

Proposta de arquitetura para um sistema de comunicação e intercâmbio de dados em Experimentos Remotos voltados para a Aprendizagem Baseada em Jogos

Thiago Schaedler Uhlmann¹

Luciano Antonio Mendes¹

RESUMO

Este artigo descreve a proposta de uma arquitetura para viabilizar a comunicação entre experimentos remotos baseados em jogos (jogos remotos) e seus usuários, contemplando o intercâmbio de dados e a exibição de imagens por camera streaming. Esta arquitetura foi desenvolvida tendo por base conceitos relacionados com experimentação remota e aprendizagem baseada em jogos, considerando o uso de tecnologias da informação (hardware e software) na modalidade open-source. A arquitetura é apresentada considerando a existência de três principais elementos: interface do usuário, experimento físico e um servidor localizado na nuvem, que intermedia a comunicação entre os demais elementos. Descreve-se, também, aplicações práticas desta arquitetura em experimentos remotos, sendo a viabilidade destas aplicações analisada considerando os critérios de programabilidade, modularidade e usabilidade. O artigo conclui pela viabilidade desta arquitetura para a sua aplicação em jogos remotos, considerando o seu estágio atual de desenvolvimento.

Palavras-chave: Experimentação remota, jogos remotos, tecnologia da informação.

1. Introdução

Nas áreas STEM – Science, Technology, Engineering and Mathematics (ciência, tecnologia, engenharia e matemática), é crescente o uso de métodos de aprendizagem ativa com o intuito de estimular, de diferentes formas, o aprendizado em cursos de graduação e pós-graduação. Sendo áreas do conhecimento caracterizadas pela complexidade, pela geração de inovações, e pela multidisciplinaridade, os métodos tradicionais, baseados em aulas expositivas e avaliação individual, têm sido complementados, senão substituídos, pela realização de atividades de experimentação em grupos, onde a avaliação de desempenho do estudante, em muitos casos, considera

não somente suas competências individuais, mas a sua capacidade de interagir com as pessoas e com os sistemas os quais desenvolve e transforma durante este processo de aprendizagem. Dentre estas atividades, está a prática com jogos remotos, ou experimentos operados remotamente com o uso de elementos lúdicos, conforme sugerido por Uhlmann e Mendes (2016).

O presente artigo aborda um elemento essencial para a construção e a execução de experimentos remotos: a comunicação e a troca de dados. Uma vez que, como o nome sugere, tais experimentos são operados à distância, a interação entre o usuário e o próprio experimento depende de um adequado e rápido fluxo de dados e informações, principalmente se considerada a possibilidade de dois ou mais usuários interagirem, de forma simultânea, com este sistema.

Propõe-se, assim, uma arquitetura para este processo de comunicação e troca de dados que, com o uso de soluções abertas (ou open-source), aliadas a protocolos de comunicação enxutos, possibilita a rápida construção e execução de experimentos remotos mais ágeis, especialmente os que necessitam de interações múltiplas e simultâneas. Tal arquitetura é sugerida com base em conceitos teóricos relacionados à aprendizagem baseada em jogos e à experimentação remota, sendo aplicável em ambos, nas modalidades single-user e multi-user.

2. Aprendizagem Baseada em Jogos em Experimentação Remota

Há evidências do crescente uso de métodos alternativos de ensino e aprendizagem, em especial dos que possibilitam interações à distância, no ensino de engenharia.

Técnicas baseadas em jogos para finalidades educacionais já são aplicadas em diferentes áreas do conhecimento. O uso de jogos sérios (Serious Games) para finalidades de experimentação prática de conhecimentos abordados em sala é estimulado em áreas como Administração, Psicologia, nas áreas da saúde e nas diferentes áreas da Engenharia. Uma revisão sistemática conduzida por Bodnar *et al*

(2016) compilou artigos descrevendo a aplicação de jogos e interações lúdicas, principalmente, nas engenharias de computação, de software, mecânica, elétrica e de manufatura. Dentre as técnicas mais aplicadas, encontram-se o uso de jogos digitais, seguidos por jogos de tabuleiro e técnicas de “gamificação” (gamification) – descritas pelos autores como interações lúdicas presenciais (por exemplo, gincanas e atividades em grupo).

Dentre os resultados do uso de interações lúdicas para o aprendizado, em especial nas Engenharias, destacam-se os estudos conduzidos por Kolberg, Reich e Levin (2014), que descrevem o uso da construção de robôs simples para o aprendizado de robótica nas escolas, com a aplicação dos resultados deste processo de aprendizado em competições internacionais. O processo utilizado pelos autores contemplou etapas essenciais para o gerenciamento de projetos de inovação, como a definição de necessidades, recursos e requisitos a serem usados no processo de desenvolvimento, assim como a realização de testes-piloto das soluções construídas pelos alunos. A exploração de novas ideias como ferramenta de construção do conhecimento também é abordada por Agogué, Levillain e Hooge (2015). Os autores, por meio da aplicação e da análise de workshops com a temática de geração de novas ideias (ou ideação), com o uso de jogos sérios para a promoção do conhecimento em uma empresa de produtos alimentícios, evidenciaram melhorias no processo de aprendizado. Neste caso, tais técnicas efetivamente auxiliaram os profissionais desta empresa tanto na construção de novos conhecimentos, como no compartilhamento de conhecimentos já existentes.

Uma das possibilidades para o uso de abordagens lúdicas para o ensino de engenharia consiste na utilização de experimentação remota – como o conceito sugere, a realização de experimentos com o uso de tecnologias de comunicação e intercâmbio de dados e informações à distância. Mendes, Debner e Siqueira (2010) descrevem o processo de desenvolvimento de experimentos operados remotamente como dependentes da consideração de três camadas essenciais: sistema físico (no caso, a estrutura física do experimento remoto), hardware (especialmente, o uso de sensores, equipamentos de captura de áudio e vídeo, e capacidade computacional) e software (aplicativos para inicialização e configuração, e para o gerenciamento dos dados e informações gerados pelo experimento).

Revista Tecnologias na Educação – Ano 9 – Número/Vol.21 – Edição Temática V– Simpósio Ibero-Americano de Tecnologias Educacionais (SITED 2017). tecnologiasnaeducacao.pro/tecedu.pro.br

Propõe-se que estes elementos, quando combinados para a finalidade de construir experiências lúdicas, possibilitam a construção de soluções de aprendizagem baseada em jogos eficazes para a abordagem de diferentes temáticas relacionadas ao ensino de engenharia, promovendo um processo de aprendizado mais interativo e construtivo para os estudantes.

A principal motivação para o uso da aprendizagem baseada em jogos em composição com a experimentação remota para o desenvolvimento de interações lúdicas – neste caso, jogos remotos para o ensino de engenharia, foi obtida com base nos estudos de Sio, Kotovsky e Cagan (2015), que apontam para a promoção da ideação e da inovação no desenvolvimento de sistemas por meio do uso de exemplos. Conforme os autores, a inspiração para o desenvolvimento, ou design de soluções criativas (produtos, serviços, sistemas, dentre outras), especialmente em grupos de desenvolvedores, pode ser estimulada a partir da visualização de exemplos práticos de ideias similares, principalmente nas etapas iniciais de cada projeto. Chan, Dow e Schunn (2015) conduziu um estudo similar, sugerindo que ideias criativas para o desenvolvimento de soluções podem ser obtidas por meio do uso de elementos de referência baseados na realidade deste desenvolvedor.

A proposta de uma arquitetura para a comunicação e o intercâmbio de dados em jogos remotos considerou, principalmente, a possibilidade destes experimentos, compostos por sistemas físicos, hardware e software, interagirem com seus usuários de forma a auxiliá-los na construção de um modo de pensar abduutivo no desenvolvimento de sistemas e para a solução de problemas de engenharia, conforme Dorst (2011). Desenvolvedores e engenheiros visam ao desenvolvimento de soluções que combinam conceitos já existentes com a adição de novos valores.

Assim, sugere-se que a comunicação e a gestão de dados em jogos remotos considerem, como requisitos essenciais, a simultaneidade (a possibilidade da interação simultânea entre múltiplos usuários), a flexibilidade (adaptação a múltiplas plataformas, linguagens e requisitos técnicos) e a jogabilidade (a possibilidade da execução de diferentes tipos de mecânica de jogos). Sendo ferramentas potenciais para o estímulo à ideação e à inovação, pode-se afirmar que jogos remotos necessitam de arquiteturas

ágeis, eficazes e operacionalmente viáveis de serem implantadas em sistemas com diferentes níveis de complexidade. Para que a simultaneidade, a flexibilidade e a jogabilidade sejam possíveis em um jogo remoto, sugere-se a adoção de um conjunto de tecnologias que atuem em todo o escopo deste sistema, abrangendo as interfaces a serem operadas pelo usuário, a estrutura do experimento remoto em si, e o conjunto de elementos de integração entre este usuário e o experimento, representado, neste caso, por um servidor remoto.

3. Composição da proposta de arquitetura

O desenvolvimento de ferramentas para a promoção do aprendizado por meio da Experimentação remota depende da integração entre o sistema físico, que contém os elementos a serem experimentados, e das tecnologias da informação aplicadas ao funcionamento adequado do sistema, conforme as expectativas de professores e alunos que utilizarão estas ferramentas. Este conjunto de expectativas pode ser relacionado na forma de requisitos qualitativos e quantitativos. Tal integração consiste, dentre outros fatores, da construção e manutenção de canais efetivos de comunicação entre docentes e discentes, assim como do efetivo intercâmbio de dados entre os sistemas e tecnologias utilizadas.

Propõe-se, assim, a arquitetura de um sistema de comunicação e troca de dados que possibilite a viabilização de experimentos remotos, buscando-se o mínimo dispêndio de tempo, recursos materiais e financeiros. Tal arquitetura se baseia, essencialmente, na utilização de plataformas e linguagens de programação em código aberto (open-source), assim como no uso preferencial de equipamentos (hardware) que possam ser adquiridos a custo acessível, o que facilita a disseminação das modalidades em questão. Uma versão de um sistema de comunicação e troca de dados para experimentos remotos, em especial os relacionados com Aprendizagem Baseada em Jogos, foi construída em caráter experimental, sendo utilizada como plataforma de comunicação e gestão de dados para experimentos remotos.

A arquitetura se encontra dividida em três partes principais, representando as extremidades em comunicação em um sistema de experimentação remota (a interface do usuário e o experimento remoto em si), e a estrutura do servidor que viabiliza a intermediação da comunicação. A Figura 1, elaborada com o uso de um Diagrama de Componentes em UML – Unified Modeling Language (OMG, 2015), ilustra esta arquitetura de forma esquemática.

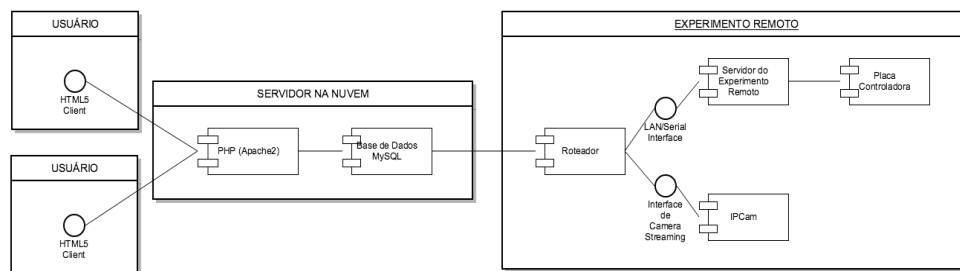


Figura 1. Representação esquemática em UML dos elementos da arquitetura

A gestão dos dados e dos canais de comunicação entre o usuário e o experimento remoto é realizada por meio de um servidor hospedado na nuvem (cloud server, ou cloud proxy), utilizando sistema operacional baseado em Linux (Debian 8.7 x64), e um servidor web Apache2, que hospeda a interface do usuário, e os arquivos de comunicação com a base de dados, desenvolvidos na linguagem PHP. A base de dados utilizada para o servidor é na plataforma MySQL, pela compatibilidade com o sistema operacional e pela facilidade de configuração para as necessidades específicas dos experimentos remotos.

A estrutura da interface do usuário é dependente das configurações de cada experimento remoto que utiliza o sistema. Porém, existem requisitos que devem ser atendidos para possibilitar, simultaneamente, o acesso eficaz e com o menor tempo possível ao servidor e ao experimento remoto. As plataformas ou linguagens para o desenvolvimento das interfaces incluem o uso de processos REST – Representational State Transfer (Transferência de Estado Representacional) para o envio e recebimento de dados em diferentes formatos (por exemplo, dados numéricos, em string, arquivos de imagem, dentre outros). Além disto, dependendo das características, as interfaces

desenvolvidas devem possibilitar a exibição de imagens em movimento obtidas por câmera (camera streaming). Nos casos testados com a arquitetura proposta, foram experimentados, com sucesso, as plataformas LabVIEW e HTML5, por ambas apresentarem os requisitos de compatibilidade anteriormente descritos.

As configurações do experimento remoto também devem ser consideradas no tocante à compatibilidade com a arquitetura de comunicação e troca de dados proposta – especialmente com relação ao envio e recebimento de dados e imagens. Neste caso, em específico, devem ser considerados aspectos relativos aos meios de operação do experimento remoto, e os recursos utilizados para a captura de imagens e dados. Com relação aos sistemas de operação à distância, foram testados com sucesso, utilizando-se a arquitetura proposta, um computador Raspberry Pi 3 que, assim como o servidor, também emprega sistema operacional baseado em Linux (Raspbian – uma versão do sistema operacional Debian específica para este computador), e servidor web apache. Também foi testada com sucesso, por meio da arquitetura, a comunicação de dados com placas controladoras (em especial Arduino e similares). Com relação à captura de dados, a arquitetura foi testada com sucesso para a captura de vídeo com o uso de câmera IP, utilizando-se para tal software baseado em Linux, assim como firmware instalado na própria câmera, sendo a exibição das imagens, em ambos os casos, no formato HTML5. O controle do fluxo de dados, foi realizado com o uso de um roteador comum – sugere-se, por questões de velocidade de transmissão, que as conexões sejam realizadas por cabo; porém, não houve diferenças significativas de velocidade com o uso de conexões sem fio, tanto para as câmeras, como para os sistemas de operação. A escolha de câmeras IP para a captura das imagens se deu pela qualidade de transmissão. Testes também foram bem sucedidos com o uso de webcam conectada ao computador por meio de cabo USB.

4. Aplicações em Experimentos Remotos

A arquitetura proposta está sendo aplicada, em caráter experimental, para a execução de experimentos remotos, tanto voltados para a aprendizagem baseada em jogos como experimentos que, mesmo não possuindo tal abordagem, possuem aspectos

Revista Tecnologias na Educação – Ano 9 – Número/Vol.21 – Edição Temática V– Simpósio Ibero-Americano de Tecnologias Educacionais (SITED 2017). tecnologiasnaeducacao.pro/tecedu.pro.br

técnicos com suficiente similaridade para serem considerados aptos para esta arquitetura.

O experimento remoto LyMIE Kanban Remote Game consiste em um experimento onde uma equipe de jogadores gerencia, à distância, um sistema simulado de armazenagem de recursos materiais por meio da utilização de cartões Kanban, com base em conceitos relativos à Ciência da Fábrica definidos por Hopp e Spearman (2011). O sistema físico do experimento é composto por uma protoboard, duas placas eletrônicas (Arduino e Raspberry Pi 3), e uma antena serial com transmissão por rádio (HC-06 ou HC-12, conforme cada caso) para a interação com o experimento. Neste caso, a transmissão de câmera ocorre com a arquitetura proposta por meio do uso de software baseado em Linux, sendo a interface do experimento hospedada em servidor Apache2, conforme mostra a Figura 2.

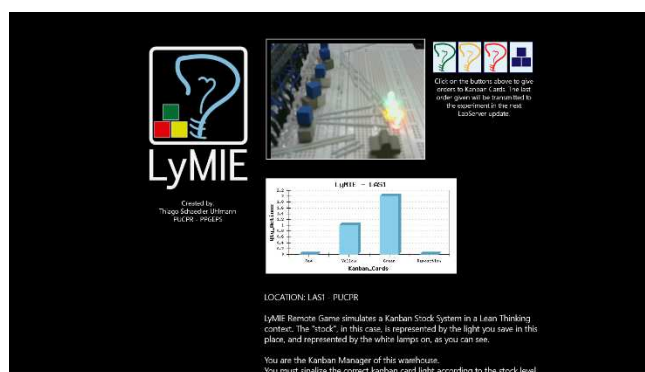


Figura 2. Interface do experimento remoto LyMIE

Outra aplicação realizada contempla um experimento de observação (sem ação por parte do usuário), em uma medição sem fio e à distância de temperaturas, com upload contínuo para a nuvem, acessível por um client HTML5, mediante autorização de acesso. Neste caso, a comunicação de dados do experimento remoto é realizada por meio de uma placa Arduino complementada com recurso para comunicação Ethernet (Ethernet Shield), que envia os dados a um cloud server, usando MySQL. A segurança e a integridade dos dados foi implementada através de chaves de acesso.

Encontra-se em construção, também, um jogo remoto onde a presente arquitetura de comunicação será aplicada. Trata-se de um experimento onde duas equipes, controlando unidades de transporte em modal ferroviário, comandarão instruções para a coleta e o transporte de cargas de diferentes tipos de um ponto a outro (Uhlmann et al, 2017). A simultaneidade de ações, bem como a possibilidade de visualização do experimento em tempo real, são de grande relevância para a qualidade da experiência do usuário.

5. Discussão

Para uma análise crítica das aplicações descritas acima, pode-se utilizar como critérios a programabilidade, a modularidade e a usabilidade, fatores propostos por Doboli e Umbarkar (2014) para a análise do processo de desenvolvimento de sistemas embarcados modulares. Uma vez que experimentos remotos são compostos por elementos físicos combinados com tecnologias da informação (hardware e software), tais critérios se mostram viáveis para a análise da adequação da presente arquitetura de comunicação.

A partir dos resultados obtidos com o desenvolvimento e a aplicação, em caráter de testes, da arquitetura desenvolvida em experimentos remotos, pode-se afirmar que a programabilidade consiste em um relevante aspecto a ser considerado. A comunicação e o intercâmbio de informações, na arquitetura sugerida, encontra-se predominantemente baseada na utilização de plataformas em código aberto e, portanto, com ampla possibilidade de customização e combinação de códigos para possibilitar a viabilização de jogos remotos sobre diferentes temáticas e gêneros, com ou sem o uso de simultaneidade. A utilização de sistemas operacionais compatíveis com a plataforma Linux mostrou-se compatível com as especificações e os requisitos técnicos dos sistemas físicos dos experimentos remotos testados, o que evidencia a viabilidade técnica desta arquitetura.

A modularidade também é um ponto onde foram observadas vantagens. Uma vez que interface do usuário, servidor e experimento remoto constituem entidades

independentes, embora inter-relacionadas, há a possibilidade destas serem usadas modularmente, sendo replicadas localmente conforme os requisitos estruturais do sistema a ser desenvolvido. O servidor, atuando como unidade central para o gerenciamento dos dados, pode ser utilizado para concentrar, processar e distribuir dados e informações para diferentes interfaces e experimentos, possibilitando a construção de sistemas subdivididos, em que cada parte desempenha um papel para a execução do experimento remoto como um todo. Este arranjo é, em essência, o mesmo existente na internet das coisas (IoT).

Finalmente, a usabilidade também é presente na arquitetura proposta, uma vez que, utilizando plataformas e linguagens caracteristicamente flexíveis, como REST, PHP e MySQL, é possível a sua aplicação para o gerenciamento de experimentos construídos com diferentes configurações de hardware e software, bastando, para tal, que as tecnologias utilizadas sejam compatíveis com tais plataformas e linguagens.

6. Considerações finais

Este artigo teve como objetivo propor uma arquitetura para a comunicação e intercâmbio de dados para aplicação em Jogos Remotos – experimentos remotos aplicados à aprendizagem baseada em jogos. Em tais modalidades de experimentos, a visualização de imagens, a simultaneidade de ações, e a possibilidade de flexibilização, ou modularização, são fatores essenciais a serem considerados. Tem-se, portanto, uma forma de facilitar, de forma efetiva, a criatividade e a flexibilidade na criação de soluções. Propôs-se uma arquitetura para a comunicação e intercâmbio de dados para aplicação em Jogos Remotos – experimentos remotos aplicados à aprendizagem baseada em jogos. Em tais modalidades de experimentos, a visualização de imagens, a simultaneidade de ações, e a possibilidade de flexibilização, ou modularização, são fatores essenciais a serem considerados. Tem-se, portanto, uma forma de se facilitar, de forma efetiva, a criatividade e a flexibilidade na criação de soluções para experimentos/jogos remotos e sua aplicação no aprendizado em engenharia, simplificando-se, em grande medida, os processos de comunicação entre os elementos do sistema desenvolvido.

A arquitetura sugerida ainda se encontra em estágio de aperfeiçoamento, estando prevista a realização de testes adicionais, dada a constante evolução e surgimento continuado no mercado de plataformas de baixo custo. Tais testes visam à identificação de possíveis limitações relacionadas com: taxas de transmissão de dados; peculiaridades de diferentes plataformas e sistemas operacionais; a integração com sistemas e *hardware* proprietários; questões relacionadas à segurança de dados (uma vez que o intercâmbio destes é realizado por meio de um servidor na nuvem); questões relacionadas à capacidade de processamento dos computadores localizados no sistema físico do experimento (em especial, placas de prototipagem) ou na nuvem; e para experimentos/jogos remotos e sua aplicação no aprendizado em engenharia, simplificando-se, em grande medida, os processos de comunicação entre os elementos do sistema desenvolvido.

7. Referências Bibliográficas

AGOGUÉ, M., LEVILLAIN, K. e HOOGE, S. Gamification of Creativity: Exploring the Usefulness of Serious Games for Ideation. *Creativity and Innovation Management* 24, 2015.

BODNAR, C. A., ANASTASIO, D., ENSZER, J.A. e BURKEY, D.D. Engineers at Play: Games as Teaching Tools for Undergraduate Engineering Students. *Journal of Engineering Education* 105, 2016, 147-200.

CHAN, J., DOW, S. P. e SCHUNN, C. D. Do the best design ideas (really) come from conceptually distant sources of inspiration? *Design Studies* 36, 31-58. 2015.

DOBOLI, A. e UMBARKAR, A. The role of precedents in increasing creativity during interactive design of electronic embedded systems. *Design Studies* 35, 2014, 298-326.

DORST, K. The core of 'design thinking' and its application *Design Studies* 32, 2011, 521-532.

HOPP, W.J. e SPEARMAN, M.L. *Factory Physics*. Long Grove: Waveland Press, 2011.

KOLBERG, E., REICH, Y. e LEVIN, I. Designing winning robots by careful design of their development process. *Research in Engineering Design* 25, 2014, 157-183.

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

Revista Tecnologias na Educação – Ano 9 – Número/Vol.21 – Edição Temática V– Simpósio Ibero-Americano de Tecnologias Educacionais (SITED 2017). tecnologiasnaeducacao.pro/tecedu.pro.br

OMG – Object Management Group. Unified Modeling Language. Disponível em: www.omg.org/spec/UML/2.5/PDF . Data de acesso: 30 de Março de 2017.

SIO, U.N., KOTOVSKY ,K. e CAGAN, J. Fixation or inspiration? A meta-analytic review of the role of examples in design processes. *Design Studies* 39, 2015, 70-99.

UHLMANN, T. S., e MENDES, L. A. Jogos Remotos: perspectivas de aplicação conjunta de Aprendizagem Baseada em Jogos e Experimentação Remota no ensino de engenharia. In: COBENGE 2016 – XLIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Natal, RN, Setembro de 2016.

UHLMANN, T. S., MENDES, L. A., RUFCCA, E. H. e MATTOS, G. L. Aplicação de um Modelo de Referência para o desenvolvimento de um Jogo Remoto para o Ensino de Logística de Transporte e Distribuição. In: COBENGE 2017 – XLV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Joinville, SC, Setembro de 2017.

Recebido em Outubro 2017

Aprovado em Outubro 2017