica: Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio. Segundo a BNCC (Ministério da Educação, 2018, p. 8), “uma competência é uma espécie de mobilizador de conhecimento, habilidade, atitudes e valores pessoais que contribuem na resolução de problemas que não estão apenas na esfera educacional, mas também, na esfera cotidiana”.

Como são apresentados alguns termos importantes ao longo do texto da base, vale ressaltar que alguns destes termos devem ser esclarecidos, como o conceito de competência, por exemplo, um destes termos já esclarecido anteriormente, mas, que ao defini-lo, foi apresentado outro termo muito importante: habilidade, que, de acordo com a BNCC trata-se de um conjunto de elementos que “(...) expressam as aprendizagens essenciais que devem ser asseguradas aos alunos nos diferentes contextos escolares” (Ministério da Educação, 2018, p. 29).

As habilidades foram mapeadas para um código alfanumérico, onde cada grupo de dígitos deste código traz consigo um significado (Ministério da Educação, 2018). O código é composto por quatro pares de caracteres, onde o primeiro par possui duas letras que identificam a etapa da educação básica; o segundo par possui dois números que remetem ao ano de ensino; o terceiro par possui duas letras que caracterizam a disciplina e, por último, o quarto par possui dois números que indicam a posição sequencial da habilidade. Para exemplificar, ao analisar o código **EF05MA01**, sabe-se que se trata da primeira habilidade da disciplina de Matemática do quinto ano do Ensino Fundamental.

Para comprovar a grande quantidade de habilidades existentes, a Tabela 1 apresenta a quantidade de habilidades de Matemática distribuídas pelos duas etapas do Ensino Fundamental.

Etapa	Quantidade de habilidades
Ensino Fundamental I (1º ao 5º ano)	126
Ensino Fundamental II (6º ao 9º ano)	121
Total	247

Tabela 1 – Distribuição das habilidades de Matemática no Ensino Fundamental

Como pode-se verificar pela Tabela 1, são muitas habilidades em cada etapa, resultando em uma gama de habilidades que devem ser avaliadas pelo professor apenas para uma disciplina do Ensino Fundamental. Vale ressaltar que o processo de avaliação das competências e habilidades pode acabar se tornando um processo complicado e passível de imprecisão, devido a grande quantidade de informação que deve ser analisada (Duran et al., 2017). Além disso, atualmente não existe nenhuma ferramenta amplamente conhecida que auxilie os professores neste processo de verificação do desenvolvimento das habilidades e competências da BNCC pelos alunos. Para explorar melhor esta

afirmação, na seção seguinte são apresentados alguns trabalhos que se aproximam um pouco da ideia do protótipo apresentado neste trabalho.

2.3. Trabalhos Relacionados

Durante os últimos anos, diversas contribuições tecnológicas foram propostas com o intuito de apoiar o processo de avaliação de aprendizagem. As iniciativas surgiram a partir de diferentes segmentos, tais como acadêmico, privado e público, com soluções sob diferentes perspectivas. Dentre os trabalhos pesquisados, selecionou-se os que mais se aproximam do presente trabalho. No segmento acadêmico, destacam-se os trabalhos de Piva et al. (2017) e Bessa e Silva (2017). No segmento privado, destacam-se as ferramentas **Studos**¹ e **AppProva**². Por fim, no segmento público, destaca-se a iniciativa do Governo do Paraná intitulada **Prova Paraná**³.

A iniciativa do setor acadêmico proposta em Piva et al. (2017) apresenta o **SAA**⁴ - Sistema de Avaliação de Aprendizagem, uma ferramenta Web destinada a automatizar o processo de avaliação de aprendizagem, levando em consideração princípios da avaliação formativa e da metodologia de ensino de sala de aula invertida (também chamada de Flipped Classroom).

O trabalho apresentado por Bessa e Silva (2017) propõe o sistema **Multiprova**⁵ destinado à elaboração e gerenciamento de avaliações. Além de criar as avaliações pelo sistema, o professor também pode corrigir as provas por um aplicativo associado à ferramenta. Este sistema também está disponível online e possui integração com o sistema de gestão acadêmica SIGAA. Para o desenvolvimento do **Multiprova**, também foram considerados elementos relacionados ao conceito de avaliação formativa.

No setor privado, a aplicação **Studos** propõe um sistema composto por módulos destinados aos pais, alunos, professores e gestores. O módulo destinado aos professores, permite a criação de provas e possui um banco de questões, tendo como foco principal otimizar o tempo do professor.

O **AppProva** é uma plataforma destinada aos alunos e as instituições de ensino, tendo como objetivo ajudar os professores a identificar os pontos falhos dos seus alunos e melhorar o processo de aprendizagem. Além disso, o sistema se propõe em otimizar o tempo dos professores, efetuar a comparação dos alunos com outros alunos de todo o Brasil e disponibiliza simulados que utilizam o mesmo critério de avaliação do Enem, a TRI (Teoria de Resposta ao Item).

Por fim, destaca-se uma interessante iniciativa da Secretaria de Educação do Governo do Paraná denominada **Prova Paraná**. O objetivo desta iniciativa é levantar informações sobre a qualidade do ensino no estado. A **Prova Paraná** caracteriza-se como uma

¹ **Studos**: <<https://studios.com.br/>>

² **AppProva**: <<http://appprova.com.br/>>

³ Sistema Web da **Prova Paraná**: <<https://provaparana.azurewebsites.net/>>

⁴ **SSA**: <<http://www.saa.pro.br>>

⁵ **Multiprova**: <<http://multiprova.ufrn.br/multiprova/>>

avaliação diagnóstica com o objetivo de contribuir na análise do nível de aprendizagem dos estudantes com relação às disciplinas de Língua Portuguesa e Matemática. Esta ferramenta é destinada a professores, gestores e secretários de educação, possibilitando que ações de melhoria de aprendizagem sejam tomadas com base nos diagnósticos obtidos. Nesta iniciativa, as avaliações são disponibilizadas na forma impressa às escolas da rede pública, um aplicativo é disponibilizado para correção e um sistema Web para que os usuários possam acompanhar os resultados das provas aplicadas.

3. Metodologia

A pesquisa foi conduzida de acordo com as etapas ilustradas na Figura 1. Na **primeira etapa**, foram buscadas escolas do setor público ou privado do município de Campo Mourão no estado do Paraná que estivessem reformulando seus currículos conforme a BNCC. Nessa etapa, estabeleceu-se uma parceria com uma escola do setor privado que possui o ciclo completo da educação básica. Em conjunto com a direção e coordenação pedagógica da escola, selecionou-se como objeto de investigação a avaliação da turma do 5º ano do Ensino Fundamental I na disciplina de Matemática.

Após a definição do objeto de investigação, deu-se início à **etapa de imersão** que ocorreu no primeiro quadrimestre de 2019. Esta etapa consistiu em acompanhar o planejamento da avaliação da disciplina durante o quadrimestre. Foi obtida uma compreensão detalhada de como o professor planejava a avaliação diante da necessidade de verificar o desenvolvimento das habilidades requeridas pela BNCC. Observou-se como o professor articulou as habilidades norteadoras da BNCC com o seu planejamento de avaliação sob três perspectivas: (a) planejamento das aulas, (b) planejamento dos testes e (c) interpretação dos resultados dos testes. O entendimento resultante desta análise foi que, na perspectiva (a), o professor não mantinha um controle de quais habilidades eram estimuladas em cada aula. Ao final do primeiro quadrimestre, a partir do seu diário de classe, o professor não foi capaz de responder de forma precisa qual era a proporção em que as habilidades da BNCC foram estimuladas durante todo o período. Na perspectiva (b), o professor planejou testes para diagnosticar o progresso dos alunos com relação ao desenvolvimento das habilidades. No entanto, não se percebeu nenhum protocolo sistemático para a seleção das questões e atribuição dos pesos. Por fim, na perspectiva (c), o professor corrigiu os testes e atribuiu as notas. Para os alunos com nota inferior a 60, o professor oferecia uma atividade extra como oportunidade de recuperação. Tal como

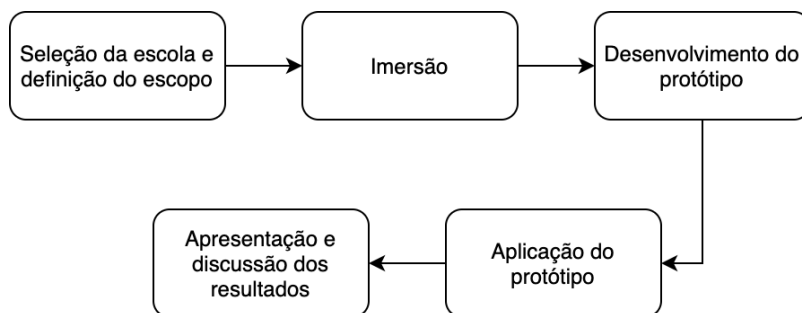


Figura 1 – Sequência das etapas desenvolvidas.

nas outras perspectivas, não se teve nenhuma forma sistemática na interpretação dos resultados, pois o professor proporcionava formas de recuperação para os alunos, mas não tinha informações concretas de quais habilidades o aluno apresentou dificuldade.

A partir das dificuldades identificadas, teve início a **etapa de desenvolvimento do protótipo** sob as mesmas perspectivas da etapa anterior. Na perspectiva (a), foi desenvolvido um módulo para o professor registrar o seu diário de classe. Para cada aula, o professor registra o dia da aula, o conteúdo e a habilidade da BNCC estimulada pelo conteúdo ministrado. Na perspectiva (b), desenvolveu-se um módulo para auxiliar o professor no planejamento dos testes. Nesse módulo, o professor cria o teste e define para cada questão um peso e a habilidade que a questão objetiva avaliar. A Tabela 3 ilustra um exemplo do planejamento de um teste segundo o módulo desenvolvido.

Questão	Valor da questão	Código da Habilidade	Descrição da Habilidade
Q1	30	EFo5MAo1	Ler, escrever e ordenar números naturais até a ordem das centenas de milhar com compreensão das principais características do sistema de numeração decimal.
Q2	25	EFo5MAo3	Identificar e representar frações (menores e maiores que a unidade), associando-as ao resultado de uma divisão ou à ideia de parte de um todo, utilizando a reta numérica como recurso.
Q4	10	EFo5MAo4	Identificar frações equivalentes.
Q5	35	EFo5MAo6	Associar as representações 10%, 25%, 50%, 75% e 100% respectivamente à décima parte, quarta parte, metade, três quartos e um inteiro, para calcular porcentagens, utilizando estratégias pessoais, cálculo mental e calculadora, em contextos de educação financeira, entre outros.
Total	100		

Tabela 3 – Exemplo do planejamento de um teste.

Na perspectiva (c), foi desenvolvido dois módulos: um para correção e outro para apresentação da síntese dos resultados. No módulo de correção, o professor registra a nota obtida por cada aluno em cada questão do teste planejado. A Tabela 4 ilustra um exemplo do módulo de resultados do teste exemplificado na Tabela 3. No módulo de síntese dos resultados, o professor tem acesso às informações sobre o resultado individual e da turma com base nas habilidades da BNCC. A Figura 2 ilustra uma tela do protótipo desenvolvido nesta etapa.

Aluno	Nota final	Q1 (30)	Q2 (25)	Q2 (10)	Q3 (35)
Aluno1	65	25	20	0	25
Aluno2	91	28	23	10	30
Aluno3	55	20	15	5	15
Aluno4	85	30	10	10	35

Tabela 4 – Exemplo do módulo de correção.

Com o protótipo desenvolvido, a **etapa de aplicação** ocorreu no segundo quadrimestre de 2019. Nessa etapa, o professor apenas utilizou o protótipo para registrar as informações. O professor realizou o processo de avaliação da forma convencional sem o auxílio das informações produzidas pelo protótipo. Optou-se por essa estratégia para que, ao final do quadrimestre, o professor tivesse a oportunidade de refletir sobre as informações produzidas em comparação com sua abordagem tradicional. Esperava-se que o professor ponderasse se as informações produzidas pelo protótipo teriam alterado seu planejamento da avaliação e sua interpretação dos resultados. Portanto, durante essa etapa o professor registrou no protótipo as aulas ministradas associando a elas as respectivas habilidades. Além disso, o professor também planejou e corrigiu três testes programados para o período utilizando o protótipo. Como mencionado, o professor fez a interpretação dos resultados da forma convencional sem o auxílio do protótipo.

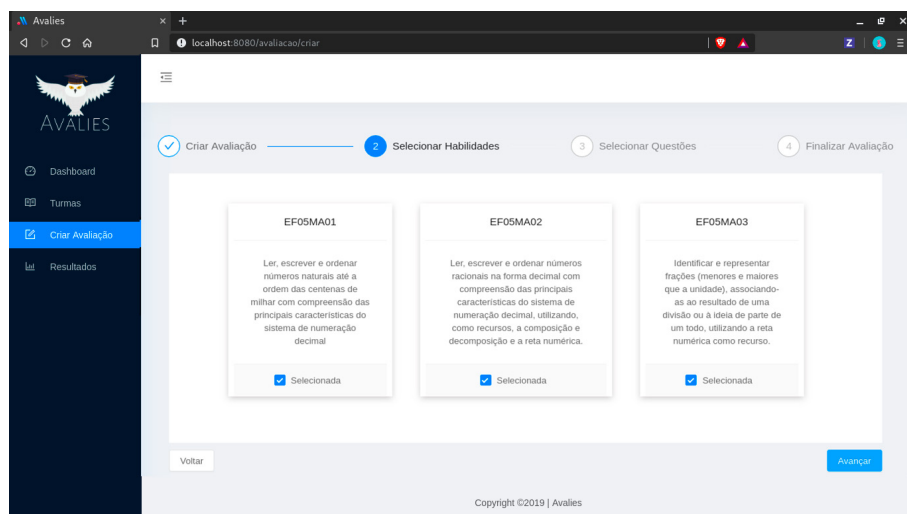


Figura 2 – Tela do planejamento do teste.

Finalizado o quadrimestre, teve início a última etapa do experimento apresentando as informações geradas pelo protótipo para o professor. Esta etapa foi realizada com a participação da coordenação pedagógica da escola e os resultados são apresentados no capítulo a seguir.

4. Resultados e Discussões

Os resultados são apresentados e discutidos sob as mesmas perspectivas utilizadas na metodologia. Esses resultados foram obtidos a partir da aplicação do protótipo na avaliação do segundo quadrimestre de 2019 da disciplina de matemática do 5º ano do Ensino Fundamental I de uma escola do setor privado de Campo Mourão - PR.

4.1. Planejamento de aula

Durante o período analisado, o professor registrou 42 aulas utilizando o protótipo. Como ilustra a Figura 3, o protótipo produziu o gráfico que mostra quais habilidades (e em que proporção) o professor trabalhou durante suas aulas. Em todo o quadrimestre, 13 das 25 habilidades foram alvo dos conteúdos das aulas ministradas. As habilidades mais estimuladas foram a EF05MA06 e a EF05MA08 com, aproximadamente, 20% cada uma. As habilidades com menos aulas foram as EF05MA10, EF05MA16, EF05MA21 e EF05MA24 com uma única aula durante o período. O professor relatou que o gráfico trouxe informações que são difíceis de perceber no planejamento manual e que foi possível observar pontos passíveis de aperfeiçoamento.

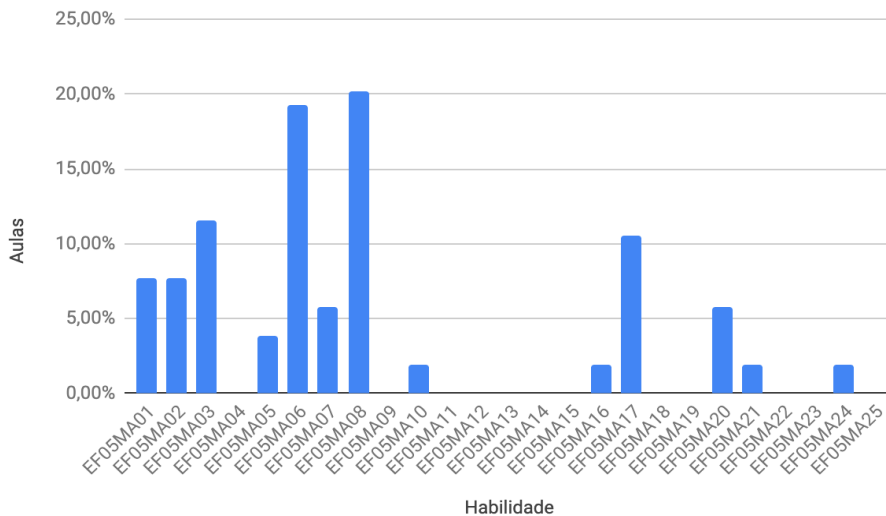


Figura 3 – Habilidades estimuladas durante as aulas.

4.2. Planejamento da avaliação

Durante o quadrimestre, o professor planejou três testes com o objetivo de avaliar o desenvolvimento dos alunos nas habilidades trabalhadas nas aulas. A Figura 4 apresenta o gráfico com o planejamento da avaliação com relação às habilidades, ou seja, qual o peso de cada habilidade no processo avaliativo. Essas informações foram produzidas com base no valor atribuído às questões e as respectivas habilidades. Ressalta-se que o esforço adicional despendido na elaboração das avaliações por meio do protótipo foi mínimo. O professor precisava inserir apenas três informações por questão: o identificador, o peso na avaliação e a habilidade avaliada. O professor avaliou 10 habilidades nos testes e as habilidades com mais peso na avaliação foram a EF05MA01 e a EF05MA06 com, aproximadamente, 20%.

Algumas divergências foram identificadas entre o planeamento das aulas e o planeamento da avaliação. Para ilustrar essas divergências, a Figura 5 ilustra um gráfico com os planeamentos de aula e de avaliação no mesmo plano. Neste gráfico, percebe-se que a habilidade EF05MA08 recebeu mais atenção durante as aulas (20,19%) e menos na avaliação (9,33%). A habilidade EF05MA01 foi trabalhada em 7,69% das aulas e mais do que o dobro na avaliação 20,50%. A habilidade EF05MA04 não foi trabalhada em nenhuma aula, mas foi responsável por 8% da avaliação. Além disso, 4 habilidades foram trabalhadas em 11,54% das aulas, mas não foram avaliadas nos testes.

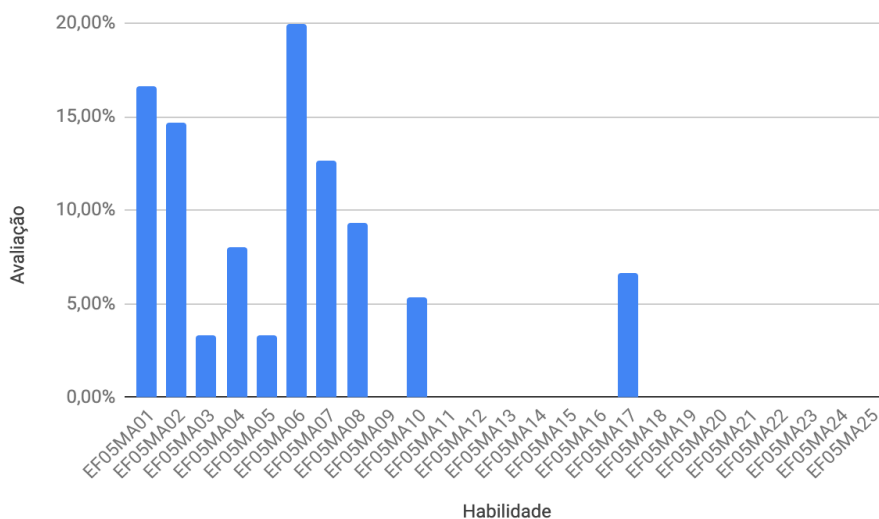


Figura 4 – Habilidades avaliadas pelos três testes.

As informações apresentadas na Figura 5 causaram surpresa no professor, pois a identificação de algumas divergências foi inesperada. O professor relatou que levará essas informações em consideração para o planeamento das aulas e da avaliação do terceiro quadrimestre.

Além disso, para cada teste, o protótipo também produziu um gráfico com a relevância das habilidades avaliadas. A Figura 6 ilustra a relevância das habilidades no primeiro teste planeado pelo professor. O gráfico demonstra que o professor planejou o teste para avaliar três principais habilidades: a EF05MA01 (26%), a EF05MA06 (22%) e a EF05MA07 (28%). A partir dessas informações, conclui-se que o desempenho das habilidades específicas tem maior relevância na avaliação. O professor relatou que, caso tivesse acesso a essas informações durante o planeamento do teste, elas teriam o auxiliado em uma melhor distribuição dos pesos nas questões.

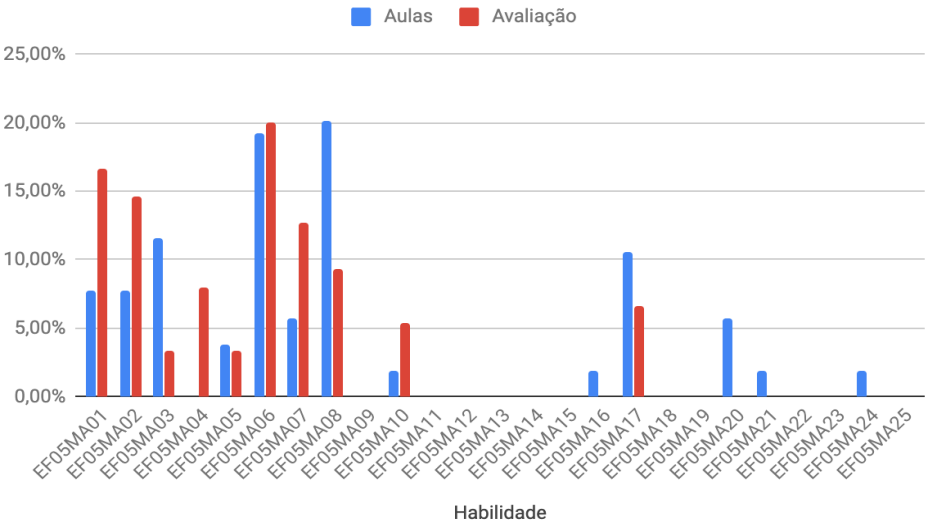


Figura 5 – Habilidades estimuladas durante as aulas e cobradas na avaliação.

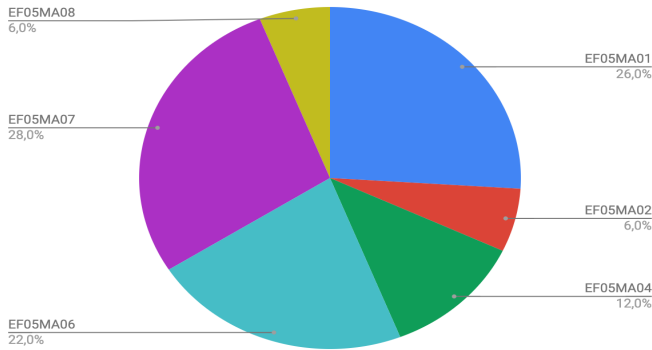


Figura 6 – Habilidades estimuladas durante as aulas e cobradas na avaliação.

4.3. Interpretação dos resultados

Após o registro das notas obtidas pelos alunos nos testes, o protótipo produziu informações individuais e da turma sobre o desempenho nas habilidades avaliadas. Em virtude do limite de páginas disponível, apresentamos os resultados dos três testes agrupados na Tabela 5. A tabela está ordenada em ordem decrescente pela média das notas obtidas pelos alunos nos três testes.

A primeira coluna da tabela corresponde aos alunos cujos nomes foram preservados por privacidade. A segunda coluna apresenta a média das notas obtidas nos três testes e da terceira coluna em diante, os valores representam o desempenho do aluno na habilidade. Considerando somente a média das notas, é possível afirmar que o desempenho dos alunos foi bem satisfatório. A média da turma foi 75,79 e somente os alunos A25 e A11 não alcançaram a média escolar 60. No entanto, ao analisar o desempenho nas habilidades, alguns dados chamaram a atenção. O aluno A13 obteve a terceira maior média da turma, porém, não apresentou desempenho satisfatório em 3 das 10 habilidades avaliadas. Essa informação é relevante, pois a dificuldade demonstrada pelo aluno nas habilidades EF05MA07, EF05MA08 e EF05MA10 passa despercebida diante da média alta obtida por ele. Diversos outros alunos se encontram na mesma situação e a probabilidade de suas dificuldades passarem despercebidas pelo professor é expressiva. Outra informação que chamou a atenção foi o desempenho do aluno A14. Ele obteve apenas a oitava melhor média da turma (79,33), mas apresentou desempenho satisfatório em todas as habilidades. Apenas três dos vinte e cinco alunos apresentaram desempenho satisfatório em todas as habilidades avaliadas.

O topo de cada coluna das habilidades representa a média do desempenho da turma na habilidade. Chama a atenção o baixo desempenho da turma nas habilidades EF05MA07 e EF05MA10. Essa informação revela uma situação que merece uma investigação mais profunda para certificar o que ocorreu e planejar as intervenções pedagógicas, se necessário. O professor e a coordenação pedagógica se surpreenderam com os dados expostos por essa tabela. Eles relataram que a tabela traz à luz diversas informações que o professor não teria condições de perceber sem o auxílio da ferramenta. Também identificaram oportunidades de potencializar o aprendizado dos alunos. Uma das oportunidades discutidas foi o agrupamento dos alunos por dificuldades para a aplicação de uma recuperação direcionada à dificuldade específica.

Desempenho por habilidade		68,34%	80,83%	71,43%	81,74%	100,00%	84,30%	55,89%	70,20%	50,51%	79,39%
Média no		EF05MA	EF05MA	EF05MA	EF05MA	EF05MA	EF05MA	EF05MA	EF05MA	EF05MA	EF05MA
Alunos	quadrimestre	01	02	03	04	05	06	07	08	10	17
A15	96,00	79,40%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	97,22%	100,00%	100,00%	80,00%
A05	92,67	90,48%	86,90%	100,00%	91,67%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	75,00%	66,31%
A13	88,67	98,61%	97,22%	100,00%	91,67%	100,00%	100,00%	53,89%	50,00%	50,00%	80,00%
A18	88,67	81,48%	100,00%	100,00%	83,34%	100,00%	100,00%	58,34%	91,67%	62,50%	80,00%
A19	86,67	59,72%	86,90%	100,00%	91,67%	100,00%	100,00%	63,89%	100,00%	75,00%	70,48%
A24	86,33	62,50%	78,40%	100,00%	91,67%	100,00%	100,00%	47,22%	100,00%	100,00%	80,00%
A02	86,00	90,48%	97,92%	100,00%	79,17%	100,00%	100,00%	62,04%	75,00%	37,50%	100,00%
A14	79,33	66,20%	74,01%	100,00%	91,67%	100,00%	97,92%	66,67%	66,67%	75,00%	75,24%
A04	78,67	87,70%	90,05%	100,00%	75,00%	100,00%	66,67%	65,00%	75,00%	50,00%	80,00%

Desempenho por habilidade		68,34%	80,83%	71,43%	81,74%	100,00%	84,30%	55,89%	70,20%	50,51%	79,39%
Média no		EF05MA	EF05MA	EF05MA	EF05MA	EF05MA	EF05MA	EF05MA	EF05MA	EF05MA	EF05MA
Alunos	quadrimestre	01	02	03	04	05	06	07	08	10	17
A22	78,33	60,42%	79,94%	100,00%	83,34%	100,00%	94,44%	58,34%	57,15%	37,50%	80,00%
A12	77,33	97,62%	80,88%	0,00%	100,00%	100,00%	75,00%	48,34%	75,00%	37,50%	75,24%
A20	76,67	67,26%	83,73%	100,00%	75,00%	100,00%	83,33%	72,22%	91,67%	25,00%	95,24%
A09	76,00	66,40%	93,75%	0,00%	100,00%	100,00%	83,33%	51,11%	66,67%	25,00%	80,00%
A03	75,67	68,09%	75,32%	100,00%	91,67%	100,00%	100,00%	61,11%	41,67%	25,00%	95,24%
A07	74,67	52,58%	67,28%	100,00%	100,00%	100,00%	83,33%	30,56%	75,00%	50,00%	80,00%
A08	72,67	88,89%	84,67%	0,00%	75,00%	100,00%	77,78%	52,78%	75,00%	62,50%	66,31%
A21	72,00	50,13%	96,06%	100,00%	58,34%	100,00%	77,78%	69,45%	66,67%	100,00%	80,00%
A16	70,00	55,69%	80,95%	0,00%	83,34%	100,00%	83,33%	36,11%	75,00%	50,00%	57,74%
A23	69,00	44,84%	86,11%	100,00%	75,00%	100,00%	66,67%	42,78%	78,81%	50,00%	80,00%
A01	68,67	28,57%	59,04%	100,00%	91,67%	100,00%	88,19%	50,19%	66,67%	25,00%	61,90%
A06	68,00	56,98%	74,09%	100,00%	50,00%	100,00%	83,33%	61,11%	66,67%	25,00%	95,24%
A10	65,33	83,04%	74,31%	0,00%	83,34%	100,00%	77,78%	40,00%	41,67%	12,50%	80,00%
A17	60,33	56,91%	75,00%	0,00%	62,50%	100,00%	72,22%	33,34%	50,00%	37,50%	100,00%
A25	57,67	67,16%	42,06%	100,00%	58,34%	100,00%	50,00%	40,00%	25,00%	37,50%	75,24%
A11	44,00	17,46%	39,90%	0,00%	66,67%	100,00%	49,31%	31,67%	41,67%	25,00%	61,90%
	75,79										

Tabela 5 – Resultado da avaliação do quadrimestre

5. Conclusão

Este trabalho propõe a investigação do impacto que uma ferramenta tecnológica pode proporcionar aos professores na elaboração e interpretação da avaliação das habilidades propostas pela Base Nacional Comum Curricular. A hipótese é que o apoio tecnológico produza informações significativas que potencialize a eficácia da avaliação no processo de ensino-aprendizagem. A investigação foi conduzida pelas seguintes Questões de Pesquisa: **(QP1)** A ferramenta tecnológica evidenciou informações que foram imperceptíveis ao professor na avaliação dos alunos segundo as habilidades propostas na BNCC? **(QP2)** As informações evidenciadas pela ferramenta tecnológica proporcionaram reflexões sobre possíveis intervenções pedagógicas?

Em resposta à **QP1**, os resultados mostraram que a ferramenta foi capaz de revelar diversas informações não percebidas pelo professor, tanto no âmbito do planejamento da avaliação quanto da interpretação dos resultados. No planejamento da avaliação, foi possível identificar, por exemplo, algumas habilidades que foram avaliadas de forma desproporcional ao estímulo recebido durante as aulas. Na interpretação dos resultados,

o bom desempenho da turma nos testes aplicados encobriu algumas informações relevantes. Embora somente dois alunos não tenham alcançado a média determinada pela escola (60), o protótipo revelou que 23 dos 25 alunos apresentam dificuldades em alguma habilidade avaliada. Em uma situação particular, um aluno cuja média foi 88,67, apresentou dificuldades em 3 das 10 habilidades avaliadas. Outra informação que merece destaque foi a dificuldade expressiva que a turma apresentou nas habilidades EF05MA07 e EF05MA10.

Com relação à **QP2**, a discussão dos resultados com o professor e a coordenação pedagógica revelou oportunidades de replanejamento e intervenções pedagógicas. Por exemplo, com as informações apresentadas na Tabela 5, o professor pode promover estudos individualizados com base na dificuldade específica do aluno.

Na sequência, será dado um acompanhamento da turma investigada e uma ampliação na utilização do protótipo com outras disciplinas para o amadurecimento e aprimoramento da ferramenta.

Referências

- Bessa, A., & Silva, D. (2017). Multiprova: Aprimorando a Avaliação com o Uso da Tecnologia. *Revista Renote*, (15), 1–10. doi:10.22456/1679-1916.75123
- Carneiro, V. F., Pequeno, A. M. C., Machado, M. A. S., Aguiar, D. M. L, Carneiro, C., & Carneiro, R. F. (2017). Avaliação da Aprendizagem: Concepções e Olhares de Docentes do Curso de Odontologia. *Revista Ibero-Americana De Estudos Em Educação*, (12), 900–915. doi: 10.21723/riaee.v12.n2.8486
- Duran, D. F., Chanchí, G. E., & Arciniegas, J. L. (2017). Evaluación de mapas de competencias educativas: una propuesta difusa basada en 2-tuplas. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (24), 22–38. doi: 10.17013/risti.24.22–38
- Freitas, S., da Costa, M., & de Miranda, F. (2014). Avaliação Educacional: formas de uso na prática pedagógica. *Revista Meta: Avaliação*, 85–98. doi: 10.22347/2175-2753v6i16.217
- Heinsfeld, B., & da Silva, M. (2018). As Versões da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e o Papel das Tecnologias Digitais: Conhecimento da Técnica versus Compreensão dos Sentidos. *Currículo Sem Fronteiras*, (18), 668–690.
- Luckesi, C. C. (2005). Avaliação da aprendizagem escolar (17ª ed.). São Paulo: Cortez Editora.
- Ministério da Educação (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: Fundação Carlos Alberto Vanzolin.
- Nascimento, A. S. (2017). Avaliação da Aprendizagem nos Ciclos de Formação Humana. *Revista Eventos Pedagógicos*, (22), 645–665.

- Piva, D., Cortelazzo, A., Freitas, F., & Belo, R. (2017). Sistema de Avaliação da Aprendizagem (SAA): Operacionalização da Metodologia Flipped Classroom. *Congresso Internacional Da ABED De Educação A Distância*. doi: 10.17143/ciaed/XXIICIAED.2016.00262
- Senado Federal (2018). *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. Brasília: Coordenação de Edições Técnicas.
- Torres, N. B., González, R. L., & Carvalho, J. L. (2018). Roamer, un robot en el aula de Educación Infantil para el desarrollo de nociones espaciales básicas. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (28), 14–28. doi: 10.17013/risti.28.14-28

Razonamiento Basado en Casos para asignación óptima de tareas de desarrollo de software

Guillermo Rodríguez¹, Luis Berdun¹, Leonardo Da Rocha Araujo¹

{guillermo.rodriguez, luis.berdun, leonardo.araujo}@isistan.unicen.edu.ar

¹ISISTAN (UNICEN-CONICET), Campus Universitario – Paraje Arroyo Seco, 7000, Tandil, Argentina.

DOI: 10.17013/risti.35.116–131

Resumen: La administración de proyectos significa mucho más que dividir el trabajo para asignar las partes a diferentes personas. De hecho, con frecuencia, los proyectos que pudieron haber sido exitosos fracasan debido a los enfoques que dan por sentado que la administración de proyectos solo implica dividir el trabajo en tareas de menor complejidad, dejando de lado otros aspectos importantes. Este trabajo presenta ARDe (Asistente de Recomendación de Desarrolladores), un herramienta basada en Razonamiento Basado en Casos para construir una solución que asista en la toma de decisiones acerca de qué miembros del equipo del proyecto seleccionar para realizar las tareas establecidas durante la planificación del proyecto. Como resultado de los diversos experimentos, se comprobó que las estimaciones se asemejan a las métricas reales obtenidas de la ejecución y que además ARDe aprende a ordenar las recomendaciones según las preferencias del líder del proyecto para seleccionar a un desarrollador. Esto último es un factor importante que ayuda a mitigar los cambios que se producen ante la ida de un líder de proyecto.

Palabras-clave: Razonamiento Basado en Casos; Administración de Proyectos; Planificación; Métricas de Software.

Case Based Reasoning for optimal assignment of software development tasks

Abstract: Project management means much more than dividing the work to assign parts to different people. Often, projects that may have been successful fail because of the assumptions that project management only involves dividing work into less complex tasks, leaving aside other important aspects. This paper presents ARDe (Developer Recommendation Assistant), a tool based on Case-Based Reasoning to build a solution that assists in making decisions about which members of the project team to select to perform the tasks established during project planning. As a result of various experiments, we found that the estimates resemble the actual metrics obtained from the execution and that ARDe also learns to order the recommendations according to the preferences of the team leader to select a developer. The latter is an important factor that helps mitigate the changes that occur before the departure of a team leader.

Keywords: Case Based Reasoning; Project management; Planning; Software Metrics.

1. Introducción

Existen muchas razones por las que los proyectos de software tienen problemas. La cantidad de trabajo que conlleva un proyecto de software requiere grandes esfuerzos de desarrollo, lo que conduce a complejidad, confusión y dificultades significativas en la coordinación de los miembros del equipo. En este contexto general de incertidumbre, surge un torrente continuo de cambios que detienen al equipo de proyecto. Para ello, deben implantarse métodos efectivos a fin de coordinar al personal que hace el trabajo (Morales-Aguilar, 2018).

El líder de proyectos necesita establecer expectativas claras a los miembros del equipo y que todos conozcan la importancia de su papel para lograr el objetivo del proyecto. De esta manera cada miembro del equipo no sólo puede ver las tareas que ya le han sido asignadas, sino también las de los otros y cómo todas se acoplan (Gido & Clements, 1999).

Para decidir qué tarea asignar a cada miembro del equipo es fundamental contar con un soporte para que el líder de proyecto pueda tomar la decisión de manera más precisa. Los sistemas basados en conocimiento cobran importancia y utilidad en aquellos dominios en los que resulta difícil y costoso disponer de expertos humanos para realizar consultas de manera personal, ilimitada e instantánea (Carignano, 2019). En este contexto, Razonamiento Basado en Casos (CBR, Case-Based Reasoning) surge como una alternativa a explorar para entender nuevas situaciones comparándolas y contrastándolas con situaciones similares dadas en el pasado (Wu, 2018).

En este artículo se presenta ARDe, un Asistente de Recomendación de Desarrolladores basado en CBR, que tiene por objetivo facilitar la toma de decisiones acerca de qué miembros del equipo del proyecto seleccionar para realizar las tareas establecidas durante la planificación del proyecto. Para evaluar ARDe, se utilizaron proyectos reales realizados por 120 estudiantes avanzados de la carrera de Ingeniería de Sistemas de la Facultad de Ciencias Exactas entre los años 2014 y 2015.

Como resultado, ARDe permitió disminuir las fallas dentro del proyecto, debido a que el momento de realizar recomendaciones, no solo consideró los casos positivos sino también los negativos. De esta forma, un desarrollador que ejecutó una tarea similar pero los resultados de la ejecución fueron malos es posicionado en las últimas posiciones del ranking. Esto posibilitó al líder de proyecto de seleccionarlo nuevamente pero disminuyendo la probabilidad de ser elegido ya que se espera que el líder de proyecto seleccione primero a los desarrolladores que se encuentran en las primeras posiciones del ranking.

El resto del artículo se organiza de la siguiente manera. En la sección 2, se describen los trabajos relacionados. En la sección 3, se describe ARDe. La sección 4 analiza los resultados de una evaluación del sistema experto propuesto. Finalmente, en la sección 5, se presentan las conclusiones y trabajos futuros.

2. Trabajos relacionados

Particularmente, CBR ha sido ampliamente usado para la estimación de costos de proyectos de software. La estimación basada en conocimiento previo es una de las técnicas más atractivas en estimación de costos. En este campo, Wu y otros han estudiado el uso de CBR en combinación con Particle Swarm Optimization para estimar el costo de proyectos de software, alcanzando resultados prometedores (Wu, 2018). Kim ha abordado la incertidumbre en la estimación de costos mediante CBR y Analytic Hierarchy Process (Kim, 2013). Simultáneamente, CBR ha sido aplicado para identificar riesgos y mitigarlos a lo largo de un proyecto de software (Cordero Morales, 2013).

Siguiendo la misma línea, Fan y otros han propuesto a CBR como una técnica adecuada para generar estrategias preventivas y controladoras de riesgos en un proyecto de subterráneos de China (Fan, 2015). Stamelos estableció un enfoque basado en CBR, entre otras técnicas de IA, para capturar, almacenar y propagar y evitar anti-patrones en el manejo de proyectos de software, con el objetivo de educar a futuros managers de proyectos (Stamelos, 2010). En esta línea, Koo y otros han propuesto un modelo de CBR para predecir la duración y el costo de un proyecto en su etapa temprana en el contexto de construcción de viviendas, combinando análisis de regresión múltiple, redes neuronales artificiales, algoritmos genéticos, y simulación Monte-Carlo (Koo, 2010). Jin y otros han trabajado sobre la mejora en modelos de predicción de costos en el contexto de la construcción, mediante la combinación de CBR y regresión lineal múltiple (Jin, 2012). Siguiendo en el campo de la construcción, Ji y otros han abordado CBR, en combinación con algoritmos genéticos, para mejorar la precisión en la estimación de costos en la construcción (Ji, 2013).

Si bien el uso de CBR se ha aplicado satisfactoriamente en el campo de la estimación de costos de proyectos, poco se ha hecho para planificar un proyecto teniendo en cuenta el conocimiento previo basado en el desempeño y aptitudes del recurso humano de la organización. Este problema queda explícito cuando los responsables de administrar los proyectos son novatos y/o carecen de suficiente experiencia en el contexto tecnológico del proyecto. En este punto es donde el uso de CBR puede ser clave para optimizar la asignación de tareas a desarrolladores de software.

3. ARDe: Asistente de Recomendación de Desarrolladores

ARDe tiene como objetivo extraer las métricas de análisis de cada desarrollador obtenidas mediante la integración de distintas herramientas utilizadas en entornos de desarrollo de software, entre las que se encuentran un gestor de incidencias, un sistema de control de versiones y un analizador de código estático, con el fin de recomendar un desarrollador basándose en el desempeño del mismo de acuerdo a las tareas que haya realizado.

En la Figura 1 se observa el enfoque adoptado, el cual toma como entrada una tarea específica que desea ser asignada a un desarrollador, un conjunto de métricas con sus valores deseados para la tarea y un conjunto opcional de habilidades que debería poseer el desarrollador para llevar a cabo la misma.

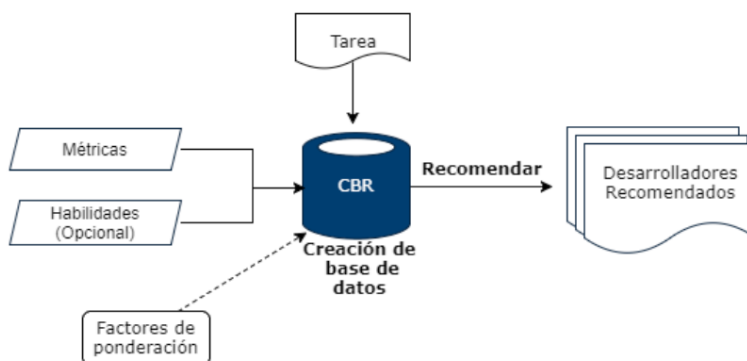


Figura 1 – Esquema general del enfoque de ARDe

Dentro del proceso de CBR, se buscan tareas similares a la tarea a ser asignada teniendo en cuenta la similitud entre la descripción de las tareas y las habilidades necesarias para desarrollar la misma. Se obtienen los desarrolladores correspondientes a esas tareas similares, y se estiman métricas para los mismos. Para la estimación, se utiliza la regresión lineal entre las métricas de tareas ya realizadas por el desarrollador y los valores de métricas deseados por el usuario, solicitados en la interfaz de la recomendación. Una vez que se obtengan las métricas reales, se comparan con los valores de las métricas estimadas. Se listan las tareas aún no asignadas presentes en el sistema, permitiendo al líder del proyecto elegir una tarea del listado.

A partir de CBR, ARDe recomienda miembros del equipo como posibles desarrolladores de la misma, adjuntando a cada uno un conjunto de métricas estimadas que reflejan las consecuencias de que ese desarrollador lleve a cabo la tarea. El líder del proyecto selecciona alguno de los desarrolladores recomendados, teniendo en cuenta el criterio de negocio que más se ajuste al momento de la recomendación. Para la asistencia de la elección se presentan en la interfaz diagramas que representan las métricas estimadas de cada desarrollador, dando la posibilidad de que la elección sea objetiva y dependa solo del desempeño del desarrollador. ARDe lleva a cabo una heurística para determinar bajo qué criterio se realizó la elección de un desarrollador, y en las consultas futuras la lista se presentará ordenada por ese criterio.

3.1. Descripción de los componentes de ARDe

ARDe consta de tres etapas. La primera de ellas es la etapa de *Planificación*, que incluye la obtención y la manipulación de los datos de entrada, el mecanismo de CBR y la recomendación de desarrolladores. La etapa *Ejecución* comprende la realización de la tarea por parte de los desarrolladores seleccionados para llevarla a cabo, así como también el uso de las herramientas del entorno de desarrollo por parte de los mismos. La etapa de *Resultados* incluye la obtención de métricas reales y la comparación de las mismas con las estimaciones provistas por ARDe. Dichos resultados son utilizados dentro del mecanismo de CBR de la primera etapa, retroalimentando el enfoque.

En la implementación de ARDe se tomó como referencia las siguientes herramientas SVN¹, JIRA², Jenkins³ y SonarQube⁴. SVN es una herramienta de control de versiones open source basada en un repositorio cuyo funcionamiento se asemeja enormemente al de un sistema de archivos. JIRA es una aplicación para el seguimiento de errores, de incidencias y para la gestión operativa de proyectos. Jenkins es una herramienta de integración continua que trabaja con herramientas de control de versiones como SVN o Git⁵. Mientras que SonarQube es una plataforma para evaluar código fuente utilizando diversas herramientas de análisis estático de código fuente como Checkstyle⁶, PMD⁷ o FindBugs⁸ para obtener métricas que pueden ayudar a mejorar la calidad del código.

En la Figura 2 se puede observar un esquema conceptual de ARDe que involucra las tres etapas antes mencionadas. En la primera etapa, a medida que los desarrolladores utilizan las herramientas dentro de los entornos de desarrollo, como por ejemplo, JIRA, Git y SonarQube, se generan datos que son capturados por la herramienta Tesys (Lezcano & Kiehr, 2016). Tesys es capaz de obtener estimaciones de métricas de cada desarrollador y generar gráficos para cada uno de ellos en base a las mismas. La información procesada por Tesys persiste en una base de datos que contiene el histórico de las tareas y las métricas pertenecientes a cada desarrollador. Dicha información será utilizada por el mecanismo del recomendador basado en CBR de la Figura 2.

El líder de proyecto, selecciona una tarea del conjunto de tareas no ejecutadas dentro del proyecto hasta el momento, para que sea asignada a un desarrollador. La tarea seleccionada junto con otro conjunto de datos, conforman los datos de entrada para el recomendador. El proceso de CBR utiliza, entre otras cosas, la tarea de entrada, la base de datos y las estimaciones de la herramienta Tesys. Dicha información es necesaria para la construcción y manipulación de la base de casos y para devolver el conjunto de desarrolladores recomendados para la tarea elegida.

A continuación, el líder de proyecto selecciona un desarrollador del conjunto resultante. Tanto el desarrollador elegido como los desarrolladores recomendados son almacenados en la base de casos, y esta información es utilizada para recomendaciones futuras. Finalmente, se llevarán a cabo las etapas de Ejecución y Resultados. Una vez que la tarea haya sido ejecutada por el desarrollador asignado para llevarla a cabo, se podrán ingresar resultados reales asociados a la ejecución de la misma. Con esta información se evalúa si el asistente ofreció una buena o una mala recomendación. La información disponible es almacenada en la base de casos construida en la etapa de planificación, ya que será útil para el mecanismo del recomendador basado en CBR.

¹ <https://subversion.apache.org/>

² <https://www.atlassian.com/es/software/jira>

³ <https://jenkins.io/>

⁴ <https://www.sonarqube.org/>

⁵ <https://git-scm.com/>

⁶ <https://checkstyle.sourceforge.io/>

⁷ <https://pmd.github.io/>

⁸ <http://findbugs.sourceforge.net/>

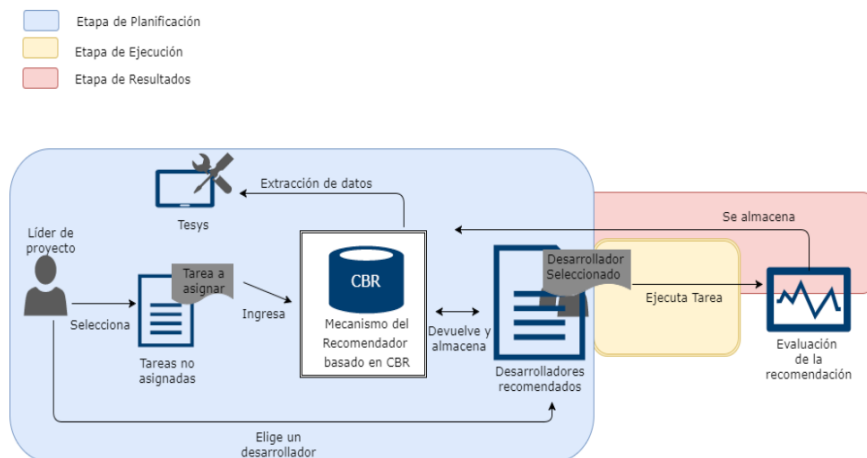


Figura 2 – Esquema conceptual del asistente para la recomendación de desarrolladores

3.2. Ejemplo motivador

Para facilitar el entendimiento del funcionamiento de ARDe, se presenta un caso de estudio ficticio en el cual una organización lleva adelante un proyecto de software llamado “Nirvana”. El equipo de desarrollo está compuesto por un líder de proyecto y sus desarrolladores. El equipo trabaja sobre un entorno de desarrollo compuesto por tres herramientas: JIRA, Git y SonarQube. En dicho proyecto el líder, desea conocer cuáles son los desarrolladores más aptos para llevar a cabo la tarea *NIR-24*. Por este motivo es que utilizará la herramienta ARDe, la cual le recomendará un conjunto de desarrolladores de su equipo con métricas estimadas para cada uno de ellos.

En la Figura 3, se puede observar un ejemplo de cuáles son los componentes principales que va a presentar la estructura del caso (según CBR) asociado a la tarea *NIR-24*. El caso va a estar conformado por tres partes principales: el problema, la solución y el resultado. El problema estará compuesto por la tarea a ser asignada, que a su vez va a almacenar las etiquetas que la describen, las habilidades que debe tener el desarrollador para realizarla y un conjunto de valores de métricas que el líder del proyecto desea que tenga la tarea.

La solución estará formada por los desarrolladores recomendados para realizar la tarea, por el desarrollador elegido por el líder del proyecto para llevarla a cabo y por un criterio de orden, bajo el cual se supone que fue elegido el desarrollador seleccionado por el líder. Los desarrolladores recomendados tendrán asociadas estimaciones de métricas para la nueva tarea.

El resultado estará formado por una calificación de la recomendación que va a indicar si la misma fue una buena o una mala recomendación. Este resultado va a estar basado en lo que resulte de la comparación entre los valores de las métricas estimadas y los valores de las métricas reales que van a ser obtenidas luego que la tarea haya sido ejecutada por el desarrollador elegido. Los valores de las métricas reales van a ser almacenadas dentro de la tarea asociada al desarrollador seleccionado por el líder del proyecto.

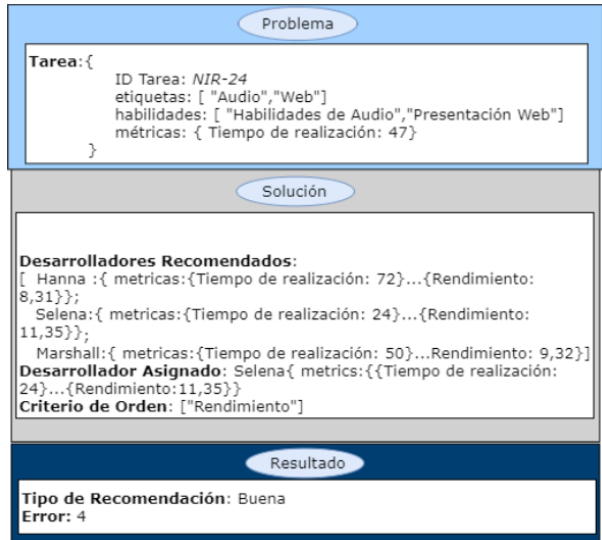


Figura 3 – Caso definido para la tarea NIR-24

3.3. Ciclo de CBR en ARDe

Los componentes detallados en la subsección anterior se van a ir obteniendo a lo largo del proceso de CBR que va a involucrar la realización de las siguientes etapas: recuperar, adaptar, revisar y almacenar. La Figura 4, proporciona un esquema general de la instanciación del ciclo de CBR para la recomendación de desarrolladores. Como se puede observar, la etapa adaptar va a tomar el nombre de recomendar, ya que dicha definición se ajusta mejor a nuestro enfoque. En primer lugar, se presentará al líder del proyecto un listado de tareas identificadas por su nombre, que aún no han sido asignadas, para que pueda seleccionar una de ellas. También aquí puede ingresar el conjunto de valores estimados para ciertas métricas que considere para la tarea y opcionalmente seleccionar aquellas habilidades que se espera que presenten los desarrolladores recomendados. Para el caso de estudio presentado, el líder de proyecto va a seleccionar la tarea NIR-24 del listado de las tareas aun no asignadas y va a ingresar un valor que desea para la métrica de tiempo de realización. También va a seleccionar del conjunto de habilidades a *Habilidades de Audio* y a *Presentación Web*.

Por cada tarea seleccionada distinta, se va a generar un Caso Nuevo. Este caso va a almacenar la tarea no asignada que haya sido seleccionada. Dicha tarea va a contener el conjunto de etiquetas, las habilidades seleccionadas para los desarrolladores y los valores de métricas que líder de proyecto ingresó. Esta información será proporcionada a la etapa Recuperar.

Esta etapa consiste en la recuperación de casos o tareas similares en la base de casos y en la base de datos respectivamente. En ambas situaciones el mecanismo se basa en la búsqueda de tareas o casos que representen a una tarea, que contengan etiquetas y habilidades similares a la nueva tarea a asignar. Las etiquetas, comprenden a las palabras

claves que aparecen en la descripción de una tarea, mientras que las habilidades, corresponden a las capacidades y aptitudes en el área de software que poseen los desarrolladores.

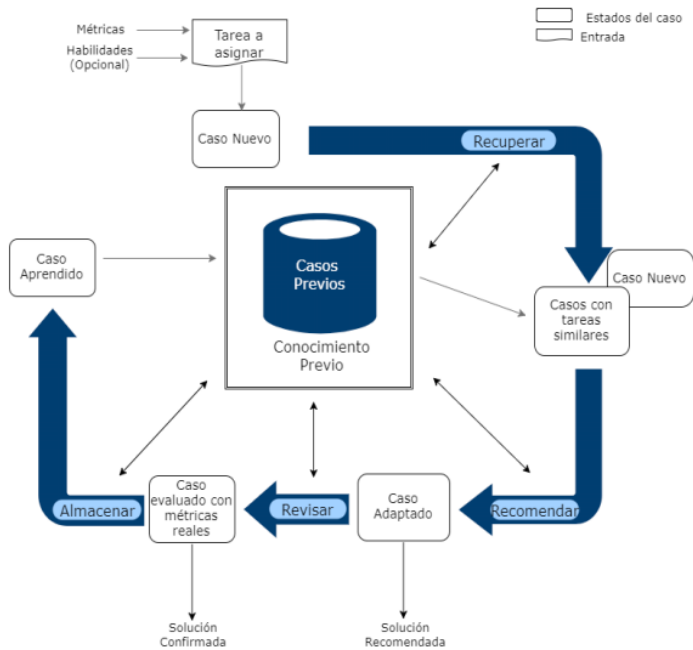


Figura 4 – Ciclo de Razonamiento Basado en Casos para la recomendación de desarrolladores

	NIR-10	NIR-14	NIR-22
Etiquetas de la tarea	audio	imagen	video, web
Nombre de usuario	Hanna	Tom	Selena
Tiempo de realización	65h	23 hs	42 hs
Número de líneas	739	253	456
Calidad del código	63,5 %	12,9%	59,8%

Figura 5 – Tareas almacenadas en la base de datos

Una tarea será similar a la tarea aún no asignada, si tienen en común un cierto número de etiquetas entre sus descripciones y/o si sus habilidades coinciden con un cierto número de las habilidades ingresadas como deseadas para la tarea. En nuestro ejemplo en la

tarea NIR-24 las etiquetas son web y audio. El histórico de tareas de la organización almacenada hasta el momento en la base de datos se puede observar en la Figura 5. El algoritmo devolverá como tareas similares a NIR-10 y NIR-22, dado que al menos una de sus etiquetas coincide con las etiquetas de NIR-24.

Para buscar casos similares al nuevo caso, solo bastará con llevar a cabo el algoritmo de búsqueda de tareas similares mencionado con anterioridad, dado que cada caso tiene definido una tarea específica. La base de casos de ARDe hasta el momento tiene almacenados los casos de la tabla de la Figura 6. Por lo tanto, el algoritmo también devolverá como caso similar de la tarea NIR-24 al caso CASE1 dado que la tarea definida en el mismo también tiene como etiqueta una de las etiquetas de la tarea a asignar. Por lo tanto los desarrolladores asociados a las tareas similares van a ser Hanna, Selenia y Marshall.

La siguiente etapa (Recomendar) consiste en presentar al líder del proyecto, una lista con los nombres de desarrolladores que se adaptan a la tarea a asignar, junto a un conjunto de métricas estimadas sobre cada desarrollador para la tarea dada. Para ello, se van a utilizar las tareas similares y/o casos similares resultantes de la primera etapa.

En el caso de estudio las métricas estimadas para la tarea NIR-24 para cada uno de los desarrolladores similares se muestran en la Figura 7. Para el cálculo de las mismas el algoritmo utilizó el valor de la métrica tiempo de realización que ingresó el líder del proyecto en el asistente. Si el líder de proyecto hubiese ingresado valores de otras métricas que deseaba para la tarea, se tendría que haber usado el indicador de similitud mencionado anteriormente, para obtener el mejor conjunto de métricas estimadas para cada desarrollador similar.

ID Caso	CASE 1	CASE 2
ID Tarea	NIR-8	NIR-19
Etiquetas de la tarea	web	texto
Nombre de usuario	Marshall	Lebron
Tiempo de realización	45 hs	19 hs
Número de líneas	578	335
Calidad del código	78,4%	90,2%
Rendimiento	9,85	
Tipo de Recomendación	Buena	-
Error	0,3	-
Criterio de Orden de mayor peso	Rendimiento	-

Figura 6 – Casos almacenados en la base de casos

En el caso que no existan tareas similares en la base de datos y solo existan casos similares obtenidos de la base de casos, se devolverá una lista con los desarrolladores de los casos similares. Sí ocurre que solo existen tareas similares en la base de datos y no hay casos similares en la base de casos, sólo se devolverán los desarrolladores de aquellas tareas similares a la tarea a asignar.

Si hay casos similares en la base de casos y tareas similares en la base de datos, se deben adaptar los desarrolladores del nuevo caso con los desarrolladores recomendados por ambas bases. Si no hay casos similares, ni tareas similares en la base de datos, entonces el asistente devolverá una lista de desarrolladores vacía. Luego de esto, se le agrega al nuevo caso información sobre los desarrolladores recomendados. Cada desarrollador recomendado, tendrá asociado la nueva tarea a asignar y el mejor conjunto de métricas estimadas para esa tarea.

Desarrolladores recomendados	<i>Hanna</i>	<i>Selena</i>	<i>Marshall</i>
Tiempo de realización	72 hs	24 hs	50 hs
Número de líneas	889	570	654
Calidad del código	68,3%	49,8%	72,7%
Esfuerzo Real	607,187	283,86	475,478
Rendimiento	8,31	11,35	9,32

Figura 7 – Métricas estimadas para cada desarrollador similar para la tarea NIR-24

Luego de esto, se le agrega al nuevo caso información sobre los desarrolladores recomendados. Cada desarrollador recomendado, tendrá asociado la nueva tarea a asignar y el mejor conjunto de métricas estimadas para esa tarea (Figura 7).

Para el caso de estudio la heurística determinará que la lista de desarrolladores presentada será ordenada por la métrica Rendimiento, como se puede observar en la Figura 8. Esto se debe a que el caso similar CASE-1 presenta como criterio de orden a dicha métrica. El líder de proyecto podrá seleccionar a algunos de los tres desarrolladores recomendados. En este caso seleccionará a Selena para resolver la tarea NIR-24.

Desarrollador	Tiempo de realización	Número de líneas	Calidad del código	Esfuerzo Real	Rendimiento
<i>Selena</i>	24 hs	570	49,8%	283,86	11,35
<i>Marshall</i>	50 hs	654	72,7%	475,478	9,32
<i>Hanna</i>	72 hs	889	68,3%	607,187	8,31

Figura 8 – Métricas estimadas para cada desarrollador similar

Una vez que se obtenga esta información, se procede a guardar en dicho caso, el desarrollador elegido y el criterio por el cual se eligió al mismo.

Finalmente, en la etapa de Revisar y Retener, la tarea se va a ejecutar, y se podrán obtener resultados reales acerca de los valores de las métricas que se habían estimado. Se van a comparar los valores de las métricas reales con los valores de las métricas estimadas almacenadas en el caso, y se evaluará si la solución dio buenos resultados. Si es así, el caso se tomará como aceptable y llevará una marca que indique que es una buena recomendación, y si no, se indicará lo contrario. Esto será útil para no tener en cuenta esa combinación en casos futuros.

4. Evaluación y resultados

El experimento se realizó sobre proyectos reales de la carrera de Ingeniería de Sistemas de la Facultad de Ciencias Exactas (UNICEN 2014 y 2015). El presente trabajo evaluó 2 cohortes formadas por aproximadamente 60 estudiantes avanzados de la carrera de Ingeniería de Sistemas. En cada cohorte se simuló una organización de desarrollo de software con el objetivo de incrementar y mantener un proyecto de software real, mediante la implementación de prácticas de software previamente enseñadas (Rodríguez, 2016).

4.1. Diseño de casos de estudio

El objetivo del primer caso de estudio es demostrar que cada desarrollador que haya ejecutado una determinada tarea presente la mínima diferencia entre el resultado que había dado su ejecución y el resultado estimado por ARDe. Además, el resto de los desarrolladores que se encuentren en la lista de recomendados deben poseer mayores diferencias entre los valores de sus métricas estimadas y las reales obtenidas de la ejecución de dicha tarea.

Para este caso de estudio, se utiliza el error cuadrático medio (ECM), que mide el promedio de los errores al cuadrado, es decir, la diferencia entre lo estimado y lo real. La fórmula del ECM se define como:

$$ECM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - Y_i)^2$$

Donde n es la cantidad de métricas, $\hat{Y}_i$ son los valores de métricas estimadas e Y_i son los valores de métricas reales. Además, para obtener las métricas estimadas de cada desarrollador se utilizó el cálculo de estimaciones provisto por la herramienta Tsys, la cual utiliza el coeficiente de correlación de Pearson para obtener dichas métricas. El cálculo de correlación de Pearson se define como:

$$\rho_{X,Y} = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{E[(X - \mu_X)(Y - \mu_Y)]}{\sigma_X \sigma_Y}$$

Donde, σ_{XY} es la covarianza de X y Y , σ_X es la desviación típica de la variable X y σ_Y es la desviación típica de la variable Y .

El objetivo del segundo caso de estudio es demostrar que a medida que se van realizando recomendaciones de tareas similares, la herramienta va a aprendiendo en qué orden

recomendar a los desarrolladores teniendo en cuenta las selecciones de los líderes de proyecto en recomendaciones anteriores.

Para medir este caso de estudio se utiliza el coeficiente de correlación de ranking de Spearman. El coeficiente de correlación de Spearman, ρ (rho) es una medida de la correlación (la asociación o interdependencia) entre dos variables aleatorias continuas. Para calcular ρ , los datos son ordenados y reemplazados por su respectivo orden. La fórmula viene dada por la expresión:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum D^2}{N(N^2 - 1)}$$

Donde D es la diferencia entre los correspondientes estadísticos de orden de $x - y$, y N es el número de parejas de datos.

En cuanto al segundo caso de estudio, el objetivo es demostrar que a medida que se van realizando recomendaciones de tareas similares, la herramienta va aprendiendo en qué orden recomendar a los desarrolladores teniendo en cuenta las selecciones de los líderes de proyecto en recomendaciones anteriores.

4.2 Resultados obtenidos

Para el primer caso de estudio, cuando se solicita la recomendación se genera una lista de desarrolladores recomendados para la tarea seleccionada. En este caso, se seleccionó la tarea POC-66, la cual retorna un total de doce desarrolladores recomendados como se puede observar en la Figura 9. La lista está ordenada según el criterio de orden obtenido por una recomendación anterior similar (TOM-34). El criterio de orden de mayor a menor importancia está determinado por *reopened issues*, *function complexity*, *duplicate lines density* y *duplicate files*.

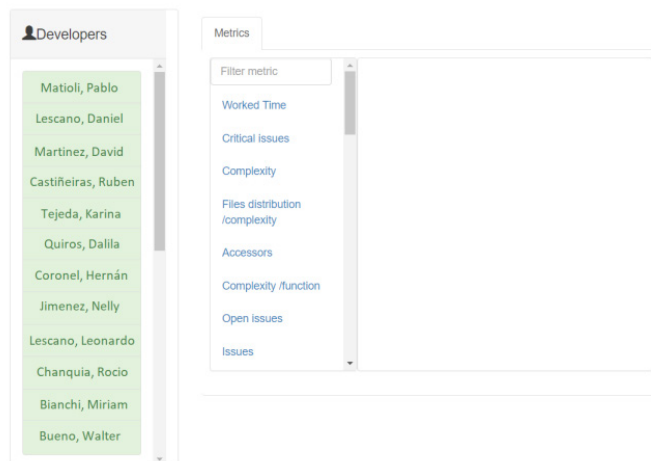


Figura 9 – Desarrolladores recomendados para la tarea POC-66

Se calcula el ECM para 4 situaciones específicas. Con relación a la fórmula, lo estimado está representado por las métricas estimadas de cada desarrollador para la tarea POC-66, mientras que lo real está representado por las métricas reales correspondientes a la ejecución de la tarea por parte de H. Coronel.

Desarrollador	Ranking
Matioli	1
Quiros	6
Coronel	7
Jiménez	8

Figura 10 – Ranking de desarrolladores

Se observa en la Figura 10 las posiciones de los desarrolladores analizados que dio la recomendación de la tarea POC-66, basada en el criterio de orden obtenido. En la Figura 11 se puede observar el cálculo del ECM entre las métricas reales obtenidas de la ejecución de la tarea POC-66 realizada por Coronel y las métricas estimadas para D. Quiros, N. Jiménez, H. Coronel y P. Matioli. Como se esperaba, se puede observar que el ECM entre las métricas estimadas y reales de Coronel es el mínimo de los 4 presentados.

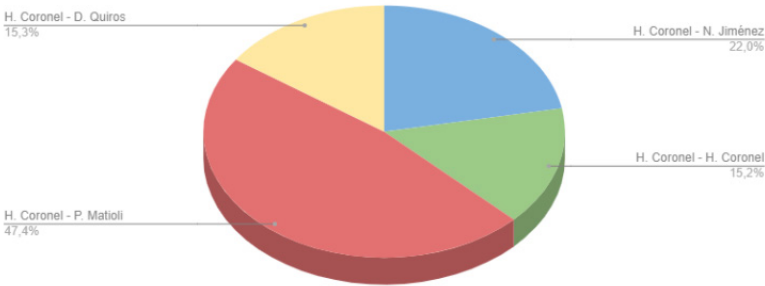


Figura 11 – Errores Cuadráticos Medios

Estos resultados refuerzan la idea de que debido a que las estimaciones de las métricas se calculan en base a experiencias anteriores, la realización de la tarea por parte del mismo desarrollador devuelve valores de métricas cercanos a los obtenidos anteriormente. Por otro lado, el mayor ECM es el obtenido entre las métricas estimadas por P. Matioli y las reales de H. Coronel. Esto se debe a que los desarrolladores están ordenados por valor de métricas, y dichos valores difieren a medida que se alejan de las posiciones cercanas a H. Coronel dentro del ranking de la recomendación. Es decir la estimación realizada para P.Matioli fue muy diferente a la de H.Coronel; por este motivo, si la estimación es próxima a la real es lógico pensar que se aleje de la estimación real u obtenida por H.Coronel. De esta forma, el ECM aumenta a medida que se aleja del desarrollador que ejecutó realmente la tarea.

En cuanto al segundo caso de estudio, para comprobar que ARDe aprende a ordenar los desarrolladores a medida que avanzan las distintas recomendaciones de tareas

similares, primero se observa cómo van variando los rankings de los desarrolladores desde la primera tarea hasta la última que se solicitó recomendar. Para esto se analizan las posiciones de los desarrolladores a lo largo de las recomendaciones de las distintas tareas. En cada análisis se representan los rankings de los desarrolladores de una tarea y de su consecutiva, siguiendo el orden de ejecución establecido. Como es de esperar, al principio ARDe no tiene información de contexto y le resulta difícil ordenar a los desarrolladores recomendados. Sin embargo, la Figura 12 muestra que al ir eligiendo los desarrolladores ARDe va cambiando las posiciones hasta que se consigue emular lo que elige el líder del proyecto. Esto quiere decir que en este punto (Tom-38) ARDe comienza a aprender un criterio de orden y ordena a los desarrolladores recomendados en base a ese criterio.

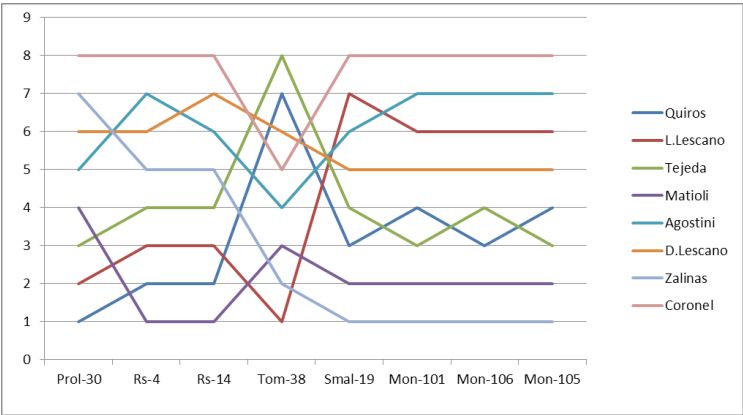


Figura 12 – Evolución del ranking de los desarrolladores a medida que se realizan las tareas (R1 a R8)

En la Figura 13 se pueden visualizar cuáles fueron las posiciones en el ranking para cada uno de los desarrolladores a lo largo de las recomendaciones de las distintas tareas (R1 a R8).

Tareas Desarrolladores	PROL-30 (R1)	RS-4 (R2)	RS-14 (R3)	TOM-38 (R4)	SMAL-19 (R5)	MON-101 (R6)	MON-106 (R7)	MON-105 (R8)
D. Quiros	1	2	2	7	3	4	3	4
L. Lescano	2	3	3	1	7	6	6	6
K. Tejeda	3	4	4	8	4	3	4	3
P. Matioli	4	1	1	3	2	2	2	2
D. Agostini	5	7	6	4	6	7	7	7
D. Lescano	6	6	7	6	5	5	5	5
A. Zalinas	7	5	5	2	1	1	1	1
H. Coronel	8	8	8	5	8	8	8	8

Figura 13 – Ranking de los desarrolladores para tareas similares

Las celdas con color verde indican que ese desarrollador fue seleccionado para llevar a cabo la tarea indicada en la columna. Como se puede observar a lo largo de todas las

recomendaciones, A. Zalinas está en la posición 7, luego en las recomendaciones R2 y R3 el desarrollador se ubica en la posición 5, en la recomendación R4 se ubica en la posición 2 y finalmente en la recomendación R5 se posiciona en el primer puesto. En las recomendaciones siguientes mantiene la posición. Es decir, ARDe aprende por qué criterio ordenar y las métricas por las cuales va ordenando a medida que avanza cada recomendación tienen cada vez mayor correlación con las métricas utilizadas.

5. Conclusiones y trabajos futuros

En este artículo se presentó ARDe, un enfoque de CBR para asistir en la planificación de proyectos a la hora de elegir a un desarrollador para llevar a cabo una tarea. Luego de evaluar ARDe con 2 casos de estudio, se comprobó que las estimaciones se asemejan a las métricas reales obtenidas de la ejecución. Con lo cual se puede esperar que al seleccionar a un desarrollador de la lista para ejecutar una tarea, se obtengan de la misma, métricas similares a las estimadas por la herramienta. Por otro lado, se comprobó que la herramienta aprende a ordenar las recomendaciones según las preferencias del líder del proyecto para seleccionar a un desarrollador, permitiendo facilitar la búsqueda del desarrollador mejor calificado para llevar adelante la tarea.

Como principal limitación de ARDe, se necesita de un soporte de otra herramienta que centralice métricas, en este caso Tesys, la cual tenga la capacidad de obtener y almacenar las diferentes métricas obtenidas de las herramientas utilizadas en los proyectos de software. Como trabajo futuro se podría mejorar ARDe, dándole la capacidad de obtener y almacenar las métricas, sin tener que depender de otra herramienta. Finalmente, proponemos probar ARDe sobre un entorno de desarrollo real y competitivo, en el cual exista un líder de proyecto responsable de la asignación de las tareas.

Referencias

- Carignano, M. C., Gonnet, S., & Leone, H. (2019). KE-SER: Un sistema basado en el conocimiento y la experiencia para dar soporte a arquitectos de software en aspectos de seguridad. *RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (32), 97–112. DOI: 10.17013/risti.32.97–112
- Cordero Morales, D., Ruiz Constanten, Y., & Torres Rubio, Y. (2013). Sistema de Razonamiento Basado en Casos para la identificación de riesgos de software. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 7(2), 222–239.
- Fan, Z. P., Li, Y. H., & Zhang, Y. (2015). Generating project risk response strategies based on CBR: A case study. *Expert Systems with Applications*, 42(6), 2870–2883. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.11.034>
- Gido, J., & Clements, J. (1999). *Successful project management*. Cincinnati: SouthWestern College Pub.
- Ji, S. H., Park, M., & Lee, H. S. (2011). Cost estimation model for building projects using case-based reasoning. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 38(5), 570–581. <https://doi.org/10.1139/l11-016>

- Jin, R., Cho, K., Hyun, C., & Son, M. (2012). MRA-based revised CBR model for cost prediction in the early stage of construction projects. *Expert Systems with Applications*, 39(5), 5214–5222. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.11.018>
- Kim, S. (2013). Hybrid forecasting system based on case-based reasoning and analytic hierarchy process for cost estimation. *Journal of Civil Engineering and Management*, 19(1), 86–96. <https://doi.org/10.3846/13923730.2012.737829>
- Koo, C., Hong, T., Hyun, C., & Koo, K. (2010). A CBR-based hybrid model for predicting a construction duration and cost based on project characteristics in multi-family housing projects. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 37(5), 739–752. <https://doi.org/10.1139/L10-007>
- Lezcano, L., & Kiehr, A. (2016). Asistente para la planificación inteligente de proyectos. *RiDAA- Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires*, retrieved from: <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/handle/123456789/784>
- Morales-Aguiar, N., & Vega-Zepeda, V. (2018). Factores Humanos y la Mejora de Procesos de Software: Propuesta inicial de un catálogo que guíe su gestión. *RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (29), 30–42. <http://dx.doi.org/10.17013/risti.29.30-42>
- Rodríguez, G., Soria, Á., & Campo, M. (2016). Measuring the impact of agile coaching on students' performance. *IEEE Transactions on Education*, 59(3), 202–209. DOI: 10.1109/TE.2015.2506624
- Stamelos, I. (2010). Software project management anti-patterns. *Journal of Systems and Software*, 83(1), 52–59. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2009.09.016>
- Wu, D., Li, J., & Bao, C. (2018). Case-based reasoning with optimized weight derived by particle swarm optimization for software effort estimation. *Soft Computing*, 22(16), 5299–5310. <https://doi.org/10.1007/s00500-017-2985-9>

Critérios Editoriais

A RISTI (Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação) é um periódico científico, propriedade da AISTI (Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação), 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, propiedad de la AISTI (Asociación Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información), 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.

Os associados da AISTI recebem a RISTI gratuitamente, por correio postal. Torne-se associado da AISTI. Preencha o formulário abaixo e envie-o para o e-mail aistic@gmail.com

Los asociados de la AISTI reciben la RISTI por correo, sin costo alguno. Hazte miembro de la AISTI. Rellena el siguiente formulario y remítelo al e-mail aistic@gmail.com



Formulário de Associado / Formulario de Asociado

Nome/Nombre: _____

Instituição/Institución: _____

Departamento: _____

Morada/Dirección: _____

Código Postal: _____ Localidade/Localidad: _____

País: _____

Telefone/Teléfono: _____

E-mail: _____ Web: _____

Tipo de Associado e valor da anuidade:

☐ Individual - 35€

☐ Instituição de Ensino ou I&D/Institución de Educación o I&D - 250€

☐ Outro (Empresa, etc.) - 500€

NIF/CIF: _____

Data/Fecha: ____/____/____ Assinatura/Firma: _____



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

©AISTI 2019 <http://www.aisti.eu>

