

Ensino de Programação e Pensamento Computacional Utilizando Realidade Virtual, Realidade Aumentada e Jogos: Um Mapeamento Sistemático da Literatura

Paulo André Pimenta Aragão¹, Gustavo Martins Nunes Avellar¹,
Ellen Francine Barbosa¹

¹Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC-USP)
Universidade de São Paulo – Departamento de Sistemas de Computação
Caixa Postal 668 - CEP 13560-970 – São Carlos (SP), Brasil

{andre.aragao, gustavo.avellar}@usp.br, francine@icmc.usp.br

Resumo. *O ensino de programação e pensamento computacional utilizando tecnologias como Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA), ganhou destaque, especialmente no Ensino Básico. Além disso, elementos de jogos e aspectos colaborativos também são explorados para aprimorar o processo de ensino-aprendizagem. A partir dos resultados deste mapeamento sistemático, não foi possível observar o uso em conjunto de RV e aspectos colaborativos. Além disso, os tópicos de programação abrangidos pelos estudos analisados são principalmente introdutórios. Por fim, os jogos sérios são comumente utilizados para o ensino de programação e pensamento computacional.*

Abstract. *The teaching of programming and computational thinking using technologies such as Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR), gained prominence, especially in Basic Education. In addition, game elements and collaborative aspects are also explored to enhance the teaching-learning process. From the results of this systematic mapping, it was not possible to observe the joint use of VR and collaborative aspects. In addition, the programming topics covered by the studies analyzed are mainly introductory. Finally, serious games are commonly used for teaching programming and computational thinking.*

1. Introdução

A crescente necessidade de qualificação profissional para a correta utilização das tecnologias computacionais no cotidiano tem levado à demanda cada vez maior por habilidades de programação [Oh et al. 2013, Avellar and Barbosa 2019]. O aprendizado desses conceitos no Ensino Básico, por exemplo, proporciona aos estudantes habilidades relevantes, como resolução de problemas e facilidade de aprendizagem, cada vez mais requisitadas em diversas áreas [Tucker 2003, Silva et al. 2015]. Diante dessa demanda, diversos esforços têm sido observados a fim de promover a incorporação do ensino de programação em várias etapas do processo de ensino-aprendizagem, incluindo o Ensino Básico.

Diversos estudos, como os de [Caballero-Gonzalez et al. 2019], [Denner et al. 2019] e [Strawhacker and Bers 2019], têm investigado os benefícios do ensino de programação e pensamento computacional (PC) para crianças, identificando vantagens como a abstração de padrões, tomada de decisão, melhoria do rendimento escolar

[Caballero-Gonzalez et al. 2019], maior engajamento no aprendizado [Denner et al. 2019] e estímulo à criatividade [Strawhacker and Bers 2019].

Nesse contexto, foram desenvolvidos diversos softwares educativos voltados para o ensino de programação, bem como para o pensamento computacional, visando dinamizar o ensino e melhorar a qualidade da aprendizagem desses conteúdos [Boonbrahm et al. 2019, Esteves et al. 2019, Gardeli and Vosinakis 2019, Masso and Grace 2011, Rios and Paredes-Velasco 2021]. Dentre esses softwares, é possível observar a utilização de tecnologias complementares, como Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA). Em conjunto com essas tecnologias, especialmente a RA, também é possível observar o uso de aspectos colaborativos que promovem o trabalho em conjunto entre os alunos, buscando uma dinâmica mais efetiva e motivação para o ensino de programação [Sittiyuno and Chaipah 2019, Chung et al. 2021, Sharma et al. 2022]. A colaboração no ensino de programação pode ser aplicada por meio de projetos em grupo, *pair programming* e aulas interativas. Essas atividades ajudam os alunos a aprender uns com os outros, desenvolver habilidades de comunicação e colaboração, e estimular a aprendizagem ativa.

Ademais, destaca-se o uso de aspectos de jogos, que desempenham um papel importante na melhoria do ensino [Sittiyuno and Chaipah 2019, Zhan et al. 2022, Carreño-León et al. 2018]. Os jogos são atividades lúdicas que envolvem desafios, regras e uma estrutura própria, proporcionando uma experiência divertida para os alunos. Por outro lado, jogos sérios são jogos que possuem como objetivo principal a educação ou o treinamento em determinado conteúdo, combinando elementos de entretenimento com propósitos educacionais [Dörner et al. 2016]. A gamificação, por sua vez, consiste em aplicar conceitos e mecânicas de jogos em contextos não relacionados a jogos, com o objetivo de engajar e motivar os estudantes em suas atividades de aprendizagem.

Considerando o cenário apresentado, este trabalho descreve um mapeamento sistemático da literatura (MSL) que tem como objetivo identificar o estado da arte acerca do uso de RV e RA em soluções computacionais educativas voltadas para o ensino de programação, com ênfase no ensino colaborativo. Além disso, o mapeamento busca obter informações sobre os tópicos de programação abordados por essas aplicações e o público-alvo. Por fim, o estudo também visa identificar informações sobre o uso de elementos de jogos, como gamificação e jogos sérios, nessas propostas.

No estudo realizado por [Avellar and Barbosa 2019], os autores apresentaram um MSL que investigou o uso de RV, RA e Realidade Misturada como ferramenta de apoio ao ensino de programação. De acordo com os resultados apresentados, os estudos selecionados pelos autores reportaram benefícios para os estudantes durante a prática educacional em termos de visualização, prática de conceitos e engajamento. O presente trabalho, por sua vez, busca explorar a combinação dessas tecnologias com aspectos colaborativos e de jogos, ainda no contexto do ensino de programação. Nesse sentido, o estudo de [Avellar and Barbosa 2019] servirá como uma referência comparativa ao decorrer da condução deste MSL.

Pretende-se, com isso, contribuir para o avanço do conhecimento sobre a utilização de tecnologias educacionais inovadoras no ensino de programação, explorando a sinergia entre aspectos colaborativos, RV e jogos no contexto do Ensino Básico. Acredita-se que ao promover a interação e colaboração entre os alunos por meio de am-

bientes virtuais e recursos de RV, aliados aos elementos lúdicos dos jogos, seja possível desenvolver habilidades cognitivas, sociais e técnicas de forma mais efetiva.

Este artigo é estruturado da seguinte forma: na Seção 2, a metodologia utilizada no mapeamento sistemático é apresentada. Na Seção 3, os resultados da extração de dados dos artigos selecionados para este MSL são apontados. Na Seção 4 são sumarizados os principais resultados obtidos. Na Seção 5, as ameaças à validade e as limitações do trabalho são apontadas. Por fim, na Seção 6, são apresentadas as considerações finais.

2. Metodologia

Para a condução deste mapeamento, foram utilizadas as orientações de [Petersen et al. 2015], buscando assegurar a consistência, replicabilidade e confiabilidade dos resultados apresentados neste MSL. A metodologia é composta por: (i) definição das Questões de Pesquisa (QP) (Seção 2.1); (ii) definição da string de busca (Seção 2.2); e (iii) definição das estratégias de seleção e busca (seções 2.3 e 2.4, respectivamente).

2.1. Questões de Pesquisa

O objetivo deste MSL é obter informações a respeito das aplicações voltadas para o ensino de programação, de modo a identificar o uso de RV e RA em tais softwares. Além disso, este estudo busca encontrar detalhes a respeito do uso de ensino colaborativo nos softwares educacionais voltados para esse tema. Por fim, este mapeamento também objetiva identificar dados a respeito dos aspectos de jogos, como gamificação e jogos sérios, utilizados nos softwares educacionais voltados ao ensino de programação.

Para atender a esses objetivos, as seguintes QPs foram definidas:

- QP1. Existem aplicações voltadas para o ensino de programação que utilizam Realidade Virtual e/ou Realidade Aumentada?
 - QP1.1. Dentre essas aplicações, o ensino colaborativo é aplicado?
 - QP1.2. Existem aplicações que utilizam tanto Realidade Virtual como Realidade Aumentada?
- QP2. Quais os tópicos de programação contemplados pelos softwares educativos?
 - QP2.1. Qual o nível de aprofundamento no ensino de programação por tais softwares educativos?
 - QP2.2. Qual o público-alvo?
- QP3. Os aspectos de jogos são utilizados em softwares educativos voltados para o ensino de programação?
 - QP3.1. Quais os tipos utilizados (e.g., Gamificação, Jogos Sérios)?

2.2. String de Busca

Após a definição das QPs, foi necessário identificar as palavras-chave e, a partir dessa definição, elaborar a *string* de busca, de modo a viabilizar a condução do MSL. A *string* de busca foi definida considerando as palavras-chave relacionadas aos temas de interesse, incluindo termos específicos de RV, RA, ensino de programação, colaboração e aspectos de jogos (Tabela 1). É válido destacar que a *string* de busca para a busca automática foi definida em inglês, dado que os bancos de dados e indexadores contemplados neste mapeamento possuem maior número de estudos indexados na língua inglesa. Além disso, a *string* também considerou os termos em português, de modo a englobar estudos nacionais. Tais decisões foram amparadas pelas recomendações de [Petersen et al. 2015]

Tabela 1. String de Busca Definida para o Mapeamento Sistemático

<i>String de Busca</i>
(collaborative OR multiplayer OR group) AND (teaching OR learning OR “educational software” OR “educational application” OR game) AND (programming OR algorithm) AND (“virtual reality” OR “augmented reality” OR “mixed reality” OR vr OR ar)

2.3. Estratégia de Seleção dos Estudos

A estratégia de seleção dos estudos, por sua vez, foi desenvolvida para garantir a inclusão de estudos relevantes para a análise, de acordo com os critérios estabelecidos. A seleção dos estudos foi conduzida por uma equipe composta por três revisores, que realizaram as etapas de leitura básica e completa, aplicando os critérios de seleção definidos.

Os critérios de inclusão foram elaborados para garantir a seleção de estudos alinhados aos objetivos deste mapeamento sistemático da literatura, incluindo:

- CI1. O estudo refere-se ao ensino de programação por meio de Realidade Virtual e/ou Realidade Aumentada;
- CI2. O estudo investiga a colaboração em um software educacional voltado para o ensino de programação;
- CI3. O estudo é uma análise, estudo de caso, experimento, mapeamento ou revisão sistemática literatura sobre o ensino de programação por meio de Realidade Virtual e/ou Realidade Aumentada;
- CI4. O estudo é uma análise, estudo de caso, experimento, mapeamento ou revisão sistemática literatura sobre o uso de colaboração em um software educacional voltado para o ensino de programação.

Os critérios de exclusão definidos foram:

- CE1. O estudo não envolve as questões de pesquisa;
- CE2. O estudo não é escrito em Inglês ou Português;
- CE3. O estudo não está completamente disponível para leitura.

A seleção dos estudos foi realizada em etapas, iniciando-se com a remoção dos trabalhos duplicados, utilizando a ferramenta Parsifal¹ como auxílio. Em seguida, foi conduzida a leitura básica dos estudos encontrados, verificando o título, resumo e palavras-chave, aplicando os critérios de seleção. Posteriormente, foi realizada uma revisão para garantir a consistência da seleção. A leitura completa dos estudos pré-selecionados foi realizada, aplicando novamente os critérios de inclusão e exclusão. Ao final dessa etapa, os estudos selecionados foram utilizados para a extração de dados e resposta às QPs.

¹<https://parsif.al>

2.4. Estratégia de Busca

A busca pelos estudos foi realizada em duas etapas: (i) busca automática, utilizando as fontes de busca selecionadas; e (ii) busca manual em revistas e conferências relevantes para o tema desta pesquisa.

Na primeira etapa, os estudos foram encontrados utilizando a string de busca nas fontes selecionadas, sendo elas: Scopus; IEEE Xplore; e ACM Digital Library. A busca automática teve como objetivo identificar o maior número possível de estudos para posterior análise. Já na segunda etapa, foi realizada uma busca manual em periódicos, tais como *Computers & Education* e *IEEE Transactions on Learning Technologies*, e conferências, como SBIE, SVR e SIGCSE. A busca manual proporcionou uma maior abrangência, incluindo estudos que podem não estar presentes nas bases de dados selecionadas. Os resultados das buscas foram devidamente registrados e armazenados, possibilitando sua posterior análise e seleção dos estudos relevantes.

3. Resultados

A partir da condução do mapeamento sistemático, um total de 1086 estudos foram obtidos por meio das duas etapas de busca. Após a remoção dos estudos duplicados, foi possível observar que: a busca automática resultou em 879 estudos (Tabela 2); e a busca manual resultou em 108 estudos (Tabela 3).

Tabela 2. Busca Automática

Fonte	Quantidade
ACM Digital Library	68
IEEE Xplore	33
Scopus	778
Total	879

Tabela 3. Busca Manual

Fonte	Quantidade	Fonte	Quantidade
CSEET	7	SBIE	8
ICALT	8	SIGCSE	39
IEEE VR	1	SVR	2
ITiCSE	1	WEI	5
SAC	28	WIE	2
SBGames	7	Computers & Education	0
IEEE TLT	0	FIE	0
ICSE	0	–	–
Total		108	

Com a exclusão dos estudos duplicados e a análise das fontes de busca, o número total de trabalhos a serem considerados para leitura foi de 987. Após a leitura parcial e completa dos artigos, aplicando os critérios de seleção definidos, 20 estudos foram selecionados para a análise e extração de informações relevantes, a fim de responder às QPs

Tabela 4. Estudos Finais

ID	Referência	Título
E1	[Avellar and Barbosa 2019]	Virtual and augmented reality in the teaching and learning of programming: a systematic mapping study
E2	[Boonbrahm et al. 2019]	Teaching Fundamental Programming Using Augmented Reality
E3	[Chung and Hsiao 2020]	Computational Thinking in Augmented Reality: An Investigation of Collaborative Debugging Practices
E4	[Chung et al. 2021]	Collaborative programming problem-solving in augmented reality: Multimodal analysis of effectiveness and group collaboration
E5	[Esteves et al. 2019]	Use of Augmented Reality for Computational Thinking Stimulation through Virtual Toys
E6	[Frosi and Jaques 2020]	Jogos Digitais para o ensino de programação: uma revisão sistemática das pesquisas publicadas no Brasil entre 2015 e 2019
E7	[Gardeli and Voinakis 2019]	ARQuest: A Tangible Augmented Reality Approach to Developing Computational Thinking Skills
E8	[Goyal et al. 2016]	Code Bits: An Inexpensive Tangible Computational Thinking Toolkit For K-12 Curriculum
E9	[Yi-Ming Kao and Ruan 2022]	Designing and evaluating a high interactive augmented reality system for programming learning
E10	[Kazanidis et al. 2017]	Teaching mobile programming using augmented reality and collaborative game based learning
E11	[Luxton-Reilly et al. 2018]	Introductory Programming: A Systematic Literature Review
E12	[Masso and Grace 2011]	Shapemaker: A game-based introduction to programming
E13	[Mesia et al. 2016]	Augmented Reality for Programming Teaching. Student Satisfaction Analysis
E14	[Rios and Paredes-Velasco 2021]	Using Augmented Reality in programming learning: A systematic mapping study
E15	[Sakamoto and Ohshima 2019]	Code Weaver: A Tangible Programming Learning Tool with Mixed Reality Interface
E16	[Saleh et al. 2021]	Learning Scope of Python Coding Using Immersive Virtual Reality
E17	[Sharaf et al. 2020]	Virtual/Mixed Reality Control of a Game Through Scratch
E18	[Sharma et al. 2022]	The design and evaluation of an AR-based serious game to teach programming
E19	[Sittiyuno and Chaipah 2019]	ARCode: Augmented Reality Application for Learning Elementary Computer Programming
E20	[Tsai and Lai 2022]	Design and Validation of an Augmented Reality Teaching System for Primary Logic Programming Education

definidas na etapa inicial deste MSL. Os detalhes desses estudos podem ser encontrados na Tabela 4.

Com a obtenção dos estudos finais, foi possível realizar a extração dos dados para responder às questões de pesquisa definidas na etapa de planejamento. Todas as QPs definidas são respondidas nas subseções a seguir.

3.1. QP1 – Aplicações de Realidade Virtual e Realidade Aumentada para Ensino de Programação

A respeito da QP1, que investiga o uso de RV e RA para o ensino de programação, é possível observar que houve uma maior utilização de Realidade Aumentada, com 14 estudos adotando essa tecnologia (E2, E3, E4, E5, E7, E8, E9, E10, E12, E13, E15, E18, E19, E20), enquanto apenas dois estudos utilizaram Realidade Virtual (E16, E17). Além disso, foi possível notar que quatro estudos (E1, E6, E11, E14) realizaram uma análise do estado da arte, não propondo nenhuma tecnologia específica como solução. A relação entre tecnologia utilizada e quantidade de estudos é ilustrada na Figura 1.

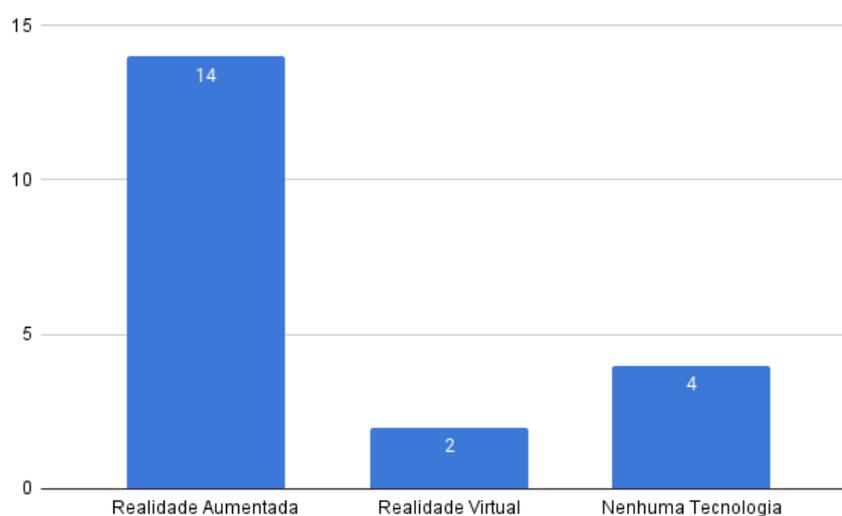


Figura 1. Tecnologias Utilizadas nos Estudos

Em relação à aplicação de ensino colaborativo, que foi o foco da QP1.1, verificou-se que todos os estudos que utilizam RA (E3, E4, E7, E8, E10, E12, E13, E15, E18, E19, E20) também adotaram aspectos de colaboração, totalizando 11 estudos. No entanto, não foi identificado nenhum estudo que utilizasse RV em conjunto com o ensino colaborativo.

Em relação à QP1.2, que busca investigar a utilização conjunta de RA e RV, nenhum dos estudos encontrados na literatura apresentou essa combinação. Assim, os resultados indicam uma lacuna nessa área de pesquisa, destacando a necessidade de investigações futuras que explorem o potencial da combinação de RV e RA no contexto do ensino de programação.

3.2. QP2 – Tópicos de Programação Abordados

No que diz respeito à QP2, que investiga os tópicos de programação abordados pelos estudos, foi possível observar que os tópicos de programação mais considerados nos estudos foram estrutura sequencial, variáveis, estruturas condicionais e iterações, sendo

constatado, conforme abordado na QP2.1, que os softwares educacionais encontrados são voltados para o ensino introdutório de programação. A Figura 2 ilustra a relação entre tópicos de programação e quantidade de estudos relacionados.

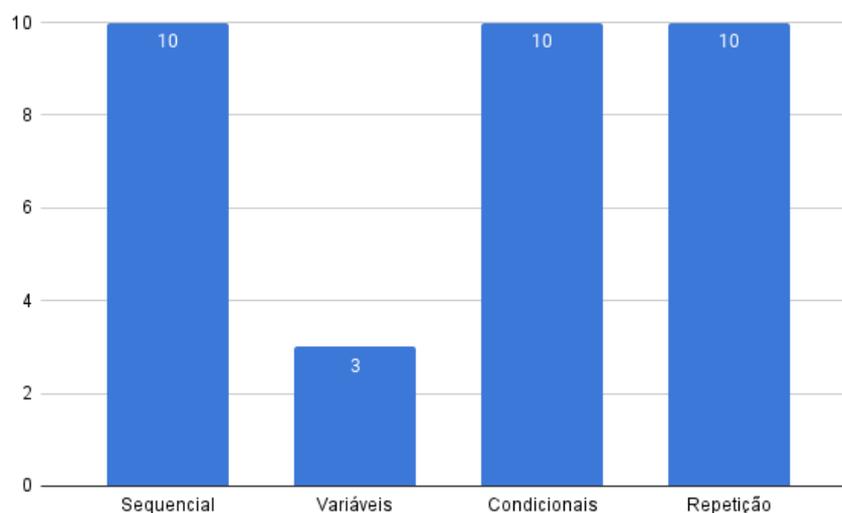


Figura 2. Tecnologias Utilizadas nos Estudos

Quanto à faixa etária dos alunos-alvo nos estudos selecionados, sete trabalhos são voltados para crianças de até 12 anos (E5, E7, E8, E9, E15, E17, E20). Além disso, seis trabalhos são direcionados para pessoas maiores de 18 anos, especialmente alunos de Computação (E2, E10, E13, E16, E18, E19). Esses resultados indicam que não há restrição de idade para a aprendizagem de programação, corroborando a análise realizada por [Avellar and Barbosa 2019]. Também foi possível observar que o número de estudos voltados para o ensino de programação para crianças aumentou em comparação com o estudo de [Avellar and Barbosa 2019], que apontou apenas quatro estudos voltados para alunos até o Ensino Médio. Isso sugere a crescente importância da programação no Ensino Básico e o aumento do interesse em pesquisas e propostas para o ensino de programação nessa faixa etária.

3.3. QP3 – Aspectos de Jogos Utilizados

Ao investigar a presença de aspectos de jogos nos softwares educacionais voltados para o ensino de programação, conforme questionado pela QP3, identificou-se que 10 dos estudos analisados (E7, E8, E10, E12, E13, E16, E17, E18, E19, E20) incorporaram tais elementos, ou seja, metade das pesquisas examinadas neste MSL utilizaram aspectos de jogos para apoiar o ensino de programação. Além disso, em relação à QP3.1, todos os estudos que empregaram características de jogos em suas soluções indicaram que esses aspectos eram considerados jogos sérios. É importante ressaltar que dentre esses estudos, não foi observado o uso de gamificação em conjunto com RV e RA para o ensino de programação.

4. Discussão

A partir dos resultados obtidos no MSL, foi possível identificar o uso de RA, RV e colaboração em diferentes softwares educacionais que apoiam o ensino de programação.

Primeiramente, nota-se que a RA é comumente utilizada em dispositivos móveis e pode incluir aspectos do ensino colaborativo. No trabalho de [Kazanidis et al. 2017], por exemplo, os autores propuseram um software educacional móvel voltado para o ensino de programação, que contempla aspectos do ensino colaborativo, bem como permite aos alunos optarem por utilizar ou não uma abordagem em RA.

De forma similar, o estudo de [Gardeli and Vosinakis 2019] consistiu na proposta de um jogo educacional móvel em RA voltado ao ensino de programação, denominado ARQuest. Esse software utiliza a abordagem colaborativa para tornar o ensino mais dinâmico e divertido, utilizando para seu funcionamento um tabuleiro e cartas que são utilizadas pelos alunos para solucionar os desafios propostos.

Além disso, observou-se que os tópicos introdutórios de programação são os mais contemplados pelos softwares educacionais identificados neste estudo. No estudo de [Sharaf et al. 2020], os autores elaboraram um jogo sério em RV voltado para o ensino de programação, em que os alunos deveriam procurar por blocos de comandos e, em seguida, construir um algoritmo com os blocos coletados. Esse jogo educativo contempla três conceitos de programação, sendo eles: sequencial, condicional e interação.

Ademais, foi observado que os softwares educacionais encontrados são voltados tanto para crianças com até 12 anos quanto estudantes de Computação com mais de 18 anos. O estudo de [Frosi and Jaques 2020] buscou identificar o estado da arte acerca do uso de jogos digitais para o ensino de programação no Brasil. Assim, foi observado que aproximadamente 56% dos estudos analisados pelos autores eram voltados para o ensino superior, enquanto 44% dos estudos eram voltados para o ensino básico.

Outro aspecto identificado nos softwares educacionais voltados para o ensino de programação é a presença de elementos de jogos, em especial, jogos sérios. Nota-se que essa abordagem se demonstrou efetiva na transmissão de conhecimentos e habilidades, além de proporcionar maior engajamento dos alunos em experiências educativas. O trabalho de [Masso and Grace 2011] propõe um jogo educativo, denominado Shape-maker, que consiste em turnos, em que um objetivo inicial é dado, como desenhar uma forma geométrica, por exemplo, e os jogadores devem obter as cartas com os comandos necessários para cumprir o objetivo, utilizando o conhecimento sobre programação para alcançar o objetivo. Além disso, em relação a RV, também foi observado o uso de aspectos de jogos sérios, como ocorre no trabalho de [Sharaf et al. 2020], descrito anteriormente.

Com base nessas observações, torna-se evidente o potencial de novas investigações que explorem a combinação de RV com a aplicação de aspectos colaborativos, visando aprimorar a eficácia do ensino de programação. Adicionalmente, identifica-se espaço para o desenvolvimento de softwares educacionais que abordem tópicos de programação mais avançados, ampliando, assim, o escopo e a diversidade das soluções disponíveis. Por fim, destaca-se que o uso de aspectos de jogos, especialmente jogos sérios, que emerge como uma estratégia promissora para agregar ao ensino de programação a atratividade, o envolvimento e a eficácia.

5. Ameaças à Validade e Limitações

Apesar dos esforços em garantir a qualidade e a confiabilidade deste MSL, é importante destacar algumas ameaças à validade e limitações que podem influenciar os resultados e

interpretações obtidos. A seguir, são apresentadas as principais considerações a serem observadas.

Uma ameaça de validade está relacionada à seleção de fontes bibliográficas. Apesar da busca ter sido abrangente em bases de dados relevantes, é possível que alguns estudos relevantes não tenham sido incluídos em nossa análise. Isso pode ocorrer devido a variações nos termos de busca utilizados ou limitações das bases de dados consultadas. Para minimizar a ameaça relacionada à seleção de fontes bibliográficas, foram adotados critérios de inclusão e exclusão bem definidos, além da utilização de bases de dados relevantes na busca por estudos. Esforços foram feitos para garantir a abrangência da pesquisa e mitigar possíveis lacunas na seleção dos estudos.

Existem ameaças à validade relacionadas ao processo de seleção e avaliação dos estudos. Embora tenham sido adotados critérios claros e objetivos, a interpretação e aplicação desses critérios podem conter alguma subjetividade. Para mitigar esse problema, a avaliação dos estudos foi realizada de forma independente por três pesquisadores. No entanto, diferenças de interpretação podem ter influenciado as decisões de inclusão ou exclusão de determinados estudos. Além disso, uma limitação deste mapeamento sistemático é a síntese dos resultados, que pode variar entre os pesquisadores. Para mitigar essa limitação, foram realizadas discussões e busca por consensos entre os membros da equipe.

6. Conclusões e Trabalhos Futuros

Neste presente trabalho, foi apresentado um MSL com o objetivo de obter uma visão abrangente do estado da arte sobre o uso de RV e RA em conjunto com aspectos colaborativos de jogos no ensino de programação. Desse modo, os resultados obtidos indicam que a RA e a RV são amplamente utilizadas em aplicações educacionais para o ensino de programação, com a RA sendo a tecnologia mais adotada. A combinação do ensino colaborativo com a RA demonstra potencial para melhorar a qualidade do ensino. No entanto, a falta de integração de aspectos colaborativos com a RV é uma carência identificada. Os estudos abrangem principalmente tópicos introdutórios de programação, promovendo oportunidades de ampliar o ensino para outros tópicos e níveis de dificuldade. Além disso, a utilização de elementos de jogos sérios mostra-se promissora para tornar o ensino de programação mais dinâmico, envolvente e motivador.

A partir desses resultados, destaca-se como trabalhos futuros a investigação o uso do ensino colaborativo em aplicativos baseados em RV, bem como a exploração da combinação de RA e RV em soluções educacionais para o ensino de programação, visando aprimorar a imersão dos alunos e a efetividade do processo de ensino-aprendizagem. Além disso, é importante a investigação de tópicos de programação mais avançados, a fim de abordar diferentes níveis de habilidade e aprofundar o conhecimento dos alunos.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001, e da Especialização em Computação Aplicada à Educação (CAE - ICMC/USP).

Referências

- Avellar, G. M. N. and Barbosa, E. F. (2019). Virtual and augmented reality in the teaching and learning of programming: a systematic mapping study. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 30, page 664.
- Boonbrahm, S., Boonbrahm, P., Kaewrat, C., Pengkaew, P., and Khachorncharoenkul, P. (2019). Teaching fundamental programming using augmented reality.
- Caballero-Gonzalez, Y.-A., Muñoz-Repiso, A. G.-V., and García-Holgado, A. (2019). Learning computational thinking and social skills development in young children through problem solving with educational robotics. TEEM'19, page 19–23, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Carreño-León, M., Sandoval-Bringas, A., Álvarez-Rodríguez, F., and Camacho-González, Y. (2018). Gamification technique for teaching programming. In *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pages 2009–2014.
- Chung, C.-Y., Awad, N., and Hsiao, H. (2021). Collaborative programming problem-solving in augmented reality: Multimodal analysis of effectiveness and group collaboration. *Australasian Journal of Educational Technology*, 37(5):17 – 31. Cited by: 1; All Open Access, Gold Open Access.
- Chung, C.-Y. and Hsiao, I.-H. (2020). Computational thinking in augmented reality: An investigation of collaborative debugging practices. In *2020 6th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN)*, pages 54–61.
- Denner, J., Campe, S., and Werner, L. (2019). Does computer game design and programming benefit children? a meta-synthesis of research. *ACM Trans. Comput. Educ.*, 19(3).
- Dörner, R., Göbel, S., Effelsberg, W., and Wiemeyer, J. (2016). *Introduction*, pages 1–34. Springer International Publishing, Cham.
- Esteves, A., Santana, A., and Lyra, R. (2019). Use of augmented reality for computational thinking stimulation through virtual toys. In *Anais do XXI Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada*, pages 252–256, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Frosi, F. and Jaques, P. (2020). Jogos digitais para o ensino de programação: uma revisão sistemática das pesquisas publicadas no brasil entre 2015 e 2019. *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital-SBGames, Recife/PE, Brasil*, pages 653–652.
- Gardeli, A. and Vosinakis, S. (2019). Arquest: A tangible augmented reality approach to developing computational thinking skills. In *2019 11th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games)*, pages 1–8.
- Goyal, S., Vijay, R. S., Monga, C., and Kalita, P. (2016). Code bits: An inexpensive tangible computational thinking toolkit for k-12 curriculum. In *Proceedings of the TEI '16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, TEI '16, page 441–447, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.

- Kazanidis, I., Tsinakos, A., and Lytridis, C. (2017). Teaching mobile programming using augmented reality and collaborative game based learning. In *Interactive mobile communication, technologies and learning*, pages 850–859. Springer.
- Luxton-Reilly, A., Simon, Albluwi, I., Becker, B. A., Giannakos, M., Kumar, A. N., Ott, L., Paterson, J., Scott, M. J., Sheard, J., and Szabo, C. (2018). Introductory programming: A systematic literature review. In *Proceedings Companion of the 23rd Annual ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, ITiCSE 2018 Companion*, page 55–106, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Masso, N. and Grace, L. (2011). Shapemaker: A game-based introduction to programming. In *2011 16th International Conference on Computer Games (CGAMES)*, pages 168–171.
- Mesia, N. S., Sanz, C., and Gorga, G. (2016). Augmented reality for programming teaching. student satisfaction analysis. In *2016 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS)*, pages 165–171.
- Oh, H., Deshmane, A., Li, F., Han, J. Y., Stewart, M., Tsai, M., Xu, X., and Oakley, I. (2013). The digital dream lab: tabletop puzzle blocks for exploring programmatic concepts. In *Proceedings of the 7th international conference on tangible, embedded and embodied interaction*, pages 51–56.
- Petersen, K., Vakkalanka, S., and Kuzniarz, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and Software Technology*, 64:1–18.
- Rios, M. G. and Paredes-Velasco, M. (2021). Using augmented reality in programming learning: A systematic mapping study. In *2021 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pages 1635–1641.
- Sakamoto, R. and Ohshima, T. (2019). Code weaver: A tangible programming learning tool with mixed reality interface. In *SIGGRAPH Asia 2019 Posters, SA '19*, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Saleh, A., Chin, G., Tei, R., Othman, M., Mohamad, F. S., and Chen, C. J. (2021). *Learning Scope of Python Coding Using Immersive Virtual Reality*, pages 1086–1100.
- Sharaf, N., Ahmed, G., and Ihab, S. (2020). Virtual/mixed reality control of a game through scratch. In *2020 24th International Conference Information Visualisation (IV)*, pages 689–693.
- Sharma, V., Bhagat, K. K., Huang, H.-H., and Chen, N.-S. (2022). The design and evaluation of an ar-based serious game to teach programming. *Computers & Graphics*, 103:1–18.
- Silva, T., Medeiros, T., Medeiros, H., Lopes, R., and Aranha, E. (2015). Ensino-aprendizagem de programação: uma revisão sistemática da literatura. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 23(01):182.
- Sittiyuno, S. and Chaipah, K. (2019). Arcode: Augmented reality application for learning elementary computer programming. In *2019 16th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)*, pages 32–37.

- Strawhacker, A. and Bers, M. U. (2019). What they learn when they learn coding: investigating cognitive domains and computer programming knowledge in young children. *Educational Technology Research and Development*, 67(3):541–575.
- Tsai, C.-Y. and Lai, Y.-C. (2022). Design and validation of an augmented reality teaching system for primary logic programming education. *Sensors*, 22(1). Cited by: 1; All Open Access, Gold Open Access, Green Open Access.
- Tucker, A. (2003). A model curriculum for k–12 computer science: Final report of the acm k–12 task force curriculum committee. Technical report, New York, NY, USA.
- Yi-Ming Kao, G. and Ruan, C.-A. (2022). Designing and evaluating a high interactive augmented reality system for programming learning. *Computers in Human Behavior*, 132.
- Zhan, Z., He, L., Tong, Y., Liang, X., Guo, S., and Lan, X. (2022). The effectiveness of gamification in programming education: Evidence from a meta-analysis. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3:100096.