Steamlog: Um Jogo Remoto para o ensino de Logística de Transporte e Distribuição

Thiago Schaedler Uhlmann, Rafael Kendy Decian Miyashita e Luciano Antonio Mendes
Escola Politécnica
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Curitiba, Brasil
tsu@tsu-it.com

Luiz Claudio Silveira Duarte
PPGDESIGN
Universidade Federal do Paraná
Curitiba, Brasil
lc@lcduarte.com

Mauro Bock Gonzalez
Escola de Arquitetura e Design
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Curitiba, Brasil
maurobock@hotmail.com

***Resumo*— Este artigo descreve o processo de desenvolvimento do jogo remoto Steamlog, um jogo sério no formato de um experimento remoto, para o ensino de Logística de Transporte e Distribuição. O jogo é estruturado no formato de uma maquete ferroviária, onde duas equipes de jogadores controlam dois trens à distância por meio de uma interface, realizando missões de coleta e entrega de cargas em pontos específicos no tabuleiro por meio da aplicação de algoritmos de Pesquisa Operacional. O método de desenvolvimento abrange a definição das regras do jogo, das tecnologias de informação e da maquete, cujo cenário se encontra estruturado com a temática Steampunk. O jogo se encontra em fase avançada de construção.**

Palavras-chave: jogos remotos, aprendizagem baseada em jogos, experimentação remota, problemas de transporte e pesquisa operacional.

I. INTRODUÇÃO

O objetivo do trabalho descrito neste artigo é o de desenvolver e viabilizar o Steamlog, um jogo sério no formato de um experimento remoto, para o ensino de Logística de Transporte e Distribuição.

O jogo consiste de uma maquete de sistema ferroviário na escala 1:160 (escala N), onde duas locomotivas, cada uma controlada por uma equipe de jogadores (no caso, alunos sob a orientação de um professor), realizará operações, ou missões de transporte, contemplando operações de coleta e entrega de cargas. O tabuleiro é filmado e suas imagens transmitidas em tempo real às equipes.

As cargas são representadas por fichas identificadas eletronicamente, sendo estas transportadas de um ponto (nó) a outro no tabuleiro de jogo. Em cada nó, há uma estação automatizada que realiza as operações de carga e descarga.

A equipe vencedora é a que tiver o melhor desempenho conforme os critérios especificados pelo professor. O jogo fornece registros detalhados das operações, que podem ser usados como subsídio para a identificação das características do sistema, de modo a se otimizar a programação das tarefas de transporte, bem como a avaliação (*assessment*) do aprendizado *a posteriori*.

O desenvolvimento do Steamlog é apoiado por uma equipe multidisciplinar, visto que o sistema tem requisitos diversificados relacionados com metas pedagógicas, regras de jogabilidade, tecnologias de informação, sistema físico (ou maquete), bem como todos os recursos de automação associados.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O jogo Steamlog consiste em um experimento remoto desenvolvido com base no paradigma da Aprendizagem Baseada em Jogos, sendo, portanto, classificado como sendo um Jogo Remoto. O conceito de jogos remotos [1] contempla a aplicação do paradigma da Aprendizagem Baseada em Jogos [2] na experimentação remota.

Adicionalmente, o Steamlog é um *serious game*, conforme o conceito introduzido por Clark C. Abt em 1970, para definir jogos com um propósito educacional explícito, não tendo o entretenimento por objetivo principal [3]. Desde então, jogos sérios vêm sendo usados em diversos outros contextos além do aprendizado - por exemplo, treinamento governamental e empresarial, e planejamento estratégico [4].

A finalidade deste jogo é o de simular situações e problemas quali-quantitativos relacionados a transporte de cargas no contexto da Pesquisa Operacional. Assim, a fundamentação teórica deste estudo se baseia nos conceitos relacionados a Experimentação Remota, Aprendizagem Baseada em Jogos e Problemas de Transporte em Pesquisa Operacional.

A experimentação remota consiste na realização, à distância, de experimentos, sem que haja a necessidade da presença física do estudante no local onde tal experimento está sendo realizado. Segundo [5], a construção de tais laboratórios depende da combinação de requisitos relacionados a software, hardware e sistema físico (neste caso, elementos tangíveis do experimento, bem como dispositivos de automação). Os autores construíram um modelo de referência para o desenvolvimento de experimentos remotos o qual, posteriormente, recebeu adaptações por [6] para o desenvolvimento de jogos remotos.

Dentre as tecnologias necessárias para a viabilização de experimentos remotos, encontra-se o ISA – *iLab Shared Architecture* [7], que consiste em uma arquitetura de serviços em rede, desenvolvida pelo MIT (*Massachussets Institute of Technology*), que possibilita a gestão de múltiplos experimentos remotos, realizando funções com a coleta e a guarda de dados, o gerenciamento de acessos, e a gestão de usuários em experimentos instalados na IES.

A arquitetura ISA, no caso do Steamlog, é utilizada em conjunto com um módulo genérico (*LabServer*) para suportar cada experimento específico, o ELSA-SP [8]. Este sistema possibilita a criação de experimentos remotos compatíveis com a ISA, sendo que sua versão mais recente possibilita a comunicação de dispositivos com base nas tecnologias usualmente aplicadas em *IoT - Internet of Things*, ou Internet das Coisas (ex.: Arduino e Raspberry Pi 3), a exemplo do protocolo MQTT - *Message Queuing Telemetry Transport*. A figura 1 ilustra, esquematicamente, a arquitetura de um experimento remoto com base no ELSA-SP.

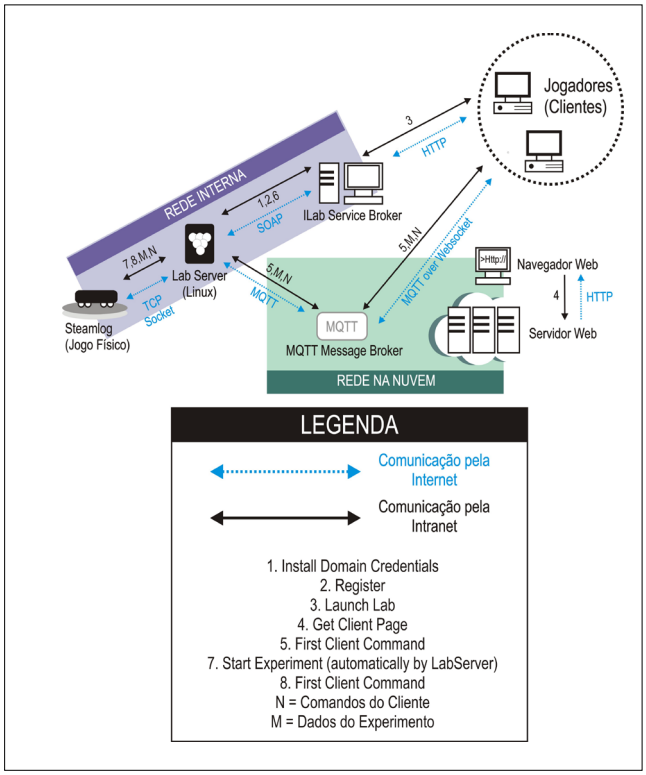

Figura 1. Arquitetura ELSA-SP adaptada para o Jogo Remoto Steamlog [8]

A implantação de experimentos remotos como ferramenta de ensino e aprendizagem, segundo [9], obedece a critérios, ou dimensões, as quais foram consideradas no processo de construção do jogo remoto Steamlog, sendo estas:

a) Aspectos didáticos: se o experimento remoto satisfaz os objetivos pelo qual foi implantado, se o aprendizado do estudante é facilitado por meio da experimentação, dentre outros;

b) Universalidade: disponibilidade do experimento (em horas), quem o acessa (alunos, professores ou ambos), simultaneidade de acessos, idiomas disponíveis, dentre outros;

c) Profissionalismo: integração do experimento com as demais ferramentas de ensino e aprendizagem da universidade, concordância com as políticas e normas da instituição de ensino, dentre outros;

d) Uso da tecnologia: se o experimento se encontra disponível para dispositivos móveis, as especificações de hardware e software utilizadas, interface amigavel, dentre outros.

O Steamlog foi desenvolvido com o intuito de ser aplicado a turmas de graduação em Engenharia de Produção para disciplinas relacionadas a Pesquisa Operacional. Desta forma, o jogo abordará conceitos relacionados a problemas de transporte, em especial, os relacionados à maximização da eficácia.

Dentre estes problemas, encontra-se o do Fluxo de Custo Mínimo [10], que consiste em um modelo de otimização de operações de transporte, onde o custo, influenciado por distâncias percorridas e movimentações de transbordo nas estações, deverá ser mínimo para uma determinada condição de fluxo de transporte. No Steamlog, os alunos deverão realizar as operações de transporte considerando a distância percorrida, e o tipo de carga transportada, como fatores a serem considerados.

III. METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DO JOGO REMOTO

A. *Definição das Regras do Jogo*

A definição do formato do Steamlog foi realizada com a participação de uma equipe multidisciplinar das áreas de Design, e de Engenharias de Produção e Automação. A finalidade do jogo é a de ser aplicado a turmas de graduação em Engenharia de Produção, podendo também ser aplicado a estudantes de áreas de conhecimento correlatas.

Baseado no conceito de Fluxo de Custo Mínimo, foram incluídos elementos relacionados a Design de Jogos, como componentes, narrativa, mecânicas de jogo, personagens, cenários, dentre outros. Tais elementos se encontram tangibilizados tanto na interface de jogo, como na maquete deste sistema.

Um dos desafios do projeto era conciliar dois objetivos diferentes. Por um lado, os procedimentos de Fluxo de Custo Mínimo tendem a ser determinísticos. Por outro, um jogo depende de imprevisibilidade [11]. A imprevisibilidade pode ter origem no próprio sistema de jogo e nas ações da equipe adversária – mas, neste último caso, é necessário que as ações de uma equipe tenham impacto sobre as ações da outra. Desta forma, para a conciliação dos dois objetivos foram introduzidos recursos para a ocorrência de eventos estocásticos durante o jogo. O sistema admite os seguintes elementos para adicionar imprevisibilidade:

- competição pelas cargas entre as equipes;
- competição pelas cargas com elementos extrajogo;
- desativação temporária de um trecho do circuito.

A competição entre as equipes introduz um elemento direto de imprevisibilidade, decorrente das ações dos adversários. Os outros dois procedimentos estão sob controle do professor e podem ser programados no sistema.

B. *Tecnologias da Informação Utilizadas*

A partir da definição das regras básicas do jogo, as tecnologias da informação a serem utilizadas foram definidas. Uma opção definida foi a preferência por soluções *open-source* aplcáveis em IoT, de modo a simplificar a modularização e as integração de formas de hardware baixo custo (ex.: Raspberry Pi 3, placas Arduino).

C. *Construção do Sistema Físico (Maquete)*

Finalmente, a construção do jogo contemplou o desenvolvimento de uma maquete para abrigar o sistema ferroviário, bem como as tecnologias utilizadas no jogo.

Nessa maquete, configurando-se no tabuleiro de jogo, encontram-se dispostos os trilhos da malha ferroviária, os elementos controlados pelo jogador (trens e estações de carga e descarga), os elementos de controle de tráfego (semáforos), de visualização(câmeras), e os componentes do ambientação de cenário de jogo.

O cenário de jogo é composto por edificações e elementos naturais característicos da temática *Steampunk* [12]. Optou-se por esta temática pelo fato desta possibilitar flexibilidade em termos narrativos – pode-se adotar, por meio desta, missões de transporte de cargas tanto relacionadas ao Velho Oeste, como à Era Vitoriana, tempos atuais e futuristas.

IV. COMPONENTES DO JOGO

O Steamlog tem componentes físicos e lógicos, atendendo aos requisitos de um sistema de Fluxo de Custo Mínimo para transporte de cargas e aos requisitos de um jogo sério.

A. *Componentes físicos*

Sendo um jogo estruturado no formato de uma maquete ferroviária, o Steamlog é composto por uma malha (trilhos), dois trens, seis estações, e módulos de cargas. A malha é definida por um circuito fechado com rotas sempre orientadas no sentido horário. Todas as rotas possíveis neste circuito são compartilhadas pelos trens.

Os segmentos de trilhos do Steamlog podem ser de quatro tipos: retas/curvas (um ponto de entrada e um ponto de saída), bifurcações (um ponto de entrada, dois pontos de saída), junções (dois pontos de entrada, um ponto de saída) e cruzamentos (dois pontos de entrada, dois pontos de saída). Um mesmo recurso não pode ser utilizado simultaneamente por mais de um trem: quando um trem está em movimento, caso o próximo segmento de trilho de sua rota esteja ocupado ou desativado, o movimento é interrompido automaticamente; um cruzamento ou uma junção é alocado dinamicamente pelo trem que se aproxima por um ramal, e permanece bloqueado para o ramal concorrente durante a sua passagem.

A figura 2 ilustra a malha ferroviária, com os componentes numerados em cinza representando a localização das estações de carga e descarga. As sedes de origem dos trens são as estações 5 e 6 no desenho, sendo que o local onde estas se encontram representam, cada um, uma empresa.

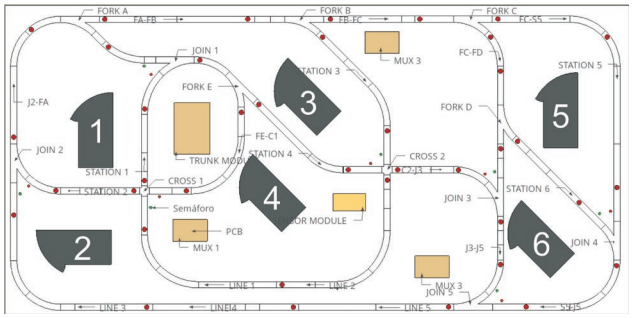

Figura 2. Malha ferroviária [13]

Cada equipe controla um trem composto por uma locomotiva e por um vagão de carga. A locomotiva tem três principais diferentes situações de movimento: estacionada (para operações de carregamento e de descarregamento nas estações), parada (movimento interrompido para aguardar a liberação do próximo recurso da malha) ou em movimento (lento, médio ou rápido). O vagão de carga pode transportar até três unidades de carga, empilhadas.

Ao todo, o jogo possui seis estações de carga e descarga. Cada estação inclui um guindaste de movimentação de carga e um pátio. O pátio de carga tem cinco espaços (*slots*): quatro para armazenagem e um para transbordo. O guindaste movimenta as paletas de carga por ação eletromagnética, movendo uma paleta por vez. O guindaste consegue mover uma paleta de um *slot* para outro, para um trem estacionado ou deste para um *slot*, que tem capacidade para três unidades de carga empilhadas. A figura 3 ilustra uma estação.

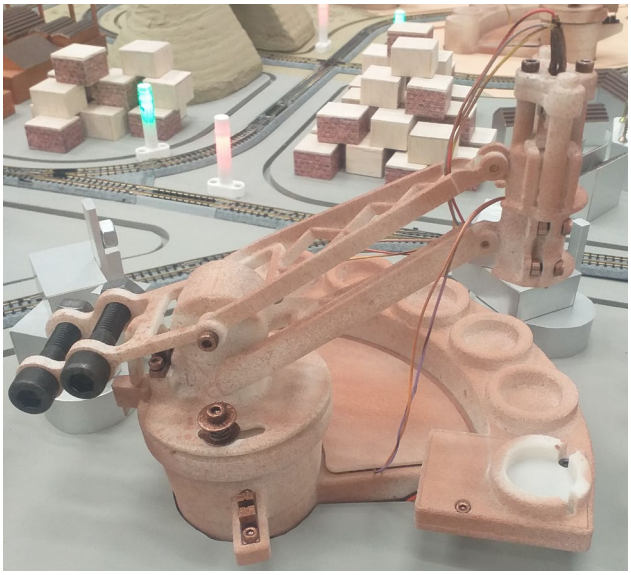

Figura 3. Estação de Carga e Descarga

As fichas ou módulos de cargas são discos compostos por um componente metálico magnético, identificados por

etiquetas RFID. A tipificação das cargas é arbitrária (carga a granel, carga viva, carga de alto valor agregado, outras).

B. Componentes lógicos: cenário

No Steamlog, cada equipe de jogadores assume o papel de operadores logísticos em uma companhia que atua com modal ferroviário. No tabuleiro, cada companhia encontra-se representada, como personagem, pelos trens controlados por cada equipe. Cabe ao professor a seleção entre os cenários pré-definidos, ou a construção de um novo cenário, para representar as diferentes missões de transporte que podem ser executadas por meio do Steamlog, contemplando tanto o transporte entre estações como a movimentação e armazenagem locais.

No início de cada partida, as duas equipes recebem um documento detalhando a situação-problema, os critérios de pontuação empregados na avaliação dos resultados, e as previsões estocásticas quanto a ocorrência de impedimentos de circulação (como a indisponibilidade temporária de alguma carga ou trecho do circuito).

C. Componentes lógicos: ações dos jogadores

A alimentação das informações no Steamlog é realizada em quatro etapas sequenciais. Primeiramente, o jogador visualiza as ofertas e demandas nas estações, ou seja, as missões de transporte. Com base nestas informações, o jogador preenche uma programação de rota, onde insere a informação sequencial de manobra dos desvios nos trilhos, de modo a realizar um percurso. A operação de transporte pode ser alterada pelo jogador durante sua realização e antes do trem chegar à estação de destino.

Finalmente, uma vez chegando no destino e a carga sendo entregue, um custo associado é computado e utilizado para determinar o mérito equivalente na forma de pontos.

As mecânicas de execução do Steamlog, que serão de prévio conhecimento dos jogadores, dependem da capacidade dos componentes, os elementos limitadores e as modalidades de carga pré-definidas. Cada estação possui capacidade para 12 unidades de carga, dispostas em 4 dos 5 espaços de armazenagem – um dos espaços é usado para transposição de cargas e não é usado para armazenagem.

Conforme o ponto de partida do trem e o seu destino, poderá ocorrer a dependência da liberação de ponto(s) do percurso em função dos movimentos do trem da companhia concorrente. Em modo de competição, tal situação pode ser explorada como estratégia por parte de uma equipe, impondo atrasos para a outra. A figura 4 ilustra as passagens obrigatórias conforme cada ponto de partida.

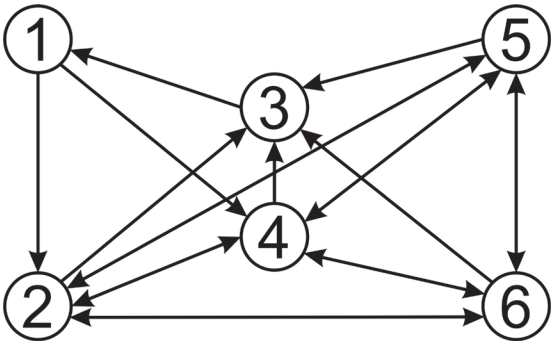

Figura 4. Esquema de possibilidades de passagens partindo das estações [13]

O tempo de jogo pode ser definido pelo professor,com uma das seguintes durações (arbitrárias): rápido (30 minutos), moderado (45 minutos) e calmo (60 minutos). No período de tempo selecionado, as equipes deverão realizar as missões de transporte conforme determinado pelo professor. Um jogo curto pode ser utilizado para levantamento das características do sistema, de modo que os alunos possam aplicar técnicas aprendidas em sala de aula para otimizar as programações de movimentos em um jogo de missão mais complexa. As posições das cargas nas estações, e a necessidade de operações de transbordo para transportá-las de/para os trens, definem custos maiores ou menores para a missão de transporte como um todo.

As diferentes modalidades de carga também consistem em elementos de mecânica relevantes para o jogo. Cada carga possui uma determinada coloração (visualizada tanto no tabuleiro de jogo como na interface), um determinado valor pela sua entrega e um prazo para ser transportada do nó ofertante ao demandante, com uma determinada penalidade associada pelo não transporte (ou entrega por atraso).

Adicionalmente, cada carga possui uma proporção em relação às demais. Por exemplo, uma carga de minérios pode ter valor baixo para entrega, mas sua proporção no tabuleiro será maior e não há tempo máximo para transporte, o que não ocorre com uma carga perigosa ou de maior valor de transporte.

Com base no conhecimento das mecânicas supracitadas, é possível, por meio do Steamlog, a execução de diferentes formas de roteirização em transporte, otimizadas por meio de algoritmos de pesquisa operacional. Consideram-se duas formas de roteirização [9]:

a) Um Ponto de Origem e Um Ponto de Destino: como o nome sugere, parte-se de um ponto de origem para um ponto de destino buscando-se o caminho mais curto;

b) Pontos de Origem e Destino Múltiplos: ocorre quando há mais de um nó ofertante e mais de um nó demandante, fornando-se uma rede de transporte.

A adoção da forma de roteirização encontra-se a cargo do professor da disciplina, conforme os objetivos didáticos de uso do Steamlog. Os pontos de origem e destino podem compreender a posição no slot de saída e a posição no slot de chegada.

D. *Componentes lógicos: mecânicas de jogo*

Para fins de avaliação dos resultados de cada equipe, atribuem-se pontuações para diferentes ações – tanto pontuações positivas quanto pontuações negativas.

Os pontos são uma unidade arbitrária. Para fins de associação à realidade simulada, os pontos são identificados como dinheiro ($), mas não se pretende uma correspondência direta entre os valores do jogo e os valores da vida real.

Nos cenários pré-definidos, cada equipe começa com o capital de $1000 (mil pontos). As ações e decisões das equipes têm as seguintes pontuações:

Planejamento. Depois que o planejamento inicial foi programado e a partida iniciada, cada novo comando enviado ao trem resulta em uma pontuação negativa arbitrária. Por exemplo, o valor da pontuação negativa pode seguir a série de Fibonacci (-1, -1, -2, -3, -5, …); o aumento da penalidade não é abrupto, mas pode se tornar significativo caso muitas modificações sejam realizadas.

Prazo. A entrega no prazo estabelecido para o cenário resulta em 5 pontos positivos para cada carga. Atrasos são penalizados com 1 ponto negativo por cada 5 segundos de atraso.

Custo operacional. O Steamlog contempla um pequeno período de funcionamento de uma ferrovia (horas a dias). Em um período muito curto, como este, os custos operacionais do sistema (combustível e manutenção) são pouco relevantes. Para simular o efeito destes custos nas operações de longo prazo, um custo em pontos negativos é associado ao uso da velocidade mais alta do trem: para cada trecho do circuito trafegado em velocidade alta, 2 pontos negativos.

Tempo na estação. O tempo que um trem passa na estação é outro custo operacional. Cada 30 s de trem na estação correspondem a 5 pontos negativos.

Valor da carga. Estabelecido conforme o cenário. Um valor é atribuído a cada um dos quatro tipos de carga (por exemplo, $10, $20, $40, $50).

Em qualquer tipo de jogo, se o jogador não tem um custo associado a uma ação, ele vai tomar esta ação sempre que lhe for conveniente. A pontuação negativa funciona como um estímulo negativo para práticas que se deseja inibir; por outro lado, a pontuação positiva funciona como um estímulo positivo para ações que deseja estimular.

A "monetização" dos pontos atende ao critério psicológico: é mais fácil conseguir que os jogadores se interessem em minimizar custos e maximizar lucros se estes estão expressos em uma unidade financeira e não em uma unidade abstrata arbitrária, criando-se uma correspondência direta com um elemento comum da realidade. Ainda, o contexto financeiro permite a realização de ações dentro do jogo que somente fazem sentido em termos monetários.

V. CONSTRUÇÃO DO JOGO

A construção do jogo remoto Steamlog contemplou o desenvolvimento de uma interface para o usuário, a maquete (sistema físico) do jogo e a aplicação do sistema ELSA-SP (e hardware associado) para a viabilização deste experimento.

A. *Interface do usuário*

A interface de usuário do Steamlog ainda se encontra em aperfeiçoamento. Sendo o jogo remoto acessado à distância, esta contemplará a visualização de duas das várias câmeras de vídeo que estarão dispostas no tabuleiro de jogo.

Adicionalmente, por meio da interface, o jogador poderá acessar informações instantâneas de cada estação de carga e descarga, com o intuito de verificar o seu *status*, além de saber a posição exata onde se encontra o seu trem no tabuleiro de jogo. Também por meio da interface do usuário o jogador entra as operações de carga e descarga, escolhendo a carga e comandando o transporte de um compartimento na estação a outro, ou do compartimento ao trem, e vice-versa.

Finalmente, será possível, por meio da interface, o jogador verificar o seu escore de jogo, e o histórico das ações realizadas. A figura 5 ilustra a tela principal da interface.

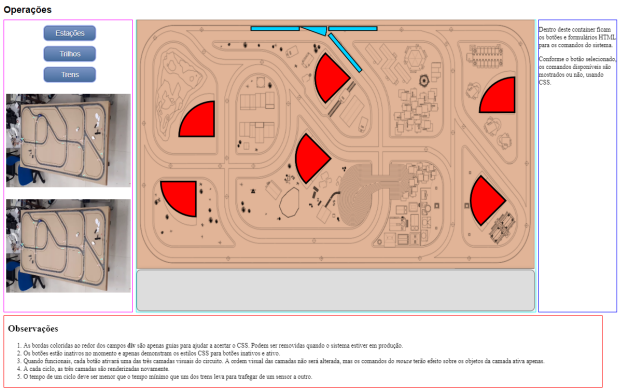

Figura 5. Interface do Jogo (em construção)

A interface do jogo é uma página codificada em HTML5 e Javascript, que pode ser aberta em um navegador internet.

As telas de vídeo, do lado direito da interface, têm atualização constante. A tela principal não tem atualização contínua, mas em ciclos de dois segundos. A cada ciclo, a página envia um *query* ao servidor central, solicitando informações sobre o estado dos componentes do jogo.

Todas as informações transmitidas são armazenadas em um *log* no servidor central, e podem ser consultadas pela interface do professor, como subsídio para a avaliação dos efeitos do jogo como ferramenta auxiliar de ensino. O acúmulo de resultados de jogos poderá subsidiar, futuramente, análises de progresso de aprendizado por meio de técnicas de *Data Sciences*.

B. *Sistema Físico*

O tabuleiro de jogo é composto por uma mesa de 2 metros de comprimento por 1 metro de largura, sobre fundo falso onde os circuitos eletrônicos de comando e sinalização se encontram alojados.

A construção dos componentes de ambientação da maquete no tabuleiro (paisagismo, contexto) segue a temática Steampunk. A figura 6 ilustra o projeto.

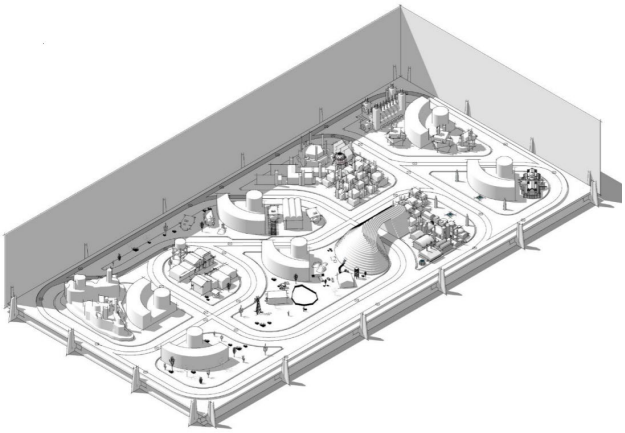

Figura 6. Projeto da maquete do jogo

A partir da interpretação da linguagem Steampunk, setorizou-se a maquete nos seguintes espaços: duas cidades, de onde partem os trens de cada companhia ferroviária, ambas divididas em zonas urbanas e zonas industriais; uma vila operária, com construções aglomeradas entre as duas zonas industriais; uma área verde, contendo uma montanha trespassada por um túnel, e pequenas casas rurais; um deserto, que contém um centro urbano ao estilo velho oeste estadounidense, vegetações típicas e, por último, formações rochosas com o estilo de canyons. A figura 7 ilustra uma vista panorâmica da maquete.

Tendo-se em vista que a visualização do jogo se dá através de câmeras, e que o posicionamento destas influencia o nível de detalhe a ser percebido pelo observador, definiu-se que as miniaturas fossem de fácil cognição por sua iconicidade.

Para alcançar esse objetivo, a construção se apoia em decisões volumétricas e nos materiais e cores utilizados. As duas cidades, por exemplo, são diferenciadas por seus tons: prateados para uma, dourados para outra. A identificação das características *Steampunk* se fez utilizando-se de ferragens (fios de cobre, parafusos, porcas etc.), como pode ser observado na figura 8.

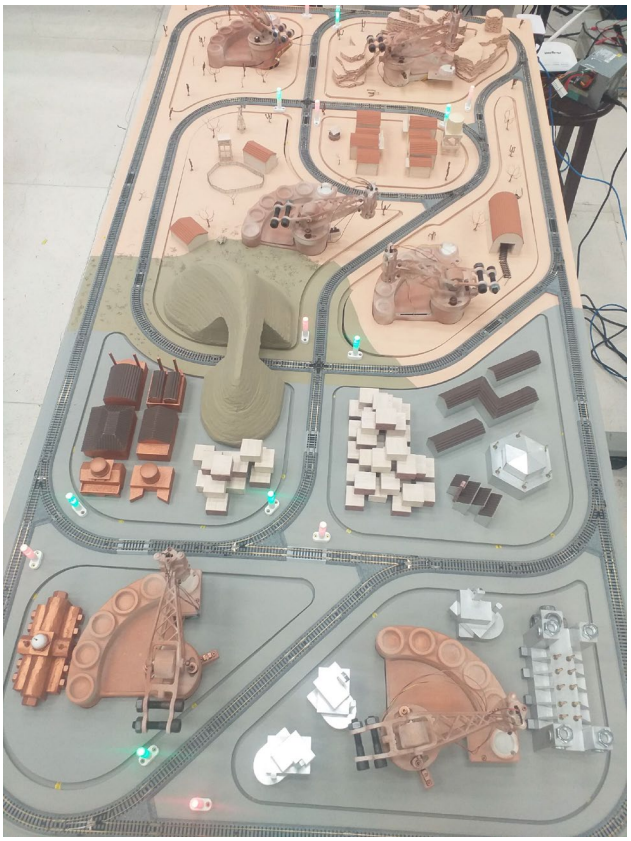

Figura 7. Vista panorâmica da maquete do jogo

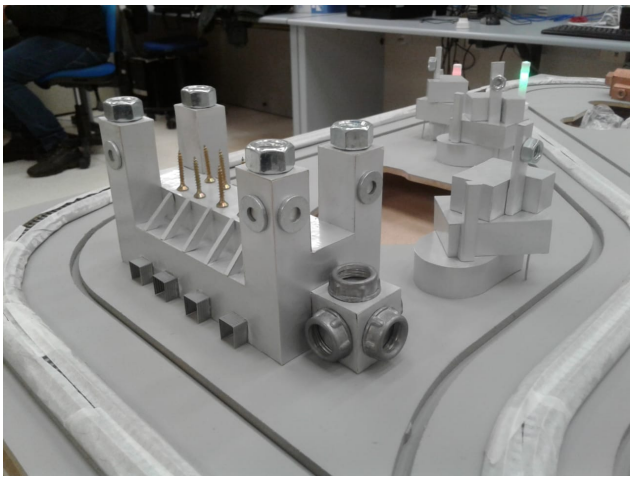

Figura 8. Uma das construções do jogo

C. *Sistemas e Hardware*

Para o controle do jogo como um todo, e a integração da comunicação entre trens, estações e computador central, um sistema de gestão foi desenvolvido utilizando-se, de forma combinada, as linguagens Python e Javascript.

A linguagem Python foi utilizada para os processos de *backend* (abaixo da visibilidade do usuário), e a Javascript aplicou-se no desenvolvimento da interface e para a comunicação entre os dispositivos de hardware via nuvem usando o protocolo MQTT. A arquitetura ELSA-SP foi

aplicada com sucesso em testes realizados com a movimentação dos dois trens pelo tabuleiro até a chegada destes às estações. Porém, até o presente momento, apenas a movimentação de uma estação foi testada, sendo que a movimentação de cargas em seis estações simultaneamente consiste na próxima etapa de desenvolvimento.

VI. Considerações Finais

Este artigo teve como objetivo principal descrever o processo de desenvolvimento do jogo Steamlog. O jogo consiste em um experimento remoto que tem como intuito simular processos de logística de transporte e distribuição por meio do modal ferroviário, tendo como cenário de jogo a temática Steampunk.

O jogo ainda se encontra em fase de construção e aperfeiçoamento. Porém, durante este processo, fez-se necessário o desenvolvimento de tecnologias e processos que resultaram tanto no aprendizado por parte dos estudantes e bolsistas envolvidos, como para o desenvolvimento de futuros jogos remotos. "Ao contrário de outras técnicas de análise, o jogo não é um método para conseguir soluções. O produto de um jogo não é uma previsão ou predição, uma solução ou uma validação rigorosa. O produto de um bom jogo é o aumento da compreensão." [14]

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

[1] G. R. C. Alves et al, Laboratórios remotos no ensino de engenharia. In: V. F. O Oliveira., A. M. Tonini e S. R. Santos (org.) Desafios da Educação em Engenharia: Formação Acadêmica e Atuação Profissional, Práticas Pedagógicas e Laboratórios Remotos. Brasília: ABENGE, 2017.

[2] J. Hamari, D. J. Shernoff, E. Rowe, B. Coller; J. Asbell-Clarke e T. Edwards, Challenging games help students learn: an empirical study on engagement, flow and immersion in game-based learning. Computers in Human Behavior 54, 2016, pp. 170-179.

[3] C. G. Abt, *Serious Games*. Lanham: University Press of America, 1987.

[4] S. Kim, K. Song, B. Lockee, J. Burton, *Gamification in Learning and Education*. Cham: Springer, 2018.

[5] L. A. Mendes, M. Debner, M. Siqueira, Systematization of the WebLabs Development Process: Towards an Approach Proposal. International Conference on Engineering Education ICEE, 2010.

[6] T. S. Uhlmann et al., Desenvolvimento de Modelo de Referência para a Criação de Jogos Remotos Educacionais e sua Aplicação Piloto no Projeto Steamlog. III Simpósio Ibero-Americano de Tecnologias Educacionais. Araranguá, SC, 2019.

[7] V. J. Harward 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.

[8] T. S. Uhlmann et al., ELSA-SP – Through-the-cloud subscribe-publish scheme for interactive remote experimentation under iLab Shared Architecture and its application to an educational PID control plant. 5th Experiment@ International Conference. Funchal, Madeira, Portugal, Junho de 2019.

[9] J. García Zubía, D. Lopez-de-Ipiña, P. Orduña, U. Hernández, I. Trueba, Questions and Answers for Designing Useful WebLabs. International Journal of Online Engineering, 2006.

[10] F. S. Hillier e G. J. Lieberman, Introdução à pesquisa operacional. Porto Alegre: AMGH, 2013.

[11] R. Callois, Man,Play,Games. Urbana: University of Illinois Press, 2001.

[12] J. Tanenbaum, K. Tanenbaum, R. Wakkary, Steampunk as design fiction. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '12). ACM, New York, NY, USA, 2012, pp. 1583-1592.

[13] T. S. Uhlmann et al., Desenvolvendo um Jogo Remoto para o ensino de Problemas de Transporte em Pesquisa Operacional. 14° Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente - SBAI 2019. Ouro Preto. MG, 2019. Artigo em fase de publicação.

[14] W. Schwabe, An Introduction to Analytic Gaming. Santa Monica: RAND Corporation, 1994.