

Metodologia de Design de Jogos Sérios para Treinamento:

Ciclo de vida de criação, desenvolvimento e produção

Rafaela Vilela da Rocha
Departamento de Computação
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
São Carlos, SP, Brasil
rafaela_rocha@dc.ufscar.br

Regina Borges de Araujo
Departamento de Computação
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
São Carlos, SP, Brasil
regina@dc.ufscar.br

Abstract—Serious games enable players to learn and practice technical and non-technical skills that are important for improving professional development. However, there are several challenges in the integration of processes to create serious games, develop training process and capture the domain knowledge and requirements. This paper presents a methodology to build and implement the game design for training based on standards and procedures, in conjunction with experts in the domain, aiming to overcome the described difficulties. The main differential of our methodology is the collaborative development with identification, in the simulation, of evaluation points for trainee performance measure. A game prototype is introduced of a gas leak combat in a residence, which was designed and implemented using the methodology described, with the support of the Fire Brigade. The proposed methodology is presented detailed, as well as the experiences and the challenges met. State-of-the-art in game design methodologies is presented and compared with the proposed methodology.

Keywords—*game design methodology; serious games; training simulations; development process*

Resumo—Jogos sérios permitem que os jogadores aprendam e pratiquem habilidades técnicas e não técnicas que são importantes para melhorar o desenvolvimento profissional. Entretanto, há diversos desafios na integração dos processos para se criar jogos sérios, desenvolver um treinamento e capturar o conhecimento e requisitos da área de domínio. Este artigo apresenta uma metodologia para construir e implementar o design de jogos sérios para treinamento baseado em atividades e procedimentos-padrão, em conjunto com os especialistas na área de domínio da aplicação, visando superar as dificuldades descritas. O diferencial desta metodologia é o desenvolvimento colaborativo, com identificação, dentro da simulação, de pontos de avaliação para análise de desempenho do aprendiz. Como prova de conceito, é apresentado um jogo de combate a vazamento de gás de cozinha em residências, que foi projetado e implementado usando a metodologia descrita, em colaboração com o Corpo de Bombeiros. As atividades realizadas na metodologia são apresentadas, bem como as experiências obtidas e os desafios encontrados. O estado da arte em metodologias de game design é apresentado e comparado com a metodologia proposta.

Palavras-chaves—*metodologia de game design; jogos sérios; simulações de treinamento; processo de desenvolvimento*

I. INTRODUÇÃO

Jogos sérios são jogos projetados com propósito outro que não entretenimento. Envolvem o uso de tecnologias e metodologias de jogos eletrônicos com o propósito de tratar problemas do mundo real. O objetivo é o ensino ou treinamento, porém podem incluir elementos lúdicos e de entretenimento. Jogos sérios têm sido usados com sucesso nas áreas de saúde, defesa, gerenciamento de emergência, negócios, turismo e herança cultural, entre outras, para fins de educação e treinamento [1][2][3]. Entretanto, para serem eficazes como métodos de treinamentos, os jogos sérios tem que atender não só os requisitos do treinamento, mas também as competências requeridas e os critérios de avaliação, além de suporte à avaliação de resultados e fornecimento de feedback para os aprendizes [4]. Estes requisitos devem ser somados aos requisitos de simulação do jogo, tais como, fidelidade do modelo, verificação e validação, e também do jogo em si, tais como, interatividade, não linearidade e imersão. Esta complexidade e multiplicidade de requisitos dificulta o desenvolvimento de um jogo sério para treinamento e requer um metodologia própria para desenvolvimento.

Na literatura há diversos trabalhos que descrevem metodologias para criação de jogos, e de jogos sérios de treinamento, ou ainda processos e artefatos que fazem parte do ciclo de vida de criação de jogos, tais como modelo conceitual, storyboards, e especificação de eventos discretos. Entretanto estas metodologias não descrevem todo o ciclo de vida de criação, desenvolvimento e produção que atenda os múltiplos requisitos dos jogos sérios de treinamento. O objetivo deste trabalho é apresentar e validar uma metodologia que supere as limitações das metodologias atuais para analisar, projetar, implementar e avaliar jogos sérios, baseados em procedimentos-padrão e habilidades que devem ser treinadas, integrando diferentes equipes que incluem os especialistas na área de domínio desejado.

Em nossa proposta, são considerados os jogos sérios de treinamento, que podem reproduzir experiências, processos e objetos do mundo real, envolvendo interações dos usuários em mundos virtuais 3D, além de elementos de jogos para promover engajamento e imersão do usuário, compreendendo missões, desafios e recompensas e elementos pedagógicos

para projetar treinamentos eficazes, que envolve definição das competências, medidas de desempenho, avaliação e feedback.

O artigo está organizado da seguinte maneira: na seção 2 é apresentado o estado da arte em metodologias de design de jogos sérios, envolvendo modelos e simulações, educação e treinamento. A seção 3 apresenta a metodologia proposta, seguida da introdução de prova de conceito, e a descrição de outros cenários que foram utilizados para validar e aprimorar a metodologia. Na seção 4 são apresentadas as Conclusões seguidas de Referências Bibliográficas.

II. ESTADO DA ARTE

Jogos sérios para treinamento tem a interação de três áreas, conforme ilustrado na Figura 1: aprendizado, simulações e jogos [5], enquanto que:

- Simulações de treinamento refletem o comportamento de um sistema, mas não incluem necessariamente gráficos realistas (diferente de jogos);
- Jogos educacionais são jogos simples que não simulam sistemas (diferente de simulações); e
- Jogos de simulações são jogos que possibilitam experiências reais mas sem os aspectos de aprendizagem ou treinamento.



Fig. 1. Inter-relações de Aprendizagem/Treinamento, Simulação e Jogos (adaptado de Marciszek et al. [5]).

Este trabalho abrange os jogos sérios para fins de treinamento de habilidades técnicas, e visa também atender aos desafios de desenvolvimento em conjunto com equipes multidisciplinares. Nesta seção são apresentados os desafios desta área de pesquisa e aplicação, bem como os trabalhos relacionados.

O primeiro desafio no desenvolvimento de jogos sérios para treinamentos está em seu *processo de desenvolvimento*, dado suas características e particularidades, descritas abaixo:

- Jogos possuem semelhanças com filmes (personagens, cenário, roteiro, narrativa), websites (interfaces - informações e ações) e softwares (aplicações), entretanto possuem diferenças significativas pois permitem interação no desenvolvimento da história, sendo assim não-lineares (ao contrário dos filmes), e contém elementos fundamentais que garantem o sucesso dos jogos, tais como, regras, estratégias,

desafios, recompensas, níveis e feedback contínuo [3][6]. Assim, a modelagem de jogos requer uma metodologia própria, embora possa também usar e adaptar os processos de desenvolvimento de software (análise, projeto, desenvolvimento, teste, integração, etc.), e os recursos e artefatos gerados (*storytelling*, storyboards, design centrado no usuário, diagramas de estruturas e comportamentos, codificação, modelos formais, etc.).

- Jogos para fins de aprendizagem e treinamento precisam atender aos requisitos dos processos de treinamento e/ou de ensino-aprendizagem, para serem utilizados como métodos eficazes [4];
- Jogos sérios de treinamento devem usar os processos de M&S (modelagem e simulação) para alcançar os níveis de fidelidade desejados, bem como todos os outros requisitos de simulação que variam conforme a área de aplicação (baseada na representação do modelo (p.ex., discreto, contínuo, dinâmico), baseada na execução do modelo (p.ex., distribuído, paralelo, web), e baseado no que está no loop (hardware, software, ou *human-in-the-loop*) [7]). As metodologias de jogos sérios negligenciam a perspectiva de M&S e representação do modelo de simulação, enquanto que as metodologias de M&S tendem a não considerar a perspectiva pedagógica no modelo [8].

O segundo desafio é relacionado ao *domínio de aplicação*, que requer conhecimento específico (especialistas no domínio), e sua integração com equipe multidisciplinar de desenvolvimento (especialista em treinamento, em produção de jogos sérios, em modelagem e simulação, programadores, designer, analistas, etc.) para atender todos os requisitos de simulação, treinamento e jogo 3D, conforme mencionado acima.

O terceiro desafio é relacionado ao *treinamento dentro do domínio de aplicação*, pois é necessário saber quem são os *trainees* e quais habilidades, técnicas e não técnicas, devem ser treinadas. Por exemplo, na área de emergência dentro da hierarquia militar, é importante o aprimoramento profissional contínuo tanto dos profissionais que lidam com a emergência (*first-responders* que atuam em um nível operacional) quanto para os gerenciadores da emergência (oficiais e coordenadores que atuam em um nível estratégico) [9]. Embora *first-responders* precisem de conhecimento técnico, tais como conhecimento dos procedimentos, regras e equipamentos, pois são operacionais, é necessário que eles tenham também habilidades não técnicas, tais como, trabalho em equipe, gerenciamento de estresse e comunicação, para melhor responder a um acidente. Já para os gerenciadores de emergência as habilidades não técnicas são as mais exigidas, tais como, liderança, tomada de decisão e comunicação, pois esses profissionais planejam e comandam a estratégia de resposta realizada pelas equipes. A experiência e habilidades básicas, técnicas, capacitam os profissionais a lidarem com a situação e adaptem os procedimentos de acordo com a resposta necessária.

O quarto desafio é a *qualidade da modelagem e simulação*, que é influenciada por 4 P's: Processo (usados para criar os artefatos), Produtos (artefatos), Projeto (características

de planejamento, gerenciamento de risco, controle e monitoramento) e Pessoas (qualidade das pessoas envolvidas na criação dos artefatos) [7]. A qualidade das pessoas depende de suas competências (conhecimentos, habilidades e atitudes) no assunto de interesse, enquanto que a qualidade do projeto depende do planejamento, controle e avaliação durante todo o processo [10]. Por outro lado, processos e produtos dependem de “o que” e “como” se quer produzir. A seguir são apresentados processos e metodologias reportados na literatura para diferentes tipos de design de jogos e simulações (simulação em larga escala, simulações distribuídas, etc.), seguido das descrições de artefatos e produtos específicos utilizados nos diferentes processos discutidos.

A. Processos e Metodologias

Os processos e metodologias de desenvolvimento de jogos são descritos nesta seção. Eles são divididos em quatro grupos: 1) metodologias para design de jogos; 2) metodologias para modelagem e simulação; e 3) processo de treinamento.

1) Metodologias para design de jogos

Novac [3] descreve as oito fases do processo de desenvolvimento de jogos utilizadas pela indústria de jogos, conforme é apresentado na Tabela I. Apesar de ser usado com sucesso pela indústria de jogos, ele não é para treinamento nem tem suporte a avaliação.

Chandler [11] descreve uma estrutura básica do processo geral de produção de jogos, a partir do ponto de vista do produtor, conforme é apresentado na Tabela I. Ele também descreve uma lista de verificação das atividades para cada fase. Em jogos maiores e com riscos altos, o processo de produção é iterativo e com vários ciclos de produção, por exemplo, execução das quatro etapas para a criação do primeiro protótipo jogável, seguido da execução novamente de todas as etapas para produção do segundo protótipo jogável, e assim por diante até a versão final. A limitação desta estrutura básica é não contemplar os processos e requisitos para simulação de treinamentos e simulação.

Schuytema [12] descreve três grandes períodos no ciclo de desenvolvimento, sob a perspectiva de designers: Pré-produção; Produção e Pós-produção, conforme apresentado na Tabela I. As limitações são referentes a ser uma metodologia para designers, assim ela não contempla os processos de M&S nem o do treinamento.

Greenblat [8] propôs uma metodologia de design, que é um modelo de referência para simulações e jogos, composta de cinco etapas: 1) Configuração dos objetivos e parâmetros (assunto, objetivos de aprendizagem, jogadores e operadores, contexto de uso e recursos (tempo, dinheiro, etc.); 2) Desenvolvimento do modelo (metas, atividades e recursos, e suas interações); 3) Definição e detalhes sobre a representação (nível de abstração, intervalo de tempo, interação dos jogadores, ligação dos elementos do modelo com o elementos do jogo, formas de representação do modelo (cenários, regras, procedimentos, fatores externos, imagens e símbolos visuais)); 4) Construção e modificação (protótipo e teste do jogo); e 5) Preparação para uso (manual do jogador). Esta metodologia é um modelo de referência para jogos e simulações, porém ela não suporta a especificação de evento discreto – DEVS.

TABELA I. PROCESSOS DE DESENVOLVIMENTO DE JOGOS.

<i>Autor/ Características</i>	Novac/ 2010 [3]	Chandler/ 2012 [11]	Schuytema/ 2008 [12]
<i>Fases</i>	8	4	3
<i>Perspectiva</i>	<i>indústria de jogos</i>	<i>produtor</i>	<i>designers</i>
Conceito	ideia do jogo, público, recursos, objetivo, finalidade do jogo, e condições de vitória	Não tem	Não tem
Pré-Produção	plano de ilustração, plano do projeto, documento de design do jogo, documento técnico de design	conceito, requisitos do jogo (de arte, design e engenharia), planejamento do projeto, e avaliação de risco	conceito do jogo, brainstorming, documento de design
Protótipo	telas que capturam a essência do jogo para teste da mecânica do jogo e sua diversão	Não tem	Não tem
Produção	desenvolvimento	implementação do plano, rastreamento do projeto, e avaliação de risco	construção do jogo, e programação do código-fonte
Alfa	teste do jogo do começo ao fim,	validação do plano e liberação do código	Não tem
Beta	correção de defeitos encontrados e conclusão do desenvolvimento do jogo		
Ouro	fabricação da mídia física		
Pós-produção	lançamento de novas versões com correções ou conteúdos adicionais	aprendizado com a experiência, e plano de arquivamento	inclusão de recursos, e avaliação da receptividade

2) Metodologias de modelagem e simulação

Smith [13] descreve um processo para desenvolver, validar, executar e analisar os resultados de simulações, conforme é apresentado na Tabela II. Porém, ele não oferece suporte para implementar uma arquitetura em rede com interoperabilidade e integração de modelos de simulação. Nele também não é especificado o processo de treinamento e seu planejamento com métricas e avaliações do desempenho do trainee.

Balci [7] propôs um ciclo de vida para aplicações de M&S em larga escala, que inclui processos de Gerenciamento de Configuração; de Risco; e de Projeto; Medição e Análise; Qualidade; Planejamento; Monitoramento e Controle do Projeto; Treinamento Organizacional, conforme é apresentado na Tabela II. Este ciclo de vida organiza os processos e produtos, e fornece diretrizes para as pessoas envolvidas. Entretanto, ele não especifica artefatos nem processos para criar e integrar os elementos de jogos 3D em simulações para treinamentos, tais como, interface e representação 3D do cenário, interatividade, imersão, processo de avaliação e feedback para o aprendiz.

TABELA II. PROCESSOS DE DESENVOLVIMENTO DE SIMULAÇÕES.

<i>Autor / Características</i>	Smith/1999 [13]	Balci/2012 [7]
Fases	11	13
Tipo	<i>simulações</i>	<i>simulações em larga escala</i>
Definir espaço do problema	problema, objetivos, requisitos do projeto, precisão dos resultados	domínio e especificação do problema
Engenharia de requisitos	não	documento de especificação dos requisitos
Definir modelo conceitual	modelo conceitual	representação e abstração em alto nível
Arquitetura	não	especificação da arquitetura centrada em rede
Projeto	não	instanciação de um projeto a partir da especificação da arquitetura
Coletar dados de entrada	parâmetros de entrada usados para executar e definir o modelo -	não
Construir modelo de software/Implementar	programação matemática e lógica do sistema real	programação usando um produto de software de simulação ou uma linguagem de programação
VV&A	VV&A	V&V
Projeto experimental	identificação dos métodos mais produtivos e precisos para executar a simulação e gerar a resposta desejada	não
Integração	não	de submodelos
Executar a simulação	executar e gerar dados	resultados da simulação
Coletar dados de saída	recolher, organizar e armazenar os dados de saída,	não
Analisar dados	usando tabela, gráfico, mapa, animação e texto	não
Documentar resultados	documentar e divulgar aos interessados os resultados	interpretação, documentação e comunicação dos resultados
Expandir o modelo	reusar o modelo em outros projetos ou incluir novos requisitos para a simulação	não
Certificar	não	certificação
Armazenar	não	modelos, submodelos, documentações e dados em um repositório
Reusar	não	modelos ou submodelos do repositório
Outros	não	sim

O documento FEDEP [14] (*Federation Development and Execution Process*) recomenda práticas para desenvolver e executar federações HLA (simulações distribuídas que contem um conjunto de federados, que podem ser interfaces de interação, visualizadores ou aplicações membros), conforme é apresentado na Tabela III. No entanto, não apresenta processos de design de interface e interação, nem especifica como um treinamento deve ser desenvolvido ou avaliado.

O processo de desenvolvimento e execução de simulação no MARS [15], apresentado na Tabela III, é baseado nos padrões HLA e FEDEP para criar federações HLA. Ele é usado para simulações em grande escala, tais como sistemas de prevenção de desastres nacional ou sistemas de defesa. MARS permite aos usuários fazer experimentos virtuais e

fornece ferramentas para explicar a simulação, mostrando o evento que causou o resultado da simulação. A desvantagem da metodologia e framework MARS é que não há um ambiente virtual 3D para a execução da simulação, e o propósito dele não é o treinamento nem avaliação do trainee.

TABELA III. PROCESSOS DE DESENVOLVIMENTO DE FEDERAÇÃO HLA.

<i>Autor/ Características</i>	IEEE 1516.3/2003 [14]	MASAKAZU/2005 [15]
Fases	6	5
Metodologia	FEDEP	MARS
Definir objetivos da federação	conjunto de objetivos e o que deve ser realizado para atingi-los	não
Efetuar análise conceitual	representação do domínio do mundo real baseada nas características do espaço do problema	projetar visão geral do cenário, definir critérios de avaliação e derivar modelos conceituais
Projetar a federação	elaborar um plano de desenvolvimento e implementação da federação contendo reuso, modificação e/ou desenvolvimento de federados	não
Desenvolver federação	modelo de objeto da federação (FOM), acordos dos federados, e federados - novos e/ou alterações	implementar federação, FOM e instâncias do cenário baseando-se no modelo conceitual
Planejar, integrar e testar federação	integrar a federação e garantir a interoperabilidade entre federados	não
Executar	Executar federação e preparar saídas	realizar simulação e preparar as saídas
Analisar dados e estimar resultados	dados de saída e relatórios para os usuários e comandante	analisar e avaliar resultados utilizando ferramentas do MARS
VV&A	não	Validação e aceitação

3) Processo de Treinamento

A norma NBR ISO 10015 define um processo de treinamento em cinco etapas, que pode auxiliar uma organização a melhorar suas capacidades e alcançar seus objetivos de treinamento de qualidade: 1) Definição das necessidades de treinamento; 2) Projeto e planejamento do treinamento; 3) Execução do treinamento; 4) Avaliação dos resultados do treinamento; e 5) Monitoração (validação do processo de treinamento) [4][10]. Esta norma é muito útil na criação do treinamento, porém ela não especifica como um método de treinamento deve ser planejado, neste caso jogos sérios.

B. Produtos e Artefatos

Artefatos são produtos específicos gerados por um dado processo dentro do ciclo de vida de desenvolvimento e produção do jogo e/ou simulação. A seguir são descritos os principais artefatos utilizados por designers e produtores, a saber: storyboards e modelo conceitual.

Storyboards são artefatos utilizados para especificar as interações e os cenários dos jogos, usando um conjunto de figuras, informações textuais e diálogos, durante o processo de Design [16]. São tipicamente divididos em três atividades: 1) Desenvolvimento do conceito (fluxo de ações e interações); 2)

Visualização das interações do usuário (modos de interação e comunicação com o sistema e outros participantes); e 3) Protótipos interativos (protótipos com interface básica). Um ou mais storyboards podem ser criados em cada atividade. Eles permitem a visualização e o compartilhamento de ideias entre os diferentes envolvidos e são muito usados no suporte ao design de jogos. Há trabalhos recentes de extensão de storyboards para suporte ao treinamento de comunicação entre equipes, além de dimensões adicionais que provêm transição direta entre os storyboards e a implementação do jogo [16].

Modelo conceitual de simulação consiste em suposições, restrições, objetivos, algoritmos, características, relacionamentos e dados (sem software) que descrevem como o desenvolvedor da simulação compreende o que está sendo representada pela simulação (entidades, processos, comportamentos) (contexto da simulação) e como essa representação vai atender aos requisitos de simulação (conceito da simulação) [17][18]. Zee, Holkenborg and Robinson [8] utilizam modelo conceitual e descrevem um framework, com base na metodologia de Greenblat, para auxiliar designers de jogos sérios a utilizarem simulação de evento discreto como base do jogo. O framework é composto de cinco atividades que geram o modelo conceitual: 1) Entender o ambiente de aprendizagem (assunto, contexto de uso, jogadores e operadores, necessidades de aprendizagem, formato do jogo); 2) Determinar os objetivos (proposta pedagógica, conquistas, requisitos do projeto, natureza do modelo e seu uso (visualização, interação do jogador, capacidade de resposta e reuso)); 3) Identificar as saídas do modelo (medidas de desempenho relevantes, conquistas dos jogadores e formato para representação das respostas); 4) Identificar as entradas do modelo (dados quantitativos e qualitativos, e variação das entradas); e 5) Determinar o conteúdo do modelo (escopo, nível de detalhes, suposições e simplificações e seus impactos no modelo). Entretanto, este framework foca na modelagem conceitual para tomada de decisões, mas não descreve as fases de design e implementação para jogos sérios 3D.

Percebe-se nos processos, metodologias, produtos e artefatos avaliados acima, que os quatro P's de qualidade estão presentes. Porém como mencionado acima, muitos limitam-se ao design do jogo sem se preocupar com a simulação nem o treinamento, enquanto que os outros se preocupam com a simulação mas não com os requisitos de interface e interação, e avaliação do treinamento fornecendo feedback para os aprendizes Assim é essencial definir e planejar os processos do ciclo de vida de desenvolvimento, suas entradas (recursos, artefatos, conhecimento dos envolvidos) e saídas (artefatos gerados), além de identificar quem atua e no quê em cada um destes processos, para gerar projetos e produtos de jogos sérios com qualidade e eficiência, para treinamentos com avaliação do desempenho do trainee. Assim, de modo a superar os desafios encontrados, uma metodologia de desenvolvimento de jogos sérios é proposta que define os processos e artefatos que integram jogo, simulação, treinamento e avaliação, bem como, uma equipe multidisciplinar de desenvolvimento.

III. METODOLOGIA PROPOSTA E PROTÓTIPO

Um processo de design de jogos sérios de treinamento foi especificado e aplicado na produção de diferentes treinamentos virtuais. Ele consiste de três principais fases: *pré-produção* (planejamento), *produção* (análise, projeto, implementação, integração e teste), e *pós-produção* (execução e avaliação dos resultados). Os processos são sequenciais e iterativos, i.e., caso necessário, há um retorno para algum dos processos anteriores até que este seja refinado. Os processos contem sub-processos específicos para identificar e implementar cada requisito do jogo, e eles podem acontecer ou não dependendo do tipo de treinamento que for planejado, podendo alguns sub-processos acontecerem em paralelo, dentro da duração do processo. Antes de passar para o próximo processo há a realização de validação, verificação e aceitação (VV&A) dos modelos e artefatos gerados, de acordo com a ilustração apresentada pela Figura 1. Os processos da metodologia são especificados a seguir.

A. Processos da Metodologia

1) Planejamento

Jogos em geral começam a ser construídos com o planejamento do conceito do jogo, entretanto jogos sérios para treinamento devem simular situações do mundo real, na qual o aprendiz tem como objetivo realizar uma tarefa utilizando um procedimento, mas podendo experimentar e interagir com o mundo simulado vendo os resultados das suas ações corretas ou incorretas. Desta forma, na fase de planejamento, a equipe deve entender principalmente a situação do mundo real que será simulada e os procedimentos e habilidades que serão treinados (habilidades técnicas de realizar um procedimento ou operar um equipamento, ou habilidades não técnicas, tais como, tomar decisões e liderar equipes a partir dos procedimentos). Para este entendimento, analistas de simulação, em conjunto com especialistas do domínio da aplicação e treinadores, elaboram um planejamento inicial a partir das necessidades de treinamento. Este planejamento deve conter a descrição do cenário e problema real, as necessidades e motivações de treinamento, os protocolos e procedimentos envolvidos e quem os executam, bem como a especificação de todos os documentos, vídeos e recursos que podem ajudar a compreender o cenário e operações que devem ser realizadas. Nesta etapa, o treinador deve especificar as necessidades de treinamentos, utilizando, por exemplo, normas do tipo NBR ISO 10015[4].

Em um treinamento de colaboração entre diferentes equipes, por exemplo, em uma situação de queda de avião em um aeroporto, poderiam ser treinados os procedimentos de combate a incêndio pelo CB (Corpo de Bombeiros), e triagem de vítimas pelo SAMU (Serviço de Atendimento Móvel de Urgência). Neste caso, o planejamento inicial deve conter o cenário de emergência, e os dois procedimentos que serão treinados, dados que são necessários treinar as competências de conhecer e aplicar os protocolos de emergência e utilizar equipamentos e veículos de salvamento [16].

2) Análise

Em seguida do planejamento inicial, em design de jogos há um detalhamento do jogo (pré-produção com o documento de design do jogo, e o documento técnico de design). Em jogos

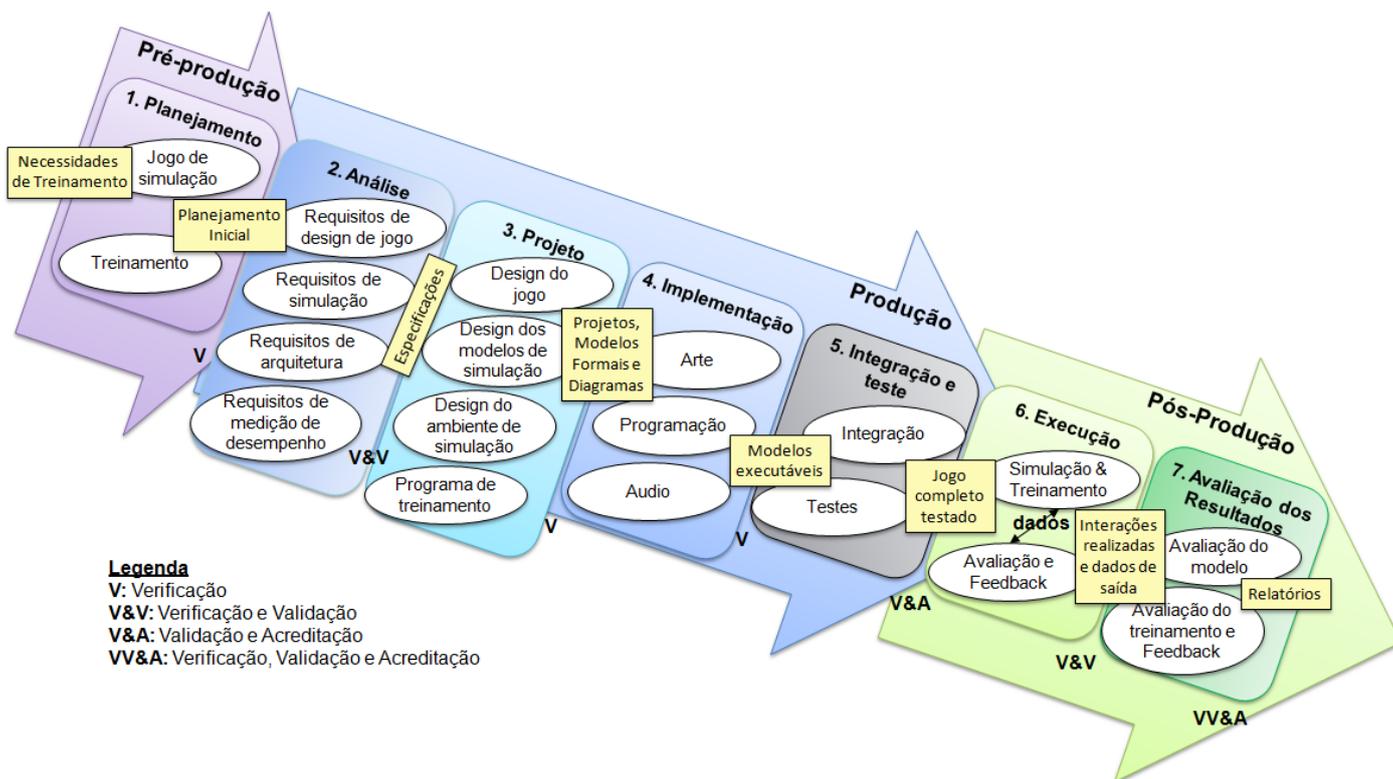


Fig. 2. Metodologia de Design de Jogos Sérios de Simulação para Treinamento: planejamento, produção, execução e avaliação.

de simulação este detalhamento será feito com o levantamento de requisitos dos diversos “produtos” que devem ser gerados (modelo de simulação, jogo, arquitetura/ambiente de simulação (se será em rede ou não), e métricas de avaliação).

A análise dos requisitos do jogo deve conter todos os requisitos de design do jogo já descritos. Já os requisitos de simulação devem conter o nível de fidelidade que cada modelo terá (correspondência de representação/abstração entre o modelo simulado e a realidade), tanto na dimensão funcional (“como o modelo trabalha?”- informações, estímulos e respostas) quanto na física (“como o modelo se parece e sente?”- áudio, visual e movimento). Para jogos e simulações distribuídas é necessário identificar os requisitos do ambiente de simulação, por exemplo, se o ambiente de simulação for baseado na Arquitetura de Alto-Nível HLA, devem ser identificados gerenciamento de tempo, sincronização, interoperabilidade, etc. Em treinamentos, os requisitos de medição de desempenho deve ser especificados a partir da análise dos objetivos do treinamento e das habilidades treinadas, por ex., se o treinamento for melhorar a integração entre equipes focando habilidades não-técnicas de comunicação, então alguns dos requisitos será capturar a voz dos trainees e respectivo tempo para avaliar sua comunicação.

3) Projeto

A partir da especificação dos requisitos, os designers devem mapear as estruturas e funcionalidades dos modelos que devem ser construídos, documentando-os para que o programador possa implementá-los no processo seguinte. Vários artefatos (diagramas e modelos) podem ser utilizados

para isto. O objetivo da nossa metodologia é integrar equipes multidisciplinares, e para isto é importante que estes artefatos sejam de fácil compreensão por todos envolvidos nesta fase e depois para os modeladores e programadores que os utilizarão para implementar o jogo.

Dados os quatro diferentes tipos de requisitos, podemos projetar e documentar cada um deles no design do jogo, design do modelo de simulação, design do ambiente de simulação (federação), e o programa de treinamento. Estes documentos são interdependentes para criar jogos sérios de treinamentos em rede.

Na nossa metodologia são usados storyboards, modelos formais (DEVS - Especificação de evento discreto, DFA - Autômato determinístico finito, e FIS - Sistema de Inferência Fuzzy) e diagramas UML, descritos a seguir:

- *Storyboards para o design do jogo:* estes podem ser usados colaborativamente entre diferentes equipes, para auxiliar o entendimento do cenário e treinamento pois possibilitam descrever as interfaces de interação e fluxo de ações. Os storyboards são utilizados conforme descrito no trabalho de Rankin [16], porém em conjunto com os Procedimentos Operacionais Padrões (POP’s) ou regras e normas que permitem descrever procedimentos básicos para as atividades a serem treinadas que são validados com os especialistas quando não há o POP específico. Os POP’s são padronizações das funções desempenhadas em uma organização, que possibilitam diversos benefícios, inclusive a melhoria da produtividade, a facilitação do

treinamento e condução de avaliação de desempenho, encorajando um processo de melhoria contínua [19]. POP's e storyboards possibilitam compartilhar e adaptar ideias durante o processo de design [16], inclusive capturar o conhecimento do domínio dada a integração do especialista desta área.

- Diagramas UML para modelagem estruturada e comportamental.
- Modelos formais (DEVS, DFA, FIS) para modelagem comportamental e avaliação do desempenho.

O plano de treinamento, que pode ser realizado de acordo com a NBR ISO 10015, deve contemplar cada treinamento com seus dados e requisitos, descrevendo que o método de treinamento será por meio de jogo sério. Deve ser especificado também o programa de treinamento, com objetivos, público alvo, metodologia e conteúdo, critérios para avaliação dos resultados do treinamento, etc.

4) Implementação

Na fase de implementação todos os recursos necessários são modelados e implementados: arte (desenho, modelagem, texturização e animação), programação (motor, ferramentas, gráfico, rede, IA, áudio, física, interface) e áudio [3]), utilizando os documentos de design da fase anterior.

5) Integração e Teste

Submodelos desenvolvidos individualmente ou reusados precisam ser integrados, tais como, aplicações de membros (federados) em simulações distribuídas, e até mesmo objetos e recursos em jogos. Nesta etapa é feita a integração do jogo completo, e seus testes, para posterior lançamento e/ou uso.

6) Execução

Em jogos, muitas metodologias compreendem apenas etapas de pré-produção e produção, pois quando os jogos são lançados não há um controle e gerenciamento de suas execuções. Assim quando há pós-produção, ela é para lançar novas versões e correções ou arquivar os produtos criados e as lições aprendidas. Já as metodologias de simulação compreendem a pré-execução (produção), execução e pós-execução (avaliação), em que a execução visa capturar os dados de saída para avaliação do modelo de simulação. A execução e pós-execução são processos realizados na pós-produção. Como o objetivo da metodologia proposta é jogo sério de treinamento, é necessário um controle e gerenciamento dos treinamentos para posterior análise e feedback. Assim, o processo de execução da simulação (um ou mais modelos) deve ser representado na nossa metodologia. Além do mais, há o processo de execução do treinamento que pode ter a presença de um instrutor, envolver mais do que um nível do jogo, ou a execução de vários modelos de simulação ou jogos. Neste processo são os *trainees* que executam a simulação e o treinamento.

7) Avaliação dos Resultados

Os instrutores podem acompanhar o treinamento e avaliar o desempenho dos *trainees* durante e depois da execução do treinamento. Neste último caso, a avaliação é realizada usando os dados de saída da simulação. Além da avaliação do treinamento é feita também uma avaliação dos modelos de

simulação para sua melhoria. Relatórios de avaliação também podem ser gerados para outros interessados (*trainee*, treinador, organização, etc.).

8) Verificação, Validação e Acreditação

Assim como softwares, simulações precisam ser verificadas e validadas com os requisitos e dados do mundo real, ao contrário dos jogos que geralmente são testados a partir de suas especificações de concepção. A validação é realizada pelos especialistas de domínio para validar que os artefatos gerados refletem os aspectos do espaço do problema abordado e são consistentes com o mundo real. A verificação é realizada pelos desenvolvedores para verificar se os artefatos gerados refletem corretamente os requisitos de entrada. A acreditação é o aceite oficial do software para um determinado conjunto de objetivos.

B. Ciclo de vida aplicado a uma prova de conceito

Para ilustrar o uso de nossa metodologia, é apresentado como prova de conceito o desenvolvimento de um jogo sério para treinamento a partir do seu POP. São utilizados storyboards, diagramas UML, modelagem formal de DFA e o motor de jogo Unity3D. Este treinamento foi criado e usado para ilustrar um exemplo do uso da metodologia em uma disciplina de graduação (Tópicos Especiais: Simulação Interativa Distribuída). Esta disciplina serviu como um laboratório de observação, experimentação e aprimoramento da metodologia, pois foram criados com ela diferentes treinamentos em dois semestres (1/2012 e 1/2013). No primeiro semestre foram criados 12 diferentes treinamentos em resposta a emergências (de salvamentos à combates a incêndio). No segundo semestre foram criados 7 diferentes cenários: 4 para treinamento de resposta a emergência (dois operacionais e dois de comando) e 3 para educação de crianças no trânsito. Desta forma, os treinamentos foram diversificados para verificar sua abrangência quando aplicados a outros domínios. Por questão de espaço será apresentado apenas um treinamento completo, desde o planejamento até a execução pois a avaliação do treinamento será apresentada em trabalhos futuros.

1) Planejamento

O primeiro processo visa o entendimento e planejamento do treinamento. A Tabela IV apresenta um *template* das informações necessárias para criar este planejamento, preenchidas com os dados da nossa prova de conceito, que é um treinamento de combate ao vazamento de gás de cozinha, que pode levar a asfíxia ou ocasionar explosão.

TABELA IV. PLANEJAMENTO INICIAL.

Planejamento Inicial	
Problema Real	Capacitar e treinar bombeiros para combater vazamento de gás de cozinha (Gás Liquefeito de Petróleo) sem riscos reais.
Aprendizes	Bombeiros (soldados, cabos, sargentos) que atuam no combate ao vazamento de gás de cozinha.
Cenário e Motivação	O vazamento de gás pode causar asfíxia e explosão dependendo do seu tipo e de suas propriedades. Cada substância gasosa tem um limite inferior (GLI) e superior (GLS) de inflamabilidade. O gás de cozinha (GLP - Gás Liquefeito de Petróleo) é um exemplo de combustível gasoso que requer bastante cuidado. Esse gás não é tóxico, mas é classificado como um asfíxiante, pois pode deslocar o ar, ficando no seu lugar no ambiente, e levar ao sufocamento, se

	o oxigênio contido no ar ambiente atingir concentrações abaixo de 8%. O gás vazado e que está depositado no ambiente pode ser dissipado por ventilação. Se a quantidade de GLP no ambiente estiver entre o GLI e GLS e houver uma ignição de energia estática ou elétrica então essa quantidade explodirá. Há diversas formas de gerar energia estática (tais como, bater palmas e correr) e elétrica (ligar o ventilador ou o interruptor de luz). O combate ao vazamento de GLP requer um cuidado em seguir o protocolo e não gerar energia que levará a uma explosão caso houver a condição ideal para isto. Treinar pessoas em um ambiente real envolve custos e riscos, assim um ambiente virtual permite a exploração e treinamento sem danos materiais e risco de morte, e possibilita a diversificação de cenários (diferentes combinações de condições de vazamento) e ambientes (diferentes lugares e meios de gerar eletricidade).
Objetivo do treinamento	Que o aprendiz possa treinar o protocolo de combate ao vazamento de GLP.
Habilidades a serem treinadas	Habilidade técnica – conhecer e usar os procedimentos de forma correta.
Objetivo da simulação	Desenvolver um jogo de simulação para treinar o combate ao vazamento de GLP.
Cenário de possível ocorrência do treinamento	O que: vazamento de gás de cozinha em residência Onde: residência (espaço confinado) Quando: 15abr2013 – 08h00 Quem treinará: Um bombeiro que deve combater o vazamento Como: usando o protocolo de combate ao vazamento de GLP Avaliação de risco preliminar: risco de explosão e asfixia
Anexos	1.Procedimento Operacional Padrão para Vazamento de GLP 2.Vídeos com instruções para combater vazamento de GLP e evitar explosão

usuário deve fazer para realizar a tarefa	na sequência correta - Se o quadro de energia estiver do lado de fora, cortar a energia elétrica - Entrar e abrir portas e janelas - Cortar o fluxo de gás do recipiente - Retirar o recipiente de gás para um local seguro e ventilado
Como o usuário faz estas ações	O jogador interage com o ambiente virtual 3D – clique do mouse (em portas, quadro de energia, botão de gás) e teclado (setas para caminhar) e interface 2D (botões na tela)
Que feedback será apresentado se a tarefa foi cumprida corretamente ou se não for	Informação textual sobre sucessos e erros; e representações 3D das consequências das ações, por exemplo, fogo ou vazamento extinto, explosão, etc.
Erros e falhas que o usuário poderá cometer e o que isto ocasionará	Realizar ações fora da sequência de combate ao vazamento de GLP: - Não cortar a energia elétrica quando o quadro de energia estiver do lado de fora: somente feedback de alerta se não gerar ignição elétrica - Não abrir portas e janelas: morte por asfixia - Gerar ignição estática ou elétrica, quando ela não for cortada: explosão
Nível de fidelidade - Dimensão Física	
Qualidade da som	Comunicação por rádio com ruídos de equipamentos e pessoas ao redor
Resolução	Representação 3D de bombeiros e prédios (paredes com detecção de colisão) com alto nível de representação. Interface 2D para ações e feedbacks.

2) Análise

A partir do planejamento inicial do treinamento, os levantamentos dos requisitos foram feitos, em conjunto com especialistas no domínio, utilizando os procedimentos, normas e recursos disponíveis. Eles foram divididos em quatro tipos mas são interconectados: design de jogo, simulação, arquitetura e as métricas de avaliação. A Tabela V apresenta os principais requisitos de design de jogo, seguido da Tabela VI que apresenta os requisitos de simulação.

TABELA V. REQUISITOS DE DESIGN DE JOGO.

Requisitos de Design de Jogo	
Interface de interação e entrada/saída	Botões na tela; botões do teclado e do mouse
Personagens	Bombeiros e Médicos
NPC's	Vítimas quando houver
Mundo do game	Cenários de residência
Pontuação, Vidas, Mapa	Não haverá inicialmente
Motor de Jogos	Unity3D
Recursos	Áudio, texturas, modelos 3D, animações
Jogabilidade	1. Interface simples e fácil de entender 2. Pode haver vários níveis cada um com um mundo diferente para o mesmo treinamento

TABELA VI. REQUISITOS DE SIMULAÇÃO.

Requisitos de Simulação	
Nível de fidelidade - Dimensão Funcional	
Informações que o usuário precisa para realizar a tarefa	Informações sobre a emergência e sua situação atual
Como ele obterá as informações	Apresentação de uma breve descrição do cenário (texto) e visualização da cena (ambiente virtual 3D)
Ações que o	Realizar o protocolo de combate ao vazamento de GLP

Não há requisitos de arquitetura na versão 1 do treinamento (individual). Uma versão 2 será especificada e implementada utilizando a arquitetura HLA.

Dado que o objetivo do treinamento é que o *trainee* utilize o protocolo na sequência correta dentro de um prazo determinado, então os requisitos de medição de desempenho compreende capturar as interações do *trainee* com a simulação e o seu tempo de execução, bem como, os resultados do treinamento.

3) Projeto

Storyboards foram utilizados para refinar o POP, definir o cenário e visualizar as interfaces de interações (que é apresentado na Figura 3- clique do mouse interage com os objetos em vermelho). No exemplo da Figura 3 foi usado desenho a “mão livre”, que pode ser bem útil para uma rápida compreensão do ambiente e da simulação, porém ferramentas de construção de storyboards, do tipo de *ComicLife*, *Bubblr*, *The Tarquin Engine*, podem ser utilizadas. A partir dos storyboards foram definidos os modelos formais para os protocolos (que são utilizados para representar o comportamento da simulação e avaliação de desempenho, dados a sequência de ações que o *trainee* fizer). A Figura 4 apresenta a descrição formal do autômato criado e a Figura 5 apresenta seu diagrama de transição entre os estados. Diagrama de classe foi utilizado para representar a estrutura dos modelos de objetos simulados (que o *trainee* pode interagir – Botijão, Quadro de Energia, Ventilador, Porta, etc., conforme ilustrado na Figura 6).

4) Implementação

Nesta fase, o motor de jogos Unity3D© (Unity Technologies - <http://unity3d.com/>) foi utilizado em conjunto

com a linguagem C# para programação dos modelos de simulação – apresentados nos diagramas de classes e diagrama de transição de estados. Os modelos 3D foram reusados a partir do repositório do 3DWarehouse© (Google - <http://sketchup.google.com/3dwarehouse/>). Foram criadas animações simples para as portas e o quadro de energia, e usados sistemas de partículas do próprio Unity3D para representar a explosão e o vazamento de gás. Áudios e texturas foram reusadas de repositórios gratuitos encontrados na Internet.



Fig. 3. Design de Interface e Interação: storyboard (clique do mouse nos objetos em vermelho acioná-los).

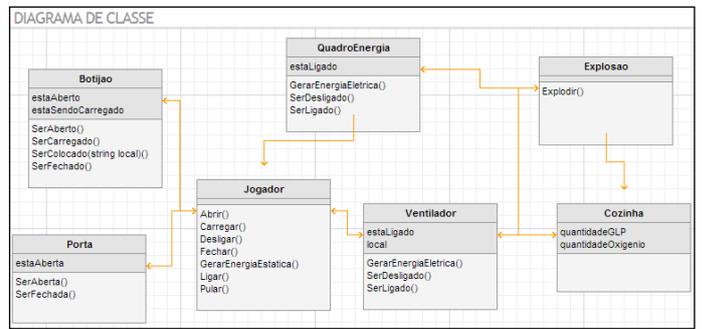


Fig. 6. Design de Modelo de Simulação: diagrama de classes UML (modelagem estruturada).

5) Integração e Teste

Na atividade de integração, todos os *Assets* do jogo e modelos de simulação (scripts) foram integrados. Na atividade de teste foram realizados testes de interface e interação, teste de colisão, teste de efeitos sonoros, teste de jogabilidade, para garantir que todas as funcionalidades estavam funcionando corretamente.

Após a integração e testes o jogo de simulação para treinamento de vazamento de GLP foi concluído, conforme pode ser visto nas figuras 7, 8 e 9.

6) Execução

Nesta fase, os *trainees* já podem usar a simulação para treinamento e os resultados de suas ações serão visualizados no ambiente virtual 3D, conforme pode ser visto nas figuras 7, 8 e 9. Registros (logs) de todas ações e dos resultados são armazenados para posterior análise (Figura 10). A avaliação se o procedimento foi realizado correto ou não é apresentado no final do treinamento.

$M = (Q, \Sigma, \delta, q00, F)$, onde:
 $Q = \{q00, q01, q02, q03, q04, q05, e06, q07, q08, a01, e01, e02, e03\}$
 $\Sigma = \{p01, p02, p03, p04, F01, F02, GLS, GLI, OLI\}$
 $\delta = Q \times \Sigma \rightarrow Q$ (conforme é apresentado na Figura 3)
 $F = \{a01, e01, e02, e03\}$

Fig. 4. Design de Modelo de Simulação: descrição formal do DFA (modelagem do comportamento e avaliação de desempenho).

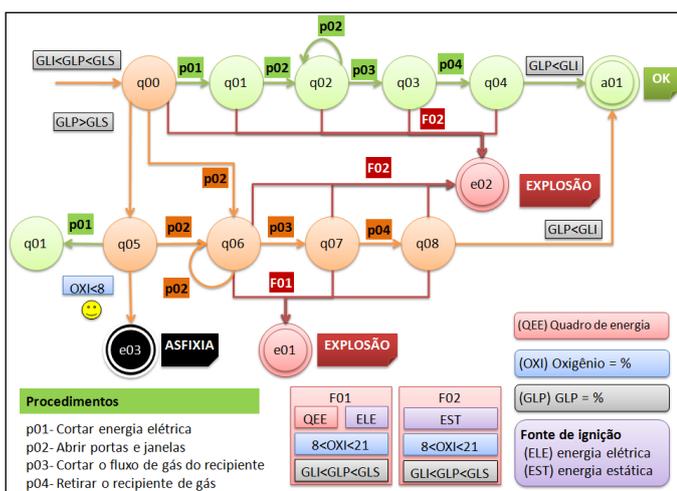


Fig. 5. Design de Modelo de Simulação: diagrama de transição de estados e procedimento (modelagem do comportamento e avaliação de desempenho).

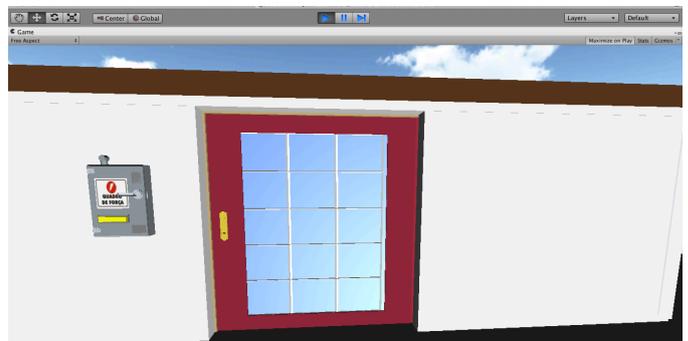


Fig. 7. Jogo de Simulação: visão do lado de fora da residência.

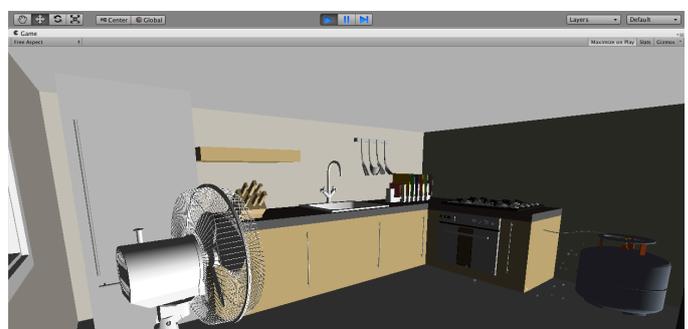


Fig. 8. Jogo de Simulação: visão da cozinha – vazamento de GLP.

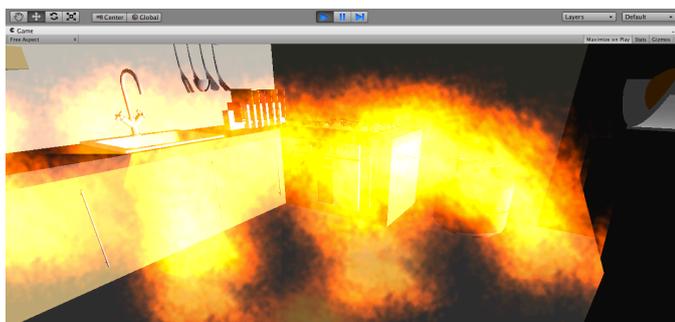


Fig. 9. Jogo de Simulação: visão dentro da residência – explosão.

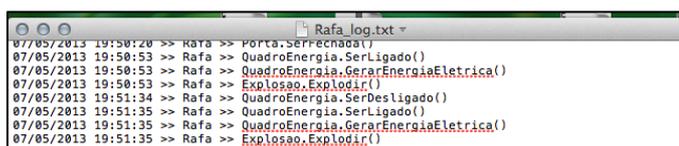


Fig. 10. Jogo de Simulação: logs.

IV. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Aprimorar profissionais requer treinamento contínuo, o que nem sempre é possível devido ao alto custo ou risco de alguns postos de trabalho. Jogos sérios permitem treinamento intensivo, com segurança, por muitas pessoas e de forma efetiva. Entretanto, a criação de um jogo sério para treinamento requer uma equipe multidisciplinar que conheça e integre as áreas de jogos, simulações, treinamentos e o domínio de aplicação. Isto requer uma metodologia própria com processos e artefatos específicos que são utilizados pelos diferentes *stakeholders* para analisar, projetar e integrar os diferentes requisitos, visando construir um treinamento efetivo para o aprendiz e sua instituição de trabalho.

Este artigo descreveu uma metodologia de design e arquitetura de suporte a criação, desenvolvimento e produção de jogos sérios para treinamento. Esta metodologia contribui para integrar equipes multidisciplinares e identificar seus papéis nos diferentes processos que geram os artefatos necessários do jogo de simulação para treinamento, bem como os requisitos que devem ser considerados em cada processo. Além disso, a metodologia pode contribuir para o aumento da eficiência e eficácia na produção de jogos deste tipo se os requisitos de cada processo forem atendidos com a integração planejada (dada pelos artefatos de design gerados, storyboards, diagramas, modelos formais e projeto de treinamento).

A implementação de uma arquitetura distribuída com integração dos modelos de simulação está sendo realizada e após esta etapa serão feitos os testes e avaliações da simulação. Serão feitas também as avaliações dos desempenhos dos aprendizes, referentes a melhoria de suas habilidades técnicas, durante o processo de treinamento. Como trabalhos futuros serão integrados o treinamento e avaliação de habilidades não técnicas, tais como, comunicação, tomada de decisão, percepção da situação, liderança. Serão também avaliadas as equipes, que envolve avaliação dos eventos espaço-temporais que já são capturados durante a execução do treinamento.

AGRADECIMENTOS

Este projeto está sendo financiado pela CNPq, FAPESP e CAPES (Projeto INCT-SEC, processos 2010/07179-8, 08/57870-9, 237216/2012-4, 143567/2011-0, 573963/2008-8). Os autores gostariam de agradecer ao Corpo de Bombeiros da cidade de São Carlos por seu apoio, e aos alunos de IC e graduação pelas contribuições.

REFERÊNCIAS

- [1] C. Aldrich. "Learning by doing: a comprehensive guide to simulations, computer games, and pedagogy in e-learning and other educational experiences". San Francisco, CA, USA: Pfeiffer, 2005.
- [2] J. Mattar. "Games em educação: como os nativos digitais aprendem. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.
- [3] J. Novack. "Desenvolvimento de Games - Tradução da 2a. edição norte-americana". São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- [4] ABNT. "NBR ISO 10015:2001 - Gestão da qualidade - Diretrizes para treinamento". Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2001.
- [5] D. Maciuszek, M. Weicht, and A. Martens. "Seamless integration of game and learning using modeling and simulation". In: Simulation Conference (WSC), Proceedings of the 2012 Winter, 2012, pp.1-10.
- [6] D.G. Domingues. "Protótipos para a criação de jogos digitais: aplicações no ensino de design de games". Tese (Doutorado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Artes e Design, 2011.
- [7] O. Balci. "A life cycle for modeling and simulation". *SIMULATION*. July 2012, vol. 88 no. 7, 2012, pp. 870-883.
- [8] D.-J. van der Zee, B. Holkenborg, and S. Robinson. "Conceptual modeling for simulation-based serious gaming". *Decision Support Systems*, Available online 28 March 2012.
- [9] T.D. Phelan. "Emergency Management and Tactical Response Operations: bridging the gap". Burlington, MA, USA: Elsevier, 2008.
- [10] J.P. Campos e S. Guimarães. "Em busca da eficácia em treinamento: Norma ABNT NBR ISO 10015:2001 - Gestão da qualidade - Diretrizes para treinamento". 2008.
- [11] H.M. Chandler. "Manual de Produção de Jogos Digitais". Porto Alegre: Bookman, 2012.
- [12] P. Schuytema. "Design de Games: Uma Abordagem Prática". São Paulo: Editora Cengage Learning, 2008.
- [13] R.D. Smith. "Simulation: the engine behind the virtual world". *Simulation 2000 Series*, vol.1, p. 1-24, 1999.
- [14] IEEE 1516.3-2003. "Recommended Practice for High Level Architecture Federation Development and Execution Process (FEDEP)". *IEEE Publication*, Washington, DC, 2003.
- [15] F. Masakazu; et al. "MARS: A M&S Framework for Large Scale Simulations Based on the HLA". In: Fall Simulation Interoperability Workshops, Fall SIW'05, September 18-23, 2005, Orlando, Florida. 05F-SIW-033. 2005. pp.1-7.
- [16] A. Rankin, et al. "Training systems design: bridging the gap between users and developers using storyboards". In: Proceedings of the 29th Annual European Conference on Cognitive Ergonomics (ECCE '11). ACM, New York, NY, USA, 2011, pp. 205-212.
- [17] D.K. Pace. "Ideas About Simulation Conceptual Model Development". *Johns Hopkins APL Technical Digest*, vol. 21, 2000, pp. 327-336.
- [18] S. Robinson. "Conceptual modelling for simulation Part I: definition and requirements". *Journal of the Operational Research Society*, vol. 59, 2007, pp. 278-290.
- [19] D. Grusenmeyer. "Developing Effective Standard Operating Procedures". Disponível em: <http://www.ansci.cornell.edu/pdfs/sopsdir.pdf>. Acesso em: jul. 2013.