

Back to the Promotion–EvacSIM: a Serious Game to Practice Requirements Elicitation on an Agent-based Simulation

Nícolás M. Debacher¹, Luis F. Kuster¹ Ana F. C. dos Santos¹
Adilson Vahldick¹, Fernando Santos¹

¹Departamento de Engenharia de Software
Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)
Ibirama – SC – Brazil

{nicolas.md, luis.kuster0794, afcd.santos44}@edu.udesc.br,
{adilson.vahldick, fernando.santos}@udesc.br

Abstract. *Agent-based Simulation (ABS) is a computational simulation paradigm focused on individuals (agents) and their interactions. To develop an ABS we must identify and describe the agents, the interactions, and the environment under study. This can be done via requirements elicitation, a requirements engineering phase in which one can understand and collect the needs of the software stakeholders. The success of the requirements elicitation phase often depends on the practical experience of the software engineer. However, the practice experienced by software engineers in undergraduate programs is limited and rarely considers eliciting ABS requirements. In this paper, we propose a serious game that uses virtual reality to enable practicing requirements elicitation on ABSs. The player plays the role of a software engineer that interacts with stakeholders to identify and collect requirements of an evacuation ABS. The obtained result suggests evidence that a serious game can be a feasible alternative to practice requirements elicitation on ABSs.*

Resumo. *Simulação baseada em agentes (SBA) é um paradigma de simulações computacionais cujo foco está nos indivíduos (agentes) e suas interações. Para desenvolver uma SBA é preciso identificar e descrever os agentes, as interações e o ambiente em estudo. Isto pode ser feito através da elicitação de requisitos, uma etapa da engenharia de requisitos na qual se entende e se coletam as necessidades dos stakeholders do software. O sucesso da elicitação de requisitos frequentemente depende da experiência prática do engenheiro de software. Contudo, a experiência prática vivenciada durante a formação do engenheiro de software é limitada e raramente contempla elicitar requisitos de SBAs. Neste artigo é proposto um jogo sério com realidade virtual para viabilizar a prática da elicitação de requisitos de SBAs. O jogador assume o papel de engenheiro de software e interage com os stakeholders para identificar e coletar requisitos de uma SBA de evacuação. O resultado obtido conjectura que um jogo sério pode ser uma alternativa viável para praticar a elicitação de requisitos de SBAs.*

1. Introdução

Simulações computacionais têm sido cada vez mais utilizadas como ferramenta para estudar fenômenos e apoiar a tomada de decisão em diversos domínios. Por exemplo, simulações de propagação de doenças auxiliam autoridades a mitigar epide-

mias [Gaudou et al. 2020]. Já simulações de evacuação permitem analisar se é possível evacuar espaços físicos de forma eficiente em emergências [Souza e Kuwer 2019].

Um paradigma de simulação computacional que tem se destacado é o de simulação baseada em agentes (SBA). Neste paradigma, agentes simulados são utilizados para reproduzir e investigar fenômenos de interesse [Klügl e Bazzan 2012]. Deste modo, é possível focar nos indivíduos (agentes) e nos efeitos que o comportamento e as interações destes indivíduos podem causar no sistema — por exemplo, efeitos da ausência de saídas de emergência durante uma evacuação.

Por se tratar de um software, o desenvolvimento de uma SBA segue, idealmente, um processo de software. Este processo é composto de várias etapas organizadas de forma padronizada e reprodutível, permitindo que a capacitação de pessoas e organizações torne o desenvolvimento menos dependente de determinados indivíduos [Paula Filho 2019]. Uma das etapas é a elicitação de requisitos, na qual o engenheiro de software precisa identificar os requisitos do software através da interação com a organização do cliente, o que envolve se comunicar com as pessoas, estudar documentos e conhecer o processo da organização. Pode parecer uma atividade fácil, mas os usuários e clientes não estão familiarizados com a formalização das suas tarefas na organização, o que exige do engenheiro de software várias competências para garantir que não haja deficiências quanto à definição do escopo, à compreensão do problema a ser resolvido e a volatilidade dos processos da empresa [Pressman e Maxim 2016].

A dificuldade da elicitação de requisitos aumenta ao se considerar softwares não convencionais, como é o caso de simulações computacionais, mais especificamente SBAs. A experiência prática do engenheiro de software é portanto essencial para o sucesso da etapa de elicitação de requisitos. Contudo, nota-se que a experiência prática vivenciada pelo engenheiro de software durante sua formação acadêmica é limitada, dificultando a elicitação de requisitos de novos softwares, incluindo SBAs.

Este artigo apresenta o desenvolvimento de um jogo sério para praticar a elicitação dos requisitos de SBAs. Jogos sérios (ou educacionais) ilustram a teoria através da prática, podendo simular ambientes corporativos e permitir que estudantes de engenharia de software aprendam através da interação com os personagens, conscientizando-os da importância da elicitação de requisitos no sucesso do desenvolvimento de software [Rosa et al. 2017]. O jogo utiliza realidade virtual para proporcionar imersão, e o jogador é colocado no papel de engenheiro de software com a missão de coletar requisitos para uma SBA de evacuação. Para cumprir a missão, o jogador deve interagir com personagens que representam os *stakeholders* da SBA. O resultado obtido sugere a viabilidade da construção de jogos sérios para elicitar requisitos de SBAs.

O restante do artigo está organizado da seguinte forma. A seção 2 apresenta a fundamentação teórica relacionada à SBAs e engenharia de requisitos. A seção 3 apresenta o desenvolvimento, e a seção 4 demonstra o jogo. Por fim, a seção 5 relata as conclusões e sugestões de trabalhos futuros.

2. Fundamentação teórica

Esta seção apresenta os conceitos fundamentais utilizados na concepção e desenvolvimento do jogo sério. A seção inicia com a contextualização sobre SBA, posteriormente sobre engenharia de requisitos, e por fim jogos sérios em realidade virtual.

2.1. Simulação Baseada em Agentes

Simulação baseada em agentes (SBA) é um paradigma de simulação que possibilita replicar e estudar fenômenos naturais ou sociais. De acordo com [Klügl e Bazzan 2012], uma SBA é formada por três elementos: um conjunto de agentes autônomos; a especificação das interações entre os agentes e ambiente, responsáveis por produzir a saída geral do sistema; e o ambiente simulado, que contém todos os demais elementos de simulação, como recursos e outros objetos sem comportamento ativo.

Os agentes possuem duas propriedades fundamentais: eles são autônomos em suas tomadas de decisão em relação aos seus objetivos; e são capazes de interagir uns com os outros, não apenas através da troca de dados, mas também através de práticas sociais como negociação, coordenação e cooperação. Agentes podem tomar decisões a partir de deduções lógicas, modo que se assemelha ao raciocínio humano, ou através da combinação de dedução e outro mecanismo de tomada de decisão [Wooldridge 2009]. Sendo assim, os agentes usualmente representam os indivíduos com comportamento próprio, tais como pessoas, cujo comportamento individual e coletivo produz os resultados da simulação.

Em uma SBA o engenheiro de software não possui restrições quanto a complexidade do agente que deseja especificar, sendo livre para definir técnicas sofisticadas para raciocínio e interações (por exemplo, técnicas de aprendizagem e redes neurais disponíveis na área de inteligência artificial), bem como para compor a população de agentes de forma heterogênea. Desta forma, o engenheiro de software pode incorporar explicitamente na simulação a complexidade e diversidade de comportamento e interações dos indivíduos observada em cenários reais [Macal e North 2014].

SBAs têm sido usadas em diversas áreas. [Le Page et al. 2013] apresentam uma coletânea de aplicações de SBAs na área de gerenciamento ambiental e gestão de riscos (ocupação territorial, florestas, agricultura, entre outros). [Macal e North 2014] reportam uso de SBAs na área financeira, econômica, ciências sociais, logística, e epidemiológica, e de mobilidade e transporte.

Uma SBA é, em essência, um software. Sendo assim, seu desenvolvimento deve seguir um processo de software que contempla, dentre outras etapas, a fase de engenharia de requisitos [Siebers e Klügl 2017]. Após identificados, os requisitos podem ser modelados usando ferramentas de modelagem de simulações [Santos et al. 2020] ou de programação de simulações (e.g., NetLogo ou Gama).

2.2. Engenharia de Requisitos

Os requisitos podem ser definidos como as necessidades, demandas e expectativas específicas que um sistema, produto ou serviço deve atender [Pressman e Maxim 2016]. Eles são a base para o desenvolvimento e a entrega de uma solução que atenda aos objetivos e às exigências das partes interessadas envolvidas (*stakeholders*). Conforme [Sommerville 2016], os requisitos podem basicamente ser classificados como: requisitos funcionais (RF), que descrevem as funcionalidades e as ações específicas que o software deve realizar; requisitos não-funcionais (RNF), que são relacionados a atributos de qualidade do sistema, como desempenho, segurança, usabilidade, escalabilidade e confiabilidade; e regras de negócio (RN), que restringem ou detalham os RFs.

A engenharia de requisitos (ER) é um dos primeiros passos no processo de desenvolvimento de software. Na etapa de elicitação de requisitos da ER, os profissionais se empenham em coletar o máximo de informações possíveis do ambiente-alvo [Sommerville 2016]. No entanto, essa tarefa requer não apenas competências técnicas, mas também habilidades interpessoais para se comunicar efetivamente com os participantes do processo. A ER é uma fase multidisciplinar que coloca as pessoas no centro do processo. Portanto, a comunicação desempenha um papel vital. Como afirmado por [Ernst e Murphy 2012], as informações necessárias não estão centralizadas em um único local mas estão dispersas e podem vir de várias fontes, como diferentes *stakeholders*, especialistas de domínio e usuários finais. Isso torna a coleta e interpretação de informações um desafio adicional na ER.

2.3. Realidade Virtual como Jogos Sérios

Realidade Virtual (RV) é uma tecnologia que se concentra na criação de ambientes tridimensionais nos quais os usuários podem se mover e interagir com elementos virtuais [Tori et al. 2020]. A RV oferece a possibilidade de criar experiências interativas e envolventes, nas quais os usuários podem explorar e interagir com ambientes virtuais de maneira mais natural e realista. Existem várias definições para a RV. Uma delas descreve a RV como qualquer software que transporte o usuário para um ambiente simulado, fazendo com que ele se sinta imerso no mundo virtual [Robertson et al. 1993]. Outra definição é a de RV imersiva, que considera o uso de um *headset* como o principal hardware para conectar o usuário à aplicação [Freina e Ott 2015]. Nesse caso, o *headset* permite que o usuário visualize o ambiente virtual e tenha uma experiência imersiva mais intensa.

O uso da RV na educação é considerado uma progressão genuína na utilização da tecnologia para apoiar a aprendizagem [Pantelidis 2009]. A RV oferece novas formas e métodos de visualização e interação, permitindo que os alunos observem e examinem objetos e processos de maneira mais próxima e profunda. Ela motiva os alunos e os desafia a explorar e interagir em ambientes 3D.

Como mencionado em [Andrade et al. 2022], as pesquisas com RV frequentemente utilizam equipamentos especializados de RV imersiva, como Oculus Quest e HTC Vive, que podem não ser acessíveis ao público em geral devido ao seu alto preço. Uma alternativa é o *headset* VR Box, que é um dispositivo que permite a fixação de smartphones. Os usuários visualizam o conteúdo com cada olho em uma imagem diferente, criando o efeito estereoscópico. Os aplicativos para sistema Android são desenvolvidos utilizando a tecnologia Google Cardboard que proporciona uma experiência básica de RV.

[Garcia et al. 2020] sugerem o uso de jogos para apoiar a aprendizagem, pois eles não apenas permitem o desenvolvimento individualizado na evolução do estudante, mas também oferecem um ensino baseado na prática. Jogos sérios (ou educacionais) ilustram a teoria por meio da prática, já que podem simular ambientes de negócios, permitindo que o estudante aprenda por meio da interação contínua entre sucessos e erros [Rosa et al. 2017], assim reduzindo as taxas de falha de projetos.

Verifica-se na literatura que a aplicação de RV para praticar ou realizar a elicitação de requisitos é limitada. [Gulec et al. 2021] apresentam um ambiente que coloca o jogador no papel de um engenheiro de software. O usuário é capaz de se locomover, mas a interação com *non-playable characters* (NPCs) é limitada. No caso da etapa de elicitação,

é apresentado ao jogador uma relação de requisitos, e ele deve identificar quais estão corretos para o sistema. Não há portanto um diálogo que tenta replicar a interação humana que usualmente ocorre. Já [Mayor e López-Fernández 2021] apresentam um ambiente RV para que o jogador experiencie alguns artefatos do framework Scrum (ex: sprint backlog, planning poker). Apesar de os diálogos com NPCs serem mais realistas, não há neste ambiente uma etapa específica de elicitação de requisitos. Não foram encontradas, até o momento, iniciativas usando RV para praticar a elicitação de requisitos no contexto de SBAs. Contudo, já há autores que propõem a adoção de processos da engenharia de software (contemplando a fase de elicitação de requisitos) para o desenvolvimento de sistemas multiagentes [Souza Filho et al. 2022] e SBAs [García-Magariño et al. 2015].

3. Desenvolvimento do Jogo

Em [Vahldick et al. 2023] é apresentado um jogo com RV para Android batizado *Back to the Promotion*. O objetivo do jogo é aprimorar as habilidades necessárias para a elicitação de requisitos através de entrevistas guiadas com *stakeholders*. A decisão por usar RV permite que o aluno esteja imerso no ambiente de negócios. Neste jogo, o jogador assume o papel de um engenheiro de requisitos de uma empresa de desenvolvimento de software. Ele tem a tarefa de levantar os requisitos para desenvolver um sistema de controle de partidas de vôlei. Esse levantamento é feito interagindo com NPCs. Nessas interações, o jogador vai aprender vários aspectos sobre coleta de requisitos e comunicação. Por exemplo, alguns diálogos não tem utilidade como requisito e outros são redundantes. Quanto à comunicação: no início da conversa sempre haverá opções nos menus em que as frases são rudes ou nem tão educadas, resultando em respostas que não contribuem com a tarefa, ou mesmo na interrupção da conversa com o NPC.

Para agilizar o desenvolvimento, optou-se por modificar o jogo original, introduzindo *stakeholders* e diálogos relacionados à simulação de evacuação, criando uma nova versão do jogo que foi chamada de *Back to the Promotion–EvacSIM*. O seguinte processo foi conduzido para criar essa nova versão do jogo de elicitação de requisitos de uma SBA: (i) especificação de uma SBA de evacuação; (ii) definição dos *stakeholders* relacionados à SBA; (iii) elaboração dos diálogos; e (iv) incorporação dos *stakeholders* e seus diálogos no jogo existente.

3.1. Especificação da SBA

Considerando que o ambiente do jogo original é um ginásio de esportes, optou-se por considerar uma simulação de evacuação. SBAs têm sido utilizadas para analisar a evacuação de pessoas em diferentes cenários. [Silva et al. 2017] utilizaram uma SBA para analisar a evacuação da Boate Kiss caso as normas de saídas de emergência tivessem sido aplicadas. A evacuação em situação de incêndio também foi considerada por [Young e Aguirre 2021], que utilizaram uma SBA para estudar a evacuação da boate *Station Nightclub* (em *Rhode Island*). Mais recentemente, [Souza e Kuwer 2019] verificaram as condições de evacuação da Vila Germânica (local da Oktoberfest em Blumenau/SC) através de SBA. Essas simulações foram utilizadas para identificar os requisitos de uma SBA de evacuação do ginásio de esportes.

Ao analisar as SBAs de evacuação buscou-se identificar como são especificados os aspectos relacionados aos agentes, ao ambiente e às interações. De modo geral, a especificação dos agentes descreve a localização e as regras de movimentação

pelo ambiente (contemplando por exemplo detalhes sobre a velocidade e pontos, ou rotas, de saída para onde se movem). Quanto ao ambiente, a especificação descreve detalhes sobre o espaço físico (por exemplo, usando uma planta baixa) e sobre as saídas disponíveis. No caso dos pontos de saída dos agentes, observou-se que as simulações que estudaram cenários nacionais (Boate Kiss e Vila Germânica) consideram a aplicação da norma brasileira para saídas de emergência em edifícios NBR-9.077 [Associação Brasileira de Normas Técnicas 2001]. Sobre as interações, as SBAs especificam como os agentes interagem durante a movimentação para reproduzir efeitos do tipo “siga o líder” (quando uma pessoa se move simplesmente seguindo outra) e também para manter plausível a ocupação de um espaço físico por mais de um agente.

A partir dos aspectos identificados, foi elaborada a relação de Requisitos Funcionais (RF), Requisitos Não Funcionais (RNF) e Regras de Negócio (RN) de uma SBA de evacuação do ginásio de esportes. Esta relação foi avaliada por uma especialista na área de requisitos de software¹ que atestou a consistência dos requisitos especificados. A seguir são apresentados estes requisitos. Cabe lembrar que estes são os requisitos que deverão ser coletados pelo jogador a partir da interação com os *stakeholders* no jogo.

Os requisitos funcionais contemplam as características da simulação de evacuação. Regras de negócio que complementam os requisitos são indicadas entre parêntesis. Um requisito foi incluído para destacar que SBAs permitem estudar variações de cenários (RF02). Os requisitos especificados são:

- RF01.** A simulação deve representar a evacuação de pessoas do ginásio ao longo do tempo (RN01);
- RF02.** A simulação ocorrerá em dois cenários A e B distintos (RN02 e RN03);
- RF03.** Há três perfis de pessoas: jogadores, espectadores e funcionários;
- RF04.** A quantidade de pessoas de cada perfil que estarão no ginásio no início da simulação deve ser flexível, podendo ser controlada pelo usuário através da interface gráfica da simulação;
- RF05.** A simulação deve mostrar um contador, para cada perfil, indicando quantas pessoas evacuaram o prédio ao longo do tempo;
- RF06.** A simulação deve mostrar um gráfico dinâmico (atualizado conforme RN10) com a quantidade total de pessoas e também a quantidade de pessoas por perfil, que estão dentro do prédio ao longo do tempo.

Os requisitos não funcionais se referem ao paradigma de simulação e formato de visualização. Também levam em consideração a norma brasileira para saídas de emergência e seu efeito no ambiente. Os requisitos não funcionais especificados são:

- RNF01.** A simulação deve ser baseada em agentes (paradigma);
- RNF02.** A visualização da simulação deve ser em 2D;
- RNF03.** A simulação deve considerar a norma NBR-9.077 para determinar a quantidade e dimensões das saídas.

Por fim, as regras de negócio definem diretrizes para os requisitos e para a simulação. As regras especificadas consideram dois diferentes cenários de simulação, para avaliar o efeito da aplicação da norma de saídas de emergência. Também são definidos aspectos relacionados à movimentação dos agentes durante a evacuação.

¹Professora Dra. Marília Guterres Ferreira (UDESC)

- RN01.** A escala de tempo adotada deve ser segundos;
- RN02.** No cenário A, o ambiente simulado deve ser o ginásio como ele está;
- RN03.** No cenário B, o ambiente simulado deve ser o ginásio com as saídas em conformidade com a NBR-9.077;
- RN04.** Cada pessoa ocupa um espaço de $0,5 m^2$, em conformidade com a NBR-9.077;
- RN05.** Para evacuar o ginásio, as pessoas devem se mover para a saída mais próxima;
- RN06.** A velocidade de movimentação padrão das pessoas é $3,33m/s$ [Souza e Kuwer 2019];
- RN07.** A velocidade de movimentação das pessoas nas arquibancadas é a metade da velocidade padrão ($1,66 m/s$);
- RN08.** As pessoas não devem ocupar um mesmo espaço simultaneamente. Se a posição para onde a pessoa deseja se mover está ocupada, ela aguarda o espaço ser liberado para só então realizar o movimento;
- RN09.** No início da simulação, as pessoas estarão postas nos seguintes espaços do ginásio: jogadores na quadra, espectadores na arquibancada, e funcionários nos demais espaços do ambiente;
- RN10.** O gráfico será atualizado a cada segundo.

3.2. Definição dos Stakeholders do Jogo

Por se tratar de uma SBA de evacuação, foram adicionados no jogo dois personagens *stakeholders* que de algum modo se relacionam ao contexto de evacuação: uma engenheira civil e um bombeiro.

A engenheira civil é a responsável pelo ginásio e portanto a maior interessada em avaliar se o ambiente permite uma evacuação efetiva. Sendo assim, durante os diálogos a engenheira civil expõe características relacionadas à estrutura do ginásio e coleta de dados, tornando-se a personagem chave do jogo. Já o bombeiro é o responsável por apresentar detalhes do público do ginásio e seu comportamento. Ambos mencionam aspectos da NBR-9.077. Além destes *stakeholders*, o jogo também possui outros personagens secundários com os quais o jogador deve interagir: um estagiário e dois espectadores na arquibancada do ginásio. Estes personagens fornecem regras adicionais à simulação.

3.3. Elaboração dos Diálogos

Conforme previamente mencionado, a interação acontece através de um sistema de diálogos entre o jogador e os *stakeholders*. Portanto, foi necessário elaborar roteiros com as falas dos *stakeholders* e respostas do jogador.

Inicialmente foi realizado um esboço do roteiro geral da história que seria contada no jogo, e os caminhos que o jogador poderia percorrer para chegar ao final. A partir desse roteiro geral, foi possível construir as falas dos personagens. Buscou-se manter as falas curtas e objetivas, para que o jogador não perca o foco e não torne desagradável sua experiência com o jogo. Os requisitos foram inseridos nas falas visando o diálogo natural e espontâneo, já que na vida real os engenheiros de software usualmente extraem os requisitos a partir das conversas que ocorrem em reuniões com *stakeholders*. Portanto, a intenção é que o jogador vivencie a mesma experiência que teria na vida real para identificar os requisitos da simulação a ser desenvolvida a partir das informações importantes que obtém dos *stakeholders*.

A Tabela 1 apresenta o roteiro de falas da engenheira civil com o jogador. As linhas em branco são falas da engenheira, enquanto que em cinza são falas do jogador. Cada fala possui um identificador que é utilizado para encadear com as próximas falas for-

ID.	Fala	Leva a
N00	Oi, quem é você?	NR00, NR01
NR00	Eu sou o engenheiro de requisitos, poderia me dizer o que está acontecendo por aqui?	N01
NR01	Me mandaram para cá por causa de uma simulação de evacuação que queres fazer, podemos falar sobre ela agora?	N02
N01	O ginásio está com uma partida de vôlei rolando, por isso que está bem barulhento	NR02, NR03,
N02	Ah, sim, podemos falar agora. O que quer saber?	NR04
NR02	Queria saber mais sobre as medidas do ginásio	N05
NR03	Como deve ser o cenário simulado?	N04
NR04	Gostaria de saber mais sobre a simulação, o que você deseja nela?	N03
N03	Quero fazer uma simulação de evacuação baseada em agentes. Cada agente deve representar uma pessoa de determinado perfil que está aqui no ginásio. (RNF01)	NR05, NR06
N04	A princípio queríamos realizar a simulação em dois cenários. (RF02)	
N05	Tenho a planta do local, posso te passar mais tarde.	
NR05	Qual é o primeiro cenário?	N06
NR06	Como deseja ver os resultados?	N07
N06	O primeiro cenário é o ginásio com as saídas do jeito que estão. (RN02)	NR07,
N07	Quero ver os resultados em um gráfico dinâmico. (RF06)	NR08, NR09
NR07	Qual o segundo cenário?	N09
NR08	Queria saber mais sobre as medidas do ginásio	N08
NR09	Quais resultados devem ser apresentados?	N10
N08	Tenho a planta do local, posso te passar mais tarde.	
N09	O segundo deve ser o ginásio com as saídas alteradas de acordo com a norma de saídas de emergência em edifícios. (RN03)	NR10, NR11,
N10	Deve mostrar a quantidade total de pessoas e também a quantidade de pessoas por perfil, que estão dentro do prédio ao longo do tempo. (RN010)	NR12
NR10	E qual é essa norma?	N12
NR11	Algo mais?	N13
NR12	Quais são os perfis de pessoas?	N11
N11	Fale com o bombeiro que está lá na quadra. Ele sabe melhor sobre isso.	
N12	É a NBR-9.077. Ela fixa as condições exigíveis que as edificações devem possuir, para permitir que as pessoas abandonem facilmente em caso de incêndio e também permitir o fácil acesso de bombeiros. (RNF03)	NR13
N13	Se puder, colocar um contador para cada perfil, indicando quantas pessoas evacuaram o prédio ao longo do tempo. (RF05)	
NR13	Obrigado!	N14
N14	Até mais.	

Tabela 1. Roteiro de Falas entre Jogador e Engenheira

mando um diálogo. Para definir quais requisitos seriam fornecidos por qual *stakeholder*, levou-se em consideração as suas responsabilidades, conforme explicado previamente. O requisito vinculado a cada fala é mostrado entre parêntesis no roteiro, sendo que essa informação é omitida no jogo. Por restrições de espaço, os roteiros de falas dos outros personagens não foram incluídos neste artigo, mas foram disponibilizados online.²

3.4. Incorporação dos *Stakeholders* e Diálogos no Jogo

Para incorporar os novos *stakeholders*, primeiramente foi necessário elaborar seus avatares para então incluí-los no jogo como NPCs. Os avatares 3D foram elaborados utilizando a ferramenta MagicaVoxel, com estilo artístico inspirado em jogos como Minecraft e Roblox. Essa decisão visa manter compatibilidade com a versão original do jogo, que tem como objetivo assegurar bom desempenho computacional para ser executado em *smartphones* com poder de processamento diverso.

Os avatares foram incorporados utilizando a Unity, ferramenta na qual o jogo é desenvolvido. Além da Unity, também é utilizada a linguagem de programação C# e o Google Cardboard XR Plugin para gerar a versão utilizável com celulares Android.

Por fim, os diálogos foram incorporados através do motor de falas já disponível no jogo [Vahldick et al. 2023]. Os roteiros de falas são especificados em formato *json*, rotulando-se as falas que correspondem a requisitos com RN, RNF, e RN. Em tempo de execução, o motor vincula as falas (textuais e áudios) aos personagens.

4. Resultado Obtido: *Back to the Promotion–EvacSIM*

Nesta seção será apresentado o resultado obtido, que é uma nova versão do jogo *Back to the Promotion* para elicitación de requisitos de uma SBA de evacuação, batizada de *Back to the Promotion–EvacSIM*. O jogo é ambientado principalmente no ginásio de esportes, apresentado na Figura 1. Para auxiliar a apresentação, está disponível um vídeo que demonstra o jogo em execução.²

Com o uso de equipamento não-especializado de RV através do Android, todas as interações do jogador ocorrem sem a necessidade de um controle. Portanto, elas funcionam com base em um ponteiro fixo no centro da tela do usuário. Esse ponteiro se move junto com os movimentos da cabeça do jogador, mas sempre permanece no centro da tela. Ao apontar para um objeto ou personagem que permite interação, uma animação de carregamento começa no ponteiro, e o clique é registrado onde o ponteiro está apontando.

O jogador inicia a partida interagindo com um NPC que representa a diretora da empresa de desenvolvimento de software que o contratou (Figura 2). Os diálogos ocorrem por meio de balões textuais acima do NPC, e as falas também são reproduzidas em áudio. O jogador tem as opções de resposta apresentadas em caixas abaixo do NPC. O diálogo avança a partir da resposta selecionada pelo jogador. A diretora apresenta a tarefa do jogador, que é se deslocar até o ginásio para interagir com os *stakeholders* e elicitar os requisitos do software.

²<https://www.udesc.br/ceavi/gamelab/projetosatuais/bttpevacsim>



Figura 1. Ginásio, o Principal Ambiente do Jogo.



Figura 2. Interação do Jogador com Diretora da Empresa.

Ao chegar no ginásio, o jogador pode interagir com um estagiário, que é o primeiro personagem com requisitos a serem coletados (Figura 3). As primeiras falas em que são requisitos são mostradas em fonte de cor amarela, de forma a ensinar o jogador a mecânica de identificação de requisitos. Ao lado do balão das falas é mostrado um ícone de “Salvar Fala” em que o jogador pode salvar os textos que julgar serem requisitos. O roteiro de falas do estagiário explica ao jogador a necessidade de desenvolver uma SBA

de evacuação do ginásio, e o orienta a interagir com a engenheira civil.



Figura 3. Interação do Jogador com o Estagiário.

O diálogo com a engenheira civil (Figura 4) segue o roteiro apresentado previamente na Tabela 1. Outro NPC no ginásio que deve ser entrevistado pelo jogador é o bombeiro. No diálogo, o bombeiro explica conceitos relacionados ao comportamento das pessoas em ginásios em situações de emergência. A Figura 5 apresenta uma etapa do diálogo, em que o jogador considerou a fala do bombeiro um requisito e a salvou (indicado por um ícone verde no canto superior direito do balão da fala).

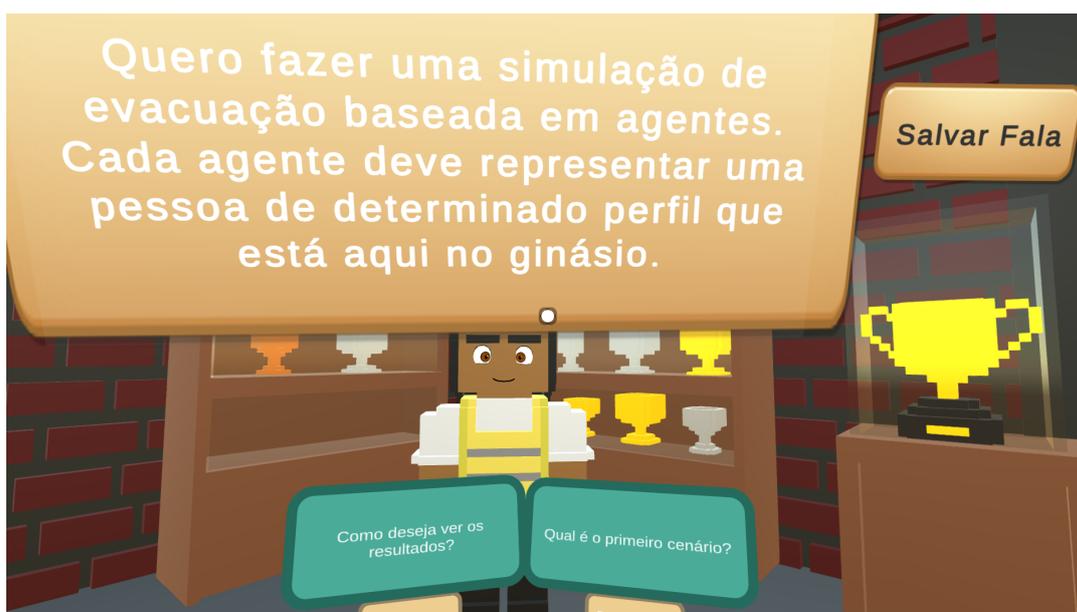


Figura 4. Interação do Jogador com a Engenheira Civil.



Figura 5. Interação do Jogador com o Bombeiro.

O jogador segue entrevistando espectadores na arquibancada. Estes NPCs apresentam requisitos e regras relacionadas ao comportamento que teriam caso tivessem que evacuar o ginásio. Após entrevistar os NPCs, o jogador é direcionado para a saída do ginásio. Neste momento é iniciado um minijogo, onde são apresentadas as falas coletadas pelo jogador, e também aquelas que deveriam ter sido coletadas por conterem requisitos. O jogador deve classificar cada fala como RF, RNF, RN ou descartá-la, conforme exemplo apresentado na Figura 6. Ao mostrar todas as falas, exibidas em ordem aleatória, pretende-se garantir que o jogador classifique todas as falas com ou sem requisitos.



Figura 6. Minijogo para Classificação das Falas Coletadas.

Ao final do minijogo é indicado ao jogador quais requisitos ele coletou ou deixou de coletar, e quais classificou corretamente como RF, RNF, ou RN. Deste modo, ele poderá analisar quais aspectos deve prestar atenção durante a elicitaco de requisitos de uma SBA, o que contribui para a sua formao.

5. Conclusão

Este artigo apresentou o desenvolvimento de um jogo sério para elicitaco de requisitos de uma simulaco baseada em agentes. O jogo visa aprimorar a competência do jogador para conduzir um processo de engenharia de requisitos. O jogador interage com os *stakeholders* através de diálogos para coletar os requisitos da simulaco, e ao final classificá-los em requisitos funcionais, não funcionais e regras de negcio.

O resultado obtido — o jogo *Back to the Promotion–EvacSIM* — demonstrou a viabilidade de se construir um jogo sério para elicitaco de requisitos de simulaces baseadas em agentes. O jogo está disponível para download em <https://bit.ly/bttpevacsim>. Foram desenvolvidas duas verses: uma imersiva para usar nos celulares Android, e outra não imersiva, que pode ser executada no Windows.

Como trabalhos futuros, sugere-se realizar uma avaliao experimental do jogo com estudantes, para verificar aspectos de usabilidade e eficiência na elicitaco de requisitos de software. Essa eficiência pode ser mensurada em conjunto com uma disciplina de sistemas multiagentes, onde os alunos desenvolvem a simulaco completa, com os requisitos listados neste artigo. Outra sugestão é o desenvolvimento de uma segunda fase do jogo, para treinar a elicitaco de requisitos usualmente presentes em outros domínios, como por exemplo simulaces de tráfego ou propagao de doenas.

6. Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem a Fundao de Amparo  Pesquisa e Inovao do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pelo apoio financeiro recebido por meio do Programa Jovens Projetos - SC (termo de outorga 2021TR001873) e também do Programa de Apoio a Infraestrutura para Grupos de Pesquisa da UDESC (termos de outorga 2021TR882 e 2023TR000246).

Referências

- Andrade, G. V., Gomes, A. L. C., Hoinoski, F. R., Ferreira, M. G., Schoeffel, P., e Vahldick, A. (2022). Virtual Reality Applications in Software Engineering Education: A Systematic Review.
- Associao Brasileira de Normas Técnicas (2001). *NBR 9077: Saídas de Emergncias em Edifcios*. Rio de Janeiro.
- Ernst, N. A. e Murphy, G. C. (2012). Case studies in just-in-time requirements analysis. In *2012 2nd IEEE International Workshop on Empirical Requirements Engineering, EmpiRE 2012 - Proceedings*, pages 25–32.
- Freina, L. e Ott, M. (2015). A literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives. In *Proceedings of eLearning and Software for Education (eLSE)*, Bucharest, Romania.

- Garcia, I., Pacheco, C., Méndez, F., e Calvo-Manzano, J. A. (2020). The effects of game-based learning in the acquisition of “soft skills” on undergraduate software engineering courses: A systematic literature review. *Computer Applications in Engineering Education*, 28(5):1327–1354.
- García-Magariño, I., Gómez-Rodríguez, A., González-Moreno, J. C., e Palacios-Navarro, G. (2015). PEABS: A process for developing efficient agent-based simulators. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 46:104–112.
- Gaudou, B., Huynh, N. Q., Philippon, D., Brugière, A., Chapuis, K., Taillandier, P., Larmande, P., e Drogoul, A. (2020). COMOKIT: A modeling kit to understand, analyze, and compare the impacts of mitigation policies against the COVID-19 epidemic at the scale of a city. *Frontiers in Public Health*, 8:1–19.
- Gulec, U., Yilmaz, M., Isler, V., e Clarke, P. M. (2021). Applying virtual reality to teach the software development process to novice software engineers. *IET Software*, 15(6):464–483.
- Klügl, F. e Bazzan, A. L. C. (2012). Agent-based modeling and simulation. *AI Magazine*, 33(3):29–40.
- Le Page, C., Bazile, D., Becu, N., Bommel, P., Bousquet, F., Etienne, M., Mathevet, R., Souchère, V., Trébuil, G., e Weber, J. (2013). Agent-based modelling and simulation applied to environmental management. In Edmonds, B. e Meyer, R., editors, *Simulating Social Complexity, Understanding Complex Systems*, pages 499–540. Springer.
- Macal, C. e North, M. (2014). Introductory tutorial: Agent-based modeling and simulation. In *Proceedings of the 2014 Winter Simulation Conference, WSC '14*, pages 6–20, Piscataway, NJ, USA. IEEE Press.
- Mayor, J. e López-Fernández, D. (2021). Scrum vR: Virtual reality serious video game to learn scrum. *Applied Sciences*, 11(19):9015.
- Pantelidis, V. S. (2009). Reasons to use virtual reality in education and training courses and a model to determine when to use virtual reality. *Themes in Science and Technology Education*, 2(1-2):59–70.
- Paula Filho, W. d. P. (2019). *Engenharia de Software: projetos e processos*. LTC, Rio de Janeiro.
- Pressman, R. S. e Maxim, B. R. (2016). *Engenharia de Software: uma abordagem profissional*. AGCH, Porto Alegre, 8 edition.
- Robertson, G., Card, S., e Mackinlay, J. (1993). Three views of virtual reality: nonimmersive virtual reality. *Computer*, 26(2):81.
- Rosa, L. H. C., Lucca, L. P., Lemos, E. L., Bernardi, G., e Medina, R. D. (2017). Jogos para ensino de levantamento de requisitos de software: uma revisão sistemática de literatura. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 15(2).
- Santos, F., Nunes, I., e Bazzan, A. L. (2020). Quantitatively assessing the benefits of model-driven development in agent-based modeling and simulation. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 104:102–126.

- Siebers, P.-O. e Klügl, F. (2017). What software engineering has to offer to agent-based social simulation. In Edmonds, B. e Meyer, R., editors, *Simulating social complexity: a handbook*, pages 81–117. Springer, 2 edition.
- Silva, V. M., Vinicius Scholl, M., e Adamatti, D. F. (2017). Simulação multiagente da evacuação da boate kiss: A importância da nbr 9.077 e sua relação com o pânico. In *WESAAC 2017*, page 101–111.
- Sommerville, I. (2016). *Software Engineering*. Addison-Wesley, Harlow, England, 10 edition.
- Souza, J. a. C. e Kuwer, P. (2019). Avaliação das condições para esvaziamento emergencial de espaços que reúnem grande público: estudo de caso no parque vila germânica, Blumenau/SC. In *XXXIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET*, pages 2076–2087.
- Souza Filho, I. P., Mendonça, G. D., Gerstberger, W. S., e Guedes, G. T. A. (2022). *Requirements Engineering Processes for Multi-agent Systems*, volume 1, pages 125–158. Springer.
- Tori, R., Hounsell, M. d. S., e Kirner, C. (2020). Realidade Virtual. In Tori, R. e Hounsell, M. d. S., editors, *Introdução a Realidade Virtual e Aumentada*, chapter 1, pages 11–29. Editora SBC, Porto Alegre, 3ª edition.
- Vahldick, A., Andrade, G. V. d., Kuster, L. F., Coelho, A. F., Cardoso, J. M., Ferreira, M. G., e Schoeffel, P. (2023). Practicing Requirements Elicitation in a Serious Game: Comparison between Non-Immersive and Immersive Virtual Reality. *Journal on Interactive Systems*, No prelo.
- Wooldridge, M. (2009). *An introduction to multiagent systems*. John Wiley & Sons.
- Young, E. e Aguirre, B. (2021). PrioritEvac: An agent-based model (ABM) for examining social factors of building fire evacuation. *Information Systems Frontiers*, 23:1083–1096.