

DESENVOLVIMENTO DE MODELO DE REFERÊNCIA PARA A CRIAÇÃO DE JOGOS REMOTOS EDUCACIONAIS E SUA APLICAÇÃO PILOTO NO PROJETO STEAMLOG

THIAGO SCHAEGLER UHLMANN

Doutorando Engenharia de Produção e Sistemas

PUC-PR - 0000-0003-1498-121X

tsu@tsu-it.com

HENRIQUE DUARTE LIMA

Mestrando em Informática

PUC-PR - 0000-0003-3844-1111

duarte.lima@pucpr.br

ANDRÉ LUIZ LUPPI

Mestre em Informática

PUC-PR - 0000-0002-3092-324X

luiz.luppi@pucpr.br

MATEUS ISAAC DI DOMENICO

Bacharel em Engenharia de Controle e Automação

PUC-PR

mateus-isaac@hotmail.com

LUCIANO ANTONIO MENDES

Doutor em Engenharia Mecânica

PUC-PR

l.mendes@pucpr.br

RESUMO

Objetivo: Descrever o estágio corrente do desenvolvimento de um modelo de referência para a combinação desse recurso com a Aprendizagem Baseada em Jogos, na forma de Jogos Remotos.

Design/Metodologia/Abordagem: O modelo para jogos remotos, ainda um work-in-progress, resulta dos progressos havidos a partir de estudos precedentes, absorvendo características de um modelo genérico para weblabs e conceitos relacionados com Design de Jogos. O modelo vale-se de taxonomias de aprendizagem e está estruturado em três macrofases: definição de requisitos, ciclos iterativos de desenvolvimento, integração e conclusão. Como caso de aplicação, tem-se um jogo remoto para uso no ensino de pesquisa operacional e logística em torno do modal ferroviário, onde o desempenho dos estudantes dependerá do domínio de temas como Fluxo de Custo Mínimo e Problema do Caixeiro Viajante. À distância e por meio de interfaces web com recepção de vídeo em tempo real do cenário físico, duas equipes programam as operações transporte e movimentação automatizada de estoques em armazéns de cargas entre nós ofertantes e demandantes, segundo os objetivos e regras definidos pelo professor responsável. A integração dos elementos locais do tabuleiro com a interface remota é feita por meio da arquitetura ISA e extensão ELSA-SP.

Resultados: A experiência com a aplicação-piloto no desenvolvimento do jogo remoto cooperativo Steamlog permitiu aumentar o grau de elaboração das prescrições do modelo, posicionando adequadamente nas etapas elementos relevantes que devem ser observados ao longo de um processo de desenvolvimento.

Originalidade/valor: O modelo de referência, quando concluído, possibilitará maior facilidade para educadores e estudantes no desenvolvimento de experimentos remotos, uma vez que aborda aspectos tanto conceituais como técnicos.

Palavras-chave: aprendizagem baseada em jogos, ensino de pesquisa operacional, ensino de logística de transporte, design de jogos.

ABSTRACT

Goal: *This paper aims to describe the current stage of developing a reference model for combining this feature with Game Based Learning in the form of Remote Games.*

Design / Methodology / Approach: *The remote gaming model, still a work-in-progress, is the result of progress from previous studies, absorbing features of a generic model for weblabs and game design concepts. The model uses learning taxonomies and is structured in three macrophases: requirements definition, iterative development cycles, integration and conclusion. As an application case, there is a remote game for use in teaching operational research and logistics around the rail modal, where student performance will depend on*

mastery of topics such as Minimum Cost Flow and Traveling Salesman Problem. At a distance and through web interfaces with real-time video reception of the physical scenario, two teams schedule the operations of automated transport and movement of inventory in cargo warehouses between supplying and demanding nodes, according to the objectives and rules defined by the responsible teacher. The integration of local board elements with the remote interface is done through the ISA architecture and ELSA-SP extension.

Results: *Experience with the pilot application in the development of the Steamlog cooperative remote game has increased the elaboration of the model's prescriptions by appropriately positioning the relevant elements that should be observed throughout the development process.*

Originality / value: *The reference model, when completed, will make it easier for educators and students to develop remote experiments, as it addresses both conceptual and technical aspects.*

Keywords: *game-based learning, operational research teaching, transport logistics teaching, game design.*

1 INTRODUÇÃO

A experimentação remota, assim como a Aprendizagem Baseada em Jogos, são paradigmas cada vez mais adotados no ensino de engenharia. A interação de alunos e professores com artefatos e tecnologias favorece o aprendizado nos cursos relacionados a essas áreas. É crescente o uso de laboratórios remotos, ou weblabs, para a promoção do aprendizado em diferentes cursos, principalmente, em nível superior. Iniciativas como o iLab (Harward, 2008), RexLab (Carlos et al, 2018), o projeto VISIR – Virtual Instrument Systems in Reality (Gustavsson et al, 2011) e, inclusive, iniciativas de desenvolvimento de laboratórios remotos com o uso de jogos (Iturrate et al, 2013), o que valoriza a realização de estudos relacionados com a esta temática, assim como com outras correlacionadas e/ou derivadas, a exemplo dos Jogos Remotos, que são abordados neste trabalho.

Partindo de uma análise dos conceitos subjacentes ligados à experimentação remota e à aprendizagem baseada em jogos, tomou-se por finalidade o desenvolvimento de um modelo de referência para a criação de experimentos caracterizados como jogos remotos (Alves et al, 2017). Jogos remotos são experimentos remotos que proporcionam experiências de

aprendizado com elementos de ludicidade e competição, realizado na forma de um sistema remotamente operado e visualizado à distância por meio de acesso à rede (Internet). Um modelo de referência, uma vez validado, pode contribuir significativamente para assistir o processo de projeto e desenvolvimento, visto que reúne e situa mais rapidamente os elementos necessários, particularmente nos casos onde a experiência ainda é pouca ou inexistente. Os benefícios estendem-se a educadores, estudantes e interessados nas aplicações pedagógicas de sistemas remotamente operados, na forma de experimentos, jogos educacionais ou similares. À medida que mais elementos observados da experiência são adicionados ao modelo de referência, ou simplificações são identificadas, o modelo de referência evolui em direção à clareza de prescrições, concisão e completeza.

A primeira parte do artigo descreve o referencial teórico utilizado para a adaptação de um modelo de referência mais genérico, com foco no desenvolvimento de experimentos remotos, em um modelo aglutinador que contempla também a Aprendizagem Baseada em Jogos. Após, detalham-se os vários elementos componentes do modelo de referência, considerando a sua inserção progressiva no modelo, bem como situando a evolução do modelo de referência desde a sua versão inicial. Finalmente, descreve-se uma aplicação-piloto, ainda em curso, deste modelo, com vistas a testar os seus elementos componentes. A aplicação, neste caso, é no desenvolvimento de um jogo remoto para o ensino de pesquisa operacional em logística, o Steamlog.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A Aprendizagem Baseada em Jogos para finalidades de ensino e aprendizagem em engenharia constitui-se em um tema abordado com recorrência na literatura. Por meio de uma revisão sistemática, pode-se demonstrar o crescente uso de jogos digitais, jogos não digitais e outras práticas lúdicas em diferentes áreas da engenharia, tais como de produção, industrial, de computação, de sistemas, dentre outras (Bodnar et al, 2016).

Os itens a seguir descrevem os princípios e elementos utilizados para a elaboração do Modelo de Referência, com base em autores da área de Design de Jogos e jogos educacionais.

2.1. ELEMENTOS COMPONENTES DE UM JOGO

Um jogo é composto por elementos essenciais que, quando combinados, resultam na formação de um sistema viável de ser executado.

Järvinen (2008), ao estudar os elementos essenciais que compõem um jogo, classificou-os em três macrodivisões, conforme o papel de cada elemento no seu desenvolvimento e composição, conforme segue:

- Elementos comportamentais (Behavioral Elements): compostos pelos jogadores, e pelo contexto no qual o jogo está sendo executado - tratam-se das razões, circunstâncias e aspectos comportamentais dos jogadores;
- Elementos compostos (Compound Elements): são os elementos que garantem o adequado funcionamento do jogo, bem como a interação adequada dos jogadores com o mesmo. São as regras, mecânicas de jogo, temática, interface e informações. Abrangem ainda ações, possibilidades, assuntos tratados, procedimentos e normas a serem seguidas pelos jogadores;
- Elementos sistêmicos (Systemic Elements): abrangem os elementos que viabilizam e tangibilizam os demais elementos anteriormente descritos - no caso, os componentes do jogo (tabuleiro, peças, cartas, dentre outros) e o ambiente físico no qual o jogo é executado.

Os elementos supracitados se encontram dispostos de maneira inter-relacionada, sendo que os elementos compostos desempenham o papel de conectar e relacionar os demais. No processo de desenvolvimento de um jogo remoto, é de importância a consideração a estes elementos, sendo que esse tipo de jogo é composto por elementos físicos os quais combinam com elementos de software e hardware.

2.2. A EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO EM JOGOS EDUCACIONAIS

O ato de jogar consiste em uma experiência humana, e como tal, é preciso considerar elementos de experiência do usuário na elaboração do modelo de referência.

Kiili et al (2012) evidenciam a relevância da experiência do usuário como elemento a ser considerado no desenvolvimento de jogos educacionais. Os autores enumeram três elementos primários a serem considerados: os usuários (no caso, os jogadores), o artefato e a tarefa, todos aplicados em um determinado contexto de uso. A partir destes elementos primários, pode-se citar três secundários resultantes da interação desses, os quais também compõem a experiência do usuário:

- Usabilidade (Usability): aspectos referentes à interação entre o usuário e o artefato;
- Utilidade (Usefulness): presença das funções adequadas para o desempenho das tarefas para as quais foi designado;
- Engajamento (Engagement): a quantidade de esforço empreendido pelo usuário para o desempenho de uma determinada tarefa – conforme os autores, refere-se à intensidade e à qualidade das emoções presentes no envolvimento do usuário no desempenho de suas atividades.

Os conceitos de Kiili et al (2012) e Järvinen (2008) suportam-se mutuamente e compõem um ponto de partida para o modelo de referência proposto neste artigo. Os elementos comportamentais – jogadores e contexto – encontram-se diretamente relacionados ao engajamento, pois a expressão de emoções é característica inerente aos jogadores, e a imersão em um jogo depende do contexto o qual este se encontra inserido. A utilidade e a usabilidade se encontram presentes nos elementos componentes – regras, mecânicas, interfaces, dentre outros, e nos elementos sistêmicos – no caso, peças e ambiente físico do jogo.

No Modelo de Referência, a experiência do usuário deve ser considerada, principalmente, nas fases de desenvolvimento do jogo, na segunda etapa do modelo (processo cíclico de desenvolvimento), quando se projeta o jogo a ser desenvolvido antes de sua construção.

2.3. ELEMENTOS ESSENCIAIS EM JOGOS EDUCACIONAIS

Jogos Remotos consistem, caracteristicamente, em jogos educacionais. Por meio da experimentação remota, o aluno necessita se concentrar na tarefa que está sendo realizada. Além disso, necessita cumprir uma meta específica definida pelo professor, e recebe *feedback* das ações que executa em um experimento, no caso, o jogo.

Fu, Su e Yu (2009) também descrevem elementos essenciais que devem estar presentes em jogos com o propósito educacional. Porém, os autores, especificamente, posicionam esses elementos no contexto da educação à distância, ou *E-learning*. Assim como os elementos descritos anteriormente, os autores levam em conta a classificação em elementos comportamentais, compostos e sistêmicos propostos por Järvinen (2008), conforme a seguir:

- Concentração (Concentration): se o jogador consegue se manter concentrado no jogo e no cumprimento dos seus objetivos, não sendo distraído, neste, por elementos irrelevantes;

- Clareza de Metas (Goal clarity): se os objetivos e metas do jogo foram apresentados no início do jogo, bem como em partes intermediárias deste quando cabível;
- Retroalimentação (Feedback): se o jogador recebe a realimentação necessária do seu progresso no jogo, e dos resultados de suas ações.
- Desafios (Challenge): se o jogo apresenta desafios que motivam o jogador a desejar solucioná-los; se a dificuldade destes desafios aumenta conforme as habilidades do jogador melhoram; se o jogador possui a ajuda necessária para solucionar estes desafios;
- Autonomia (Autonomy): sentimento de controle, por parte do jogador, dos elementos do jogo, podendo este definir e aplicar estratégias e táticas de jogo;
- Imersão (Immersion): se o jogador se encontra envolvido pelo jogo, chegando a se esquecer, durante a experiência de jogo, do mundo exterior.
- Interação Social (Social Interaction): desejo de comunicação entre os jogadores e desenvolvimento de comunidades para a troca de informações (ex.: chat);
- Melhoria no Conhecimento (Knowledge Improvement): o grau no qual o jogo melhora o conhecimento do jogador, se este pode aplicar seus conhecimentos no jogo, se ele deseja saber mais sobre o que é ensinado pelo jogo.

No Modelo de Referência, tais elementos devem ser considerados nas etapas de definição dos requisitos pedagógicos. Tendo em vista a importância desses elementos, estes devem, uma vez definidos como requisitos, permear as demais fases de desenvolvimento do jogo.

2.4. LENTES DE SCHELL

Para viabilizar os elementos descritos nesta fundamentação teórica no modelo de referência para o desenvolvimento de jogos remotos, optou-se por utilizar o conceito de lentes proposto por Schell (2011). O autor descreve, para cada elemento componente de um jogo, um conjunto de fatores essenciais, organizado por meio de uma lista (*checklist*), a qual deve ser considerada pelo desenvolvedor no processo de construção de um jogo.

Em particular, o Modelo de Referência faz o uso de lentes como a da Experiência Essencial (lente 1). Nesta lente, busca-se a descoberta de elementos essenciais para promover a experiência adequada de jogo aos jogadores, e formas de tornar essa experiência parte do jogo. Dentre os questionamentos essenciais dessa lente, tem-se qual experiência se deseja que

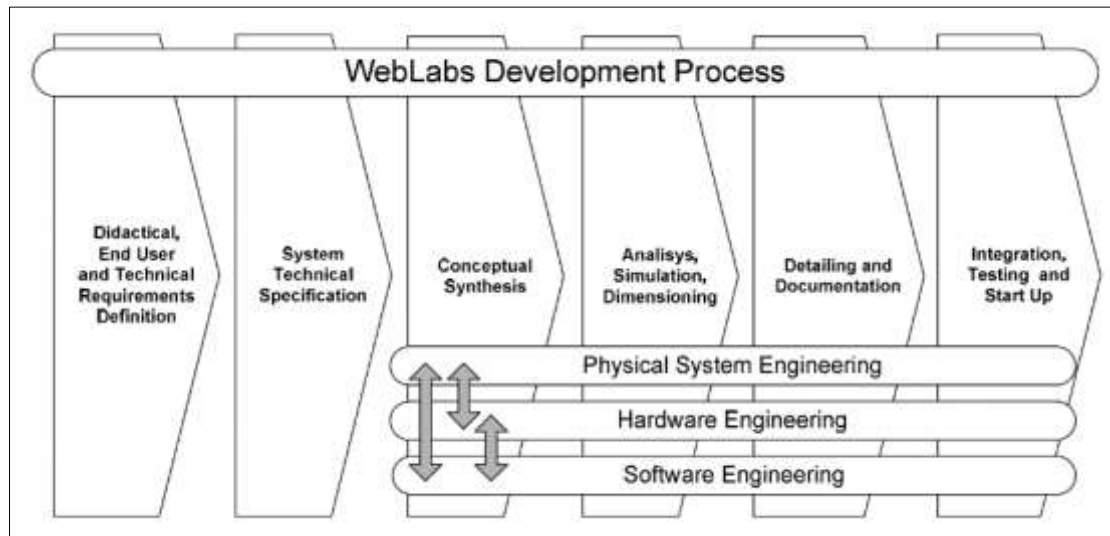
o jogador tenha com o jogo, quais os elementos essenciais desta experiência, e como o jogo pode ser utilizado para a captação dessa experiência. A Lente da Experiência Essencial é recomendada na fase de definição dos requisitos pedagógicos do modelo de referência, uma vez que a experiência essencial é um dos elementos mais básicos de um jogo, incluindo um jogo remoto.

Outra lente relevante considerada no Modelo de Referência consiste nas lentes relativas aos aspectos técnicos de Design do Jogo. Em especial, as lentes 36, 37, e 38. A lente 36 trata da competição entre os jogadores, abordando questões como balanceamento entre competidores, a participação de principiantes no jogo, e os fatores que levam as pessoas a quererem vencer o jogo. Já a lente 37 trata da cooperação, abordando aspectos como sinergia entre jogadores, papéis desempenhados por jogadores cooperativos, e a comunicação entre os jogadores (e possíveis formas de aprimoramento desta). A lente 38, por sua vez, trata do relacionamento entre competição e cooperação no jogo, abordando questões como a definição dos momentos cooperativos e competitivos no jogo, e a opção dos jogadores de jogar cooperativa ou competitivamente.

As lentes de Schell permeiam o Modelo de Referência nas fases das etapas de definição dos requisitos pedagógicos, e na de processo de desenvolvimento cíclico, abordando diferentes temáticas de Design de Jogos conforme cada etapa ou fase.

3 CONSTRUÇÃO DO MODELO DE REFERÊNCIA

A construção do modelo de referência para o desenvolvimento de jogos remotos foi um processo incremental, o qual teve como marco inicial um modelo de desenvolvimento de laboratórios remotos genérico, desenvolvido por Mendes, Debner e Siqueira (2010). Este modelo, composto por seis etapas sequenciais, discorre sobre os elementos essenciais que devem estar presentes em um laboratório remoto para o seu adequado funcionamento, sendo tais elementos presentes no sistema físico (o experimento em si) e nas tecnologias da informação necessárias para o seu funcionamento (especialmente hardware e software). A Figura 1 ilustra esse modelo de referência.

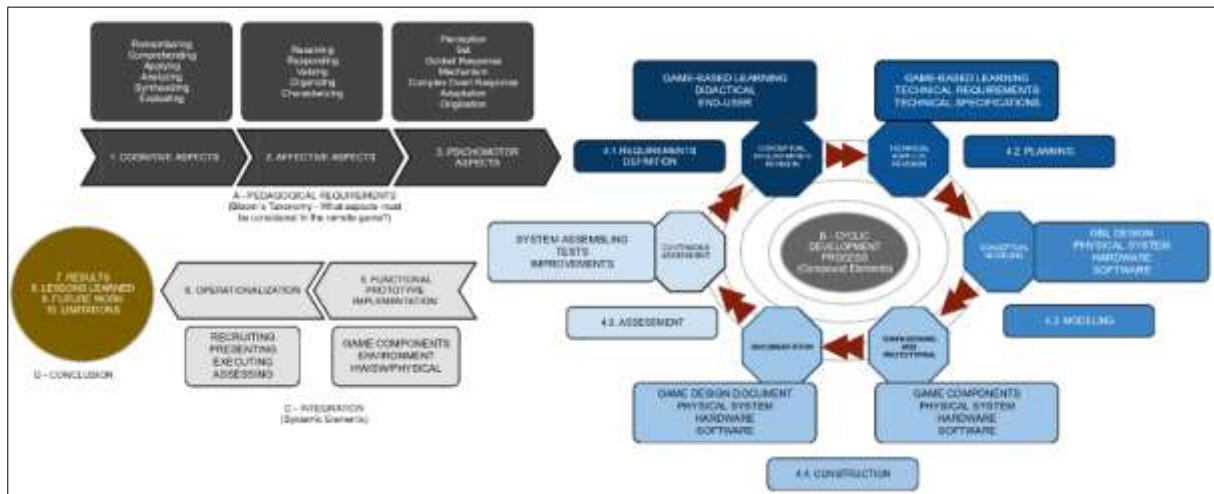
Figura 1 - Modelo de Referência para o Desenvolvimento de Experimentos Remotos

Fonte: Mendes, Debner e Siqueira, 2010.

O modelo supracitado abrange os aspectos didáticos ou educacionais em sua primeira etapa de desenvolvimento, onde os requisitos relativos a estas são levantados. Dentre estes aspectos, encontram-se os resultados pretendidos com este experimento, os aspectos cognitivos nos comandos passados ao experimento e os resultados obtidos, e a análise do contexto e dos objetivos deste experimento.

A adaptação deste modelo de referência genérico ao contexto da Aprendizagem Baseada em Jogos se deu, inicialmente, com a mudança do paradigma sequencial, adotado por este modelo, para o paradigma de desenvolvimento em ciclos iterativos de projeto. Tal adequação se justificou pelo fato do modelo em espiral, a inspiração para este modelo cíclico de desenvolvimento, constituir uma referência preferencial para desenvolvimentos em Engenharia de Software (Pressman e Maxim, 2016).

Adicionalmente, a parte relativa aos requisitos pedagógicos foi aperfeiçoada, com a adição, na etapa inicial de desenvolvimento, de prescrições para a consideração de aspectos cognitivos, afetivos e psicomotores - elementos estes componentes da Taxonomia de Bloom (Bloom, 1956; Ferraz e Belhot, 2010). Assim, a primeira versão do modelo de referência para o desenvolvimento de jogos remotos (Uhlmann et al, 2017) foi delineada com três macrofases, sendo uma destas a de desenvolvimento do jogo remoto, executada de forma cíclica, conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 - Modelo de Referência para o Desenvolvimento de Jogos Remotos

Fonte: adaptado de Uhlmann et al, 2017.

A primeira versão deste modelo foi aperfeiçoada a partir da experiência ampliada com a sua aplicação no desenvolvimento de um jogo remoto no ambiente acadêmico. Uma primeira modificação foi a substituição da Taxonomia de Bloom pela mais abrangente Taxonomia de Fink (2003), que compreende os seguintes domínios:

- **Aprendendo a Aprender:** diz respeito à capacidade do indivíduo de se tornar um estudante melhor por meio do exercício do auto-aprendizado e busca do conhecimento. Um jogo remoto deve proporcionar ao estudante, ao executar um experimento por conta própria, buscar informações que o levem a tirar conclusões relevantes para o seu aprendizado;
- **Conhecimento Fundacional:** diz respeito ao entendimento e lembrança, por parte do estudante, de informações e ideias. Um jogo remoto deve proporcionar informações úteis, antes, durante e após sua execução, sendo tais informações relacionadas ao conteúdo apresentado ao estudante;
- **Aplicação:** consiste na aplicação do conhecimento adquirido por parte do estudante, por meio de projetos, habilidades e pensamentos (crítico, criativo e prático). Um jogo remoto deve possibilitar o exercício prático de conceitos adquiridos em sala de aula, bem como possibilitar a adoção de ações criativas por parte do estudante;
- **Integração:** consiste na conexão do conteúdo aprendido pelo estudante com ideias, pessoas e reinos de vida – ou seja, a vinculação deste conteúdo com o que o estudante vivenciará no mundo exterior. Um jogo remoto, sendo uma ferramenta de ensino e

aprendizagem, deve proporcionar relações entre o conteúdo apresentado no experimento e a realidade.

- Dimensão Humana: diz respeito ao aprendizado sobre si próprio e sobre as outras pessoas. Em um jogo remoto, a competição e a cooperação são elementos que proporcionam a interação humana e o mútuo aprendizado a respeito do tema proposto.
- Cuidado: diz respeito ao desenvolvimento de novos sentimentos, interesses e valores. Um jogo remoto, ao possuir uma narrativa, uma história, personagens, e demais elementos componentes de um jogo, pode proporcionar a discussão de sentimentos, interesses e valores entre estudantes.

Adicionalmente, os elementos desta taxonomia apresentaram melhor afinidade com outra referência utilizada em Design de Jogos: as Lentes de Schell (2011), que consistem em *checklists* a serem aplicados, pelo Designer de Jogos, nas diferentes etapas de desenvolvimento de um jogo, como com relação à formulação de problemas e objetivos a serem alcançados pelo projeto, a experiência do usuário, as regras, os desafios propostos ao jogador, personagens e narrativa.

As Lentes de Schell foram aplicadas para cada elemento, assim como para cada etapa de desenvolvimento do caso de jogo remoto descrita no modelo de referência. Desta forma, alcançou-se uma melhor integração dos aspectos técnicos, conceituais e de ensino-aprendizagem. Em sua versão atual, o modelo de referência encontra-se segmentado em três macrofases, sendo estas:

- Definição dos Requisitos Pedagógicos: conforme os seis elementos da Taxonomia de Fink, em conjunto com as Lentes de Schell (2011);
- Processo Cíclico de Desenvolvimento: em seis etapas cíclicas, até que se tenha um protótipo funcional;
- Integração e Conclusão: testes e avaliação do jogo remoto desenvolvido conforme os requisitos pré-estabelecidos.

A segunda macrofase do modelo, relativa ao processo cíclico de desenvolvimento, é composta de seis etapas, sendo estas elaboradas com base no modelo de Mendes, Debner e Siqueira (2010) com a adição das Lentes de Schell (2011). A próxima geração do modelo de referência, agora com elementos de avaliação relacionados à Aprendizagem Baseada em Jogos, encontra-se detalhado em apêndice neste artigo, e sua aplicação a um caso de desenvolvimento é discutida na sequência, qual seja a um jogo remoto para o ensino de

técnicas de Pesquisa Operacional em Logística de Transportes e Distribuição, como parte do projeto pedagógico da universidade.

4 APLICAÇÃO PILOTO DO MODELO: JOGO REMOTO STEAMLOG

O Steamlog consiste em um jogo remoto no qual duas equipes de jogadores executam operações de coleta, entrega e movimentações de cargas em estoques, entre nós (ou pontos) ofertantes e demandantes, com base na aplicação de algoritmos de Pesquisa Operacional – em particular o exemplo do Fluxo de Custo Mínimo (Hillier e Lieberman, 2013). O jogo remoto se encontra na fase de desenvolvimento cíclico, onde os aspectos relativos a aprendizado, conceitos e técnicas estão ainda sendo refinados pela equipe de desenvolvimento multidisciplinar.

O jogo em questão é fisicamente composto por uma maquete ferroviária com trilhos na escala 1:160 (escala N), com estações distribuídas (no caso, representando os nós demandantes e ofertantes de carga), onde cargas variadas são movimentadas entre os vagões de transporte dos trens e os armazéns locais por guas. Nesta malha ferroviária, circulam dois trens (cada um comandado por uma equipe), os quais, assim como as estações, são operados por meio de comandos remotos a sistemas locais automatizados.

Os alunos acessam o jogo por meio de uma interface hospedada na nuvem, iniciada a partir de um sistema de agendamento e gestão de experimentos remotos (iLab Service Broker). Cada interface permite monitorar a situação corrente dos estoques armazenados nos nós ofertantes e demandantes por meio de matrizes visuais, que podem ser confirmadas nas imagens de vídeo da maquete que são transmitidas em tempo real.

Ainda por meio da interface, cada grupo pode fazer a programação de operações do respectivo trem, definindo as escolhas de caminho a serem feitas nas bifurcações de trilhos, de modo a atingir a próxima estação-destino, assim como o conjunto das operações da grua na estação para promover a movimentação de cargas almejada. As cargas portam identificadores eletrônicos (tags RFID), que permitem o seu rastreamento contínuo.

Os trens são energizados a partir dos trilhos e podem transitar em três velocidades distintas, arbitrariamente selecionáveis, exceto nas entradas das estações, onde a velocidade mais baixa é compulsória. Os comandos de movimentação dos trens são transmitidos por rede

sem fio, com um roteador wireless dedicado, para a eletrônica embarcada. Sensores na malha permitem monitorar a localização dos trens nos trilhos, e atuadores são usados na operação das bifurcações.

Todos os eventos em tempo de execução são registrados, sejam eles comandos dos usuários ou alterações nos estados dos sensores. A identificação das características do sistema (tempos, velocidades) deve ser feita pelos alunos por meio da análise dos arquivos de registro, de modo a alimentar modelos de maximização do desempenho operacional. Neste sentido, os alunos podem usar algoritmos de Pesquisa Operacional para serem mais competitivos no jogo e tomar decisões em tempo real, porém sempre observando as regras de jogo e os objetivos de transporte de cargas a serem alcançadas conforme definidos pelo professor.

As decisões acerca dos trajetos ideais e sequências ideais de movimentação de cargas nas estações devem ser entradas pelos alunos nos seus respectivos painéis de controle. Eventos de difícil previsibilidade ante a co-operação do sistema com outra equipe, a exemplo das esperas em cruzamentos e confluências, ou a ocorrência de incidentes com probabilidades pré-definidas, podem determinar reprogramações de operações pelas equipes no tempo de jogo.

As equipes dispõem de tempo limitado para a realização das tarefas, sendo que ao final a que apresentar maior eficácia ante o conjunto de regras de jogo previamente definidos será a equipe vencedora. A verificação dos registros permite auditar o cumprimento das regras e consolidar os créditos ganhos pela realização de tarefas. É possível processar os registros a posteriori, ou mesmo atribuir a tarefa de auditoria às próprias equipes, reciprocamente.

O jogo, além da modalidade competitiva, também pode ser realizado em modo de colaboração – neste caso, as operações de coleta e entrega deverão ser combinadas entre as equipes para que, em conjunto, a maior quantidade de tarefas seja executada em menor tempo e com maior eficiência. As regras podem ser ajustadas, por exemplo, em torno de custos atribuídos às operações logísticas e totalizados na análise a posteriori de registros. As equipes, atuando competitivamente ou colaborativamente, podem acertar e errar, mas em qualquer caso são mantidos os fins do aprendizado mútuo: desta forma, as operações e estados do sistemas são permanentemente compartilhados a ambas as equipes.

Uma vez determinados os objetivos pedagógicos em consonância com a Taxonomia de Fink, estes são constantemente revisados conforme o jogo, e seus componentes, são desenvolvidos na segunda macro fase do projeto, a de Desenvolvimento Cíclico. Participam

desta fase projetistas com competências complementares em Mecânica, Eletrônica, Automação, Design de Jogos e Maquetaria de Arquitetura.

As componentes de cenografia e ambientação do jogo seguem a temática Steampunk, que mescla elementos da segunda e da quarta revoluções industriais, tendo-se em vista que os problemas de transporte ferroviário apresentados poderão ser de diferentes épocas.

Nas iterações do projeto, subsistemas são integrados ou aperfeiçoados com base nos resultados observados e na experiência progressivamente acumulados. A execução de elementos mecânicos faz uso intensivo de CAD e impressão 3D. Circuitos eletrônicos dedicados foram criados aproveitando as facilidades proporcionadas por plataformas populares de sistemas embarcados programáveis de baixo custo, tais como a Arduino, a Raspberry Pi e a Node MCU. A integração de componentes é baseada em códigos de software específicos dotados das interfaces necessárias para permitir a sua integração.

A arquitetura de experimentação remota ISA/ELSA foi adotada para a gestão de utilização e a intermediação da conectividade entre o usuário e o sistema físico, agregando meios para o agendamento de sessões, autenticação de usuários, autorização tempestiva de acesso e registro de resultados.

A figura 3 mostra a maquete do jogo em fase avançada de construção.

Figura 3 - Jogo remoto Steamlog (em construção)



Fonte: Uhlmann et al, 2019 (1)

A malha ferroviária do jogo, bem como a primeira versão da interface de controle do jogo e os elementos automatizados (trem e estações), encontram-se em fase adiantada de desenvolvimento, ao passo que o projeto de cenografia ainda se encontra em fase inicial. A automatização do sistema de tráfego no jogo Steamlog, bem como a lógica computacional das estações de carga e descarga (elementos sistêmicos), foram definidas de modo a permitir implementar as regras e mecânicas de jogo (elementos compostos), de modo a proporcionar, ao usuário usabilidade, utilidade e engajamento, tal que o jogo remoto alcance os fins propostos.

Com relação aos resultados de aprendizagem a serem obtidos por meio do jogo remoto Steamlog, com base na Taxonomia de Fink, encontram-se os seguintes:

- Aprendendo a Aprender: espera-se que os estudantes exercitem, por conta própria, simulações da aplicação de problemas de transporte, de forma a aprender com os resultados obtidos com os transportes efetuados pelo trem para as estações de transbordo;

- **Conhecimento Fundacional:** espera-se que o estudante entenda os principais elementos envolvidos no transporte de cargas, como nós demandantes, nós ofertantes, transbordos e roteirização;
- **Aplicação:** espera-se que o estudante, tendo em vista o conteúdo aprendido em sala de aula, consiga programar adequadamente a rota a ser executada pelo trem por meio dos problemas de transporte, sendo tais rotas criativamente definidas de forma a superar as de outras equipes;
- **Integração:** espera-se que o estudante perceba relações existentes entre as operações de transporte ferroviário presentes no jogo, e as que ocorrem na realidade, assim como os problemas envolvidos nessas operações;
- **Dimensão Humana:** espera-se que os estudantes atuem de forma cooperativa ou competitiva em busca do mútuo aprendizado;
- **Cuidado:** espera-se que as narrativas presentes no jogo inspirem os jogadores a discutir melhores alternativas para o transporte de cargas, contribuindo para a sua formação pessoal e profissional.

Tendo em vista os fatores supracitados, definiu-se as regras para o jogo remoto Steamlog, as quais se encontram no quadro abaixo.

Quadro 1 – Regras do jogo Steamlog

FASE DO JOGO	PROCEDIMENTO / REGRA
Problematização	O professor, por meio de configuração no jogo remoto, apresenta a missão de transporte a ser efetuada, os nós demandantes e ofertantes, e a quantidade e tipos de carga presentes em cada nó. Apresenta o jogo, e as possíveis rotas que podem ser traçadas. Existem cargas de diferentes tipos, como granel, perigosa, dentre outras, cada uma com um valor e um fator de risco (que pode fazer com que o trem pare por um determinado tempo durante a execução do jogo).
Roteirização	Com base no conhecimento da fase anterior, cada equipe aplica um problema de transporte (pesquisa operacional) para definir a melhor rota a seguir, para a coleta e a entrega das cargas.
Execução	As equipes executam as suas rotas, e seus trens partem em busca das cargas. As rotas podem ser alteradas durante o percurso pelos jogadores. Os jogadores tomam decisões com relação ao transbordo de cargas (quando o trem chega nas estações, os alunos decidem como a carga será movimentada nestas estações).

Avaliação	Após a realização da execução do transporte, a equipe que efetuou as coletas e entregas de cargas no menor tempo previsto é a vencedora do jogo.
-----------	--

Fonte: elaborado pelo autor com base em Uhlmann et al, 2019 (2).

O Steamlog, uma vez finalizado, será testado com relação ao cumprimento das regras dispostas no quadro anterior, bem como dos princípios da Taxonomia de Fink. Também, será testado com relação ao cumprimento dos critérios de avaliação contidos no Modelo de Referência.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de desenvolvimento de uma proposta de modelo de referência para o desenvolvimento de experimentos (ou laboratórios) remotos no formato de jogos educacionais encontra-se em estágio avançado, cobrindo uma quantidade significativa de aspectos relevantes a serem considerados por uma equipe de desenvolvimento. A experiência com a aplicação-piloto no desenvolvimento do jogo remoto cooperativo Steamlog permitiu aumentar o grau de elaboração das prescrições do modelo, posicionando adequadamente nas etapas elementos relevantes que devem ser observados ao longo de um processo de desenvolvimento. O modelo agrega, desta forma, maior capacidade de contribuir para a orientação de trabalhos em projetos cujas equipes de desenvolvimento tenham menor experiência pregressa.

O modelo de referência se mostrou, até a presente etapa de desenvolvimento do jogo, útil ferramenta para a criação do artefato (o jogo remoto em si). A partir da constante revisão dos elementos componentes do modelo - em particular, os requisitos da Taxonomia de Fink e as Lentes de Schell - os sistemas do jogo (elétricos, mecânicos e computacionais) têm evoluído paulatinamente para suportar um resultado adequado pedagogicamente. O uso do modelo de referência também contribui para manter presente aos projetistas a importância dos elementos comportamentais, compostos e sistêmicos de Järvinen (2008), oriundos do Design de Jogos.

Espera-se, com a conclusão do jogo remoto Steamlog, que este seja utilizado como uma ferramenta de ensino e aprendizagem para o curso de Engenharia de Produção da PUCPR, em disciplinas relacionadas à Pesquisa Operacional, e Logística de Transporte e

Distribuição. O jogo será aplicado nessas disciplinas como exercício prático para problemas de transporte, como Fluxo de Custo Mínimo e Problema do Caixeiro Viajante, dentre outros.

6 AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa, bem como seus resultados, recebeu o apoio das seguintes agências de fomento: Fundação Araucária (CP 09/16), CNPq (315513/2018-7) e FINEP.

REFERÊNCIAS

ALVES, G. R. C. et al. Laboratórios remotos no ensino de engenharia. In: OLIVEIRA, V. F. O., TONINI, A. M. e SANTOS, S. R. (org.) **Desafios da Educação em Engenharia: Formação Acadêmica e Atuação Profissional, Práticas Pedagógicas e Laboratórios Remotos**. Brasília: ABENGE, 2017.

BLOOM, B. S. et al. **Taxonomy of educational objectives**. New York: David McKay, 1956. 262 p. (v. 1)

BODNAR, C. et al. Engineers at play: games as teaching tools for undergraduate engineering students. **Journal of Engineering Education** **105**, 147-200, 2016.

CARLOS, L. M.; SILVA, J. B., ALVES, J. B. M. e FERENHOF, H. A. Um olhar sob a interatividade em laboratórios online. **Revista Tecnologias na Educação**, ano 10, v. 24, Edição Especial para o II Simpósio Ibero-Americano de Tecnologias Educacionais, 2018.

FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R.V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gestão & Produção**. São Carlos; v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.

FINK, L.D. **A Self-Directed Guide to Designing Courses for Significant Learning**. San Francisco: Jossey-Bass, 2003.

FU, F., SU, R. e YU, S. EGameFlow: A scale to measure learners' enjoyment of e-learning games. **Computers & Education** **52**, 2009, p. 101-112.

GUSTAVSSON, I., ALVES, G., COSTA, R., NILSSON, K., ZACKRISSON, J., HERNANDEZ-JAYO, U. e GARCIA-ZUBIA, J. The VISIR Open Lab Platform 5.0 – an architecture for a Federation of remote laboratories. **REV 2011 Proceedings**. 2011.

HARWARD, V. J. et al. The iLab Shared Architecture: A Web Services Infrastructure to Build Communities of Internet Accessible Laboratories. **Proceedings of the IEEE**, v. 17, i. 6, 2008.

HILLIER, F. S. e LIEBERMAN, G. J. **Introdução à pesquisa operacional**. Porto Alegre: AMGH, 2013.

ITURRATE, I. et al. A Mobile Robot Platform for Open Learning based on Serious Games and Remote Laboratories. **1st International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education (CISPEE)**. 2013.

JÄRVINEN, A. **Games without frontiers**. Doctoral dissertation study for Media Culture. Finlândia: University of Tampere, 2008.

KIILI, K., FREITAS, S., ARNAB, S. e LAINEMA, T. The Design Principles for Flow Experience in Educational Games. **Procedia Computer Science** **15**, 2012, p 78-91.

MENDES, L. A.; DEBNER, M.; SIQUEIRA, M. Systematization of the WebLabs Development Process: Towards an Approach Proposal. **International Conference on Engineering Education ICEE**, 2010.

PRESSMAN, R.S.; MAXIM, B.R. **Engenharia de Software: uma abordagem profissional**. Porto Alegre: Bookman, 2016.

SHELL, J. **A Arte de Game Design: o livro original**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

UHLMANN, T.S.; MENDES, L. A.; RUFCCA, E. H.; MATOS, G. L. Aplicação de um Modelo de Referência para o Desenvolvimento de um Jogo Remoto para o Ensino de Logística de Transporte e Distribuição. **XLV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**. UDESC/UNISOCIESC, Joinville, SC, 26 a 29 de Setembro de 2017.

UHLMANN, T.S.; MIYASHITA, R. K. D., MENDES, L. A., DUARTE, L. C. S. e GONZALEZ, M. B. Steamlog: Um Jogo Remoto para o ensino de Logística de Transporte e Distribuição. **SBGAMES 2019**. Rio de Janeiro, RJ, 27 a 31 de Outubro de 2019.

UHLMANN, T.S.; LIMA, H. D.; LUPPI, A. L.; DI DOMENICO, M. I.; MENDES, L. A. Desenvolvendo um Jogo Remoto para o ensino de Problemas de Transporte em Pesquisa Operacional. **14o. Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente**. Sociedade Brasileira de Automática. Ouro Preto, MG, 26 a 30 de Outubro de 2019.

