

A Aplicação de Sistemas de Recomendação no Contexto Educacional: uma Revisão Sistemática da Literatura

The Application of Recommender Systems in Education: A Systematic Literature Review

Felipe Leite da Silva¹, Ketia Kellen Araújo da Silva¹, Bruna Kin Slodkowski², Sílvio César Cazella^{1,3}

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Educação, Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Porto Alegre, Brasil

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação, Porto Alegre, Brasil

³ Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Departamento de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas, Porto Alegre, Brasil

fsilva@ufrgs.br, ketiakellen@gmail.com, brunakkinuted@gmail.com, silvioc@ufcspa.edu.br

Recibido: 02/05/2021 | Aceptado: 27/12/2021

Cita sugerida: F. L. da Silva, K. K. A. da Silva, B. K. Slodkowski and S. C. Cazella, "A Aplicação de Sistemas de Recomendação no Contexto Educacional: uma Revisão Sistemática da Literatura," *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, no. 32, pp. 9-17, 2022. doi: 10.24215/18509959.32.e1

Esta obra se distribuye bajo **Licencia Creative Commons CC-BY-NC 4.0**

Resumo

O crescente interesse em pesquisas sobre sistemas de recomendações educacionais tem motivado o surgimento de novas técnicas e modelos nos últimos anos. Entretanto, as informações existentes sobre a diversidade de mecanismos utilizados para a produção de recomendações no contexto educacional são limitadas. Diante disso, este artigo apresenta uma revisão sistemática da literatura que sintetiza o conhecimento disponível sobre a forma que os recomendadores educacionais produzem as recomendações. Para tal foram selecionados 20 artigos publicados entre 2015 e 2019 de 517 publicações científicas identificadas. Os resultados fornecem conclusões sobre como os recomendadores educacionais funcionam apresentando um panorama das técnicas, entradas e saídas desses sistemas nas pesquisas mais recentes.

Palavras-chave: Sistema de recomendação educacional; Revisão sistemática da literatura; Educação; E-learning.

Abstract

The growing interest in educational recommender systems has motivated the emergence of new techniques and models in recent years. Despite this, there is limited information on a variety of mechanisms used by such systems to produce recommendations in the educational context. Therefore, this paper presents a systematic literature review that summarizes the available knowledge on the operation of educational recommender systems. Through the execution of the systematic review, 20 research papers published between 2015 and 2019 were selected from an initial set of 517 studies. The results provide findings regarding how educational recommenders work by presenting a panorama of the techniques, inputs and outputs of these systems in the most recent research.

Keywords: Educational recommender systems; Systematic literature review; Education; E-learning.

1. Introdução

No atual cenário, a publicação de conteúdos está cada vez mais popularizada e acessível, consequência das ferramentas disponíveis na internet que facilitam a criação e o compartilhamento de dados. Contudo, os usuários sentem a sobrecarga de informação e têm dificuldades em localizar aquilo que melhor atendam às suas necessidades. Diante disso, os sistemas de recomendação surgem como uma possibilidade de auxiliá-los através da indicação de itens que correspondam ao seu interesse.

No âmbito educacional, os Sistemas de Recomendação Educacionais (SRE) identificam as preferências dos usuários, neste caso alunos ou professores, e recomendam conteúdos que mais se aproximam aos seus interesses. Desse modo, os SRE podem ser implementados em espaços que permitam o gerenciamento do processo de ensino e aprendizagem, como em ambientes virtuais de aprendizagem e ferramentas de escrita coletiva [1].

Muitos estudos têm sido realizados a fim de aprimorar e implementar novas técnicas e modelos de SRE. Diante disso, nesta pesquisa executou-se uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de identificar e sintetizar as informações disponíveis sobre o funcionamento de recomendadores que atendem usuários no domínio da educação. Para tal, foram analisadas 3 dimensões que consideram as entradas, as técnicas e as saídas dos SRE. Essas dimensões são capturadas através das questões de pesquisas deste trabalho.

No intuito de discutir sobre a temática e apresentar os resultados, o presente artigo está organizado em 4 seções. Na Seção 2, discute-se sobre os trabalhos relacionados a este estudo. Nas duas seções seguintes, aborda-se a metodologia utilizada na pesquisa e os resultados da revisão. Por fim, são apresentadas as considerações finais, limitações e possibilidades de trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

Na literatura encontram-se diferentes estudos secundários que buscam avaliar e resumir o conhecimento relacionado aos sistemas de recomendações educacionais. Os *surveys*, por exemplo, configuram-se como um tipo de produção científica que tem sido utilizada para definir o estado da arte de SRE [2] e [3]. Normalmente, tais trabalhos apresentam uma visão geral do tema focando em aspectos específicos de explicação e limitam-se a uma seleção subjetiva de artigos. Além dos *surveys*, estudos com metodologias mais rigorosas e transparentes, como os mapeamentos e revisões sistemáticas, são realizadas de forma recorrente por autores da área.

O estudo [4] apresenta um mapeamento sistemático conduzido em quatro repositórios digitais. A pesquisa foi realizada a fim de analisar e resumir informações sobre a aplicabilidade de SRE na área da educação, as técnicas utilizadas, o tipo de plataforma em que são implementados, as estratégias de avaliação empregadas e os desafios educacionais que são atendidos com o uso dos

recomendadores educacionais. Tal mapeamento é um estudo interessante para revelar um panorama sobre a área de SRE. Apesar disso, ele não detalha com profundidade o conhecimento sobre esse tópico.

Na pesquisa [5] analisaram 5 dimensões da área de SRE em sua revisão sistemática. O estudo sintetiza a finalidade dos SRE no setor da educação, as técnicas utilizadas para construí-los, entre outros aspectos. No entanto, o autor não apresenta o protocolo utilizado na revisão e não discute as limitações da sua pesquisa. A ausência de transparência na metodologia utilizada para conduzir a revisão sugere a possibilidade de uma seleção subjetiva de publicações e limita o alcance dos resultados apresentados.

Este trabalho diferencia-se dos demais, pois objetiva identificar e resumir as informações existentes sobre o funcionamento dos SRE por meio de uma análise das entradas, as técnicas e as saídas dos recomendadores. Além disso, a RSL foi conduzida sobre os artigos mais recentes da área, publicados nos últimos 5 anos (2015 até 2019).

3. Metodologia

Neste estudo, realizou-se uma revisão sistemática da literatura seguindo as diretrizes de [6]. Tais diretrizes são amplamente utilizadas na área da Informática e Educação [7].

A RSL foi estruturada em três etapas (Figura 1) sendo a primeira a etapa de planejamento. Nela ocorreu a identificação da necessidade de uma revisão sistemática para a área de SRE assim como o estabelecimento do protocolo da revisão. Na segunda, a etapa de condução, executou-se o protocolo definido com a finalidade de identificar e filtrar apenas artigos relevantes aos objetivos deste estudo. Ainda nessa etapa, realizou-se também a extração dos dados dos estudos selecionados¹. Por fim, a terceira etapa foi a de apresentação de relatório. Nela os dados extraídos foram analisados a fim de responder às questões de pesquisas da RSL e os resultados foram registrados.

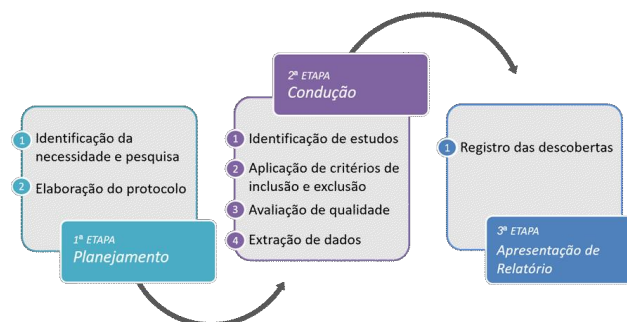


Figura 1. Etapas da Revisão Sistemática da Literatura

Com intenção de investigar os detalhes de funcionamento dos SRE foram definidas as seguintes questões de pesquisas: “QP1. Como os SRE produzem as recomendações?”, “QP2. Como as recomendações são

apresentadas aos usuários?" e "QP3. Como se configura o público alvo dos SRE?".

A RSL foi realizada através de consultas *online* em 3 repositórios digitais: ACM Digital Library, Science Direct e IEEE Xplore. Tais repositórios possuem publicações relevantes para área computacional, e em particular, à área da informática na educação [7] e [8]. Para as consultas, foi definido o seguinte texto de busca: ("Education" OR "Educational" OR "E-learning" OR "Learning" OR "Learn") AND ("Recommender system" OR "Recommender systems" OR "Recommendation system" OR "Recommendation systems" OR "Recommending system" OR "Recommending systems"). Devido as especificidades de cada mecanismo de busca, o texto de busca foi adaptado para as consultas nos repositórios. Tais adaptações podem ser verificados na Tabela 1. Esse texto foi aplicado nos títulos, resumos e palavras chaves dos artigos.

Tabela 1. Termos de busca por repositório

Repositório	Termo de busca
ACM Digital Library	Title:(("Education" OR "Educational" OR "E-learning" OR "Learning" OR "Learn") AND ("Recommender system" OR "Recommender systems" OR "Recommendation system" OR "Recommendation systems" OR "Recommending system" OR "Recommending systems" OR "Recommendation system" OR "Recommendation systems")) OR Abstract:(("Education" OR "Educational" OR "E-learning" OR "Learning" OR "Learn") AND ("Recommender system" OR "Recommender systems" OR "Recommendation system" OR "Recommendation systems" OR "Recommending system" OR "Recommending systems" OR "Recommendation system" OR "Recommendation systems")) OR Keyword:(("Education" OR "Educational" OR "E-learning" OR "Learning" OR "Learn") AND ("Recommender system" OR "Recommender systems" OR "Recommendation system" OR "Recommendation systems" OR "Recommending system" OR "Recommending systems" OR "Recommendation system" OR "Recommendation systems"))).
Science Direct	("Education" OR "Educational" OR "E-learning" OR "Learning" OR "Learn") AND ("Recommender system" OR "Recommendation system" OR "Recommending system")

("Publication Title":"Educational" OR "Abstract":"Educational" OR "Author Keywords":"Educational" OR "Publication Title":"Education" OR "Abstract":"Education" OR "Author Keywords":"Education" OR "Publication Title":"E-learning" OR "Abstract":"E-learning" OR "Author Keywords":"E-learning" OR "Publication Title":"Learning" OR "Abstract":"Learning" OR "Author Keywords":"Learning" OR "Publication Title":"Learn" OR "Abstract":"Learn" OR "Author Keywords":"Learn") AND ("Publication Title":"Recommender system" OR "Abstract":"Recommender system" OR "Author Keywords":"Recommender system" OR "Publication Title":"Recommender systems" OR "Abstract":"Recommender systems" OR "Author Keywords":"Recommender systems" OR "Publication Title":"Recommending system" OR "Abstract":"Recommending system" OR "Author Keywords":"Recommending system" OR "Publication Title":"Recommending systems" OR "Abstract":"Recommending systems" OR "Author Keywords":"Recommending systems" OR "Publication Title":"Recommendation system" OR "Abstract":"Recommendation system" OR "Author Keywords":"Recommendation system" OR "Publication Title":"Recommendation systems" OR "Abstract":"Recommendation systems" OR "Author Keywords":"Recommendation systems").

[IEEE Xplore](#)

3.1. Critérios de Seleção e de Avaliação de Qualidade dos Artigos

A seleção de artigos foi realizada por meio de critérios de inclusão e de exclusão conforme especificam as diretrizes de [6]. Foram aplicados 7 critérios de inclusão: (i) Artigo publicado entre os anos de 2015 e 2019, (ii) Artigo publicado em revistas científicas, (iii) Artigo no idioma Inglês, (iv) Artigo completo (v) O termo de busca está presente em pelo menos um dos seguintes metadados do artigo: título, resumo ou palavras-chave, (vi) O artigo deve abordar, como temática principal, a elaboração de um sistema de recomendação e sua aplicação no contexto da educação e (vii) O artigo deve apresentar a avaliação do SRE. Já os critérios de exclusão cobriam os artigos que: (i) não são estudos primário (ex. revisões sistemáticas e mapeamentos sistemáticos), (ii) duplicados (apenas o mais atual será incluído) e (iii) os complementos e negações dos critérios de inclusão.

Os artigos que foram aprovados pelos critérios de seleção receberam a avaliação de qualidade. Essa avaliação foi realizada por meio de critérios representados por 9 questões (AQ) que possuem respostas com pesos diferentes. As questões definidas foram: (i) O artigo apresenta claramente quais são as contribuições da pesquisa? (ii) O artigo apresenta claramente como a pesquisa se diferencia de outros trabalhos relacionados?

(iii) O artigo apresenta claramente quais são as limitações do estudo? (iv) O artigo apresenta claramente quais são os direcionamentos futuros do estudo? (v) O artigo apresenta claramente como o perfil do usuário é construído? (vi) O artigo apresenta claramente quais técnicas e métodos são utilizados na elaboração do SRE? (vii) O artigo apresenta claramente qual o público alvo das recomendações? (viii) O artigo apresenta claramente as configurações de ambiente em que a pesquisa foi conduzida? (ix) O artigo apresenta claramente como a pesquisa foi avaliada?

Todos os estudos avaliados receberam pesos individuais computados de acordo com a Equação: $(AQ1+AQ2+...+AQ9)/2$. Para cada artigo analisado foi atribuída uma pontuação dentro de uma faixa de valores de 0 a 10. Apenas aqueles artigos que atingiram a pontuação mínima de 6 pontos foram aceitos. Devido a limitação de espaço, os detalhes das questões de avaliação de qualidade podem ser verificados em: <https://bit.ly/3edbWKz>.

3.2. Condução e Extração de Dados

A condução desta RSL iniciou em julho de 2020. Inicialmente, foram identificados 517 artigos através da inserção do texto de busca nos mecanismos de pesquisa dos três repositórios definidos. O volume de artigos obtidos nessa atividade já contou com a aplicação dos critérios de inclusão (i), (ii) e (iii), pois os repositórios possuem mecanismos de filtragem que auxiliam no uso dos respectivos critérios. Os demais foram aplicados na atividade seguinte sobre o total de artigos identificados. Foram selecionados 40 estudos.

Cada artigo selecionado foi submetido à avaliação de qualidade. Apenas artigos que obtiveram pontuação maior ou igual a 6 tiveram os seus dados extraídos e passaram para a etapa final da RSL. Como resultado, um conjunto de 20 artigos foram aprovados na avaliação. A listagem desses artigos pode ser verificada na Tabela 2.

Tabela 2. Lista de artigos aprovados

Código	Artigo (referência)
EA1	S.Sergis. D.G. Sampson, "Learning Object Recommendations for Teachers Based on Elicited ICT Competence Profiles". In: IEEE Transactions on Learning Technologies , vol. 9, no. 1, pp. 67-80, 2016.
EA2	J.K.Tarus. Z. Niu. A. Yousif. "A hybrid knowledge-based recommender system for e-learning based on ontology and sequential pattern mining". In: Future Generation Computer Systems , vol 72,p p. 37-48,2017.
EA3	R.Z. Cabada. M.L.B. Estrada,F.G. Hernández, R.O Bustillos. C.A. Reyes-Garcías. "An affective and Web 3.0-based learning environment for a programming language". In: Telematics and Informatics , vol 35, no 3, pp. 611-628,2018.
EA4	S.M.Nafea. F. Siewe. Y.He. "On Recommendation of Learning Objects Using Felder-Silverman Learning Style Model". In: IEEE Access , vol. 7,

	pp. 163034-163048,2019.
EA5	S. Wan. Z. Niu. "An e-learning recommendation approach based on the self-organization of learning resource". In: Knowledge-Based Systems , vol 60,pp. 71-87,2018.
EA6	M.M. Rahman. N. Abdullah. "A Personalized Group-Based Recommendation Approach for Web Search in E-Learning". In: IEEE , vol.6,pp. 34166-34178,2018.
EA7	M. Dascalu. M.Bodea. A. Moldoveanu. A.Mohora. M.Lytras. P. Pablos. "A recommender agent based on learning styles for better virtual collaborative learning experience"s. In: Computers in Human Behavior , vol. 45, pp243-253,2015.
EA8	A.Zapata. V.H.Menendez. M.E.Prieto. C.Romero. "Evaluation and selection of group recommendation strategies for collaborative searching of learning objects". In: International Journal of Human-Computer Studies , vol. 76, pp 22-39,2015.
EA9	S. Amal. C.Tsai. P.Brusilovsky. T.Kuflik. E. Minkov. "Relational social recommendation: Application to the academic domain". In: Expert Systems with Applications , vol1,24,pp 182-195,2019.
EA10	C.Porcel. A.Ching-Lopez. G.Lefranc. V.Loia. E.Herrera-Viedma."Sharing notes: An academic social network based on a personalized fuzzy linguistic recommender system". In: Engineering Applications of Artificial Intelligence , vol 75,pp. 1-10,2018.
EA11	S. Wan. Z.Niu. "A learner oriented learning recommendation approach based on mixed concept mapping and immune algorithm". In: Knowledge-Based Systems , vol103, pp28-40,2016.
EA12	A.Klasnja-Milicevic. B.Vesin. M.Ivanovic. "Social tagging strategy for enhancing e-learning experience". In: Computers & Education , vol1, 18,pp166-181,2018.
EA13	M.E.Ibrahim. Y.Yang. D.L.Ndzi. G.Yang. M.Al-Maliki. "Ontology-Based Personalized Course Recommendation Framework". In: IEEE , vol. 7,pp. 5180 – 5199,2019.
EA14	A.Fernandez-Isabel. J.C.Prieto. F.Ortega. I.M.Diego. J.M.Moguerza. J.Mena. S.Galindo. L.Napalkova. "A unified knowledge compiler to provide support the scientific community". Knowledge-Based Systems , vol. 161, pp.157-171,2018.
EA15	D.Wu. J.Lu.G.Zhang. "A Fuzzy Tree Matching-Based Personalized E-Learning Recommender System". In: IEEE Transactions on Fuzzy Systems , vol. 23, no. 6,pp. 2412-2426,2015.
EA16	H.M.Ismail. B.Belkhouche. S.Harous. "Framework for Personalized Content Recommendations to Support Informal Learning in Massively Diverse Information Wikis".In: IEEE Access , vol. 7, p. 172752-172773,2019.

EA17	M.Goga. S.Kuyoro. N.Goga. "A Recommender for Improving the Student Academic Performance". Procedia - Social and Behavioral Sciences , vol. 180, pp. 1481-1488,2015.
EA18	K.Niemann. M.Wolpers. "Creating Usage Context-Based Object Similarities to Boost Recommender Systems in Technology Enhanced Learning". In: IEEE Transactions on Learning Technologies , vol. 8, no. 3, pp. 274-285,2015.
EA19	L.Huang.C.Wang. H.Chao. J.Lai. P.S.Yu.0. "A Score Prediction Approach for Optional Course Recommendation via Cross-User-Domain Collaborative Filtering".In: IEEE Access , vol. 7, pp. 19550-19563,2019.
EA20	A.Ochirbat. T.K.Shih. C.Chootong. W.Sommool. W.K.T.M.Gunarathne, H. Wang. Z.Ma. "Hybrid occupation recommendation for adolescents on interest, profile, and behavior". Telematics and Informatics , vol. 35, no 3,pp. 534-550,2018.

Os artigos aprovados tiveram as informações relevantes a esta RSL extraídas. Para isso, foram utilizados dois métodos: a aplicação de formulário de extração de dados e a mineração textual das publicações.

No primeiro método os artigos foram lidos por completo e os seguintes dados foram extraídos: Técnica de recomendação, Parâmetros de entrada dos recomendadores, Forma de obtenção dos parâmetros de entrada, Tipo de usuário, Nível de escolaridade dos usuários, Faixa etária dos usuários, Item recomendado e Método de apresentação das recomendações; além de informações de controle como o nome do artigo e data de acesso.

No segundo, utilizou-se a ferramenta de mineração de textos Voyant Tools². A escolha dessa ferramenta ocorreu devido a sua capacidade de sintetizar palavras chaves e relacionamentos entre termos de um *corpus* de análise, no caso, os artigos selecionados. O procedimento de extração dos dados por meio da plataforma de mineração ocorreu de acordo com as seguintes etapas: (i) seleção do formato de apresentação dos dados sumarizados; (ii) pré-processamento dos artigos, que compreendeu a sua conversão para um formato puramente textual; (iii) envio do *corpus* de análise para processamento no Voyant Tools; (iv) remoção das palavras vazias (*stopwords*); e (v) obtenção dos padrões identificados. A visualização das informações mineradas se deu por meio dos recursos de nuvem de palavras e de gráfico de co-ocorrência.

4. Resultados

Esta seção contém os resultados da revisão sistemática. Nela se discutem as respostas para cada questão de pesquisa que são apresentadas individualmente nas subseções abaixo.

Conforme apresentado na Seção 3.2, uma das estratégias de extração de dados utilizadas neste estudo foi a

mineração de texto dos 21 artigos aprovados. A partir da análise realizada, foram encontradas 227.054 palavras, incluindo as suas repetições. Dentre elas, as 25 palavras-chave, isto é, aquelas com maior quantidade de ocorrência no *corpus*, e suas respectivas frequências são *learning* (n=2217), *based* (n=1318), *recommendation* (n=1010), *students* (n=659), *recommender* (n=645), *recommendations* (n=512), *group* (n=525), *learners* (n=523), *similarity* (n=444), *learner* (n=438), *knowledge* (n=414), *course* (n=392), *content* (n=359), *student* (n=328), *ontology* (n=324), *collaborative* (n=295), *social* (n=294), *courses* (n=266), *fuzzy* (n=258), *tags* (n=228), *objects* (n=227), *educational* (n=222), *hybrid* (n=218), *tree* (n=195) e *context* (n=161). A Figura 2 apresenta a nuvem de palavras produzida a partir desses termos.



Figura 2. Nuvem de palavras-chave dos artigos aprovados

Adicionalmente, foi obtido o gráfico de co-ocorrência de palavras-chave da nuvem (Figura 3, Figura 4 e Figura 5). Tais gráficos representam uma rede de conexões entre termos que aparecem conjuntamente com maior frequência. Por meio deles é possível identificar padrões textuais que auxiliam na obtenção de respostas para uma ou mais questões de pesquisa. Na discussão dos resultados, foram consideradas até a 5ª conexão mais relevante, visto que as demais eram pouco expressivas e não forneciam indicações conclusivas.

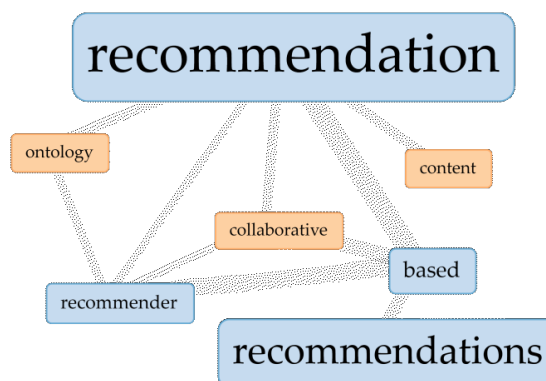


Figura 3. Gráfico de co-ocorrência das palavras-chave based, recommendation, recommender e recommendations com ênfase nas conexões com os termos content, collaborative e ontology

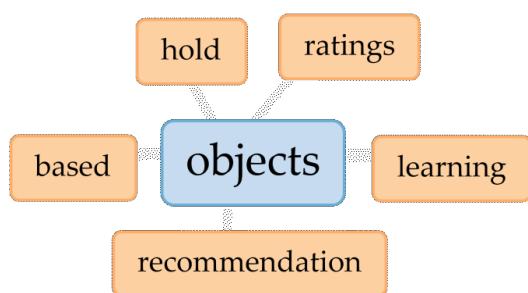


Figura 4. Gráfico de co-ocorrência da palavra-chave objects com ênfase nas suas 5 principais conexões

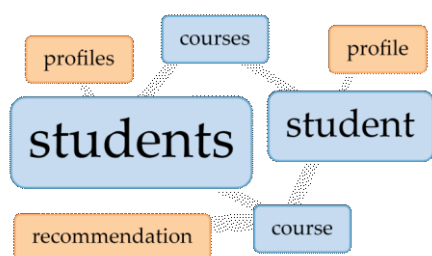


Figura 5. Gráfico de co-ocorrência das palavras-chave student, students, course e courses com ênfase nas conexões com os termos profile, profiles e recommendation

4.1. A Produção de Recomendações em Sistemas de Recomendações Educacionais

A partir da amostra analisada verificou-se a utilização de 11 tipos de técnicas nos estudos. A híbrida configura-se como predominante com ocorrência em 35% dos artigos. Tal abordagem baseia-se na combinação de estratégias de recomendação para reforçar as vantagens e reduzir as desvantagens ou limitações que elas possuem isoladamente. Os estudos EA2, EA4, EA10, EA12, EA13, EA15, EA20 e, em particular, são aqueles que apresentam esses recomendadores e formam a maioria de 7 estudos que propõe esse tipo de SRE.

A Filtragem Colaborativa (FC) e a Filtragem Baseada em Conteúdo (FBC), por sua vez, possuem a segunda e a terceira maior frequência. Elas estão presentes em 20% (EA3, EA4, EA7 e EA19) e 15% (EA4, EA5 e EA14) dos artigos respectivamente. Dentre os estudos que se baseiam em FC, 50% utilizam a técnica tradicional (EA3 e EA4), em que as predições são baseadas nas preferências dos usuários com interesses semelhantes em outros itens observados, e 50% propõe uma versão modificada (EA4 e EA19). Nos trabalhos em que há ocorrência de SRE baseados em FBC, apenas 1 utiliza uma abordagem tradicional baseada na similaridade de cossenos de vetores TF-IDF de palavras-chave (EA14).

O estudo EA4, em particular, propõe três SRE, um baseado em FC, outro em FBC e um terceiro híbrido que utilizam os estilos de aprendizagem dos estudantes para produzir recomendações. Devido a isso, esse estudo é contabilizado para as três técnicas.

Com menor frequência estão os SRE baseadas em grafos (EA9 e EA16) e na identificação e uso do contexto dos

usuários (EA18). Eles representam 15% dos estudos. As demais técnicas possuem ocorrência única para o seu respectivo estudo e correspondem aquelas baseadas em lógica fuzzy (EA1), algoritmo de grupalização (EA6), técnicas de agregação de votos e de meta aprendizado (EA8), métodos heurísticos (EA11) e em algoritmos de classificação juntamente com redes neurais (EA17). Tais resultados se confirmam por meio da análise de mineração textual referente às palavras-chave *based* (n=1318), *recommendation* (n=1010), *recommender* (n=645) e *recommendations* (n=512) e suas conexões. No gráfico apresentado na Figura 3, observam-se as seguintes co-ocorrências para os 4 termos: *collaborative-based content-recommendation*, *collaborative-recommendation*, *collaborative-recommender*, *ontology-recommender* e *ontology-recommendation*. Além disso, quando os termos têm seu papel invertido, isto é, os termos co-ocorrentes *content* (n=359), *ontology* (n=324) e *collaborative* (n=295) são definidos como palavras-chave, outras conexões relevantes são apresentadas: *collaborative-filtering*, *content-based* e *ontology-based*. Essas conexões evidenciam a proximidade entre os referidos termos e indicam que os SRE baseados em FC e em FBC estão entre os principais no *corpus* textual dos 20 artigos. A alta frequência das co-ocorrências se deve ao fato de que mais de 50% dos estudos contam com pelo menos uma delas, seja de forma isolada, seja de forma combinada em recomendadores híbridos. Por outro lado, o vocábulo *ontology* apresenta-se como termo co-ocorrente de forma significativa, pois está presente em 42.85% dos recomendadores híbridos propostos (EA2, EA3 e EA10).

No que se refere aos dados de entrada dos SRE, foram constatados 10 tipos de informações. Verificou-se que, em 35% dos artigos, esses dados são utilizados de forma conjunta, por exemplo, o recomendador proposto em EA2 baseia-se nos estilos de aprendizagem, níveis de aprendizagem, interesses e dados demográficos dos estudantes. Desse modo alguns artigos possuem correspondência com mais de um parâmetro de entrada.

O interesse do usuário é o parâmetro com maior frequência nos recomendadores, ocorrendo em 55% dos estudos (EA2, EA3, EA5, EA6 ao EA8, EA10, EA13, EA16, EA19 e EA20). Dentre eles, 72,73% são obtidos de forma explícita por mecanismos de classificação de itens (ex. através da atribuição de um valor que indique alto interesse ou baixo interesse). Os outros 27,27% (EA5, EA6 e EA16) obtêm às preferências dos usuários de forma implícita através da captura de dados relativos ao comportamento dele, como por exemplo, cliques e outras interações sobre itens.

Os estilos de aprendizagem dos estudantes possuem a segunda maior ocorrência entre os parâmetros de entrada. Eles estão em 25% dos estudos analisados (EA2, EA4, EA5, EA7 e EA11). Tal parâmetro é baseado no modelo de Felder-Silverman e são capturados de forma explícita através do questionário Índice de Estilos de Aprendizagem, do inglês *Index of Learning Styles (ILS)*, em 60% dos casos (EA2, EA4, EA7). O artigo EA5, em contrapartida, define os estilos de aprendizagem a partir

de diferentes aspectos como competências, atitudes e experiências de aprendizagem. O estudo EA6 considera além do modelo de Felder-Silverman, outras teorias e define estilos de aprendizagem baseados em 8 fatores.

Outros tipos de parâmetros presentes nos artigos são os dados demográficos (EA2, EA13, EA17 e EA20), informações acadêmicas (EA6, EA13 e EA15), palavras-chave (EA12, EA14 e EA21), contexto (EA18), relações sociais (EA9 e EA10), competências (EA1), níveis de aprendizagem (EA2) e objetivos de aprendizagem (EA5). Diante desta análise, percebe-se uma escassez de parâmetros que se baseiam em elementos culturais e afetivos da aprendizagem, embora tais elementos sejam relevantes para produção de recomendações educacionais [9].

4.2. Apresentação das Recomendações em Sistemas de Recomendações Educacionais

Com relação aos 20 artigos utilizados na análise deste estudo, 75% evidenciam o método de apresentação das recomendações. Os estudos EA1, EA7, EA9, EA11 e EA17, em particular, não especificam e apenas informam que realizam a recomendação ao usuário. Dentre as estratégias apresentadas nos artigos do primeiro grupo, destaca-se a Lista Top-N em todos. Esta lista apresenta o ranqueamento dos materiais mais relevantes e melhor classificados de alguma forma a partir do perfil do usuário e de suas necessidades.

Quando analisado nos artigos sobre quais são os itens recomendados, aqueles que definem um método de apresentação recomendam majoritariamente, objetos de aprendizagem (EA2, EA4, EA5, EA8, EA18), em seguida são cursos (EA13 e EA19) e páginas web (EA6 e EA16). Os demais artigos recomendam exercícios (EA3), recursos acadêmicos como documentos e tutoriais em vídeo (EA10), artigos e pesquisadores (EA14), atividades (EA15) e por fim dicas (EA20).

Já entre os itens recomendados nos artigos que não definem o formato de apresentação, 60% recomendam objetos de aprendizagem (EA1, EA7 e EA11). Na outra metade há a recomendação de colegas (EA9) e ações e dicas (EA17).

Ao comparar a análise realizada sobre os itens recomendados dos 20 artigos com os dados extraídos da mineração dos textos, percebe-se que a partir da palavra-chave *objects* (n=227) e *course* (n=392) obtém-se a indicação dos principais tipos de recursos recomendados. O termo *objects* possui as conexões *learning-objects* e *objects-recommendation* entre as mais relevantes em todo o *corpus* (Figura 4). De forma semelhante, o termo *course* possui a conexão *course-recommendation* (Figura 5). Tais co-ocorrências evidenciam a existência de recomendações de objetos de aprendizagem e de cursos nos artigos analisados. O fato de as palavras-chave estarem entre as 25 mais recorrentes expressam a predominância da recomendação desses itens em relação a outros. Já o item Páginas Web, não aparece nas ocorrências, pois os autores

utilizam termos diferentes para se referir ao mesmo tipo de recurso, como *web pages* e *links*.

4.3. O Público Alvo em Sistemas de Recomendações Educacionais

A partir dos artigos analisados verificou-se que o público alvo dos SRE é formado por dois tipos principais de usuários. O primeiro é representado pelos estudantes. Tais usuários beneficiam-se das recomendações obtendo apoio na identificação de itens que contribuem para o seu aprendizado ou para a tomada de decisão no contexto acadêmico. Eles estão presentes em 75% dos estudos (EA2 ao EA7, EA11 ao EA13 e EA15 ao EA20). O segundo é composto pelos professores. Eles são apresentados como os usuários em 10% dos SRE e, normalmente, recebem recomendações que auxiliam nas suas práticas pedagógicas (EA1 e EA8). Os autores dos estudos EA9, EA10 e EA14, em particular, propõe SRE que consideram tanto professores quanto estudantes nas recomendações. Eles representam um total de 15% dos artigos.

Os termos *student* (n=328), *students* (n=659) presente na nuvem de palavras da Figura 1 confirmam a predominância do público alvo de estudantes quando analisados juntamente com as co-ocorrências do vocábulo *profile* e *profiles*, respectivamente.

Conforme observa-se na Figura 5, a partir do gráfico de co-ocorrência, verifica-se a existência de conexões *student-profile* e *students-profiles*. Tais conexões indicam a presença do elemento perfil de estudantes nos artigos. Esse elemento é uma estrutura tipicamente utilizada para prover parâmetros de entradas a um SRE. Tal evidência sugere que informações dos estudantes são utilizadas na produção de recomendações e, conseqüentemente, objetivam atender as necessidades desse tipo de usuário. Em contrapartida, na nuvem não se observam termos que identifiquem outros tipos de usuários dos SRE evidenciando que eles não são tão recorrentes quanto os estudantes.

No grupo de artigos que propõem recomendadores apenas para os estudantes, a maioria de 86,67% atende ao público do ensino superior (EA2 ao EA7, EA11 ao EA13, EA15, EA17 ao EA19). Em todos esses estudos infere-se o nível de escolaridade dos usuários através do conjunto de dados utilizados nos experimentos *offline* ou do público alvo dos experimentos *online*. Com relação à faixa etária dos estudantes, apenas, EA3 e EA5 apresentam informações de forma explícita, sendo o grupo formado por jovens entre 18 e 22 anos de idade.

Apenas 13,33% dessas pesquisas abrangem um público alvo de estudantes com nível de escolaridade diferenciado (EA16 e EA20). Em EA16 os autores explicitam, através dos experimentos realizados, que o público é formado por estudantes do ensino fundamental com faixa etária entre 9 a 10 anos de idade. Já em EA20, o público alvo é composto por estudantes do ensino médio que estão buscando o ingresso no ensino superior.

Diante dos dados obtidos, observa-se uma escassez de SRE que objetivem atender as necessidades de públicos com características específicas como estudantes com deficiências ou idosos. Com relação aos idosos, em especial, [10] evidenciam a necessidade de que eles tenham acesso a materiais digitais educacionais. Assim, observa-se a necessidade de sistemas de recomendação educacional que indiquem objetos de aprendizagem voltados ao público sênior.

Conclusões

Os sistemas de recomendações educacionais identificam as preferências dos usuários e recomendam conteúdos que mais se aproximam de seus interesses e necessidades educacionais. A revisão sistemática da literatura conduzida neste estudo teve o objetivo de resumir as informações disponíveis sobre o funcionamento de tais recomendadores.

Os resultados deste trabalho foram baseados na análise de 20 artigos selecionados. Eles mostram que diferentes técnicas e parâmetros são utilizadas pelos SRE para a produção de recomendações, porém que há predominância dos recomendadores híbridos e dos interesses dos usuários respectivamente. Além disso, com relação à apresentação da recomendação, observou-se que a forma mais utilizada é a lista top-n e que tal abordagem é a mais comum para a indicação de objetos de aprendizagem. Quanto ao público alvo, foram identificados dois tipos de usuários: os alunos e os professores, sendo os primeiros os mais comuns entre os SRE. Por fim, do grupo de estudantes, verificou-se que a maioria é formada por aqueles que estão no ensino superior.

Em termos de limitações, esta RSL utilizou apenas uma ferramenta de mineração de texto o que pode ter restringido o alcance desse tipo de análise. Também, a escolha de apenas três repositórios reduziu a amostra de artigos investigados. Apesar disso, os repositórios selecionados estão no grupo dos que possuem relevância significativa para a área de informática na educação. Como oportunidade de pesquisa identificou-se uma escassez de SRE voltados para o público idoso, que se insere no contexto educacional através de cursos de inclusão ou universidades abertas. Tal carência também foi constatada no que se refere a recomendadores baseados em elementos culturais e afetivos da aprendizagem. Espera-se que os resultados deste estudo contribuam na formação de uma agenda de pesquisa para a área.

Notas

¹A primeira e a segunda etapa foram realizadas através do uso da plataforma Parsifal. <https://parsif.al/>

² Voyant Tools. <https://voyant-tools.org/>

Referências

- [1] S. A. A. Maria, S. C. Cazella and P. A. Behar, "Sistemas de recomendação: conceitos e técnicas de aplicação," in *Recomendação pedagógica em educação a distância*, P. A. Behar, Org., Porto Alegre: Penso, 2019.
- [2] H. Drachslar, K. Verbert, O. Santos and N. Manouselis, "Panorama of Recommender Systems to Support Learning" in *Recommender Systems Handbook*, 2015, pp. 421–451. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7637-6_12
- [3] A. Klasnja-Milicevic, M. Ivanovic and A. Nanopoulos, "Recommender systems in e-learning environments: a survey of the state-of-the-art and possible extensions," *Artificial Intelligence Review*, vol. 4, no. 44, pp. 571–604, 2015. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s10462-015-9440-z>
- [4] A. C. Rivera, M. Tapia-Leon and S. Lujan-Mora, "Recommendation Systems in Education: A Systematic Mapping Study," in *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2018, pp. 937–947. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-319-73450-7_89
- [5] V. Vaidhehi and R. Suchithra, "A Systematic Review of Recommender Systems in Education," *International Journal of Engineering & Technology*, vol. 7, no. 1, 2018. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.14419/ijet.v7i3.4.16771>
- [6] B. Kitchenham and S. Charters, *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering*, Software Engineering Group, School of Computer Science and Mathematics, Keele University, 2007, pp. 1–57. [Online]. Available: https://www.elsevier.com/_data/promis_misc/525444systematicreviewsguide.pdf
- [7] D. Dermeval, J. Coelho and I. Bittencourt, "Mapeamento sistemático e revisão sistemática da literatura em informática na educação," in *Metodologia de Pesquisa em Informática na Educação: Abordagem Quantitativa de Pesquisa*, P. A. Jaques, M. Pimentel, S. Siqueira and I. Bittencourt, Eds., 2019. [Online]. Available: <https://metodologia.ceie-br.org/livro-2/>
- [8] D. Buchinger, G. A. S. Calcanti and M. S. Hounsell, "Mecanismos de busca acadêmica: uma análise quantitativa," *Revista Brasileira de Computação Aplicada*, vol. 6, no. 1, pp. 108–120, 2014. [Online]. Available: <https://doi.org/10.5335/rbca.2014.3452>
- [9] M. Maravanyik and N. Dlodlo, "Selecting Attributes for Inclusion in an Educational Recommender System Using the Multi-attribute Utility Theory," in *International Conference on Applied Informatics*, 2018, pp. 239–252. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-030-01535-0_18
- [10] L. R. Machado and P. A. Behar, "Construção de um objeto de aprendizagem voltado para pessoas idosas," in

Congresso Ibero-americano de Informática Educativa,
2010, pp. 603-608.

Informação de contato dos autores:

Felipe Leite da Silva

Av. Paulo Gama, 110 - 329 - Bairro Farroupilha
Rio Grande do Sul, Porto Alegre
Brasil

fsilva@ufrgs.br

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-2799-3503>

Ketia Kellen Araújo da Silva

Av. Paulo Gama, 110 - 329 - Bairro Farroupilha
Rio Grande do Sul, Porto Alegre
Brasil

ketiakellen@gmail.com

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4722-8072>

Bruna Kin Slodkowski

Av. Paulo Gama, s/nº, Bairro Farroupilha
Rio Grande do Sul, Porto Alegre
Brasil

brunakinnuted@gmail.com

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-9028-366X>

Sílvio César Cazella

R. Sarmento Leite, nº245, Centro Histórico
Rio Grande do Sul, Porto Alegre
Brasil

silvioc@ufcspa.edu.br

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-2343-893X>

Felipe Leite da Silva

Doutorando em Informática na Educação pelo PPGIE/UFRGS.
Graduado em bacharelado em Ciências da Computação (2013) e
possui mestrado em Ciências da Computação (2015) pela
Universidade Federal do Pará – UFPA.

Ketia Kellen Araújo da Silva

Professora Colaboradora na Universitat Oberta de Catalunya
(UOC) e no Programa de Pós-Graduação em Informática na
Educação da UFRGS. Pós-Doutoranda em Informática na
Educação PPGIE/UFRGS.

Bruna Kin Slodkowski

Mestranda em Educação pela UFRGS. É Graduada em
Pedagogia pela UFRGS. É pesquisadora no Núcleo de
Tecnologia Digital Aplicado à Educação (NUTED) e professora
colaboradora na Unidade de Inclusão Digital de Idosos (UNIDI).

Sílvio César Cazella

Doutor em Ciência da Computação pela UFRGS. Professor do
Programa de Pós-Graduação em Ensino na Saúde (UFCSPA) e
do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação
(PGIE/UFRGS).