

Modelo Conceitual para Planejamento da Avaliação em Jogos Sérios

Rháleff Nascimento Rodrigues de Oliveira
 Pós-graduação em Ciência da Computação
 Universidade Federal do ABC (UFABC)
 Santo André, SP, Brasil
 rhaleff.nascimento@ufabc.edu.br

Rafaela Vilela da Rocha
 Centro de Ciências Matemáticas, Computação e Cognição e
 Pós-graduação em Ciência da Computação
 Universidade Federal do ABC (UFABC)
 Santo André, SP, Brasil
 rafaela.rocha@ufabc.edu.br

Abstract—Serious Games (SGs) should be developed and designed including assessment, to show that learning has occurred. In this context, this paper presents a conceptual model for planning the design and execution of the performance assessment of students in SG, called AvaliaJS. The model was conceived through a holistic view on assessment approaches, in the context of SGs, using a bibliographic review. AvaliaJE has artifacts, such as a canvas model and assessment project document, that supports in the documentation and assessment planning. As a proof of concept, three games were used to analyze and exemplify the application of the model.

Keywords—serious games, assessment in games, performance assessment

Resumo—Jogos Sérios (JSs) devem ser desenvolvidos e projetados incluindo a avaliação, de modo a mostrar que a aprendizagem ocorreu. Nesse contexto, este trabalho apresenta um modelo conceitual para planejamento do *design* e execução da avaliação do desempenho de alunos em JSs, denominado AvaliaJS. O modelo foi concebido por meio de uma visão holística sobre abordagens de avaliação, no contexto de JSs, a partir de um levantamento bibliográfico. O AvaliaJS possui artefatos, um modelo *canvas* e um documento de projeto de avaliação, que auxiliam na documentação e planejamento da avaliação. Como prova de conceito, os artefatos foram aplicados a três jogos já prontos, para análise e exemplificação do uso do modelo.

Palavras-chave—jogos sérios, avaliação em jogos, avaliação do desempenho

I. INTRODUÇÃO

Jogos Sérios (JSs) contêm duas principais características: (1) combinação de jogos e uma ou mais funções utilitárias, como transmitir uma mensagem, fornecer treinamento ou promover a troca de dados; e (2) aplicação em um domínio específico, tais como defesa, treinamento, educação, saúde, e não apenas no mercado de entretenimento [1][2][3]. Além disso, por terem funções educacionais, são caracterizados pelo foco no ensino de um dado assunto, auxílio no aprimoramento de habilidades, difusão de conceitos e busca de mudança de atitude [4].

A efetividade de JSs se dá pela capacidade em garantir que a aprendizagem realmente aconteceu, através da oferta de uma avaliação eficaz do desempenho do aluno (auxílio à aprendizagem e desenvolvimento de competências) [5][6][7]. Nesse contexto, a literatura aponta que a maioria das avaliações em JSs acontece no nível da reação (de

Kirkpatrick e Kirkpatrick [8]), na coleta da satisfação, motivação e outras percepções do aluno. Ao passo que a avaliação do nível de aprendizagem, que mede a mudança de atitudes, conhecimentos e/ou habilidades, é negligenciada [5][9][10][11]. Isso ocorre pela falta de abordagens (processos, modelos, *frameworks*, etc) que contemplem o planejamento dessa avaliação durante o ciclo de vida de desenvolvimento dos JSs, pois há uma preocupação maior no *design* do jogo e não no *design* da avaliação do desempenho do aluno [7][11][12].

A coleta de dados interna ao jogo, com fins avaliativos, é relevante para medição da aprendizagem e no provimento de relatórios dos resultados para os interessados (professor/instrutor, instituição, entre outros) [5]. A avaliação em jogo oferece a oportunidade de se usar o próprio jogo e empregar formas de avaliação alternativas, menos óbvias, que poderiam (e deveriam) se tornar um elemento de jogo em si, como uma avaliação furtiva [72]. Outro fator importante é o *feedback* contínuo e imediato, pois possibilita uma aprendizagem efetiva em relação aos objetivos pedagógicos [71]. Um modelo que agregue tais aspectos é relevante para a efetividade dos JSs [7][71][26].

Desta forma, este trabalho tem como objetivo apresentar o AvaliaJS, um modelo conceitual para o planejamento do *design* e execução da avaliação do desempenho do aluno em JSs; e uma análise e discussão de sua aplicação nos jogos digitais “Expedição Antártica” e “GLPSobControle” e no jogo analógico, “Guerra em Alto Mar”. O modelo foi concebido por meio de uma visão holística sobre as abordagens (métodos, metodologias, processos, *frameworks*, modelos) de avaliação, no contexto de JSs, por meio de um levantamento bibliográfico. O AvaliaJS possui dois artefatos: (1) modelo *canvas* para planejamento em alto nível da avaliação e sua execução em JSs; e (2) documento de projeto de avaliação, para descrição em baixo nível do planejamento realizado pelo modelo *canvas*. Além disso, possui um guia de preenchimento do modelo *canvas*.

Na **Seção 2**, é apresentado o referencial teórico, com os principais conceitos que envolvem este trabalho, como jogos sérios, avaliação em jogos e instrumentos de coleta de dados. Na **Seção 3**, são apresentados os trabalhos relacionados. Na **Seção 4**, é apresentado o modelo conceitual proposto (juntamente com o modelo *canvas* e o documento de projeto de avaliação), seguido dos resultados (**Seção 5**), com exemplificação e análise do uso do modelo em três jogos, e discussões (**Seção 6**). Por fim, as considerações finais são descritas na **Seção 7**.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

Uma revisão de literatura foi realizada para selecionar conceitos, teorias, técnicas e instrumentos que embasam a construção do modelo conceitual proposto neste trabalho, conforme descrito a seguir.

A. Jogos Sérios

Ao fragmentar o termo “Jogo Sérió”, temos que “um jogo é um sistema no qual os jogadores participam de um conflito artificial, definido por regras, que resulta em um resultado quantificável” [13, p. 80]; o termo “sérió” aponta que são jogos voltados para fins diferentes de puro entretenimento [14]. Os jogos sérios com fins educacionais apresentam objetivos pedagógicos, com foco no ensino de um determinado assunto e no auxílio do aprimoramento de competências, como raciocínio espacial, concentração, definição de estratégias, memorização, autoconfiança, entre outros [4][15].

JSs são eficazes para o ensino e treinamento de alunos de idades diversas, por vários fatores: são altamente motivadores; oferecem uma comunicação eficiente acerca de conceitos e conteúdos pedagógicos; proporcionam uma representação contextualizada do problema que se pretende ensinar; fazem com que alunos assumam papéis realistas, tais como enfrentar problemas, formular estratégias, tomar decisões e obter *feedback* imediato sobre as consequências de suas ações [2][5][7][16].

Os JSs podem ser digitais (uso do computador) ou analógicos (físicos - tabuleiros) e agrupados em gêneros, como jogos de aventura, ação, quebra-cabeça, estratégias [17][18]. Nesse contexto, Djaouti, Alvarez e Jessel [19] desenvolveram um modelo para classificação de jogos sérios, que consistem em três aspectos: (1) **gameplay**: define a jogabilidade usada no jogo, podendo ser *game-based* (regras bem definidas, como *Mario World*) ou *play-based* (falta de objetivo, como *Sim City*); (2) **propósito**: indica o objetivo geral do jogo, que se divide em três tipos: (a) troca de mensagem (educativa, informativa, persuasiva e/ou subjetiva); (b) treinamento (melhora do desempenho cognitivo ou motor); e/ou (c) troca de dados (coleta de informações dos jogadores); e (3) **escopo**: indica o mercado (saúde, militares, educação, religioso, etc) e público (profissionais e/ou estudantes).

B. Avaliação e Desempenho em Jogos Sérios

B.1 Conceituação e Tipos de Avaliação

A avaliação é um método em que o avaliador acompanha e julga o valor dos resultados de uma atividade objetivando reforçar, orientar e/ou corrigir um comportamento do avaliado em suas tarefas [20]. O objetivo principal da avaliação é fornecer *feedback* para os interessados, que pode incluir os alunos, professores/instrutores e coordenadores/gerentes [70]. O desempenho do aluno refere-se ao aumento do conhecimento e da capacidade do aluno como resultado da atividade de aprendizagem [21]. A avaliação do desempenho determina o grau em que o aluno aplica as competências adquiridas no mundo real [5]. A competência é “a capacidade de um indivíduo realizar uma atividade ou trabalho específico com qualidade” [69, p. 36]. A competência é dividida em três dimensões: (1) **conhecimento**: refere-se a um conjunto de

informações armazenadas na memória da pessoa, ou seja, é ter informações (saber o quê e o porquê); (2) **habilidade**: refere-se à capacidade de se fazer uso produtivo do conhecimento, ou seja, é ter a técnica e capacidade de aplicar o conhecimento (saber como fazer); e (3) **atitude**: refere-se à predisposição (querer fazer/determinação) da pessoa em relação ao trabalho, aos objetos ou às situações, ou seja, é aplicar a habilidade (saber fazer acontecer) [7][69].

A avaliação pode ocorrer em diferentes momentos do processo de ensino-aprendizagem: (1) **diagnóstica**: realizada no início, para analisar conhecimentos prévios do aluno [22]; (2) **formativa**: realizada durante o processo, para aprimorar e desenvolver as competências [23]; e (3) **somativa**: realizada após o período de aprendizagem, visando mensurar e classificar a progressão do aluno [23]. A **autoavaliação** pode ser usada para que o próprio aluno reflita a sua própria evolução [7]. Além disso, a avaliação pode ser da **reação** (“os alunos gostaram do jogo?”), da **aprendizagem** (“os alunos aprenderam com o jogo?”), do **comportamento** (“os alunos estão aplicando os novos conhecimentos?”) ou dos **resultados** (“o jogo teve impacto nos resultados?”), conforme níveis de avaliação de Kirkpatrick e Kirkpatrick [24]. No nível da reação, avalia-se as percepções do aluno em três dimensões: **motivação** (relevância, confiança, satisfação e atenção), **engajamento** e **autoavaliação**. No nível da aprendizagem, são identificadas as mudanças no que o usuário conhece sobre o conteúdo após a atividade. A avaliação da aprendizagem está relacionada à mensuração de **conhecimento, habilidade, atitude e compromisso** [24]. Somado a isso, Hattie e Timperly [25], afirmam que o *feedback* e avaliação andam lado a lado, e define-o como uma informação fornecida por um agente em relação a aspectos do desempenho ou entendimento. Neste caso, o *feedback* pode ser usado para relatar o **progresso do jogo, feedback de aprendizagem e de interação com o sistema** [7][26][27].

No contexto de JSs, a avaliação pode ser classificada de acordo com seu propósito [27]: (1) **externa**: processos de coleta de dados que usam ferramentas externas ao jogo, como observação, teste, *briefing*, entrevista, entre outros; (2) **interna**: ferramentas e técnicas aplicadas dentro do jogo, como arquivo *log* e registro de ações, *learning analytics*, entre outros; (3) **antes**: ocorre antes da interação com o jogo; (4) **durante**: ocorre quando o jogador interage com o jogo; e/ou (5) **depois**: ocorre quando o jogador termina sua interação com o jogo.

Ainda de acordo com Ifenthaler [27], quando se trata de avaliação interna, os tipos de registros das ações dos jogadores podem ser classificadas como: (i) **registro de pontuação**: refere-se aos métodos de pontuação e registro de tempo de conclusão de uma tarefa; e (ii) **registro de interação com sistema**: descreve o comportamento do aluno durante o jogo, coletado por meio de arquivos de *log* e cliques, trilhas de informação e monitoramento de estados, entre outros [27]. Baseado em Rocha [7], este trabalho acrescentou o **registro de atuação**, que se refere ao registro de dados relacionados à aprendizagem do conteúdo do jogo (competências do jogador), tais como erros, acertos, e sequências de ações mais específicas, ou seja, é a atuação do jogador frente aos conteúdos ensinados.

B.2 Teorias de aprendizagem e treinamento, reação e *feedback*

Algumas teorias são aplicadas em JSs para auxiliar no planejamento e levantamento de requisitos, no contexto de aprendizagem e treinamento, reação e *feedback*: (1) **teorias de aprendizagem e treinamento**: refere-se às teorias pedagógicas sobre aprendizagem e treinamento, usadas para descrever os motivos e processos de aprendizagem e desempenho humano, eventos e métodos de ensino, tais como a taxonomia de Bloom [28], construtivismo, humanismo e cognitivismo [29], Teoria de Avaliação do Programa de Treinamento (TAPT) [8], teoria de aprendizagem-experiencial e estilo de aprendizagem [30], aprendizagem tangencial [31], princípios de aprendizagem afetiva [71], entre outros; (2) **teorias de reação**: refere-se às teorias relacionadas à satisfação do jogador, tais como modelo ARCS e teoria expectativa-valor de estratégias motivacionais [32][33], teoria de *flow* [34], engajamento [35], entre outros; e (3) **teorias de *feedback***: refere-se às teorias que definem os tipos, como e quando fazer e expor *feedbacks*, bem como auxiliam na descrição e classificação dos *feedbacks*, tais como a teoria de desempenho individual [5], teoria dos erros humanos [36], dimensões de *feedback* [Bee; Bee, 2000 *apud* [7]], classificação e níveis de *feedback* [37][25].

B.3 Técnicas e instrumentos de coleta de dados em JSs

Os instrumentos de coleta de dados devem ser definidos de modo a permitir o mapeamento do objetivo da avaliação para os dados coletados e fornecer suporte para análise e interpretação dos dados em relação aos objetivos [18]. No contexto de JSs, diferentes técnicas e instrumentos de coleta de dados podem ser usados, na (1) **avaliação externa**: questionários (de reação, autoavaliação, etc), entrevista, pré-teste e pós-teste, observação, grupo focal, *debriefing*, protocolo *think-aloud*, mapa conceitual, bate-papo, fórum, entre outros [10][26][27][38][39]; e na (2) **avaliação interna**: fases com coleta de dados das ações (registros de pontuação, interação e atuação), fases com questionários de pré e pós-testes, reação, autoavaliação e perfil do jogador, cadastro do jogador, *learning analytics*, entre outros [7][26][27][38].

III. TRABALHOS RELACIONADOS

Foi realizada uma revisão da literatura para se ter uma visão holística sobre abordagens de avaliação, no contexto de JSs. Os trabalhos foram pesquisados nos principais motores de busca, em periódicos e congressos, tanto nacional como internacional e separados em três grupos: (i) **abordagens para desenvolvimento de jogos e JSs** [7] [15] [26] [40] [41] [42] [43] [44] [45] [46] [47]; (ii) **modelo *canvas* para *design* de jogos em geral** [48][49][50][51][52][53]; e (iii) **revisões e mapeamentos sistemáticos que analisam a avaliação em jogos sérios e educacionais** [54][55][56][57][58][59][60][61][62].

Em linhas gerais, no grupo (i), as abordagens analisadas não especificam a avaliação do desempenho do aluno e, quando assim o fazem, são limitadas ao jogo criado para validação da abordagem. Também é possível observar que há uma preocupação maior em coletar dados de ação do jogador, como número de erros e acertos, e não existe um foco no planejamento que envolva os diferentes tipos de

avaliação. No grupo (ii), os modelos *canvas* não especificam a avaliação do desempenho do aluno e não se preocupam na avaliação do jogo em si. Apenas o trabalho de Star, Vuillier e Deterding [52] suporta o planejamento da avaliação do desempenho do aluno e do jogo, no entanto, é específico para jogos pró-sociais. No grupo (iii), a maioria dos jogos é desenvolvido desconsiderando o planejamento da avaliação do desempenho do aluno. Os jogos são avaliados por meio da coleta da opinião (reação) dos jogadores. A avaliação da aprendizagem (nível 2) é geralmente realizada por meio de pré e pós-testes, sem inserir avaliações durante o jogo (avaliação formativa e coleta de dados das ações dos jogadores durante a interação com o jogo).

Os trabalhos analisados nos três grupos evidenciam a importância da avaliação interna e externa em JSs. A avaliação externa, sozinha, pode negligenciar mudanças importantes durante o processo de aprendizagem, por ser focada, majoritariamente, na aplicação de pré e pós-testes [38]. Essa abordagem pode dificultar o *feedback* imediato, em relação ao conteúdo abordado no jogo. A avaliação interna, focada na coleta de dados durante o jogo, se bem projetada, pode fornecer informações detalhadas sobre os processos de aprendizado, bem como, *feedback* imediato e personalizado para o aluno [27][38]. Assim, a avaliação interna e externa devem ser pensadas estrategicamente para garantir o aprendizado do aluno através de JSs, tanto antes e depois, como durante a interação com o jogo.

Além da oferta de *feedback* constante e personalizado para o jogador (profissionais e/ou estudantes) durante a execução do jogo [26], a coleta de dados e avaliação dentro do jogo é importante também para mensuração da aprendizagem e oferta de relatório para os interessados (p. ex., professores e instituição) [5] e para a avaliação da eficácia do jogo (produto final), após o jogo [63]. Desta forma, um modelo que possibilite o planejamento do *design* e execução da avaliação é relevante para auxiliar a equipe de avaliação e desenvolvimento, bem como, documentar e analisar os resultados desse processo e produto final.

IV. MODELO AVALIAJS

O modelo conceitual de planejamento do *design* e execução da avaliação do desempenho de alunos em JSs, denominado **AvaliaJS** (*Avalia*= *Avaliação* + *JS*= *Jogo Sério*), foi projetado por meio de uma visão holística sobre as abordagens (métodos, metodologias, processos, *frameworks*, modelos) de avaliação, no contexto de JSs. O AvaliaJS visa que os jogos sejam projetados considerando o *design* e execução da avaliação do desempenho do aluno e o *feedback* imediato e constante.

Este trabalho considera que o ciclo de vida de desenvolvimento de um JS, baseado em Rocha [7], é formado por tais etapas: (a) pré-produção (planejamento inicial), (b) produção (análise, projeto, implementação, integração e teste) e (c) pós-produção (execução/avaliação e análise dos resultados). Sendo assim, o AvaliaJS, apresentado na Fig. 1, é dividido entre as etapas de pré-produção/produção e pós-produção.

De modo geral, a equipe de avaliação é responsável por planejar a avaliação (externa e interna), usando as teorias adequadas de acordo com o foco do JS, e desenvolver artefatos para avaliação externa, como questionários e afins.

Os artefatos, com a descrição de técnicas e decisões para a avaliação interna, gerados pela equipe de avaliação, são entregues à equipe de desenvolvimento, que desenvolve o jogo com coleta de dados (avaliação interna). Já os artefatos de avaliação externa, são projetados para serem usados pelo jogador antes, durante ou depois da aplicação do jogo. Assim, o jogador joga, faz atividades avaliativas (externas) e recebe *feedbacks* e o observador/monitor monitora, instrui, observa e avalia com instrumentos externos. A Fig. 2 ilustra um recorte detalhado da etapa de execução/avaliação, no qual são apresentadas as possíveis técnicas, instrumentos de avaliação e coleta de dados (interna e externa ao jogo).

O AvaliaJS possui artefatos para o planejamento da avaliação, que visam a descrição das teorias, técnicas e instrumentos, tanto externos e internos, que serão usados

para a execução da avaliação, são eles: (a) modelo *canvas* (planejamento em alto nível) e (b) documento de projeto da avaliação (descrição em baixo nível). O modelo *canvas* permite uma rápida identificação dos elementos e atividades necessárias para o planejamento do *design* e execução da avaliação do desempenho dos alunos em JSs (modelo disponível em: www.bit.ly/CanvasAvaliaJS). No documento de projeto da avaliação deve ser detalhado o que foi planejado no modelo *canvas* (seu template pode ser acessado em: www.bit.ly/DocProjetoAvaliaJS). Uma planilha de “guia de preenchimento” foi desenvolvida para auxiliar no preenchimento do modelo *canvas* (disponível em: www.bit.ly/GuiaCanvasAvaliaJS). A Fig. 3 apresenta o modelo *canvas* preenchido com os principais conteúdos para o planejamento da avaliação.

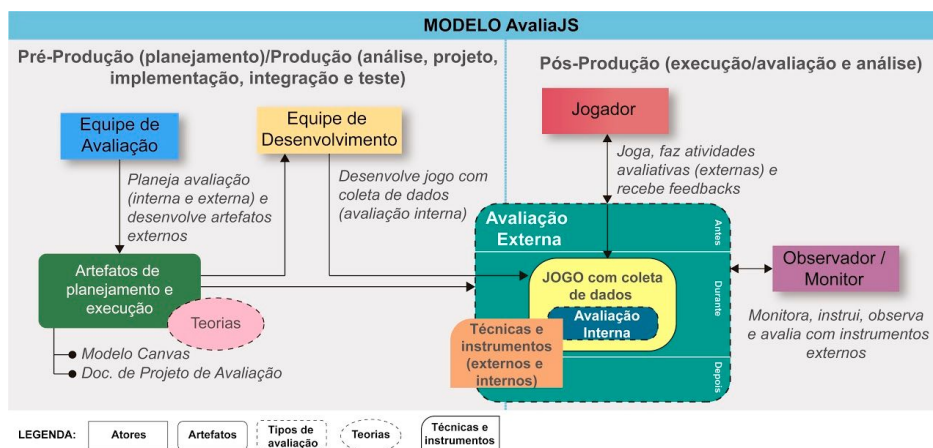


Fig. 1. AvaliaJS: modelo conceitual de planejamento do *design* e execução da avaliação do desempenho de alunos em JSs. Fonte: autores.

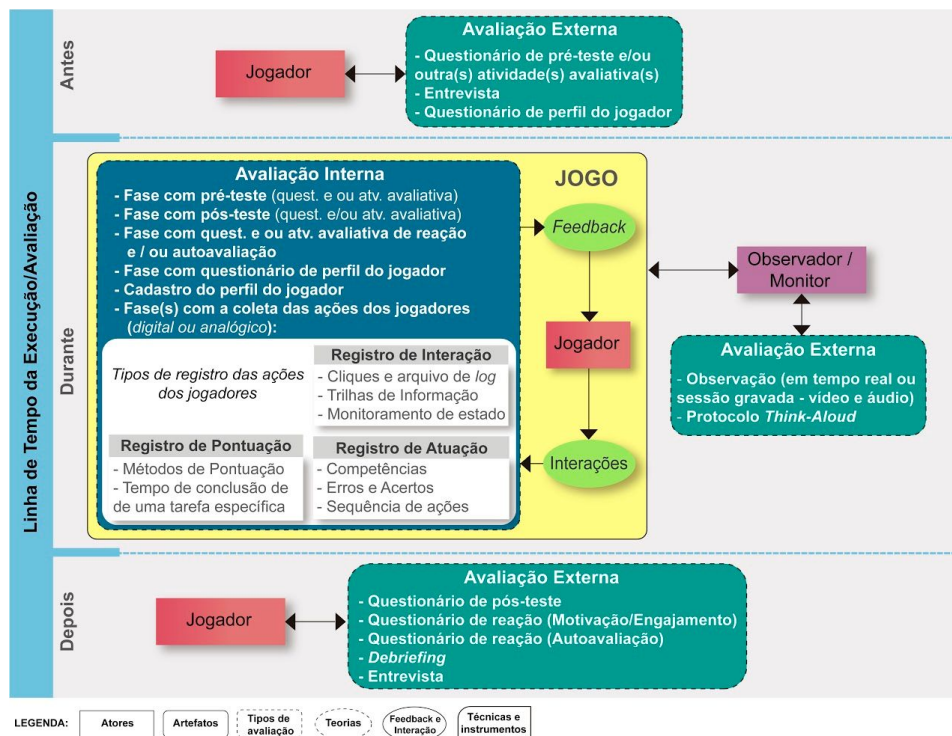


Fig. 2. Visão detalhada da etapa de execução/avaliação do modelo AvaliaJS. Fonte: autores.

MODELO CANVAS DE PLANEJAMENTO DE AVALIAÇÃO EM JOGOS SÉRIOS v. 2.0

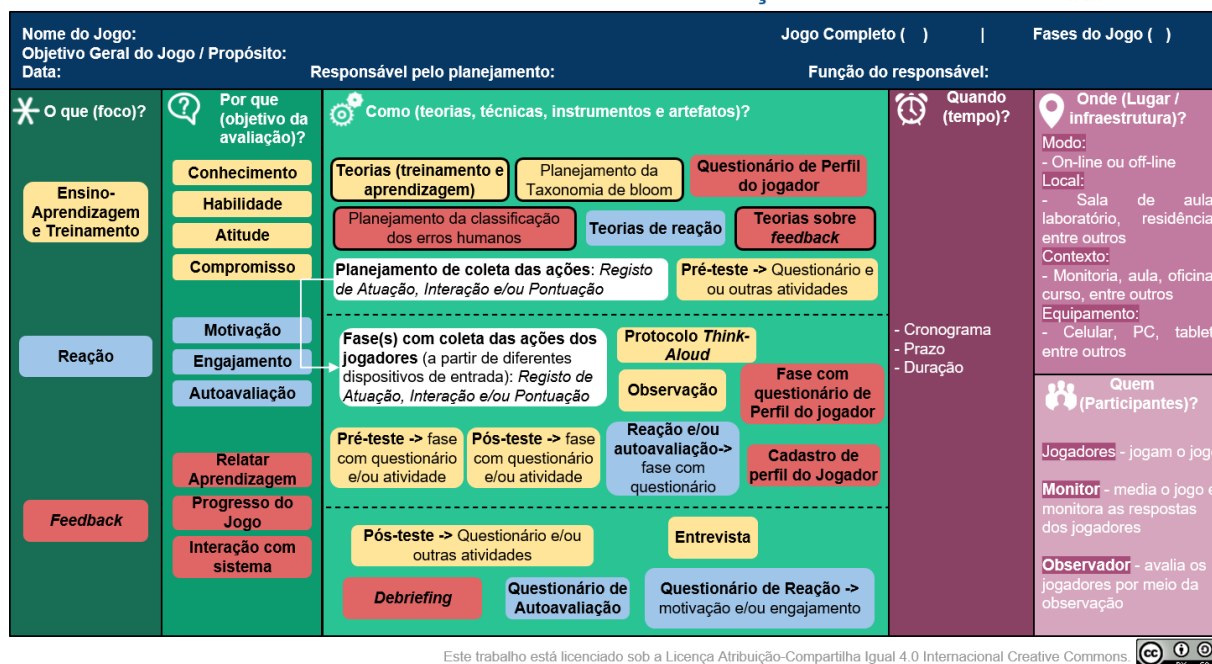


Fig. 3. Modelo Canvas para o planejamento e *design* da avaliação em JSs: com alguns exemplos de campos preenchidos. Fonte: Autores.

O modelo *canvas* proposto neste trabalho, para uso específico do planejamento e execução das avaliações de um JS, foi desenvolvido baseando-se no método 5W2H, proposto por Rossato [64] e nas questões que podem ser usadas para planejar uma avaliação, no contexto de sala de aula no ensino superior, proposta por Falchikov [65]. O método 5W2H é um plano de ação que permite que elementos e tarefas, a serem seguidas de forma organizada, sejam identificados de forma rápida, durante à implementação de um projeto. A Tabela I apresenta a relação entre as questões de Rossato [64], de Falchikov [65] e do modelo *canvas* apresentado neste artigo.

As questões selecionadas para o desenvolvimento deste modelo *canvas* permitem uma rápida identificação dos elementos e atividades necessárias para o planejamento do *design* e execução da avaliação do desempenho dos alunos em jogos sérios educacionais. Falchikov não abordou as questões de onde serão realizadas e quanto custarão as avaliações; porém incluiu a confiabilidade e validade das avaliações, bem como o planejamento do que será feito com seus resultados. Neste trabalho, o custo também não foi considerado. Além disso, a confiabilidade não foi acrescentada ao modelo, pois as técnicas e instrumentos listados para serem usados na avaliação são consultados, e agrupados no modelo, a partir da revisão de literatura, o que aumenta a confiabilidade. Outra questão não abordada neste trabalho é referente ao planejamento do que será feito com os resultados. Tal questão não foi inserida, pois no modelo não foram discutidos os aspectos referentes à análise dos resultados das avaliações. No entanto, as três questões podem ser consideradas em trabalhos futuros.

O modelo *canvas* foi desenvolvido incorporando as características para a construção de um *Business Model Canvas (BMC)*, apresentados por Osterwalder [66]. *BMC* é uma ferramenta que dá uma visão geral e pré-formatada que permite desenvolver e esboçar modelos de negócio novos ou

existentes, por meio de blocos [66]. É importante reforçar que os modelos *canvas* para *game design* foram inspirados no *BMC*, como, por exemplo, *Unified Game Canvas (UDC)* [48]. Neste trabalho, foram consideradas as seguintes características [66]: (i) *organização por influência*: organiza as seções que possuem maior influência entre si; (ii) *agrupamento por relação*: o conjunto de seções que possuem uma relação entre si ou oferecem um cenário específico; e (iii) *significado atômico das seções*: cada seção trata especificamente de um único assunto.

Sendo assim, as seções do modelo *canvas* (ver Fig. 3) foram organizadas de modo a tratar de um assunto específico e possuir influência entre si. As seções foram agrupadas por cores, sendo diferenciadas pela alvo do planejamento da avaliação: (1) *azul*: refere-se a contextualização do jogo; (2) *verde*: refere-se ao planejamento do projeto da avaliação interna e externa, como o foco, objetivo e teorias, métodos, instrumentos e artefatos; e (3) *roxo*: refere-se ao planejamento da execução da avaliação como o tempo, lugar e participantes.

O modelo *canvas* não possui uma ordem de preenchimento definido, no entanto, é preferível iniciar com a seção azul, para preenchimento do nome e objetivo geral do jogo, data de preenchimento e nome(s) do(s) responsável(is) e função, além de marcar se o planejamento da avaliação é do jogo completo ou de uma fase/parte específica do jogo (como o protótipo de apenas uma missão do jogo, por exemplo); os blocos do grupo verde e roxo podem ser preenchidos paralelamente, de acordo com as necessidades do projeto.

A Fig. 4 apresenta um resumo dos principais conteúdos usados para o planejamento do *design* e execução da avaliação em JSs. Os conteúdos foram adicionados de acordo com as teorias, técnicas, instrumentos e artefatos encontradas na literatura.



Fig. 4. Diagrama resumido dos conteúdos do modelo canvas. Fonte: Autores.

TABELA I. RELAÇÃO ENTRE AS QUESTÕES PARA PLANEJAMENTO DE AVALIAÇÃO. FONTE: AUTORES

5W2H [64]	Falchikov [65]	Este Trabalho
What (o que será feito?)	Qual será o foco da avaliação (o que avaliar?)	What? O que será avaliado durante o jogo? (foco)
Why (por que será feito?)	A finalidade da avaliação (por que avaliar?)	Why? Por que a avaliação deve ser realizada? (objetivo)
Where (onde será feito?)	-	Where? Onde a avaliação será executada? (modo, local, contexto e equipamento)
When (quando será feito?)	Quando cada uma das avaliações deverá ser executada? (quando avaliar?)	When? Quando cada uma das avaliações deverá ser executada? (tempo/ duração/ cronograma)
Who (por quem será feito?)	Para quem serão fornecidos os resultados (para quem avaliar?)	Who? Quem está envolvido na execução das avaliações? (participantes e funções)
How (como será feito?)	Que metodologia de avaliação será usada (como avaliar?)	How? Como deverá ser realizada a avaliação? (teorias, técnicas, instrumentos e artefatos)
How much (quanto vai custar?)	-	-
-	Quão confiáveis ou válidos são as avaliações dos alunos? (quão bem é avaliado?)	-
-	O que será feito com os resultados da avaliação? (para onde seguir? o que é feito?)	-

V. RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados do uso dos jogos *GLPSobControle*, *Guerra em Alto Mar* e *Expedição Antártica* para exemplificar o modelo *canvas* e documento de projeto de avaliação. O *GLPSobControle* é um jogo digital para treinamento e avaliação de bombeiros sobre o controle de vazamento de gás de cozinha [7]. O *Guerra em Alto Mar* é um jogo de tabuleiro para motivação e engajamento de alunos no ensino da linguagem de programação Python [67]. O *Expedição Antártica* é um jogo digital para o ensino-aprendizagem sobre o conhecimento da ciência cidadã ambientada na Antártica [39]. Tais jogos foram escolhidos por serem focados no ensino-aprendizagem, treinamento, avaliação, motivação e engajamento e por estarem disponíveis (jogo/código-fonte e documentações). A aplicação (uso e exemplificação) do modelo *canvas* e documento de projeto em três diferentes jogos, e com objetivos pedagógicos distintos, possibilita uma avaliação e análise do AvaliaJS. Uma comparação dos jogos analisados é apresentada na Tabela II.

O preenchimento do modelo *canvas* e do documento de projeto de avaliação, nos três jogos, teve início pela contextualização, ou seja, os jogos foram situados em um contexto específico, descrevendo o nome, *gameplay* e gênero, objetivo geral (propósito), público-alvo, função do responsável pelo planejamento da avaliação e uma breve descrição para resumir os principais objetivos do jogo (completo ou fases/missões). Em seguida, foram definidos o escopo do projeto da avaliação, como o foco (o que?), objetivo (por que?) e teorias, técnicas e instrumentos (como?), seguido da descrição da parte de execução da avaliação, focada em quando e onde ocorre a avaliação e quem estão envolvidos nela. Os modelos *canvas* e os documentos de projeto da avaliação dos jogos

exemplificados podem ser consultados, respectivamente, em <https://bit.ly/GLPCanvas>, <https://bit.ly/GuerraCanvas>, <https://bit.ly/AntarticaCanvas>; um resumo do conteúdo do *canvas* dos jogos analisados é apresentado no Tabela III.

TABELA II. COMPARAÇÃO DOS JOGOS ANALISADOS. FONTE: AUTORES

Jogo	GLPSob	Guerra em Alto	Expedição
Informações	Controle [7]	Mar [67]	Antártica [39]
Tipo de jogo	digital 3D e 2D	analógico	digital 2D
Gênero	simulação	tabuleiro	RPG
Qte. de fases / atividades (analisadas)	7 fases	1 fase com rodadas até ter um vencedor	1 fase com 4 minijogos
Público-alvo	bombeiros	estudantes de informática	estudantes de licenciatura
Motivação/ Domínio	treinamento de vazamento de gás de cozinha	motivação para aprendizagem de Python	ensino-aprend. Ciência Cidadã (missão baleia)

Em relação ao objetivo da avaliação (“por que?”), é possível observar que o modelo proveu a descrição do objetivo da avaliação dos três jogos analisados. Os objetivos de avaliação foram divididos de acordo com o foco do jogo: aprendizagem e treinamento (conhecimento, habilidade, atitude e compromisso), reação (motivação, engajamento e autoavaliação) e avaliação e *feedback* (relato da aprendizagem, progresso do jogo e interação com sistema). Os jogos *GLPSobControle* e o *Expedição Antártica* apresentam objetivos parecidos, diferindo que no primeiro há a autoavaliação e no segundo o compromisso. No *Guerra em Alto Mar*, os objetivos da avaliação são focados na promoção da motivação e engajamento, na mensuração do conhecimento e relato de aprendizagem e progresso do jogo.

Sobre as teorias, técnicas, instrumentos e artefatos usados (para coleta de dados interna e externa, de forma a implementar a avaliação do treinamento, ensino-aprendizagem e reação), os dois jogos digitais foram desenvolvidos de modo que suas fases pudessem coletar as ações dos jogadores e registrar dados de atuação, interação e pontuação. No *GLPSobControle*, a primeira fase é um jogo 2D de cartas com o objetivo de verificar o que o aprendiz já sabe sobre o que vai ser treinado, o que se caracteriza como uma fase com pré-teste [7]. As fases seguintes foram implementadas em 3D de modo a registrar as sequências de ações do aprendiz. Tais sequências produzem resultados que dão *feedbacks* sobre o desempenho do jogador ao final do treinamento, como uma sequência errada que gera explosão, ou uma sequência totalmente correta, que indica o sucesso do treinamento. A última fase é um questionário de autoavaliação e avaliação do programa de treinamento, com o objetivo de coletar a reação do aprendiz.

TABELA III. RESUMO DOS CANVAS DOS JOGOS ANALISADOS. FONTE: AUTORES.

Jogo	GLPSob	Guerra em Alto	Expedição
Canvas	Controle [7]	Mar [67]	Antártica [39]
Objetivo	Treinamento Avaliação	Motivação Engajamento	Ens.-Aprend. Avaliação
Planejamento	Jogo Completo	Jogo Completo	Fase do Jogo
Jogo	GLPSob	Guerra em Alto	Expedição

Canvas	Controle [7]	Mar [67]	Antártica [39]
What? <i>O que será avaliado durante o jogo?</i> (foco)	Treinamento Reação <i>Feedback</i>	Ensino- Aprendizagem Reação <i>Feedback</i>	Ensino- Aprendizagem Reação <i>Feedback</i>
Why? <i>Por que a avaliação deve ser realizada?</i> (objetivo)	Conhecimento Habilidade Atitude Motivação Engajamento Autoavaliação Relato da aprendizagem Progresso do jogo Interação com o sistema	Conhecimento Motivação Engajamento Relato da aprendizagem Progresso do jogo	Conhecimento Habilidade Atitude Compromisso Motivação Engajamento Relato da aprendizagem Progresso do jogo Interação com o sistema
How? <i>Como deverá ser realizada a avaliação?</i> (teorias, técnicas, instrumentos e artefatos)	- Teorias - Taxonomia de Bloom - Pré-teste (fase em jogo) - Observação - Teorias de reação - Quest. reação e autoavaliação - Classificação dos erros humanos - Teorias sobre <i>feedback</i> - Quest. e cadastro de perfil de jogador - <i>Debriefing</i> - Fase com coleta de ações	- Teorias - Observação - Teorias de reação - Questionário de reação - Teorias sobre <i>feedback</i> - Quest. perfil de jogador - Fase com coleta de ações: ficha coleta de dados	- Teorias - Pré/pós-teste - Observação - Protocolo <i>Think-Aloud</i> - Entrevista - Teorias de reação - Questionário de reação - Classificação dos erros humanos - Teorias sobre <i>feedback</i> - Quest. perfil de jogador - <i>Debriefing</i> - Fase com coleta de ações
When? <i>Quando cada uma das avaliações deverá ser executada?</i> (tempo/ duração/ cronograma)	Total de 1h30: 30min para cada atividade: responder questionário, interação jogo e <i>debriefing</i>	Total de 3h: 10min- quest. perfil; 15min- exibição de vídeo com regras; 130min- interação jogo; 25min- quest. reação	Total de 1h: 5min- quest. perfil; 5min- pré-teste; 30min- interação jogo; 10min- pós-teste e quest. reação; 10min- <i>debriefing</i>
Where? <i>Onde cada avaliação será executada?</i> (modo, local, contexto e equipamento)	Modo: Online; Local: quartel bombeiros; Contexto: sessão de treinamento; Equipamentos: PC.	Modo: offline; Local: laboratório; Contexto: monitoria, aula, oficina, curso; Equipamentos: jogo físico e cronômetro.	Modo: online; Local: laboratório, residência; Contexto: Oficina, aula/curso; Equipamentos: PC.
Who? <i>Quem está envolvido na execução das avaliações?</i> (participantes e funções)	Jogadores: bombeiros (soldado, cabo e/ou sargento); Observador: pesquisador.	Jogadores: alunos com interesse em Python; Monitor: media e monitora as respostas Observador: pesquisador.	Jogadores: alunos de licenciatura; Observador: pesquisador.

O jogo *Expedição Antártica* não possui fases lineares, como no *GLPSobControle*, e o jogador pode iniciar pelo minijogo que preferir (apenas o minijogo final que, para ser

liberado, precisa que todos os outros estejam concluídos) [39]. Por ser um jogo *RPG*, o registro de pontuação foi planejado de modo a sustentar a barra de experiência e vida do jogador, que aumenta ou diminui de acordo com as ações dos jogadores, como conversar com um mentor, jogar um minijogo, ganhar recompensa, concluir ou refazer missão. Além disso, em alguns minijogos o jogador recebe dicas de mentores para avançar em suas atividades. Ainda no *Expedição Antártica*, os atributos de banco de dados foram divididos em registro de pontuação, registro de atuação e registro de interação com o sistema, o que ajuda no planejamento dos dados a serem coletados. Em relação aos instrumentos externos, foram usados questionários de pré e pós-teste, perfil do jogador e de reação. Ademais, durante a interação com o jogo, os jogadores puderam verbalizar seus pensamentos através do protocolo *Think-Aloud*, sendo observados pelos pesquisadores. Ao final da interação, foi realizada uma entrevista e uma sessão de *debriefing*.

No *Guerra em Alto Mar*, por se tratar de um jogo analógico (tabuleiro), as ações dos jogadores são registradas através de uma ficha de coleta de resultados, focada no registro de atuação e pontuação. Nesse caso, um monitor registrou, manualmente, os resultados das respostas (se errou ou acertou) dos jogadores ao *quiz* e o tempo de resposta de cada um, como descrevem os autores [67]. Como instrumentos externos, os alunos foram observados pelos pesquisadores e, posterior à interação do jogo, responderam um questionário de reação. Esse jogo foi usado para exemplificar que o modelo proposto neste trabalho cobre o planejamento da avaliação em jogos analógicos, no entanto, precisa ser validado na criação de outros jogos analógicos.

De modo geral, o modelo possibilita a inclusão de artefatos externos ao jogo (como questionários e entrevistas) e instrumentos internos, que objetivam a coleta de dados dos jogadores, através dos registros de pontuação, atuação e interação. Dessa forma, o modelo possibilita o suporte ao uso de fases com questionários de pré-teste, autoavaliação e satisfação ao jogo, como o caso do *GLPSobControle*.

O planejamento e documentação do *feedback*, no uso das teorias e classificação dos erros humanos, permitiu uma visão detalhada de aspectos pedagógicos a serem avaliados nos jogos. O *feedback* constante e imediato é percebido, nos jogos digitais, através da pontuação, *feedbacks* visuais e sonoros das ações e consequências atribuídas aos erros e acertos dos jogadores, como o recebimento de uma câmera como recompensa, no *Expedição Antártica*, ou uma explosão ao gerar ignição estática, no jogo *GLPSobControle* [7][39]. O jogo *Expedição Antártica*, p. ex., possui mentores que dão dicas em resposta à algumas ações erradas dos jogadores nos minijogos e diálogos. No *Guerra em Alto Mar*, para avançar na jogabilidade, o aluno precisa responder um *quiz*. O *feedback* de certo ou errado é dado através da “Carta Resposta”, que contém a alternativa correta e uma explicação sobre a questão. Em específico sobre o *feedback* final, no caso do jogo *GLPSobControle*, os dados do resultado do desempenho do aprendiz são apresentados ao final do treinamento, em uma tela que mostra, por exemplo, o número de vítimas, duração do treinamento, resultado das fases, número de correções [7]. O jogo *Expedição Antártica* não implementou um relatório no final do jogo, por causa da falta de tempo do escopo do projeto [39]. O *Guerra em Alto Mar* usou a ficha de

resultados como relatório para discutir os erros e acertos dos alunos em cada questão [67].

Em relação ao planejamento da execução, o modelo proveu o planejamento de cronograma e duração das atividades (externas e internas) de avaliação. No caso dos jogos exemplificados, a avaliação foi executada em apenas um dia [7, 67, 39]. Porém, pode acontecer de, por exemplo, um questionário de pré-teste seja aplicado uma semana antes da aplicação do jogo. O que define o tempo é o cronograma do projeto do jogo a ser desenvolvido. Além disso, o modelo também proveu o planejamento do lugar/infraestrutura e participantes envolvidos na avaliação.

VI. DISCUSSÕES

O modelo conceitual e sua aplicação são discutidos através de quatro perspectivas, baseadas em Aslan e Balci [68]: (1) artefatos criados e produto final, (2) métodos e processos, (3) pessoas, e (4) projeto. Em relação aos artefatos criados e produto final, o modelo AvaliaJS sugere o uso do modelo *canvas* e documento de projeto de avaliação, que devem ser usados para documentação das decisões em relação ao planejamento do *design* e execução da avaliação em JSs. Em relação aos métodos e processos, o modelo AvaliaJS descreve, em alto nível, as atividades do método, mas poderia especificar, em baixo nível, os processos e fornecer ferramentas para facilitar isso. Em relação às pessoas, o modelo AvaliaJS descreve os profissionais envolvidos no planejamento e execução da avaliação, porém, em trabalhos futuros, podem ser detalhados os papéis de cada um. Em relação ao projeto, jogos existentes foram usados para uma primeira análise e exemplificação do uso do modelo. Entretanto, o AvaliaJS deve ser usado no desenvolvimento de um novo projeto, com os diferentes profissionais envolvidos na avaliação, e não apenas com os pesquisadores autores do modelo.

O uso do método **5W2H** [64] para construção do modelo *canvas* foi importante para a organização do planejamento da avaliação em jogos, pois, por meio dos questionamentos, foi possível registrar os elementos e atividades, de modo ágil e holístico, dos conceitos que envolvem a avaliação em JSs. Em trabalhos futuros, o modelo deverá ser expandido para incluir os custos, abordado em [64], do projeto e execução da avaliação do jogo (valores dos materiais, instrumentos, artefatos e outros usados na avaliação), bem como, as questões de confiabilidade da avaliação e análise dos resultados, previsto por Falchikov [65].

Os jogos usados para exemplificação do modelo são focados no ensino-aprendizagem, treinamento, engajamento, motivação, avaliação e *feedbacks*. Jogos focados em conscientização, recrutamento e reabilitação não foram contemplados. Sendo assim, o modelo pode não dar suporte ao planejamento da avaliação de jogos com esse foco. Além disso, os três jogos usados para exemplificação do modelo *canvas* não contemplaram os mesmos conteúdos de preenchimento, isso ocorreu pelo fato de serem jogos com tipos e objetivos diferentes. Nesse caso, o modelo *canvas* e o documento de projeto da avaliação precisam ser usados e validados para o planejamento da avaliação de outros tipos de jogos e com distintos objetivos, para assim validar a aderência do modelo às diferentes teorias, técnicas, instrumentos e artefatos possíveis para a avaliação em JSs.

VII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação da aprendizagem, no contexto de jogos sérios educacionais, é uma área com oportunidades de pesquisa e desenvolvimento. No entanto, existe uma falta de abordagens e ferramentas computacionais para avaliar a aprendizagem de alunos em JSs. Nesse contexto, este trabalho apresenta o AvaliaJS, um modelo conceitual que auxilia no planejamento do *design* e execução da avaliação do desempenho de alunos em JSs. O AvaliaJS possui um modelo *canvas* para o planejamento em alto nível e um documento de projeto da avaliação, em baixo nível, para especificação mais detalhada do modelo *canvas*. Três jogos já prontos foram usados como prova de conceito, para analisar e exemplificar o uso do modelo conceitual.

Como principais contribuições deste estudo, o modelo conceitual visa auxiliar a equipe no planejamento, documentação e desenvolvimento dos artefatos e coleta de dados em JSs, bem como, na execução da avaliação, mensuração da aprendizagem e *feedback* constante e personalizado para os alunos. O uso do método **5W2H** [64] e das questões de Falchikov [65] ajudam na identificação de elementos de avaliação de modo organizado e holístico. As questões que não foram consideradas podem ser agregadas em uma proposta futura de um modelo mais abrangente. A compilação e organização do referencial teórico também é uma contribuição para os diferentes profissionais envolvidos, visto a necessidade da compreensão dessa área, para criação de jogos que contemplem a avaliação e *feedback* (aspectos técnicos, como coletas e registros, bem como, aspectos pedagógicos, como teorias, técnicas e instrumentos). Isso colabora, também, para o pilar "pessoas" (perspectiva descrita em [68]) ao estarem mais capacitadas para projetarem e produzirem os jogos.

Como trabalhos futuros, o modelo deverá ser validado na criação de um jogo e por meio de uma avaliação por especialistas. Além disso, o AvaliaJS pode ser aprimorado se integrado a processos bem definidos em cada fase de desenvolvimento de um jogo (planejamento, análise, projeto, implementação, integração e teste, execução e avaliação) e a especificação dos papéis e atores envolvidos, atividades e artefatos de entrada e saída. Sendo assim, também em trabalhos futuros, pretende-se propor uma metodologia que integre o modelo conceitual e artefatos desenvolvidos de maneira sistemática e facilitadora, além de propor uma ferramenta computacional de apoio à metodologia, no tocante a incluir, customizar e analisar a avaliação e gerar relatórios dos dados coletados.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com apoio financeiro da PROEC/UFABC e da CAPES (Processo 88887.361026/2019-00).

REFERÊNCIAS

- [1] M. Zyda. "From visual simulation to virtual reality to games". In: *Comp.*, v.38, p. 25–32, 2005.
- [2] J. Alvarez; D. Djaouti. "Introduction au serious game". 2 ed. Paris: Questions théoriques, 2012.
- [3] J. F. R. Barbosa. "PlayEduc: um framework conceitual para desenvolvimento de jogos educacionais digitais". Dissertação (Mestrado) - UFRN, Prog. de Pós-graduação em ES, 2018.
- [4] J. Dempsey; K. Rasmussen & B. Lucassen. "The instructional gaming literature: Implications and sources". Technical Report 96-1. University of South Alabama, AL, 1996.
- [5] E. Salas; M. A. Rosen; J. D. Held; J. J. Weissmuller. "Performance measurement in simulation-based training: a review and best practices". In: *Simul. & Gam.*, v. 40, p. 328–376, 2009.
- [6] M. Slussareff; E. Braad; P. Wilkinson; B. Strååt. "Games for Learning". In: *Entertainment Computing and Serious Games*, LNCS, v. 9970, p. 189–211, 2006.
- [7] Rocha, R. V. "Metodologia iterativa e modelos integradores para desenvolvimento de jogos sérios de treinamento e avaliação de desempenho humano". Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Departamento de Computação, UFSCar, p. 1-237, 2014.
- [8] D. L. Kirkpatrick; J. D. Kirkpatrick. "Evaluating Training Programs: The Four Levels". San Francisco, USA: Berrett-Koehler, 3Ed., 2006.
- [9] R. Savi; C. Gresse Von Wangenheim; V. R. Ulbricht; T. Vanzin. "Proposta de um modelo para avaliação de jogos educacionais". In: *RENOTE*, v. 8(3), p. 1-10, 2010.
- [10] R. V. Rocha; I. I. Bittencourt; S. Isotani. "Avaliação de Jogos Sérios: questionário para autoavaliação e avaliação da reação do aprendiz". In: *Anais do SBGames*, p. 1-10, 2015.
- [11] R. N. R. Oliveira; R. P. Cardoso; J. C. B. Braga; R. V. Rocha. "Frameworks para Desenvolvimento de Jogos Educacionais: uma revisão e comparação de pesquisas recentes". In: *Anais do SBIE*, p. 854-863, 2018.
- [12] K. Emmerich; M. Bockholt. *Serious Games Evaluation: "Processes, Models, and Concepts"*. In: *Entertainment Computing and Serious Games. Lecture Notes in Computer Science*, v. 9970, Springer, Cham, p. 265-283, 2016.
- [13] K. Salen; R. Zimmerman. "Rules of Play: Game Design Fundamentals". MIT Press, 2003.
- [14] Afonso, João António Areias Ribeiro Letra. "Framework para geração de Jogos Sérios para avaliação de Competências". Dissertação (Mestrado em Engenharia de Computação), Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2017.
- [15] H. A. Pereira Junior; C. S. Menezes. "Modelo para um Framework Computacional para Avaliação Formativa da aprendizagem em jogos digitais". In: *Anais do SBGames*, p. 819-828, 2015.
- [16] C. C. Abt. "Serious Games. Lanham". MD: University Press of America. 1987 (Reprint).
- [17] M. P. R. Silva; P. D. P. Costa; P. S. Prampero; V. A. Figueiredo. "Jogos Digitais: definições, classificações e avaliação. Introdução aos jogos digitais", UNICAMP, 2009.
- [18] Petri, Gean. "A method for the evaluation of the quality of games for computing education". Tese (Doutorado em Ciência da Computação) - CT, UFSC, p. 1-335, 2018.
- [19] D. Djaouti; J. Alvarez; J. P. Jessel. "Classifying serious games: the G/P/S model". In: *Handbook of research on improving learning and motivation through educational games: Multidisciplinary Approaches*, p. 118-136, 2011.
- [20] B. R. Pontes. "Avaliação de Desempenho: nova abordagem". 7. ed. São Paulo: LTr, 1999.
- [21] M. M. Ariffin; A. Oxley; S. Sulaiman. "Evaluating Game-based Learning Effectiveness in Higher Education". In: *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 123, p. 20-27, 2014.
- [22] Pimentel, Edson Pinheiro (2006). "Um Modelo para Avaliação e Acompanhamento Contínuo do Nível de Aquisição de Conhecimentos do Aprendiz". Tese (Doutorado em Engenharia Eletrônica e Computação) - ITA, São José dos Campos, SP, p. 1-218.
- [23] P. Perrenoud. "Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens entre duas lógicas". Porto Alegre: Artes Médicas, 1999.
- [24] D. L. Kirkpatrick; J. D. Kirkpatrick. "Kirkpatrick's Four Levels of Training Evaluation". ATD Press, 2016
- [25] J. Hattie; H. Timperley. "The power of feedback". In: *Review of Educational Research*, v. 77(1), p. 81-112, 2007.
- [26] Y. Chaudy. T. Connolly. "Specification and evaluation of an assessment engine for educational games: Integrating learning analytics and providing an assessment authoring tool". In: *Entertainment Computing*, v. 30, p. 1-16, 2019.
- [27] D. Ifenthaler; D. Eseryel; X. Ge. "Assessment for Game-Based Learning". In: *Assessment in GBL*. Springer, NY, 2012.

- [28] B. S. Bloom. “Taxonomy of Educational Objectives: the classification of educational goals” – Handbook I: Cognitive Domain. New York, NY, USA: McKay, 1956.
- [29] R. Ribeiro; N. Junior; A. Frasson; L. Pilatti; S. C. Silva. “Teorias de Aprendizagem em Jogos Digitais Educacionais: um Panorama Brasileiro”. In: *Renote*, 13(1), 1-10, 2015
- [30] A. Y. Kolb; D. A. Kolb. “Learning Styles and Learning Spaces: Enhancing Experiential Learning in Higher Education”. In: *AMLE*, v. 4(2), p. 193-212, 2005.
- [31] L. D. Wexell-Machado. “Aprendizagem Tangencial: Revisão de Literatura sobre os Usos Contemporâneos do Conceito”. In: *EducaOnline*, v. 11(1), p. 16-36, 2017
- [32] J. M. Keller. “Development and Use of the ARCS Model of Instructional Design”. *Journal of Instructional Development*, v. 10(3), p. 2-10, 1987
- [33] J. M. Keller. “Motivational Design for Learning and Performance: The ARCS model approach”. Springer, p. 1-345, 2009.
- [34] M. Csikszentmihalyi. “Flow: the psychology of optimal experience”. NY: Harper & Row, 1990.
- [35] E. A. Boyle; T. M. Connolly; T. Hainey; J. M. Boyle. “Engagement in digital entertainment games: A systematic review”. *Computers in Human Behavior*, 28(3), 771-780, 2012.
- [36] E. Hollnagel. “FRAM: The Functional Resonance Analysis Method - modelling complex sociotechnical systems”. England: Ashgate, 2012.
- [37] C. Rogers. “Client-centered Therapy: Its Current Practice, Implications and Theory”. London: Constable, 1951.
- [38] D. Eseryel; D. Ifenthaler; X. Ge. “Alternative Assessment Strategies for Complex Problem Solving in Game-Based Learning Environments”. In: Ifenthaler D., Spector J., Kinshuk, Isaias P., Sampson D. (eds) *Multiple Perspectives on Problem Solving and Learning in the Digital Age*. Springer, p. 159-178, 2011.
- [39] R. N. R. Oliveira; G. Belarmino; C. Rodriguez; D. Goya; M. F. Venero; A. Oliveira Junior; R. V. Rocha. “Avaliações em Jogos Educacionais: instrumentos de avaliação da reação, aprendizagem e comparação de jogos”. In: *Anais do SBIE*, p. 972-981, 2019.
- [40] R. Ibrahim; A. Jaafar. “Educational games (EG) design framework: combination of game design, pedagogy and content modeling”. In: *ICEEL, IEEE*, Malaysia, p. 293-298, 2009.
- [41] K. Kiili. “Digital game-based learning: Towards an experiential gaming model”. *Internet and Higher Education*, v. 8, p. 13-24, 2005.
- [42] W. Westera; R. Nadolski; H. Hummel; I. Wopereis. “Serious games for higher education: a framework for reducing design complexity”. In: *Journal of Computer Assisted Learning*, v. 24, p. 420-432, 2018.
- [43] E. R. N. Victal; C. S. Menezes. “Avaliação para Aprendizagem baseada em Jogos: Proposta de um Framework”. In: *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames 2015) - Culture Track – Full Papers*, p. 970-977, 2015.
- [44] G. K. Akilli; K. Cagiltay. “An Instructional Design/Development Model for the Creation of Game-Like Learning Environments: the FIDGE model”. In: PIVÉC, M. (Ed.), *Affective and Emotional Aspects of Human-Computer Interaction: Game-Based and Innovative Learning*. IOS Press, p. 93-112, 2006.
- [45] R. V. Rocha; P. H. D. Valle; J. C. Maldonado; I. I. Bittencourt; S. Isotani. “AIMED: agile, integrative and open method for open educational resources development”. In: *XVII IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, p. 1-6, 2017.
- [46] O. B. Yedri; E. A. Aachak; M. Bouhorma. “Assessment-driven Learning through Serious Games: Guidance and Effective Outcomes”. In: *IJECE*, v. 8(5), p. 3304-3316, 2018.
- [47] R. F. Jappur; F. A. Forcellini; F. J. Spanhol. “Modelo conceitual para jogos educativos digitais”. In: *AtoZ: novas práticas em informação e conhecimento*, v. 3(2), p. 116-127, 2014.
- [48] V. T. Sarinho. “Uma Proposta de Game Design Canvas Unificado”. In: *Anais XVI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames 2017) - Art & Design Track*, p. 141-148, 2017.
- [49] T. C. Sousa. “Manual do Game Design Canvas”. 2014 Disponível em: <http://bit.ly/gdcanvas>. Acesso em: Jan de 2019.
- [50] R. Carey. “Game Design Canvas”. In: *Serious Play Conference*, Pittsburgh, PA, 2015.
- [51] T. Korhonen; R. Halonen; T. Ravelin; J. Kempainen; K. Kokela. “A Multidisciplinary Approach to Serious Game Development in the Health Sector”. In: *11th Mediterranean Conference on Information Systems (MCIS)*, Genoa, Italy, p. 1-14, 2017.
- [52] K. Star; L. Vuillier; S. Deterding. “D2. 6 Prosocial Game design methodology”. In: *Gamification of Prosocial Learning for Increased Youth Inclusion and Academic Achievement*, p. 1-60, 2016.
- [53] E. Walker. “Game Canvas Design. Ideas at Play Workshop 2015”. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/0B66VbdUcz8k9TVotdEFJcFZQeE0/view>. Acesso em: mai de 2019.
- [54] H. Abdulmajed; Y. S. Park; A. Tekian. “Assessment of educational games for health professions: A systematic review of trends and outcomes”. In: *Journal Medical Teacher*, v. 37, n. 1, p. 27-32, 2015.
- [55] Z. Alfarah; H. J. Schünemann; E. A. Akl. “Educational games in geriatric medicine education: a systematic review”. In: *BMC Geriatrics*, p. 1-5, 2010.
- [56] P. E. Battistella; C. G. V. Wangenheim; J. M. Fernandes. “Como jogos educacionais são desenvolvidos? Uma revisão sistemática da literatura”. In: *XXII Workshop sobre Educação em Computação (WEI 2014)*, Brasília, DF, p. 1-10, 2014.
- [57] A. Calderó; M. Ruiz. “A systematic literature review on serious games evaluation: An application to software project management”. In: *Computers & Education*, v. 87, p. 396-422, 2015.
- [58] M. C. Lopes; F. A. P. Fialho; C. J. C. A. Cunha; S. I. Niveiros. “Business Games for Leadership Development”. In: *Simulation & Gaming*, v. 44(4), p. 523-543, 2013.
- [59] G. Petri; C. G. V. Wangenheim. “How to Evaluate Educational Games: a Systematic Literature Review”. In: *Journal of Universal Computer Science*, v. 22(7), p. 992-1021, 2016.
- [60] G. Petri; C. G. V. Wangenheim. “How games for computing education are evaluated? A systematic literature review”. In: *Computers & Education*, p. 68-90, 2017.
- [61] R. Wang; S. J. De Maria; A. Goldberg; D. Katz. “A Systematic Review of Serious Games in Training Health Care Professionals”. In: *Simulation in Healthcare: The Journal of the Society for Simulation in Healthcare*, v. 11(1), p. 41-51, 2016.
- [62] C. G. V. Wangenheim; D. Kochanski; R. Savi. “Revisão Sistemática sobre Avaliação de Jogos Voltados para Aprendizagem de Engenharia de Software no Brasil”. In: *Anais Fórum de Educação em Engenharia de Software (FEES 2009)*, Fortaleza, CE, p. 1-8, 2009.
- [63] R. T. Hays. “The Effectiveness of Instructional Games: a literature review and discussion”. *Naval Air Warfare Center Training Systems Division (Technical Report 2005 – 004)*, 2005.
- [64] Rossato, Ivete de Fátima. “Uma metodologia para a análise e solução de problema”. *Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistema) - CT, UFSC*, 1996.
- [65] N. Falchikov. “Improving Assessment Through Student Involvement: Practical Solutions For Aiding Learning In Higher And Further Education”. New York: RoutledgeFalmer, 2005.
- [66] Osterwalder, Alexander. “The Business Model Ontology – A Proposition in a Design Science Approach”. Ph.D. Dissertation (Docteur en Informatique de Gestion), Université de Lausanne, 2004.
- [67] R. N. R. Oliveira; R. V. Rocha. “Guerra em Alto Mar: um Jogo de Tabuleiro com Quiz Personalizável para Engajar e Motivar Estudantes”. In: *Anais do SBGames*, p. 1-4, 2019.
- [68] S. Aslan; O. Balci. “GAMED: digital educational game development methodology”. *Simulation*, v. 9(4), p. 307-319, 2015.
- [69] Savi, R. “Avaliação de jogos voltados para a disseminação do conhecimento”. *Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC*, p. 1-238, 2011.
- [70] M. A. Zinovieff; A. Rotem. “Review and analysis of training impact evaluation methods, and proposed measures to support a United Nations system fellowships evaluation framework prepared”. In: *WHO’s Department of Human Resources for Health*, p. 1-46, 2008.
- [71] J. Trybus. “Game-Based Learning: What it is, Why it Works, and Where it’s Going”. *NMI White Paper*. New Media Institute, NY, 2010.
- [72] G. Bente; J. Breuer. Making the implicit explicit: embedded measurement in serious games. In: *RITTERFIELD, U.; CODY, M. J.; VORDERER, P. (eds.), Serious Games: Mechanisms and Effects*, Routledge, NY, p. 322-343, 2009.