

Uma proposta de arquitetura computacional para autoria dinâmica de jogos digitais educacionais Web com suporte a *Game Learning Analytics*

João Gabriel de Matos Dairel¹, Renan G. Cattelan¹, Rafael D. Araújo¹

¹Faculdade de Computação – Universidade Federal de Uberlândia (UFU)
Av. João Naves de Ávila, 2121 – 38.400-902 – Uberlândia – MG – Brazil

{jgmdairel, renan, rafael.araujo}@ufu.br

Abstract. *Educational digital games can make learning more interactive and engaging, helping to acquire essential skills for 21st century education, such as critical thinking, problem solving and collaboration. To be effective, these games must be designed with learning objectives in mind and based on sound educational principles, and the use of appropriate architectural models is essential. This article presents an architectural modeling proposal for the authoring of digital educational Web games with support for game learning analytics techniques. The proposed model was defined based on requirements raised in a participatory design workshop, with two focus group sessions, carried out with basic education teachers.*

Resumo. *Jogos digitais educacionais podem tornar o aprendizado mais interativo e envolvente, auxiliando na aquisição de habilidades essenciais para a educação do século XXI, como pensamento crítico, resolução de problemas e colaboração. Para serem eficazes, esses jogos devem ser projetados com objetivos de aprendizagem em mente e baseados em princípios educacionais sólidos, sendo essencial o uso de modelos arquiteturais apropriados. Este artigo apresenta uma proposta de modelagem arquitetural para a autoria de jogos digitais educacionais Web com suporte a técnicas de game learning analytics. O modelo proposto foi definido a partir de requisitos levantados em um workshop de design participativo, com duas sessões de grupos focais, realizadas com professores da educação básica.*

1. Introdução

A aprendizagem ativa (*active learning*) é uma abordagem de instrução que implica em envolver ativamente os alunos com o material do curso por meio de discussões, resolução de problemas, estudos de caso, dramatizações e outros métodos [Kezar and Kinzie 2006]. Tais atividades podem variar de alguns minutos a aulas inteiras e, embora deleguem um maior grau de responsabilidade ao aluno quando comparadas às abordagens passivas (como palestras), ainda consideram a orientação do instrutor como crucial em sala de aula. Um exemplo de recurso de aprendizagem que pode ser utilizado na aprendizagem ativa são os jogos sérios, que estão sendo cada vez mais utilizados na educação como ferramenta de ensino e aprendizagem [Bado 2022, Ullah et al. 2022]. Esses jogos são projetados para serem educativos, proporcionando aos estudantes, além do entretenimento, oportunidades para aprender novos conceitos e habilidades, resolver problemas e tomar decisões em situações da vida real, de maneira lúdica.

O desenvolvimento de jogos é um processo complexo que requer uma combinação de habilidades técnicas e criativas. Enquanto alguns criadores de jogos têm experiência na programação de computadores e no desenvolvimento de software, outros vêm de uma formação menos técnica e podem não ter o mesmo nível de conhecimento para programar um jogo. Trata-se de um processo sofisticado, que normalmente envolve vários estágios: ideiação, prototipagem, desenvolvimento, teste e implantação. Portanto, um desafio inerente está relacionado com a escalabilidade do desenvolvimento dos jogos [Basawapatna et al. 2010], que pode levar a dificuldades na criação de jogos digitais educacionais para domínios específicos. Também há de se considerar os desafios de se criar e gerenciar uma grande equipe de desenvolvedores. À medida que o processo de desenvolvimento do jogo se torna mais complexo, pode haver dificuldades para gerenciar as muitas tarefas e responsabilidades envolvidas na criação de um jogo. Por exemplo, uma equipe com características heterogêneas pode não conseguir se comunicar de forma efetiva, levando a falhas de comunicação e atrasos, o que pode afetar negativamente a qualidade e a escalabilidade do jogo. Assim, há uma clara necessidade por modelos arquiteturais que simplifiquem o processo de desenvolvimento de jogos.

De forma complementar, análises de aprendizagem em jogos (do inglês, *Game Learning Analytics – GLA*) [Alonso-Fernández et al. 2022] também podem ser utilizadas para auxiliar no aprendizado e na educação. Ao mapear como os alunos interagem com os jogos educacionais, os educadores podem entender quais aspectos dos jogos são mais envolventes e quais desafios os alunos estão enfrentando. Essas informações podem ser usadas para melhorar a experiência educacional e garantir que os alunos aproveitem ao máximo o tempo gasto jogando [Figueroa Flores 2016]. Essa análise de dados pode ajudar os educadores a ajustar a dificuldade dos jogos, criar atividades complementares e fornecer dicas ou estratégias para superar desafios, auxiliando os alunos a desenvolver habilidades de resolução de problemas e melhorar o desempenho na aprendizagem. Por exemplo, eles podem identificar momentos em que estudantes enfrentam dificuldades e fornecer dicas, sugestões ou estratégias alternativas para superar os desafios e desenvolver habilidades de resolução de problemas.

Nesse contexto, este trabalho visa responder às seguintes questões de pesquisa:

QP1: Quais requisitos são necessários para a criação dinâmica de jogos digitais educacionais Web com suporte a técnicas de GLA?

QP2: Quais aspectos de modelagem de software devem ser considerados para contemplar tais requisitos?

O objetivo, portanto, foi desenvolver um modelo arquitetural que permitisse a criação dinâmica de jogos digitais educacionais para plataformas Web com suporte a técnicas de GLA. A dinamicidade acontece por meio da inserção e personalização de cada módulo que pode ser relacionado a “peças de um quebra cabeça” para contemplar as demandas de cada professor. Este artigo apresenta a proposta de modelagem resultante, definida a partir de dois workshops de design participativo organizados com professores da rede de educação básica, onde foi possível entender sua viabilidade, levantar seus principais requisitos e criar um repositório de recursos para sua construção.

2. Trabalhos Relacionados

As ferramentas de autoria em jogos digitais ganharam popularidade significativa nos últimos anos, pois permitiram que indivíduos com pouco ou nenhum conhecimento de programação criassem *videogames*. Um dos modelos, conhecido por autoria de jogos digitais (*Digital Game Authorship* – DGA) refere-se a jogos digitais educacionais desenvolvidos por alunos [Yang and Chang 2014] e que tem mostrado resultados promissores na motivação de estudo e na melhora do nível das habilidades cognitivas.

Uma plataforma que permite que não desenvolvedores criem jogos digitais é a plataforma RUFUS [Rodrigues et al. 2021], na qual os autores criam jogos terapêuticos. O primeiro passo é a definição do público alvo e dos objetivos, seguido pelas mecânicas de jogo e a integração dos recursos da plataforma. O RUFUS, apesar de permitir a criação de jogos, é voltado exclusivamente ao nicho de saúde, sendo uma plataforma específica e voltada a objetivos e necessidades definidas.

O SeGAE (Sistema de Autoria de Jogos Educacionais, do inglês *Serious Game Authoring Environment*) [Yessad et al. 2010] permite que os *game designers* configurem e adaptem jogos educacionais de acordo com os objetivos pedagógicos. Com o uso do SeGAE, é possível definir novas missões ou modificar as existentes, gerando em tempo real as especificações do instrutor. O ambiente de autoria permite ao professor controlar o cenário da missão, visualizando as mudanças no jogo e definindo condições de vitória e derrota para manter a motivação do jogador. O formato XML é utilizado para troca de dados no jogo, facilitando a interação com o jogo desenvolvido em Flash. Os arquivos XML gerados pelo SeGAE podem ser utilizados em cada jogo sério, permitindo a edição de características visuais e espaciais dos personagens e do avatar do jogador. Além disso, é possível adicionar mensagens, diálogos e adaptar o jogo com novas missões. A arquitetura do SeGAE integra *proxies* e mediadores para manipulação do modelo de dados e da interface gráfica dos objetos do jogo.

O *Serious Board Games toolkit* [Liomas et al. 2017] é outra ferramenta de autoria projetada para criar jogos de tabuleiro digitais de aprendizagem focados no desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais. A ferramenta fornece recursos e funcionalidades que permitem aos educadores e designers de jogos personalizar jogos de tabuleiro digitais para melhorar essas habilidades nos alunos. Com a flexibilidade de integrar elementos de jogos, como mecânicas e recursos visuais, os criadores podem projetar jogos alinhados aos objetivos de aprendizagem específicos e adaptáveis às necessidades dos alunos. Essa ferramenta de autoria oferece uma abordagem inovadora para a criação de jogos de tabuleiro digitais de aprendizagem, permitindo que educadores e designers explorem a potencialidade desses jogos no desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais. Ao capacitar os criadores a personalizarem os jogos de acordo com objetivos específicos, a ferramenta promove a criação de experiências de aprendizagem envolventes e interativas, alinhadas com as necessidades dos alunos. Isso resulta em uma abordagem eficaz para promover o desenvolvimento dessas habilidades de forma lúdica e estimulante.

[Baldeon et al. 2018] apresentam uma plataforma de autoria desenvolvida para a criação de jogos educacionais. A plataforma oferece recursos e ferramentas que permitem aos usuários projetar e personalizar jogos de acordo com objetivos educacionais específicos. Com a plataforma, os autores podem criar experiências de aprendizagem envolventes, integrando elementos como desafios, *feedback* personalizado e recursos mul-

timídia. A plataforma de autoria descrita no artigo proporciona uma abordagem acessível e flexível para a criação de jogos educacionais. Ela permite que educadores e designers criem jogos adaptados às necessidades dos alunos, incorporando conteúdo educacional relevante e promovendo o engajamento ativo. Através dessa plataforma, os autores podem projetar jogos interativos e dinâmicos, que apoiam o processo de aprendizagem e incentivam a participação dos alunos.

[Thillainathan et al. 2013] descrevem uma linguagem de modelagem para a lógica e estrutura de jogos sérios, que capacita os educadores a projetarem jogos sérios de forma eficiente. A linguagem permite que os educadores especifiquem a lógica do jogo e sua estrutura, incluindo objetivos, regras, *feedback* e fluxo de jogo. Além disso, a linguagem suporta a criação de estruturas de narrativa, permitindo que os educadores projetem experiências de jogo imersivas e envolventes. Ao usar essa linguagem de modelagem, os educadores podem colaborar com desenvolvedores e designers de jogos para criar jogos sérios personalizados e alinhados com os objetivos educacionais. A linguagem fornece uma abordagem visual e intuitiva, facilitando o processo de design do jogo, e permite que os educadores ajustem e iterem rapidamente a lógica e a estrutura do jogo. Com essa ferramenta, os educadores têm a capacidade de criar jogos sérios de forma eficaz, integrando teoria educacional com a experiência de jogo, para promover uma aprendizagem mais significativa e o engajamento dos alunos.

3. Método de Pesquisa

A metodologia de trabalho está pautada nos conceitos de pesquisa aplicada exploratória e de pesquisa empírica. O caráter exploratório acontece com o estudo da literatura para levantamento de requisitos para a modelagem de uma arquitetura computacional. Inicialmente, foi realizada a idealização do projeto, que envolveu a definição dos objetivos, escopo e requisitos arquiteturais iniciais para criação dinâmica de jogos. Em seguida, foi conduzida uma extensa pesquisa bibliográfica para explorar as melhores práticas, técnicas e abordagens utilizadas na área de criação de jogos e arquitetura de software. Nessa etapa, foram modelados diagramas para projetar, visualizar e documentar a arquitetura proposta, incluindo a identificação dos componentes-chave e as interações entre eles. Em seguida, como etapa de refinamento dos requisitos, foi realizado um *workshop* de design participativo com professores da educação básica¹ de diferentes domínios de atuação, contemplando uma análise de perfil [Papanastasiou and Angeli 2008a], de modo a observar o quão confortável e confiante o professor se sente ao utilizar tecnologias interativas durante o ensino e quais os principais desafios quando relacionados à implementação de tais tecnologias. Para isso, os participantes foram convidados a responder um questionário para avaliar 15 afirmativas sobre o uso de tecnologia em suas práticas de ensino, baseado no instrumento utilizado em [Papanastasiou and Angeli 2008b], com duração estimada de 8 minutos. Além disso, com vistas a explorar e comparar conceitos de design antes da implementação da tecnologia em si, foi utilizado o método de design chamado de *Speed Dating* [Davidoff et al. 2007], com quatro conceitos explorados, sendo eles, as funcionalidades, o layout, fluxo de navegação na tela e interações dos usuários, e duas opções de interface apresentadas, implementados por meio de um protótipo de baixa fidelidade,

¹Projeto aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos: CAAE 75063323.4.0000.5152.

utilizando a ferramenta Figma para criação da identidade visual, e posteriormente implementado em HTML com *tailwindCSS* para utilização nos workshops.

Com duração total de uma hora, o *workshop* foi realizado com base em uma estrutura de grupos focais com entrevista semiestruturada, ou seja, o moderador apresentava propostas de design e seguia uma lista de sete perguntas pré-definidas com possibilidade de explorar, de forma mais detalhada, as respostas dos participantes com novas perguntas. Essa abordagem propõe um processo colaborativo, no qual os usuários finais são ativamente envolvidos desde as fases iniciais do projeto [Preece et al. 2019]. Foram realizados dois grupos focais, em que foram contemplados participantes de diferentes domínios: Português, Matemática, Química, Inglês, Geografia e História em ambas as sessões. No total, 10 professores participaram do estudo, ou seja, cada grupo focal contemplou 5 participantes. Segundo trabalhos da literatura e livros especializados da área de Interação Humano-Computador, o número cada grupo focal deve ter entre 5 a 15 pessoas para permitir a participação efetiva dos participantes e a discussão adequada dos temas [Pizzol 2004, Preece et al. 2019].

As sessões foram gravadas e transcritas. A análise dos dados foi feita por meio de processamento de linguagem natural, em que os dados transcritos foram agrupados e tratados com remoções de *stopwords* para, assim, identificar os termos mais relevantes mencionados pelos professores durante o *workshop* por meio de uma nuvem de palavras, técnica utilizada para identificar palavras mais frequentes em um texto, implementada um algoritmo em Python, em que foi realizado um pré-processamento dos textos transcritos utilizando técnicas de recuperação da informação com processamento de linguagem natural (PLN). Tais passos consistem na remoção de *stopwords*, *tokenização*, lematização e processamento, sendo o primeiro passo é a *tokenização*, que envolve a divisão de um texto em unidades menores chamadas *tokens*. Esses *tokens* podem ser palavras individuais, frases ou até mesmo caracteres, esses *tokens* são utilizados para realizar a remoção das *stopwords*, que consistem em palavras que podem ser consideradas irrelevantes para o entendimento do sentido de um texto, ou seja, palavras semanticamente irrelevantes, como proposições e artigos. Após a remoção das *stopwords*, foi feita a lematização do texto, que consiste basicamente na remoção do sufixo ou prefixo de conjugação, a partir do lemma. O *feedback* obtido no *workshop* de design participativo foi, por meio da análise realizada, incorporado na modelagem da proposta de modelo arquitetural.

4. Resultados e Discussões

Os resultados deste estudo envolvem, portanto, o *workshop* realizado com professores do ensino médio e a proposta de modelo arquitetural, detalhados nas subseções a seguir.

4.1. *Workshop* de Design Participativo

Foram coletados dados de perfil dos participantes quanto ao uso de tecnologia no contexto educacional. A Figura 1 mostra uma consolidação das avaliações de concordância dos participantes com relação às afirmativas apresentadas. No geral, nota-se que os participantes são adeptos ao uso de tecnologia como suporte ao processo de ensino e aprendizagem. Cerca de 87.5% dos professores se sentem confiantes que podem selecionar os softwares adequados para utilizar no ensino em sala de aula. Todos eles afirmaram que se sentem confortáveis em utilizar a internet para atingir objetivos de aprendizagem

com seus alunos, entretanto, 25% dos professores discordaram de que se sentem confiantes em relação a utilização de e-mail para comunicação com os estudantes e outros 25% afirmaram ser indiferentes. Um dos pontos mencionados durante os grupos focais é que eles preferem utilizar o aplicativo WhatsApp pela facilidade e disponibilidade a alunos de renda mais baixa e moradores da zona rural, pois em sua maioria não possuem computador em suas residências.

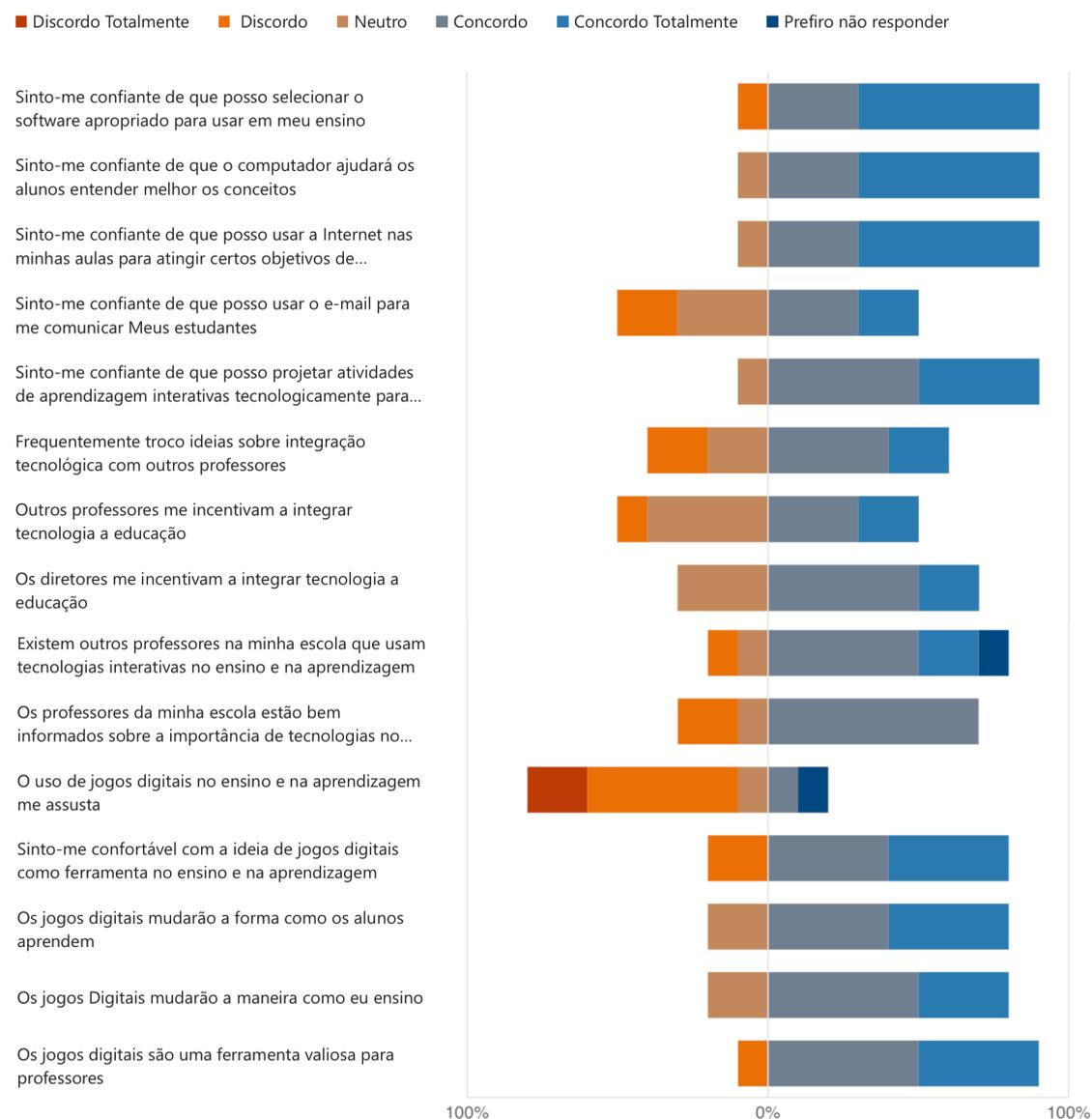


Figura 1. Visão geral dos resultados do questionário de perfil de uso de tecnologias no contexto educacional.

Já em relação a atividades interativas, todos afirmaram que se sentem confiantes em pesquisar e aplicar atividades interativas no geral, mas não costumam trocar ideias sobre a utilização e integração de tecnologias na educação entre eles, o que pode estar relacionado com o pouco incentivo (informação e treinamento) proveniente dos diretores e superiores. Do ponto de vista da utilização de jogos digitais no processo de ensino

professores, em que a maioria citou que a utilização de metodologias tradicionais de ensino são predominantes. Porém, mencionaram iniciativas como a implementação de gamificação dentro de sala de aula, por exemplo, com o uso de *storytelling*, utilizando um sistema onde o conteúdo de sala de aula é apresentado no formato de um jogo de RPG de mesa popularmente conhecido como D&D (*Dungeons and Dragons*), cujos jogadores interpretam personagens históricos a fim de obterem um pensamento crítico enquanto se divertem aprendendo. Também mencionaram iniciativas de uso de métodos de pontuação baseada em desempenho em *quiz* online, avaliações das tarefas como missões onde cada tarefa possui uma pontuação que o aluno obtém e, ao fim do semestre, os estudantes com as maiores pontuações podem receber um “prêmio”, incentivo à utilização de aplicações online como Google Classroom e provas digitais, mas reforçando a dificuldades de acesso à Internet na sala de aula.

Foi apontado ainda que atualmente não é possível a aplicação de jogos digitais que abrangem os conceitos aplicados dentro de sala de aula, pela dificuldade em encontrar jogos específicos para os conteúdos que estão sendo trabalhados. Professores também apontam que os poucos exemplos conhecidos são jogos muito específicos, que não possuem as opções de personalização e adaptação que poderiam se adequar à necessidade do professor e da turma. No entanto, muitos demonstraram grande interesse em aplicar jogos como metodologia de apoio ao ensino. Por fim, alguns professores mencionaram a utilização de aplicativos, como o Kahoot², para “chamar a atenção” dos estudantes.

Os professores foram questionados sobre os principais desafios encontrados na aplicação de jogos digitais educacionais em sala de aula, bem como sobre softwares para criação de jogos digitais educacionais, levando em conta os pontos já levantados previamente. O principal empecilho relatado foi a ausência de jogos “prontos”. Além disso, foi citado também que uma das principais dificuldades deve-se à falta de amparo em relação à tecnologia, tal como treinamento, infraestrutura de qualidade, materiais de apoio pedagógico para implementação e sugestões de utilização. Devido a essa dificuldade quanto ao uso de tecnologias, acabam ficando em sua “zona de conforto”, fazendo com que o uso de metodologias baseadas em tecnologia seja limitado.

Outro ponto citado com grande ênfase foi em relação ao nível de conhecimento dos próprios alunos em relação a utilização de computadores. Os professores relataram que muitos estudantes possuem dificuldade até mesmo com funções básicas, como ligar um computador. Eles mencionaram que é perceptível que o contato maior dos estudantes é com celulares e videogames, especialmente para uso recreativo. Atualmente, o uso de aplicativos como YouTube, TikTok e Candy Crush são comuns entre os estudantes e, em geral, atividades orais ou visuais chamam mais atenção e conseguem prender o foco deles. Foi destacada também a carência na leitura de instruções. Segundo a fala de um professor: “*eu acho muito engraçado, que só a formatação do computador está escrito assim, tecler F1 para continuar. Professor, o computador está quebrado. Você leu aí o que está escrito. Ou seja, ele não sabe clicar lá no F1, para o F12, para continuar. Por incrível que pareça, é uma geração que eles querem tudo muito falado, muito visual.*”

Quando foi questionado sobre quais funcionalidades seriam importantes para se ter em um software como aquele aqui proposto, foram citados novamente os problemas e

²<https://kahoot.com>

dificuldades de infraestrutura e conexão, o que reforça a necessidade de uma ferramenta *offline*, principalmente para uso em dispositivos móveis. Os professores também ressaltaram a necessidade que têm em avaliar constantemente certas habilidades dos estudantes, definidas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), e que são desenvolvidas ao longo do ensino fundamental e médio. Essa avaliação atualmente é feita por meio de trabalhos e seminários, sendo que os professores não possuem uma base de questões e trabalhos que contemplem as habilidades e, por isso, sempre gastam muito tempo para pesquisar e elaborar esse tipo de atividade avaliativa. Assim, uma plataforma como a proposta poderia ser um recurso para apoiar nesse aspecto, tendo sido sugerido que essas habilidades possam ser um parâmetro na criação das fases de jogo e que possam, depois, serem utilizadas para escolher os jogos.

Foram apresentadas duas propostas de interface (Figura 3), para as seguintes ações: navegação na página, interação com elementos principais, tais como carrossel para selecionar os módulos, menus de seleção (*dropdown*) para explorar possibilidades de apresentação de filtros, modais com objetivo de explorar uma interface minimalista e mais amigável e listas do tipo *draggable* para ordenar os módulos de uma fase mais intuitivamente. A segunda proposta (Figura 3b) foi a que os professores mais gostaram, pois relataram sentir mais familiaridade com a interface, mencionando que o primeiro modelo (Figura 3a) apresentou uma interface mais complexa e fora do que eles estão acostumados, enquanto o segundo modelo utiliza de métodos mais tradicionais como listas auto-ordenadas, maior facilidade na seleção dos módulos e reordenação, e também que manipulação dos dados são mais intuitivos. Com relação a possíveis métricas a serem consideradas para acompanhamento dos estudantes, foi mencionado o tempo de resposta às perguntas e tempo de conclusão de cada fase e predição de “chutes”. Também destacaram a importância de randomizar a ordem das perguntas e respostas nos *quizzes*.

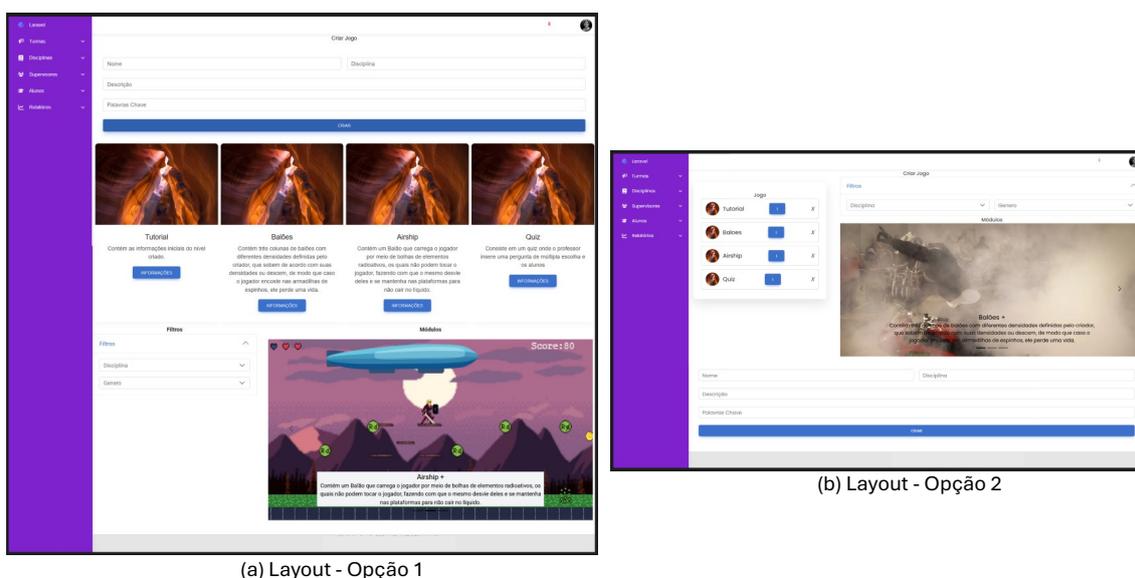


Figura 3. Opções de interface apresentadas aos participantes.

Na visão geral, afirmaram que acham muito viável a implementação de um software como o proposto, mas com ênfase novamente nos problemas relatados em relação a internet e dificuldade técnica dos professores e alunos em relação à utilização de tec-

nologias e métricas por grupo, como exemplo turmas, séries, etc. Pontuaram novamente que seria de grande valia a implementação e utilização de softwares como o proposto, pois o deficit na educação é muito grande em relação a incentivo, treinamento e materiais. Foram ainda citadas diferenças entre os alunos de rede privada e rede pública, onde os professores mencionaram que os alunos da rede pública da zona rural possuem maior interesse relacionado a meios tecnológicos no contexto da aprendizagem, enquanto alunos da rede pública da zona urbana não demonstram tanto interesse, já os alunos da rede privada demonstram maior interesse em utilizar meios tecnológicos apenas como entretenimento.

4.2. Proposta de Modelo Arquitetural

Com base na revisão da literatura e nos dados coletados durante as sessões de grupos focais, criou-se uma proposta de modelo arquitetural para contemplar a autoria dinâmica de jogos educacionais Web com suporte a GLA. Os principais requisitos levantados durante o *workshop* foram: (i) suporte a um ambiente tanto online quanto offline; (ii) interface com filtros onde os módulos podem ser ordenados por turmas, disciplinas, habilidades contempladas e tempo aproximado de conclusão; (iii) uma aba específica onde outros professores podem reutilizar jogos prontos, alterando apenas os parâmetros base; (iv) definição de parâmetros das fases, como tempo de conclusão, pontos de dificuldade.

A Figura 4 mostra um diagrama de blocos que contempla uma visão geral das entidades e componentes envolvidos, separados em três grupos principais: Visualização, relacionada com o processo de *feedback* aos estudantes e professores dos resultados da aplicação de técnicas *Game Learning Analytics* (GLA); Acompanhamento, relacionado com histórico do percurso de aprendizagem e estatísticas gerais; e, Criação dinâmica de fases, relacionado com a estrutura de um repositório de jogos e módulos que permitirá a criação dinâmica de novas fases.

O grupo de **Visualização** (indicado em verde na Figura 4) foca na coleta e análise de dados das interações dos usuários no jogo para melhorar a experiência de aprendizagem e possui os seguintes componentes:

- *Processamento de Dados*: Os dados coletados das interações dos alunos são processados para gerar estatísticas gerais e específicas por jogador.
- *Processos de Mineração de Dados*: Técnicas de mineração de dados são aplicadas para extrair padrões e informações relevantes dos dados processados.
- *Visualização de Dados*: Os dados processados são visualizados, permitindo que professores e alunos acompanhem o desempenho.
- *Feedback Adaptativo*: Baseado nos dados analisados, são sugeridas melhorias adaptativas para o jogo, oferecendo uma experiência personalizada aos alunos.
- *Sugestão de Melhoria Baseada no Feedback*: O feedback recebido dos usuários é usado para sugerir melhorias contínuas no sistema.

O grupo **Acompanhamento** (indicado em amarelo na Figura 4) trata da comunicação e acompanhamento do progresso dos alunos, utilizando os dados processados e visualizados e destaca os seguintes componentes:

- *Visualização de Dados*: Os dados são apresentados em formas gráficas para facilitar a compreensão do desempenho e progresso.
- *Acompanhamento com Gráficos*: Professores utilizam gráficos para monitorar e avaliar o desempenho dos alunos ao longo do tempo.

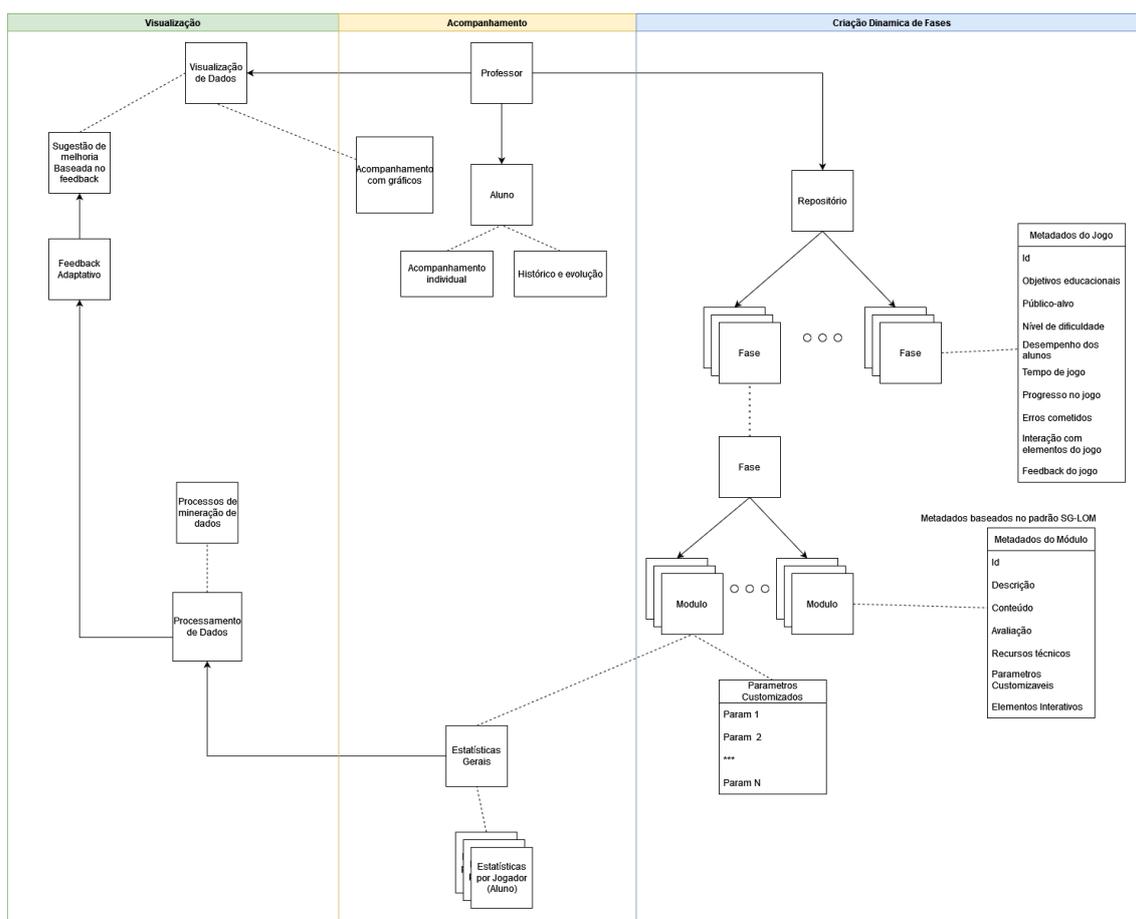


Figura 4. Diagrama de blocos modelado a partir dos requisitos levantados.

- *Acompanhamento Individual:* Cada aluno tem seu progresso individual acompanhado, proporcionando um histórico detalhado de evolução.
- *Histórico e Evolução:* Dados históricos são mantidos para avaliar a evolução do aluno ao longo do tempo.

O grupo **Criação Dinâmica de Fases** (indicado em azul na Figura 4) lida com a criação dinâmica e personalizada das fases do jogo, com base em metadados e parâmetros específicos, por parte dos professores. Esse grupo contempla os seguintes componentes:

- *Repositório:* Armazena todas as fases do jogo com seus respectivos metadados.
- *Metadados do Jogo:* Incluem informações como objetivos educacionais, público-alvo, nível de dificuldade, desempenho dos alunos, tempo de jogo, progresso no jogo, erros cometidos, interação com elementos do jogo e feedback do jogo.
- *Fases:* As fases do jogo são criadas dinamicamente e armazenadas no repositório.
- *Metadados dos Módulos:* Cada módulo dentro de uma fase tem metadados específicos, como id, descrição, conteúdo, avaliação, recursos técnicos, parâmetros customizáveis e elementos interativos.
- *Parâmetros Customizados:* Permitem a personalização das fases e módulos de acordo com as necessidades dos alunos.

O modelo arquitetural proposto foi construído a partir da revisão da literatura e refinado a partir das discussões originadas em sessões de grupo focal realizadas com professores da educação básica, nas quais foram discutidos principalmente os requisitos e

dados relevantes para a criação de jogos digitais educacionais. Durante essas sessões, foram identificados quais dados são prioritários para coleta, quais habilidades são consideradas mais importantes do ponto de vista dos professores, e quais informações seriam valiosas para visualização e análise. Essas informações são destinadas a serem apresentadas tanto a professores quanto a alunos, visando um acompanhamento mais preciso.

5. Conclusão

Um dos benefícios dos jogos digitais educacionais é que eles podem tornar o aprendizado mais interativo e envolvente, auxiliando no desenvolvimento de habilidades essenciais para a educação no século XXI, como pensamento crítico, resolução de problemas e colaboração. No entanto, para serem eficazes, os jogos devem ser projetados com objetivos de aprendizagem em mente e baseados em princípios educacionais sólidos [Squire 2011], sendo fundamental o uso de modelos arquiteturais apropriados e ferramentas de autoria com suporte a técnicas de GLA.

Nesse sentido, este trabalho apresenta uma proposta de modelagem arquitetural realizada a partir de um levantamento de requisitos complementado com uma sessão de design participativo com professores da educação básica de diferentes domínios de atuação, em que foram levantadas questões sobre os desafios da implementação de tecnologia na educação, como a falta de infraestrutura nas escolas e a dificuldade de acesso à Internet por parte dos estudantes. Destacou-se a necessidade de uma ferramenta offline, especialmente para dispositivos móveis, e mostrou preocupação com a aplicação de avaliações online devido à infraestrutura precária das escolas. A maioria dos professores ainda utiliza metodologias tradicionais, mas foi demonstrado interesse em aplicar jogos como ferramenta de ensino, apesar das dificuldades técnicas, de suporte e treinamento.

Foi apontada a necessidade de suporte técnico, treinamento e materiais pedagógicos prontos para a implementação de novas metodologias. Discutiu-se a importância de uma interface amigável e intuitiva para o projeto proposto, além de funcionalidades que permitam avaliar habilidades essenciais para os alunos. Também foram mencionadas as diferenças entre estudantes de escolas públicas e privadas, destacando o maior interesse dos alunos da zona rural em tecnologia. Os *feedbacks* gerais foram positivos, enfatizando a viabilidade do software proposto, ressaltando os desafios mencionados anteriormente. É importante observar também que o uso de análises de aprendizagem em jogos também levantam questões de privacidade. Os jogadores podem se sentir desconfortáveis com seu comportamento e informações pessoais sendo rastreadas e usadas para fins de pesquisa [Nieborg 2009]. A plataforma deve garantir que a coleta e uso dos dados seja transparente e que obtenham o consentimento informado dos estudantes.

Como próximos passos, uma prova de conceito está sendo desenvolvida com base na modelagem proposta e será aplicada em um segundo *workshop* de validação, também com professores da educação básica, com o objetivo de avaliar a proposta com um protótipo funcional e obter mais ideias para seu aperfeiçoamento. Nessa linha, também é interessante a aplicação de um Teste A/B para avaliar as propostas de design. Além disso, trabalhos futuros também incluem a avaliação da utilidade de diferentes técnicas de GLA e a implementação de mecanismos adaptativos às necessidades individuais de cada estudante.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, PET/MEC/SESu e do PPGCO/FACOM/UFU.

Referências

- Alonso-Fernández, C., Calvo-Morata, A., Freire, M., Martínez-Ortiz, I., and Fernández-Manjón, B. (2022). Game learning analytics: : Blending visual and data mining techniques to improve serious games and to better understand player learning. *Journal of Learning Analytics*, 9(3):32–49.
- Bado, N. (2022). Game-based learning pedagogy: a review of the literature. *Interactive Learning Environments*, 30(5):936–948.
- Baldeon, J., Puig, A., Rodriguez, I., and Zardain, L. (2018). A platform for the authoring of educational games. In *2018 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, pages 1–6.
- Basawapatna, A. R., Koh, K. H., and Repenning, A. (2010). Using scalable game design to teach computer science from middle school to graduate school. In *Proceedings of the Fifteenth Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, ITiCSE '10, pages 224–228.
- Davidoff, S., Lee, M. K., Dey, A. K., and Zimmerman, J. (2007). Rapidly exploring application design through speed dating. In Krumm, J., Abowd, G. D., Seneviratne, A., and Strang, T., editors, *UbiComp 2007: Ubiquitous Computing*, pages 429–446, Berlin, Heidelberg. Springer Berlin Heidelberg.
- Figuroa Flores, J. (2016). Gamification and game-based learning: Two strategies for the 21st century learner. *World Journal of Educational Research*, 3:507.
- Kezar, A. and Kinzie, J. (2006). Examining the ways institutions create student engagement: The role of mission. *Journal of College Student Development*, 47(2):149–172.
- Liomas, I., Altanis, I., and Retalis, S. (2017). An authoring toolkit for creating digital learning board games for cognitive and social skills development. In *2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pages 508–513.
- Nieborg, D. B. (2009). Video game appropriation through modding. *Proceedings of DiGRA 2009—Breaking New Ground: Innovation in Games, Play, Practice and Theory*.
- Papanastasiou, E. and Angeli, C. (2008a). Evaluating the use of ict in education: Psychometric properties of the survey of factors affecting teachers teaching with technology (sfa-t3). *Educational Technology & Society*, 11:69–86.
- Papanastasiou, E. and Angeli, C. (2008b). Evaluating the use of ict in education: Psychometric properties of the survey of factors affecting teachers teaching with technology (sfa-t3). *Educational Technology & Society*, 11:69–86.
- Pizzol, S. J. S. (2004). Combinação de grupos focais e análise discriminante: um método para tipificação de sistemas de produção agropecuária. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 42(3):451–468.

- Preece, J., Sharp, H., and Rogers, Y. (2019). *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. John Wiley & Sons, Chichester, UK, 5th edition edition.
- Rodrigues, K. R. d. H., Neris, V. P. d. A., Zavarizz, R. G., da Silva, J. W., Silva, T. M., Verhalen, A. E. C., and de Souza, P. M. (2021). Criando jogos digitais terapêuticos a partir da plataforma de autoria rufus. *Revista de Informática Teórica e Aplicada*, 28(1):89–102.
- Squire, K. (2011). Video games and education: Designing learning systems for an interactive age. *Educational researcher*, 40(4):16–21.
- Thillainathan, N., Hoffmann, H., Hirdes, E. M., and Leimeister, J. M. (2013). Enabling educators to design serious games — a serious game logic and structure modeling language. In *Proceedings of the 8th European Conference on Scaling up Learning for Sustained Impact - Volume 8095*, page 643–644, Berlin, Heidelberg. Springer-Verlag.
- Ullah, M., Amin, S. U., Munsif, M., Safaev, U., Khan, H., Khan, S., and Ullah, H. (2022). Serious games in science education. a systematic literature review. *Virtual Reality & Intelligent Hardware*, 4(3):189–209. Advances in Wireless Sensor Networks under AI-SG for Augmented Reality Special Issue.
- Yang, Y.-T. C. and Chang, C.-H. (2014). Empowering students through digital game authorship: Enhancing concentration, critical thinking, and academic achievement. *Educational Technology & Society*, 17(1):306–316.
- Yessad, A., Labat, J.-M., and Kermorvant, F. (2010). Segae: A serious game authoring environment. In *2010 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, pages 538–540.