

# Técnicas e Conceitos de Business Intelligence Para Avaliação em Jogos Educacionais: Um Mapeamento Sistemático da Literatura

Tadeu Moreira de Classe

*Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI)*  
*Departamento de Informática Aplicada (DIA)*  
*Universidade Federal do*  
*Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)*  
Rio de Janeiro, Brasil  
tadeu.classe@uniriotec.br

Ronney Moreira de Castro

*Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI)*  
*Departamento de Informática Aplicada (DIA)*  
*Universidade Federal do*  
*Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)*  
Rio de Janeiro, Brasil  
ronney.castro@uniriotec.br

**Resumo**—Jogos educacionais são considerados ferramentas úteis para a transmissão de objetos de aprendizado, de maneira lúdica, sendo usados por muitos professores em suas salas de aulas. Tais jogos produzem uma variada quantidade de dados, os quais poderiam fornecer informações úteis sobre indicativos de aprendizagem dos alunos. No campo organizacional, técnicas e conceitos de business intelligence são aplicadas a grandes massas de dados gerando informações cruciais para tomada de decisões. Neste sentido, o uso destas técnicas aplicadas aos jogos educativos pode gerar oportunidades para a tomada de decisão dos docentes. Por meio de um mapeamento sistemático da literatura, esta pesquisa tem como objetivo identificar e caracterizar trabalhos que apliquem técnicas de business intelligence à avaliação destes jogos. Foram encontrados 244 trabalhos, os quais, após as etapas de seleção e aceitação, resultaram em 10 trabalhos. A partir deles, foi possível observar o learning analytics, dentre outras técnicas dispersas entre os anos de 2001 a 2020, predominantemente em conferências e periódicos.

**Palavras-chave**—Jogos Educacionais; Business Intelligence; Avaliação de Jogos Educacionais; Mapeamento Sistemático de Literatura.

## I. INTRODUÇÃO

Os jogos digitais conquistaram um espaço importante na vida de crianças, jovens e adultos e isso fez com que eles se tornassem um dos setores que mais cresce na indústria da mídia e do entretenimento. Com um faturamento anual bilionário, os jogos digitais assumiram um papel de destaque na cultura contemporânea, levando diversos pesquisadores a conduzirem estudos para entender o motivo pelo qual eles são tão atraentes e como impactam na vida das pessoas [1].

Os jogos digitais (especialmente os jogos sérios) também são amplamente utilizados em várias áreas e contextos diferentes devido a suas características de imersividade e aprendizado [2]. Devido a isso, estes jogos são considerados meios inovadores para promover o engajamento das pessoas [3]. A aplicação de técnicas de *gamification* (ou gamificação - uso de mecânicas e elementos de jogos em contextos não jogo [4]) e a utilização de jogos sérios (jogos que tem como objetivo primário a transmissão de alguma mensagem

ou conhecimento para o jogador, mas sem desconsiderar o aspecto lúdico e entretenimento [2]). Dentre eles, os jogos educacionais são frequentemente apontados como ferramentas úteis para o engajamento de alunos e professores nos processos de ensino e aprendizagem [5].

Uma das dificuldades cotidianas dos profissionais da área de educação ao utilizar jogos educacionais é identificar o progresso do aluno ao longo do ato de jogar (*gameplay*) e se o mesmo está aprendendo realmente com o jogo. Os professores não conseguem observar individualmente todos os alunos, sendo complexo identificar quais deles têm maiores dificuldades, ou apresentam melhor rendimento, a cada tarefa educacional apresentada no jogo [6].

Os jogos educativos produzem uma grande e variada quantidade de dados como, por exemplo: pontuação, *rankings*, número de tentativas, fluxos e tomadas de decisões, ações de jogador, recursos usados etc. Com o histórico das tentativas realizadas, por exemplo, seria mais simples obter informações que ajudassem ao educador a analisar e entender o raciocínio e dificuldade do aluno e, a partir disso, tomar decisões que melhorassem sua prática docente, além de aprimorar a compreensão das dificuldades individuais dos estudantes [6].

No contexto de identificação de padrões, tomada de decisões e extração de informações úteis a partir de fontes variadas de dados, as técnicas e conceitos de *Business Intelligence* (BI) vêm sendo usadas em várias organizações para obter e analisar informações úteis sobre mercado, processos organizacionais, competitividade etc. Estas informações geradas dão origem a inovações de produtos e serviços, permitindo que processos organizacionais sejam melhorados e mantendo as organizações competitivas em seu ramo de mercado. Estas informações são fundamentais para as empresas modernas dentro do mundo globalizado, sendo obtidas por técnicas de análise e mineração de dados (*data mining*), e descoberta de conhecimento (*KDD – knowledge discovery in database*), aprendizagem de máquina (*machine learning*), análise de dados (*data analytics*) etc. Tais técnicas auxiliam as organizações na geração de relatórios e

indicadores em tempo real para que os gestores possam tomar as melhores decisões sobre o seu ramo de negócio [7].

Em relação aos ambientes de ensino e aprendizagem, as técnicas de inteligência artificial, aprendizado de máquina e análise de dados têm sido usadas na criação de ambientes de aprendizado adaptativos, auxiliando os estudantes através de *feedbacks* obtidos de seus dados [8]. Neste contexto, as técnicas e conceitos de *business intelligence* podem ser usadas para auxiliar a avaliação de jogos educacionais, uma vez que estes podem conter informações úteis em seus dados que não estejam explícitas aos educadores como: padrões, que auxiliem os professores a identificar dificuldades individuais de alunos; o nível de aprendizado da turma, auxiliando na tomada de decisões para inovar e melhorar suas práticas docentes; *insights* se os jogos educacionais usados estão cumprindo com seus objetivos de aprendizagem e; as principais lacunas destes jogos para transmitir objetivos de aprendizagem [8].

Sendo assim, o objetivo principal deste trabalho é identificar e caracterizar, através de um mapeamento sistemático da literatura (MSL), trabalhos na área de jogos educacionais, relacionados à sua avaliação, que fazem uso de BI (técnicas e conceitos). Tendo este objetivo, buscou-se responder questões sobre os principais fóruns onde as publicações foram encontradas, a quantidade e periodicidade em que elas ocorreram, as principais técnicas e conceitos de BI aplicados na avaliação dos jogos e os principais métodos para avaliação das pesquisas.

Assim, este trabalho está estruturado como: A seção II apresenta algumas definições teóricas sobre avaliação de jogos, e avaliação jogos sérios e educacionais, apresentando revisões já realizadas sobre o tema e, ainda, conceitos e técnicas de *business intelligence*. A seção III aborda o planejamento do mapeamento sistemático da literatura, o protocolo de revisão, questões de pesquisa, bases científicas, etapas e critérios de inclusão e exclusão de estudos primários e ameaças a validade do estudo. A seção IV apresenta a execução do protocolo de mapeamento sistemático. A seção V analisa os resultados, buscando responder as questões estipuladas no protocolo de mapeamento. E a seção VI apresenta as considerações finais e visões para futuros trabalhos envolvendo técnicas de BI e jogos educacionais.

## II. BASES TEÓRICAS

### A. Avaliação de Jogos Educacionais

Há algum tempo que os pesquisadores da área de jogos vêm observando a necessidade de criação de abordagens para a avaliação dos jogos [8], pois ao mensurar sua qualidade é possível melhorar o entendimento sobre como projetá-los [9].

Em se tratando de medição e avaliação de jogos digitais, Vargas et al. [10] realizaram uma revisão de literatura visando identificar as pesquisas existentes para este contexto. Os autores Petri e Von Wangenheim [11] também realizaram uma revisão sistemática da literatura buscando identificar como jogos sérios eram avaliados. Assim, nos parágrafos seguintes são resumidos os principais tópicos destas revisões.

O *framework Evaluation Framework for Effective Game-based Learning (GBL)* tem como proposta a avaliação de

jogos educacionais baseado nas dimensões de: desempenho, motivação, percepção e preferências do aprendiz [12]. Outro *framework* foi proposto por Freitas et al. [13] para a avaliação de jogos sérios sob as variáveis de contexto, aprendizado, representação do mundo e processo de aprendizagem.

Carvalho [14] apresentou uma proposta de avaliação de jogos educacionais focada no ensino de engenharia baseada no modelo de avaliação educacional de Kirkpatrick [15]. A proposta visava avaliar o jogo considerando o *gameplay*, história, mecânicas, usabilidade, conhecimento, motivação e satisfação.

Outra proposta que se baseou em Kirkpatrick [15] foi o *EGameFlow* apresentado por Fu et al. [16], que avalia um jogo sério, a partir das dimensões de: imersão, interação social, desafio, clareza de objetivos, *feedback*, concentração, controle e melhoria de conhecimento. O modelo *MEEGA (Model for the Evaluation of Educational Games)* [17] e sua evolução o *MEEGA+* [18], também são focados no modelo de avaliação de Kirkpatrick [15]. Eles propõem capturar a reação dos estudantes após jogarem o jogo por meio de: motivação, experiência do usuário e aprendizagem.

Além destes métodos de avaliação de jogos levantados pela revisão de literatura de Petri e Von Wangenheim [11], ainda é possível destacar o *Serious Game Design Assessment Framework* [19], que foi proposto para auxiliar na classificação e avaliação dos jogos sérios.

Um dos métodos mais citados e utilizado para a avaliação de jogos sérios é o *EGameFlow*. Ao compará-lo com escalas mais atuais como *MEEGA* e *MEEGA+*, por exemplo, é possível identificar que muitos elementos avaliados possuem correspondências entre elas (Tabela I).

Tabela I  
COMPARAÇÃO ENTRE ESCALAS DE AVALIAÇÃO DE JOGOS EDUCACIONAIS

<b>EGameFlow (2009)</b>	<b>MEEGA (2011)</b>	<b>MEEGA+ (2017)</b>
<b>663 Citações</b>	<b>6 Citações</b>	<b>29 Citações</b>
Concentração	Atenção	Atenção Focada
Imersão	Imersão	Diversão
	Divertimento	
Desafio	Desafio	Desafio
Interação Social	Interação Social	Interação Social
Feedback	Confiança	Confiança
Autonomia e		
Clareza de Objetivos		
	Relevância	Relevância
	Satisfação	Satisfação
		Usabilidade
	Competência	
Conhecimento	Aprendizagem (Bloom)	Percepção de Aprendizagem (Bloom)

Ao analisar os elementos do *MEEGA* e *MEEGA+* que não possuem correlação direta com *EGameFlow*, identificou-se que eles estavam embutidos dentro das suas dimensões,

separados em cada um dos seus critérios de avaliação. Muitos trabalhos de avaliação de jogos utilizam os itens de avaliação do *EGameFlow* e *MEEGA+*. Porém, em relação à medição de conhecimento, eles fazem apenas coleta de dados pós-teste, ou seja, um questionário é aplicado somente após o *gameplay* para coletar a percepção de aprendizado do jogador.

### B. Business Intelligence

Segundo Turban et al. [7], o termo *Business Intelligence* (BI) surgiu em meados da década de 1980, cunhado pelo *Gartner Group* para remeter às características como: a extração e integração de dados de múltiplas fontes heterogêneas, a análise de dados contextualizados usando a experiência do negócio, a busca de relações de causa e efeito e a transformação de dados em informações úteis. Assim, Kimball et al. [20] propões uma definição genérica para BI, como: “o processo de análise de informações brutas, buscando obter insights valiosos para a empresa, dando suporte a tomada de decisões, fornecendo informações certas, no lugar certo e na hora certa”.

O *business intelligence* é um processo que envolve etapas e técnicas para obter informações úteis, a partir de dados brutos. Em termos de BI, um conceito fortemente associado é a análise de dados, o que remete ao conjunto de técnicas usadas para o tratamento de dados, transformando-os em informações úteis. Elas objetivam a busca por padrões de dados, a fim de formular hipóteses e conclusões sobre determinados contextos. Dentre as principais técnicas usadas pode-se destacar: *data mining*, regras de associação, classificação, agrupamento, *text mining*, e aprendizado de máquina (*machine learning*) etc. [20].

Em relação a contextos educacionais, uma técnica de análise de dados bastante usada é a *learning analytics*, ou análise de aprendizado. Esta técnica consiste da coleta e análise de dados sobre alunos e seu contexto, visando compreender e otimizar o seu aprendizado [21]. Ao se tratar de jogos educacionais, a *learning analytics* vêm sendo usada para avaliação e compreensão de jogos para o contexto de educação a aprendizagem, como poderá ser observado nas seções sobre o mapeamento sistemático da literatura [22].

Em se tratando de técnicas e conceitos relacionados a BI, aplicadas especificamente no contexto de avaliação dos jogos educacionais, poucos trabalhos foram encontrados na literatura. Isso pode indicar oportunidades de pesquisa, no sentido de possibilitar a aplicação de tais técnicas para obter informações úteis sobre os objetivos educacionais usados nesses jogos. Tais oportunidades, podem ser melhor apreciadas nas seções de mapeamento da literatura apresentada por este artigo.

### III. PLANEJAMENTO DO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DE LITERATURA

O mapeamento sistemático da literatura é uma metodologia que envolve a busca por literatura para verificar a natureza, a extensão e a quantidade de estudos publicados em uma área de interesse [23]. Este é um tipo de pesquisa muito utilizada quando há um cenário abrangente, tendo como objetivo reunir o máximo de informações disponíveis sobre uma determinada

área de conhecimento, resultados em uma análise primária, lacunas, e oportunidades para pesquisas [24].

Neste trabalho, o mapeamento sistemático executado foi baseado no processo descrito por Petersen et al. [23], o qual se baseia na execução de cinco passos essenciais: **i)** definição do objetivo e questões de pesquisa, **ii)** realização da pesquisa de estudos primários através de strings de busca, **iii)** triagem e seleção dos documentos (primeiro filtro) aplicando critérios de inclusão e exclusão de itens encontrados, **iv)** extração de dados e avaliações de trabalhos aceitos para o mapeamento (segundo filtro).

#### A. Objetivo e Questões de Pesquisa

O MSL descrito neste trabalho busca fornecer uma visão geral de pesquisas que envolvam o uso de técnicas e conceitos de BI na avaliação de jogos educacionais, fazendo uma relação de publicações, desde a cunhagem do termo pelo *Gartner Group* em 1980 [7]. Este interesse de pesquisa surgiu, a partir da capacidade de que, associadas a *business intelligence*, existem técnicas que permitem a extração de informações úteis de dados heterogêneos que possam auxiliar na tomada de decisões. No contexto de jogos educacionais, o uso destas técnicas aplicadas aos dados gerados pelos jogos educacionais podem fornecer indicadores para professores e educadores que os utilizam como, por exemplo, perceber se as mecânicas, dinâmicas ou tecnologias empregadas nos jogos educacionais estão cumprindo os objetivos de aprendizagem, além de acompanhar o aprendizado dos alunos obtendo algum *feedback* deles.

Desta forma, usando o paradigma *GQM (Goal-Question-Metrics)* [25], o objetivo desde estudo pode ser descrito como: **Analisar** pesquisas, publicações e trabalhos científicos; **com o propósito de** identificação e caracterização; **em respeito a** técnicas e conceitos relacionados à *business intelligence*; tendo **como contexto** sua aplicação e uso para avaliação de jogos educacionais; **do ponto de vista de** pesquisadores.

Baseado neste objetivo de pesquisa, a questão principal que melhor descreve o MSL **QP): Que técnicas e conceitos relacionados a business intelligence estão são usados na avaliação de jogos educacionais?** E, para melhor caracterizá-la (QP), algumas questões secundárias (sub-questões) também foram estabelecidas:

- Q1)** Quais foram os principais tipos de publicações realizadas envolvendo técnicas e conceitos de *business intelligence* aplicadas na avaliação de jogos educacionais, e em quais veículos elas foram publicadas?
- Q2)** Que métodos para avaliação de pesquisas foram usados na avaliação das propostas dos trabalhos?
- Q3)** Quantos trabalhos, por ano, foram realizados envolvendo técnicas e conceitos de *business intelligence* aplicados para a avaliação de jogos educacionais?

### B. Seleção de Bases Científicas e Período de Busca

As bases científicas usadas para este mapeamento sistemático foram: *ACM Digital Library*<sup>1</sup>, *EI Compendex*<sup>2</sup>, *IEEE Xplore*<sup>3</sup>, *ISI Web of Science*<sup>4</sup>, *Science Direct*<sup>5</sup>, *Scopus*<sup>6</sup>, *Wiley & Sons*<sup>7</sup>, *Springer Link*<sup>8</sup> e *Google Scholar*<sup>9</sup> (Inglês e Português).

Para o período de estudo, decidiu-se que as buscas abrangiam desde o ano de cunhagem do termo *business intelligence* (1980) até 2020 (ano de realização do MSL). Como idiomas das publicações, ficaram definidos o português e o inglês.

### C. String de Busca

Para composição das *strings* de busca, e baseado no objetivo da pesquisa, foi usado o *framework PICOC* (*Population, Intervention, Comparison, Outcomes and Context*). A população é o universo onde as evidências (trabalhos) serão coletadas. A intervenção está relacionada com o estudo empírico. A comparação diz respeito sobre com o que a intervenção é comparada. Os resultados (*outcomes*) ou saídas dizem respeito a que artefatos se deseja encontrar com o estudo. E o contexto é onde o estudo é definido, por exemplo, mercado ou academia [26]. Portanto, para este estudo as variáveis PICOC ficaram definidas pelas palavras-chave:

- **População:** Jogos Educacionais;
- **Intervenção:** Business Intelligence (técnicas e conceitos relacionados)
- **Comparação:** Não foi utilizado para este mapeamento pois não se queria realizar comparações;
- **Resultados (Outcomes):** Não aplicado, uma vez que este trabalho foca na identificação de intervenções dentro do contexto, portanto foi decidido não restringir a um resultado específico.
- **Contexto:** Avaliação de jogos;

Assim, a Tabela II apresenta a *strings* de busca em seu formato genérico. A *string* foi fortemente concebida baseada na população, intervenção e contexto (PIC). A primeira parte da *string* (antes do primeiro AND) foi limitada a resultados dentro de jogos educacionais (*educational games*). Na segunda parte da *string* (antes do segundo AND) foram propostas técnicas e conceitos relacionados à *business intelligence* (*analytics, machine learning, data mining, data mart, data warehouse etc.*). E, na última parte da *string* (após o segundo AND), foram considerados os termos relacionados à avaliação dos jogos (*game evaluation, game assessment, player evaluation e game measure*). Para cada uma das bases de buscas, foram realizadas alterações específicas, sem prejuízo a condução do estudo.

<sup>1</sup><http://dl.acm.org>

<sup>2</sup><http://www.engineeringvillage.com>

<sup>3</sup><http://ieeexplore.ieee.org>

<sup>4</sup><http://apps.webofknowledge.com>

<sup>5</sup><https://www.sciencedirect.com/>

<sup>6</sup><http://www.scopus.com>

<sup>7</sup><https://onlinelibrary.wiley.com/>

<sup>8</sup><https://link.springer.com/>

<sup>9</sup><https://scholar.google.com/>

Tabela II  
STRING DE BUSCA GENÉRICA

<p style="text-align: center;">("Educational Game"OR "Educative Game") AND ("Business Intelligence"OR "Analytics"OR "Data Warehouse"OR "Data Mart"OR "Machine Learning"OR "Data Mining") AND ("Game Evaluation"OR "Game Assessment"OR "Game Measure"OR "Player Evaluation")</p>
---

### D. Critérios de Seleção, Qualidade e Extração de Dados

A seleção dos trabalhos seguiu as propostas de Kitchenham e Charters [24] e Petersen et al. [23]. Antes de executar o presente estudo, o protocolo estabelecido para o MSL foi aprovado e revisado por pares, validando-o. Após a busca exaustiva nas bases de pesquisa usando a *string* de busca, os artigos encontrados foram armazenados e analisados usando o *software Parsifal*<sup>10</sup>.

Foram definidos critérios de seleção para ajudar a identificar a selecionar e aceitar os trabalhos, os quais ajudaram a direcionar os trabalhos para responder as questões de pesquisa [24]. Assim, a execução do MSL considerou as três etapas distintas:

- F1) Busca:** a primeira etapa realiza a busca nas bases científicas selecionadas a partir das *strings* de busca criadas detalhando as variáveis PICOC, armazenando os artigos na plataforma do *Parsifal*;
- F2) Primeiro Filtro (Seleção):** a segunda etapa filtrou os artigos considerando o título, resumo e as palavras-chave;
- F3) Segundo Filtro (Aceitação):** a terceira etapa considerou a leitura completa dos artigos e, com isso, a análise e extração de suas informações.

Em ambos os filtros, os artigos foram considerados se o trabalho estaria associado a um critério de inclusão (selecionados para próxima etapa) ou associado a um critério de exclusão (excluído do estudo) (Tabela III). Os artigos aceitos após o segundo filtro (F3), passaram pela análise dos critérios de qualidade (Tabela IV), tendo como possíveis respostas para cada critério: 0 - Não ou 1 - Sim; e a extração de informações buscou nos artigos os dados que ajudassem a responder as questões de pesquisa, como: título, autores, veículo de publicação, ano, método de avaliação da pesquisa e, técnica e/ou conceito de BI usado em avaliação de jogos educacionais.

### E. Ameaças de Validade do Estudo

Para garantir o processo de seleção imparcial dos trabalhos, as questões de pesquisa e os critérios de inclusão e exclusão foram criados e planejados antes do início do mapeamento. Embora tenha sido seguido o critério de revisão por pares, a seleção dos trabalhos foi realizada de forma independente. Somente um conjunto de bases científicas foi utilizado, sendo escolhidas as bases mais comuns e utilizadas em revisões de literatura de pesquisas computacionais.

<sup>10</sup><http://parsif.al/>

Tabela III  
CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Critério	Cod.	Descrição
Inclusão	CI1	Trabalho que tenha foco na avaliação de jogos educacionais usando técnicas e conceitos de <i>business intelligence</i>
Exclusão	CE1	Trabalhos duplicados
Exclusão	CE2	Trabalhos que não estejam em português ou inglês
Exclusão	CE3	Trabalhos anteriores ao ano de 1980
Exclusão	CE4	Trabalhos que não estejam disponíveis online
Exclusão	CE5	Trabalhos menores que 4 páginas, ou seja: tutoriais, <i>keynotes</i> , epílogos, resumos, demonstrações, pôsteres ou capítulos de livro
Exclusão	CE6	Trabalhos foram do escopo: sem foco em jogos educacionais
Exclusão	CE7	Trabalhos foram do escopo: não descreve técnicas ou conceitos de BI
Exclusão	CE8	Trabalhos foram do escopo: não aborda técnicas ou conceitos de BI para avaliação de jogos educacionais

Tabela IV  
CRITÉRIOS DE QUALIDADE

Cod.	Descrição
CQ1	O objetivo do trabalho está claro?
CQ2	A metodologia de trabalho está bem definida?
CQ3	Apresenta comparação de trabalhos relacionados?
CQ4	Foi usado algum método de avaliação da pesquisa ( <i>survey</i> , <i>experimento</i> etc.)?
CQ5	Está claro que técnicas ou conceitos de BI foram usadas?
CQ6	O foco do trabalho é, especificamente, o uso de técnica ou conceito de BI para avaliação de jogos educacionais?

Para diminuir a ameaça em relação a *string* de busca, um processo de elaboração de *strings* foi seguido, aplicando um grupo de controle para os artigos, tanto quanto o uso do *PICOC*, chegando, desta maneira, a uma precisão aceitável. Adicionalmente, para minimizar a ameaça de condução do estudo, este MSL seguiu práticas aceitas e disseminadas para a realizações destas modalidades de estudos [24] [23].

Além disso, não foram usadas técnicas manuais como, por exemplo, *Snowballing*, a qual consiste da busca de trabalhos de maneira manual, derivados a partir da análise das referências de trabalhos aceitos nas etapas do mapeamento sistemático. Desta forma, algum trabalho pode ter sido deixado de ser incluso.

#### IV. EXECUÇÃO DO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DE LITERATURA

O protocolo de mapeamento sistemático foi executado em 2020, entre a primeira e segunda semana de maio, tendo a etapa de busca (F1) retornado 244 trabalhos, como pode ser observado na Tabela V. A maioria deles foi encontrada na base do *Google Scholar* (em Inglês). A segunda fase, a seleção (F2), removeu grande parte dos trabalhos (228 – 93,5%), baseando, principalmente nos critérios de exclusão CE6, CE7 e CE8 (“Trabalho fora do escopo”), resultando em um total de 16 (6,5%) trabalhos. E, na terceira etapa, a aceitação de trabalhos foi de 4,09% em relação ao total de retornados pela busca. A visão geral do processo de busca pode ser visualizada na Fig. 1.

Tabela V  
RESULTADOS DAS ETAPAS DO MSL

Base de Dados	Busca (F1)	Seleção (F2)		Aceitação (F3)	
		A*	R*	A*	R*
<i>ACM Digital Library</i>	11	0	11	0	0
<i>EI Compendex</i>	2	0	2	0	0
<i>Google Acadêmico (Português)</i>	17	1	16	1	0
<i>Google Scholar (Inglês)</i>	95	8	87	5	3
<i>IEEE Digital Library</i>	2	0	2	0	0
<i>ISI Web of Science</i>	8	1	7	0	1
<i>Science@Direct</i>	17	2	15	1	1
<i>Scopus</i>	30	1	29	1	0
<i>Springer Link</i>	58	2	56	1	1
<i>Wiley &amp; Sons</i>	4	1	3	1	0
<b>Total de Publicações</b>	<b>244</b>	<b>16</b>	<b>228</b>	<b>10</b>	<b>6</b>

\*A = Aceitos — R = Rejeitado

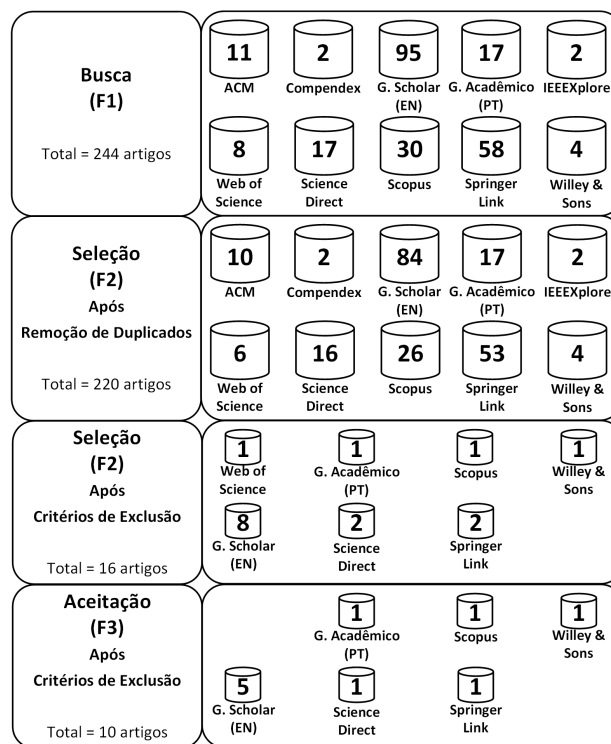


Fig. 1. Visão Geral do Processo de MSL

Na etapa de seleção foi aplicada a técnica de revisão por pares envolvendo dois pesquisadores, os quais, individualmente conduziram a filtragem com base nos critérios de exclusão e inclusão definidos na Tabela III. Desta forma, o pesquisador 1 (P1) aprovou 17 (6,9%) dos 244 artigos, enquanto o pesquisador 2 (P2) aprovou 15 (6,1%) dos 244 artigos. Ficou decidido que só seriam aprovados para a próxima fase os artigos que fossem considerados aprovados por unanimidade. A Tabela VI mostra os resultados desta avaliação entre os pesquisadores.

Buscando garantir a confiabilidade do processo de seleção, o nível de concordância entre estes pesquisadores foi avaliado usando o método estatístico *Kappa* [27]. O resultado indicado pelo (*p-value*) do teste *Kappa* mostra a concordância entre

os indivíduos, que, segundo Landis et al. [28] pode ser interpretado como: < 0,00 – sem acordo; 0,00 a 0,20 – insignificante ou pobre; 0,21 a 0,40 – mediano ou justo; 0,41 e 0,60 – moderado; 0,61 a 0,80 – bom ou substancial e; > 0,81 – muito bom ou quase perfeito. O resultado de *p-value* para a revisão por pares da etapa de seleção deste MSL chegou ao valor de **0,799**, indicando uma concordância substancial entre os pesquisadores.

Tabela VI  
RESULTADOS DA REVISÃO POR PARES DA ESTAPA DE SELEÇÃO (F2)

Artigos	P1	P2	Kappa (p-value)
Aprovados	17	15	0,799
Reprovados	227	229	
<b>Aprovados por Unanimidade</b>			<b>16</b>
Reprovados por Unanimidade			<b>228</b>

Os 16 trabalhos restantes selecionados na segunda fase (F2) foram lidos de maneira completa, prestando atenção nos critérios mostrados na Tabela III. Com isso, foi observado que, dos 16 artigos que passaram para a terceira fase (F3 – Aceitação), 6 foram rejeitados e 10 deles considerados como pertinentes para responder as questões de pesquisa. Por último, os 10 trabalhos aceitos na última fase do estudo passaram pela verificação de qualidade (Tabela IV) e o processo de extração de seus dados.

A Fig. 2 (F1 – Busca) mostra a distribuição de todos os 244 trabalhos encontrados pela etapa de busca em suas bases científicas, podendo perceber que a maioria dos trabalhos se concentrou na *Google Scholar* (95 trabalhos – 39%). A Fig. 2 (F2 – Seleção) exhibe a distribuição dos 10 trabalhos resultantes após a execução do segundo filtro, sendo possível observar que a maior quantidade de trabalhos continua sendo do *Google Scholar* (8 - 50%), sendo que, comparados ao total de trabalhos da etapa de busca, representam apenas 8,4%. Dos 16 trabalhos selecionados para o terceiro filtro (F3 – Aceitação), 10 artigos (63%) foram aceitos (ou 4,09% em relação ao total de trabalhos da etapa de busca), como pode ser observado na Fig. 2 (F3 – Aceitação).

V. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após a leitura completa dos trabalhos selecionados (F3), foram aceitos 10 trabalhos (4,09%) do total de 244 encontrados na etapa de busca e que se relacionam de alguma maneira aos termos de pesquisa usados neste mapeamento sistemático da literatura. A Tabela VII apresenta a relação destes trabalhos. Observando os trabalhos obtidos na execução do mapeamento sistemático, foi possível responder as questões de pesquisa previamente planejadas.

A. (Q1) - *Quais foram os principais tipos de publicações realizadas envolvendo técnicas e conceitos de business intelligence aplicados na avaliação de jogos educacionais, e em quais veículos elas foram publicadas?*

Considerando somente a fase de aceitação dos trabalhos realizados no mapeamento sistemático (F3), os tipos de publicações mais encontrados foram trabalhos de conclusão de

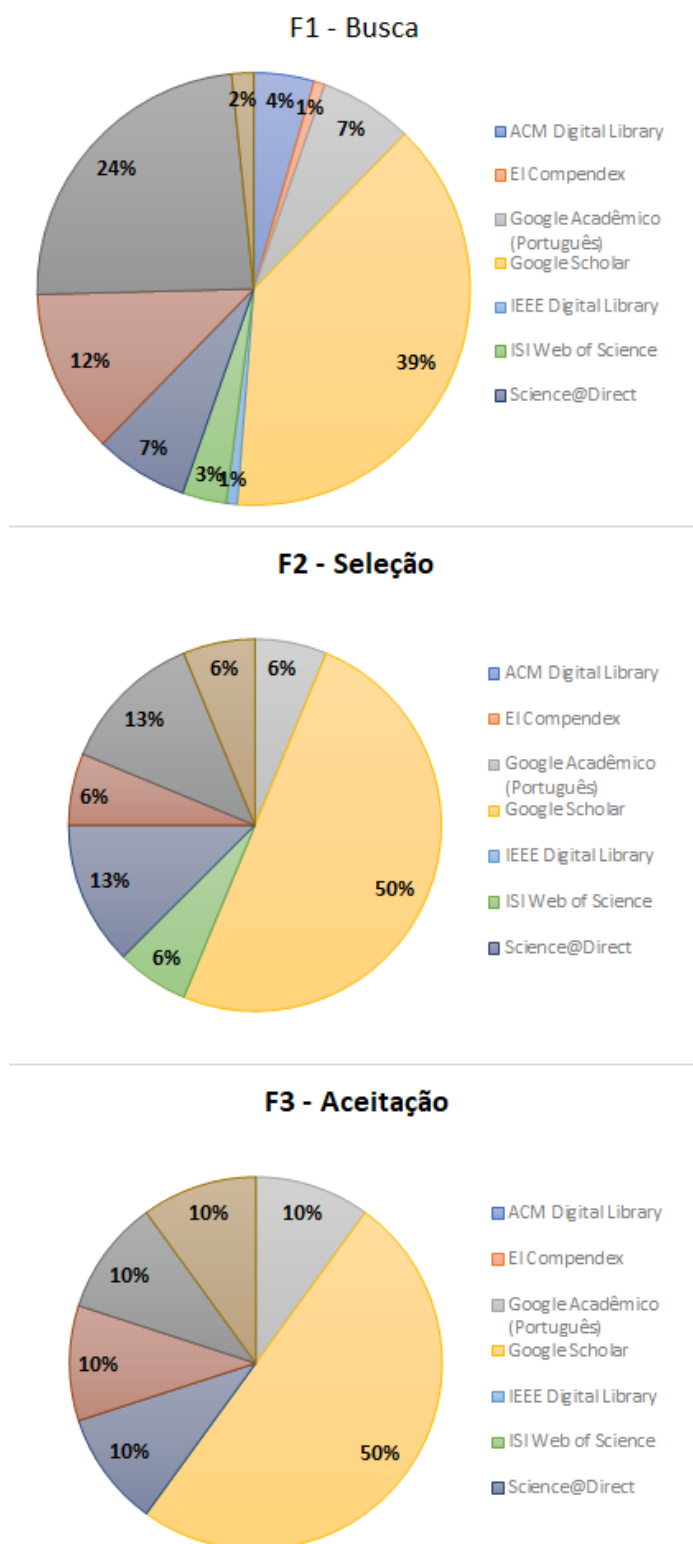


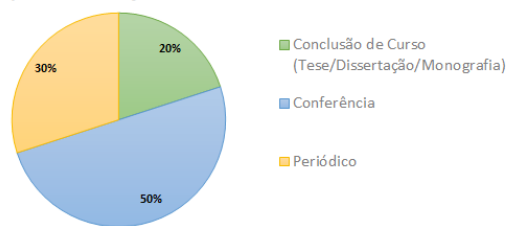
Fig. 2. Relações dos Trabalhos nas Bases Científicas Por Etapas do Mapeamento

Tabela VII  
TRABALHOS ACEITOS APÓS A ETAPA DE ACEITAÇÃO (F3)

ID	Título	Autores	Veículo de Publicação	Ano	Técnica
A1	Real-time learning analytics in educational games	M. Minovic e M. Milovanovic [29]	International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality (TEEM)	2013	Learning Analytics
A2	Integrating learning analytics in an educational mmorpg for computer programming	C. Malliarakis et al. [30]	International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)	2014	Learning Analytics
A3	Application of learning analytics in educational videogames	A. Serrano-Laguna et al. [31]	Entertainment Computing - Journal	2014	Learning Analytics
A4	An Assessment and Learning Analytics Engine for Games-based Learning	Y. C. Borghini [32]	Tese de Doutorado (University of the West of Scotland)	2015	Learning Analytics
A5	A smart educational game to model personality using learning analytics	A. Tlili et al. [33]	International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)	2017	Learning Analytics
A6	Specification and evaluation of an assessment engine for educational games: Integrating learning analytics and providing an assessment authoring tool	Y. Chaudy e T. Connolly [34]	Entertainment Computing - Journal	2019	Learning Analytics
A7	Realizing a Mobile Multimodal Platform for Serious Games Analytics	L. Shoukry e S. Göbel [35]	International Journal of Serious Games	2019	Learning Analytics e Data Analysis
A8	A framework to improve evaluation in educational games	A. Serrano-Laguna et al. [36]	IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)	2012	Interaction Data
A9	Método de análise de conhecimento multidisciplinar utilizando jogos digitais	Pinheiro Júnior [37]	Dissertação de Mestrado (UNICAMP)	2017	Data Analysis
A10	Enhanced Virtual Learning Spaces Using Applied Gaming	P. Migkotzidis et al. [38]	International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)	2020	Game Analytics

curso (monografias, dissertações e teses), artigos de periódicos e conferências. Na Fig. 3 são exibidos percentuais de artigos encontrados, sendo: trabalhos de conclusão de curso (2 artigos – 20%), periódicos (3 artigos – 30%) e, a maioria dos trabalhos se concentra em conferências (5 artigos – 50%). Em relação aos principais veículos de publicação encontrados, a Fig. 3B apresenta: 2 artigos (20%) em *International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, 2 trabalhos (20%) no periódico *Entertainment Computing* e 2 (20%) como trabalhos conclusão de cursos.

(A) - Tipos de Publicação



(B) - Publicações Aceitas Por Fonte de Informação

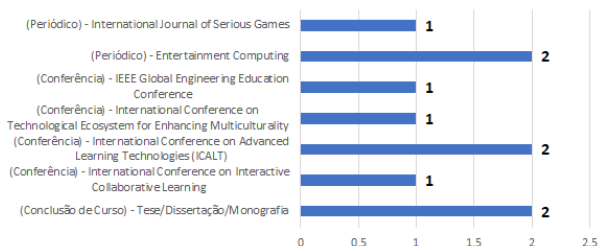


Fig. 3. Principais Tipos de Publicações e Fóruns de Disseminação dos Trabalhos

### B. (Q2) - Que métodos para avaliação de pesquisas foram usados na avaliação das propostas dos trabalhos?

A maioria dos trabalhos aceitos (9 artigos) propôs artefatos voltados a avaliação de jogos educacionais envolvendo a aplicação de alguma técnica ou conceito de *business intelligence*, sendo validados por meio de algum método de pesquisa. Enquanto, apenas 1 artigo (A1) apresentou somente a proposta do artefato, mas sem avaliá-lo. Alguns trabalhos usaram mais de um método, sendo possível observá-los na Tabela VIII.

Tabela VIII  
MÉTODOS CITADOS E QUANTIDADE DE ARTIGOS

Método de Avaliação	Qtde.	Trabalhos
Proposta de Artefato	10	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10
Desenvolvimento de Artefato	9	A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10
Demonstração de Artefato	7	A2, A3, A4, A5, A7, A8, A10
Survey	3	A4, A7, A10
Estudo de Caso	2	A3, A6
Experimento	4	A5, A7, A8, A9

### C. (Q3) - Quantos trabalhos, por ano, foram realizados envolvendo técnicas e conceitos de business intelligence aplicados para avaliação de jogos educacionais?

Após a etapa de busca (F1), os resultados que surgiram e que apresentavam as palavras-chave das *strings* de busca começaram a surgir em 2009 (1 trabalho). As publicações cresceram a partir de 2009 (3 trabalhos) e tendo seu ápice de publicações em 2018 (37 trabalhos). A etapa de seleção de estudos (F2), segundo os critérios de exclusão, resultou na seleção de estudos a partir de 2012 (1 trabalho), crescendo até o ano de 2019 (5 trabalhos). Já a etapa de aceitação (F3),

resultou na aceitação dos trabalhos de 2012 (1 trabalho) até 2020 (1 trabalho). Sendo que a maior taxa de aceitação ficou entre os anos de 2014, 2017 e 2019 (todos com 2 trabalhos aceitos). Na Fig. 4, é possível perceber estas variações de publicações através dos anos.

#### D. (QP) - *Que técnicas e conceitos relacionados a business intelligence estão sendo usados para avaliação jogos educacionais?*

A Fig. 5 demonstra as principais técnicas e conceitos relacionados a *business intelligence* usados de alguma forma para avaliar jogos educativos, quantificados por ano da publicação. É possível perceber que dos 10 trabalhos aceitos na execução da etapa de aceitação, 7 deles se relacionaram ao uso de *learning analytics*, tendo um destaque para os anos de 2014, 2017 e 2019 (ambos com 2 trabalhos). Desta forma é possível indicar que a maioria dos trabalhos que avaliaram jogos educativos usando algum conceito ou técnica associada a BI, partem do uso de *learning analytics*.

Dentre as técnicas e conceitos relacionados a BI e usados na avaliação de jogos educacionais, Minovic e Milovanovic [29] (A1) propuseram uma ferramenta de visualização de informações para que educadores possam rastrear o progresso de aprendizagem dos estudantes em tempo real durante seções de jogos educacionais.

Malliarakis et al. [30] (A2) propuseram um *framework* que guia a incorporação de mecanismos de *learning analytics* no ensino de programação, sendo demonstrado a partir da implementação e avaliação de um *MMORPG (Massively Multiplayer Online Role-Playing Game)* educacional.

Serrano-Laguna et al. [31] (A3) realizaram uma discussão sobre como aplicar *learning analytics* com propósitos de medição sobre como os jogadores interagem com os jogos educacionais. Como resultado, foi proposto um modelo escalável de *learning analytics* para jogos educacionais.

Borghini [32] (A4) propôs o *design* e desenvolvimento de uma *game engine* usando *learning analytics* aplicada a jogos educacionais, a qual objetiva fornecer informações e indicadores aos educadores sobre a performance dos estudantes, facilitando a repensar e alterar as formas de avaliação do jogo educacional.

Tlili et al. [33] (A5) propuseram um sistema de *learning analytics* e jogos educacionais foram usados para a criação e avaliação de modelos de personalidade dos aprendizes.

Chaudy e Connolly [34] (A6) propuseram um mecanismo de mediação, o *EngAGe (Engine for Assessment in Games)*, para verificar jogos educacionais quanto ao *gameplay* e a multidisciplinaridade destes jogos. Os autores indicaram que o *EngAGe* pode ser usado para educadores ou desenvolvedores de jogos, que, por meio de *learning analytics* pode ser integrado para que eles possam obter *feedbacks* educacionais sobre o jogo.

Shoukry e Göbel [35] (A7), apresentaram a plataforma analítica para avaliação de jogos sérios chamada "*StoryPlay Multimodal*". Segundo os autores, esta plataforma serve para

pesquisadores, professores e desenvolvedores de jogos educacionais avaliarem seus jogos. Nela são aplicados conceitos de data e *learning analytics* para a descoberta de conexões entre elementos dos jogos, *gameplay*, parâmetros do contexto e estados afetivos e cognitivos do jogador.

Envolvendo o conceito de *Interaction Data*, Serrano-Laguna et al. [36] (A8) realizaram uma discussão sobre como dados de interação de usuário são coletados de maneira mais automática possível, como analisar os dados para extrair informações relevantes e como apresentar esta informação de uma maneira utilizável para os educadores. Desta maneira, propuseram um *framework* como parte de um jogo educacional de aventura com métodos de medição tradicionais e estratégias de descoberta de informação.

Envolvendo o conceito de *Data Analysis* (A9), Pinheiro Junior [37] (A9) apresentou uma proposta para permitir aos professores definirem perfis multidisciplinares para alunos de diversas áreas através de medidas de desempenho e análise de dados, usando jogos educacionais e análise de dados.

E, Migkotzidis et al. [38] (A10) abordam o uso de *Game Analytics* para avaliação e acompanhamento de dados relacionados ao aprendizado, possibilitando rastrear a compreensão dos estudantes, tornando a tomada de decisão mais fácil, além de possibilitar a adaptação de conteúdos de aprendizagem específico para as necessidades dos alunos.

Como é possível perceber, aparentemente, pesquisadores buscam caminhos para a avaliação de jogos educacionais que passem pela *learning analytics*, sendo os autores que mais apareceram com pesquisas nesta temática Serrano-Laguna et al. [31] [36]. Contudo, ao analisar estes trabalhos, conclui-se que embora envolvam técnicas e conceitos de BI aplicados a avaliação de jogos educacionais, poucos deles focam em usar os dados resultantes dos elementos dos jogos educacionais para fornecer informações úteis aos professores.

Especula-se ser possível usar outras técnicas e conceitos associados a BI, que não as mencionadas nos trabalhos aceitos neste MSL, como, por exemplo: análise textual e descoberta de regras de associação a partir da análise dos dados dos jogos (mineração de dados). A partir disso, é possível obter informações que sirvam tanto para que o educador perceba o nível dos seus alunos, quanto para avaliar se os jogos usados em situações de ensino cumprem os objetivos de aprendizagem que foram projetados em seu *game design*.

Portanto, acredita-se que existe uma grande oportunidade de pesquisas futuras, podendo alinhar técnicas e conceitos de *business intelligence* à ciência de dados (*data science*, e usá-la sobre os dados de jogos educacionais. Isso permitiria a obtenção de informações que não estejam explícitas ou sejam simples de identificar apenas a partir da observação dos jogadores durante o *gameplay* de um jogo educacional. Desta forma, as informações obtidas através da análise dos dados dos jogos educacionais, contribuiriam ainda mais na disseminação e uso desta técnica de aprendizagem ativa [39].



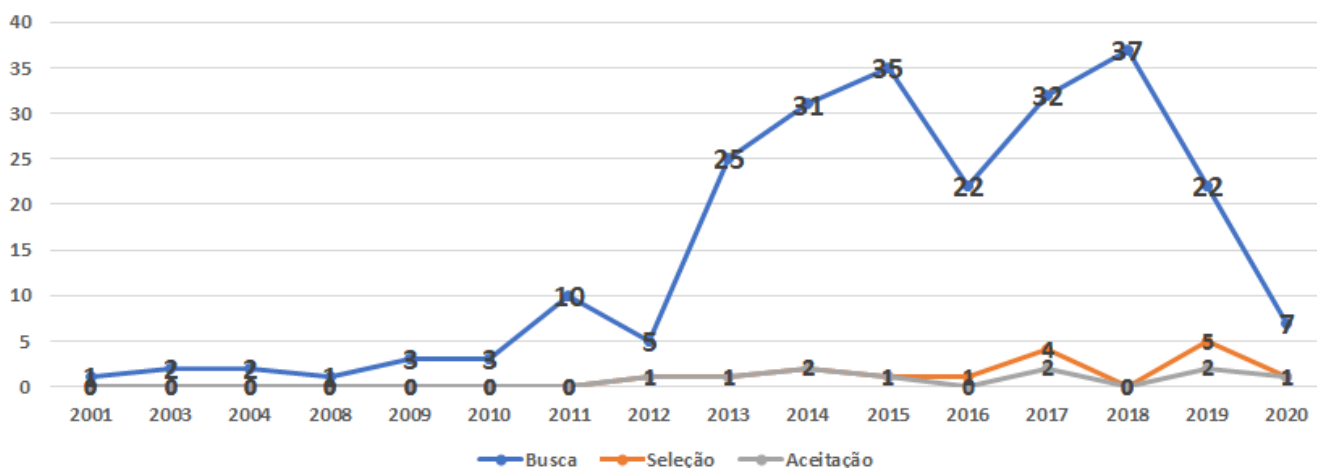


Fig. 4. Publicações Por Ano Em Cada Uma Das Etapas do Mapeamento

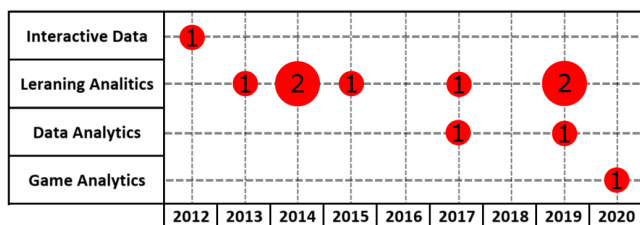


Fig. 5. Relação da Quantidade de Trabalhos, Anos e Técnicas e Conceitos Encontrados

### VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

A partir deste mapeamento sistemático da literatura, foram encontrados 244 trabalhos publicados nas bases de pesquisa, porém, após as etapas de filtragem, apenas 10 deles (4,09%) foram aceitos como trabalhos que propusessem, de alguma maneira, a aplicação de conceitos ou técnicas de *business intelligence* relacionados com a avaliação de jogos educacionais.

Neste sentido, foi possível responder as questões planejadas para este estudo. Embora o termo *business intelligence* fosse cunhado na década de 80, somente 21 anos depois, em 2001, foi possível encontrar um trabalho em que no corpo de seu texto continha termos relacionados a *string* de busca (BI, jogos educacionais e avaliações). A partir disso, a quantidade de publicações cresceu, tendo seu ápice em 2018 (Q3). Essas publicações se concentraram principalmente em periódicos e conferências, tendo destaque para a conferência *ICALT* e o *journal Entertainment Computing* (Q1). As propostas de pesquisas apresentadas pelos trabalhos aceitos no MSL, foram validadas, principalmente, através da proposta, desenvolvimento e demonstração do artefato, além de *surveys*, estudos de casos e experimentos (Q2).

Em relação a questão principal da pesquisa (QP): **Que técnicas e conceitos relacionados a *business intelligence* estão sendo usados para avaliação jogos educacionais?**, foi possível encontrar: **data analysis, interactive data, game**

*analytics*, e a maior parte dos trabalhos relacionados à *learning analytics*.

Desta maneira, acredita-se que existam oportunidades de pesquisa que possam associar *business intelligence, data mining, data analytics, machine learning etc.* com a avaliação de jogos educacionais. Estes jogos podem fornecer uma grande quantidade de dados, e no caso de não serem armazenados, filtrados e compreendidos de maneira eficiente, deixam de representar grande fonte de indicadores de educação, os quais podem ser usados para aprimorar às práticas de ensino e aprendizagem. Estas informações quando tratadas ajudariam educadores a tomar decisões sobre os objetivos educacionais em suas aulas e o que os jogos deveriam repassar aos alunos.

Como trabalhos futuros, após este mapeamento sistemático de literatura, pretende-se estudar formas de captar, limpar e armazenar os dados gerados pelos alunos a partir do *gameplay* de jogos educacionais. A partir deles, serão usadas técnicas de mineração de dados como: regras de associação, agrupamento, categorização, análise de aprendizagem e outras, a fim de verificar a existência de padrões informacionais que reflitam a aprendizagem dos jogadores (alunos). A partir dos indicadores obtidos nas análises destes dados, pretende-se realizar o cruzamento das informações descobertas com objetos de aprendizagem curriculares. Comparando-os será possível verificar se o jogo educacional cumpre o objeto de aprendizado sob o qual foi proposto ou, quais são as suas deficiências no processo de aprendizagem do aluno.

### AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi parcialmente financiado por recursos de projeto de pesquisa FAPERJ (proc. E-26/010.002458/2019) do Prof. Tadeu Classe.

### REFERÊNCIAS

- [1] J. Kirriemuir and A. McFarlane, "Literature review in games and learning," HAL: *Archives-Ouverts.fr*, 2004. [Online]. Available: <https://telearn.archives-ouvertes.fr/hal-00190453/document>

- [2] D. R. Michael and S. L. Chen, *Serious games: Games that educate, train, and inform*. Muska & Lipman/Premier-Trade, 2005.
- [3] M. Romero, M. Usart, and M. Ott, “Can serious games contribute to developing and sustaining 21st century skills?” *Games and culture*, vol. 10, no. 2, pp. 148–177, 2015.
- [4] S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled, and L. Nacke, “From game design elements to gamefulness: defining ‘gamification’,” in *Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: Envisioning future media environments*, 2011, pp. 9–15.
- [5] R. Savi and V. R. Ulbricht, “Jogos digitais educacionais: benefícios e desafios,” *RENOTE-Revista Novas Tecnologias na Educação*, vol. 6, no. 1, 2008.
- [6] D. Karlini and S. J. Rigo, “Abclingo: Integrando jogos sérios e mineração de dados educacionais no apoio ao letramento,” *Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*, pp. 1149–1152, 2014.
- [7] E. Turban, R. Sharda, J. E. Aronson, and D. King, *Business Intelligence: Um Enfoque Gerencial Para A Inteligência Do Negócio*. Bookman Editora, 2009.
- [8] R. E. Mayer, “Computer games in education,” *Annual review of psychology*, vol. 70, pp. 531–549, 2019.
- [9] D. Pavlas, F. Jentsch, E. Salas, S. M. Fiore, and V. Sims, “The play experience scale: development and validation of a measure of play,” *Human factors*, vol. 54, no. 2, pp. 214–225, 2012.
- [10] J. A. Vargas, L. García-Mundo, M. Genero, and M. Piattini, “A systematic mapping study on serious game quality,” in *Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, 2014, pp. 1–10.
- [11] G. Petri and C. G. von Wangenheim, “How games for computing education are evaluated? a systematic literature review,” *Computers & education*, vol. 107, pp. 68–90, 2017.
- [12] T. Connolly, M. Stansfield, and T. Hainey, “Towards the development of a games-based learning evaluation framework,” in *Games-based learning advancements for multi-sensory human computer interfaces: Techniques and effective practices*. IGI Global, 2009, pp. 251–273.
- [13] S. Freitas and M. Oliver, “How can exploratory learning with games and simulations within the curriculum be most effectively evaluated?” *Computers & education*, vol. 46, no. 3, pp. 249–264, 2006.
- [14] C. V. Carvalho, “Is game-based learning suitable for engineering education?” in *Proceedings of the 2012 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. IEEE, 2012, pp. 1–8.
- [15] D. Kirkpatrick and J. Kirkpatrick, *Evaluating training programs: The four levels*. Berrett-Koehler Publishers, 2006.
- [16] F.-L. Fu, R.-C. Su, and S.-C. Yu, “Egameflow: A scale to measure learners’ enjoyment of e-learning games,” *Computers & Education*, vol. 52, no. 1, pp. 101–112, 2009.
- [17] R. Savi, C. G. von Wangenheim, and A. F. Borgatto, “A model for the evaluation of educational games for teaching software engineering,” in *2011 25th Brazilian Symposium on Software Engineering*. IEEE, 2011, pp. 194–203.
- [18] G. Petri, C. G. von Wangenheim, and A. F. Borgatto, “Evolução de um modelo de avaliação de jogos para o ensino de computação,” in *Anais do XXV Workshop sobre Educação em Computação*. SBC, 2017.
- [19] K. Mitgutsch and N. Alvarado, “Purposeful by design? a serious game design assessment framework,” in *Proceedings of the International Conference on the foundations of digital games*, 2012, pp. 121–128.
- [20] R. Kimball and R. Merz, “The data webhouse toolkit: Building the web-enabled data warehouse,” *Industrial Management & Data Systems*, 2000.
- [21] G. Siemens and P. Long, “Penetrating the fog: Analytics in learning and education,” *EDUCAUSE review*, vol. 46, no. 5, p. 30, 2011.
- [22] M. Freire, Á. Serrano-Laguna, B. Manero, I. Martínez-Ortiz, P. Moreno-Ger, and B. Fernández-Manjón, “Game learning analytics: learning analytics for serious games,” in *Learning, design, and technology*. Springer Nature Switzerland AG, 2016, pp. 1–29.
- [23] K. Petersen, R. Feldt, S. Mujtaba, and M. Mattsson, “Systematic mapping studies in software engineering,” in *12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE) 12*, 2008, pp. 1–10.
- [24] B. E. Kitchenham and S. Charters, “Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering,” *Technical Report, Keele University And Durham University Joint Report*, 2007.
- [25] V. R. Basili, “Software modeling and measurement: the goal/question/metric paradigm,” University of Maryland, CS-TR-2956, Tech. Rep., 1992.
- [26] C. Wohlin, P. Runeson, M. Höst, M. C. Ohlsson, B. Regnell, and A. Wesslén, *Experimentation in software engineering*. Springer Science & Business Media, 2012.
- [27] J. Cohen, “Weighted kappa: nominal scale agreement provision for scaled disagreement or partial credit,” *Psychological bulletin*, vol. 70, no. 4, p. 213, 1968.
- [28] J. R. Landis and G. G. Koch, “The measurement of observer agreement for categorical data,” *biometrics*, pp. 159–174, 1977.
- [29] M. Minović and M. Milovanović, “Real-time learning analytics in educational games,” in *Proceedings of the first international conference on technological ecosystem for enhancing multiculturalism*, 2013, pp. 245–251.
- [30] C. Malliarakis, M. Satratzemi, and S. Xinogalos, “Integrating learning analytics in an educational mmorpg for computer programming,” in *2014 IEEE 14th international conference on advanced learning technologies*. IEEE, 2014, pp. 233–237.
- [31] Á. Serrano-Laguna, J. Torrente, P. Moreno-Ger, and B. Fernández-Manjón, “Application of learning analytics in educational videogames,” *Entertainment Computing*, vol. 5, no. 4, pp. 313–322, 2014.
- [32] Y. C. Borghini, “An assessment and learning analytics engine for games-based learning,” Ph.D. dissertation, University of the West of Scotland, 2015.
- [33] A. Tlili, F. Essalmi, L. J. B. Ayed, M. Jemni *et al.*, “A smart educational game to model personality using learning analytics,” in *2017 IEEE 17th International conference on advanced learning technologies (ICALT)*. IEEE, 2017, pp. 131–135.
- [34] Y. Chaudy and T. Connolly, “Specification and evaluation of an assessment engine for educational games: Integrating learning analytics and providing an assessment authoring tool,” *Entertainment Computing*, vol. 30, p. 100294, 2019.
- [35] L. Shoukry and S. Göbel, “Realizing a mobile multimodal platform for serious games analytics,” *Int. J. Serious Games*, vol. 6, no. 4, pp. 19–48, 2019.
- [36] Á. Serrano, E. J. Marchiori, Á. del Blanco, J. Torrente, and B. Fernández-Manjón, “A framework to improve evaluation in educational games,” in *Proceedings of the 2012 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. IEEE, 2012, pp. 1–8.
- [37] L. C. Pinheiro Junior, “Método de análise de conhecimento multidisciplinar utilizando jogos digitais,” *Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual De Campinas*, 2017.
- [38] P. Miglotzidis, D. Ververidis, E. Anastasovitis, S. Nikolopoulos, I. Kompatsiaris, G. Mavromanolakis, L. E. Thomsen, M. Müller, and F. Hadji, “Enhanced virtual learning spaces using applied gaming,” in *International Conference on Interactive Collaborative Learning*. Springer, 2020, pp. 710–721.
- [39] E. Canuto and F. Moita, “Os jogos digitais e a aprendizagem: interrelações entre o ensino e os estilos dos alunos,” *Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*, 2011.