

Contribuição à Engenharia de Requisitos de Ambientes Virtuais

Tereza Gonçalves Kirner¹, Valéria Farinazzo Martins Salvador²

¹ *Universidade Metodista de Piracicaba - FCMNTI – Mestrado em Ciência da Computação
Rodovia do Açúcar, Km 156 - 13.400-901 – Piracicaba, SP – Brasil*

² *Centro Universitário São Camilo – Curso de Graduação em Ciência da Computação
Rua Raul Pompéia, 144 – Pompéia – São Paulo, SP – Brasil
tgkirner@unimep.br; valeria@scamilo.edu.br*

Abstract. This paper aims to contribute to the elicitation, specification, and evaluation of requirements applied to the development of virtual environments. Requirements engineering is characterized, based on existing concepts and on experience obtained through the development of three virtual environments. The requirements engineering process is described and exemplified and the main conclusions are pointed out.

Keywords: requirements engineering, virtual environments, virtual reality systems.

1. Introdução

Realidade Virtual (RV) é uma tecnologia de interface avançada que possibilita ao usuário não somente usar o sistema de software, como também perceber-se dentro do ambiente tridimensional gerado por computador. Neste contexto, o usuário pode explorar e mesmo modificar o ambiente virtual, o que lhe é possibilitado através de técnicas de navegação, interação e imersão [6], [12].

Como em qualquer sistema de software, é necessário que um ambiente virtual ou sistema de realidade virtual tenha seus requisitos definidos adequadamente, em conformidade com as peculiaridades tecnológicas. Porém, a área de RV é um tanto recente, não dispondo, ainda, de estudos suficientemente fundamentados sobre como elicitar, especificar e avaliar requisitos de forma correta, completa e otimizada [4]. A necessidade de se entender e explicitar melhor os requisitos de ambientes e aplicações envolvendo realidade virtual motivou o presente artigo.

Pretende-se, portanto, contribuir para a engenharia de requisitos de ambientes virtuais. É apresentado um processo, definido com base nos conceitos provenientes da engenharia de software e complementado a partir de subsídios oriundos de experiências de desenvolvimento de ambientes e aplicações de realidade virtual, realizadas com a participação das autoras, nos últimos cinco anos.

A seção 2 conceitua brevemente realidade virtual e engenharia de requisitos; a seção 3 detalha o processo de engenharia de requisitos aplicado ao desenvolvimento de ambientes virtuais; e as conclusões do artigo são destacadas na seção 4.

2. Fundamentos Conceituais

2.1 Realidade Virtual e Ambientes Virtuais

Realidade Virtual tem sido indicada como uma forte tendência em interfaces humano-computador [9]. Trata-se de uma tecnologia avançada capaz de proporcionar ao usuário imersão, navegação e interação em um ambiente tridimensional gerado por computador, utilizando, para tanto, canais multi-sensoriais como visão, tato e audição [10], [12]. Além do teclado e mouse, o usuário utiliza dispositivos como luvas, capacetes de visualização, *spaceballs*, *joysticks*, *webcams*, etc., que geram um sentido de “presença”, característico das aplicações e ambientes virtuais. Os dispositivos, associados a técnicas e linguagens computacionais, viabilizam a interação do usuário com a aplicação, permitindo a exploração do ambiente virtual e a modificação de objetos de maneira fácil e rápida – por exemplo, apontar, pegar, arrastar, rotacionar e visualizar os objetos sob diferentes pontos de vista.

Neste trabalho, um ambiente envolve um espaço e situação determinados, incluindo todos os componentes, condições e objetos passíveis de serem percebidos e com os quais se pode interagir. De maneira similar, um ambiente virtual é um ambiente interativo, gerado por computador e por um sistema de RV [6].

2.2 Engenharia de Requisitos

Requisitos representam, de modo geral, as necessidades do sistema de software e as restrições impostas a ele. Um requisito é uma condição ou capacidade necessária para um usuário resolver um problema ou alcançar um objetivo, definindo assim o domínio do problema. Mas a engenharia de requisitos tem um escopo mais abrangente, pois envolve o universo de informações que contextualizam o sistema e todos os *stakeholders* [11].

A engenharia de requisitos é uma etapa essencial do processo de desenvolvimento de sistemas de software, que compreende uma definição completa do comportamento externo desse sistema, tanto em termos de requisitos funcionais quanto de requisitos não funcionais. Vários estudos têm constatado que a definição inadequada de requisitos é responsável por uma parte significativa dos erros no software, cuja eliminação torna-se cada vez mais difícil e dispendiosa à medida que o processo de desenvolvimento do software avança para as etapas subsequentes de projeto e implementação [5].

A engenharia de requisitos compreende fases distintas, porém inter-relacionadas, de elicitação, especificação e validação [2], [5]. Tais fases serão descritas na próxima seção, juntamente com a apresentação das experiências em desenvolvimento de ambientes virtuais.

3. Processo de Engenharia de Requisitos para Ambientes Virtuais

O processo ora descrito tomou por base os conceitos provenientes da engenharia de software [11], que foram adaptados e complementados a partir de uma série de

experiências em desenvolvimento de aplicações de realidade virtual, como os ambientes destacados a seguir.

- AV-Museu (Ambiente Virtual de Museu). Foi desenvolvido para representar o Museu Histórico Cerqueira um dos locais culturais de visitação pública de São Carlos, SP, que possui, em seu acervo, objetos e informação histórica, principalmente relacionados ao período de fundação da cidade [6]. A Figura 1 apresenta uma visão do Museu Histórico abordado no AV-Museu.

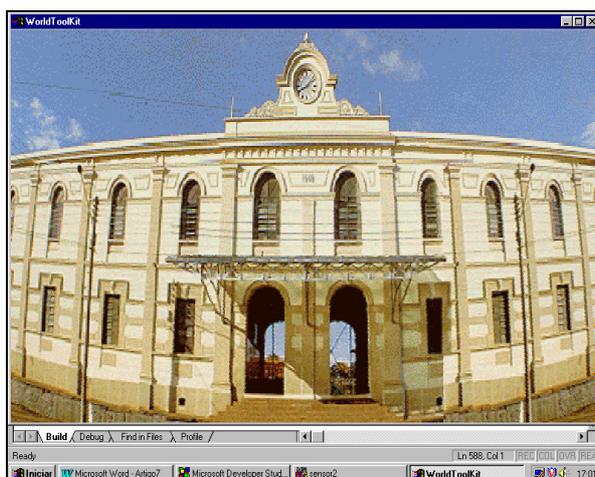


Figura 1. Vista Externa do Museu Histórico no AV-Museu [6]

- AV-Capoeira (Ambiente Virtual da Capoeira). Foi desenvolvido como parte de um ambiente virtual colaborativo para propósitos educacionais, implementado como um sistema distribuído, multi-usuário, que funciona na Internet [7]. A Figura 2 mostra um cenário modelado para o AV-Capoeira.



Figura 2. Cena de Local da Bahia no AV-Capoeira [7]

- AV-Engenharia (Ambiente Virtual para Engenharia). Foi desenvolvido para dar suporte à utilização remota de uma Máquina de Medir por Coordenadas (MMC), utilizada na usinagem de peças mecânicas de alta precisão. A MMC está instalada no Laboratório de Metrologia da Faculdade de Engenharia da Universidade Metodista de Piracicaba [1]. A Figura 3 ilustra a MMC.

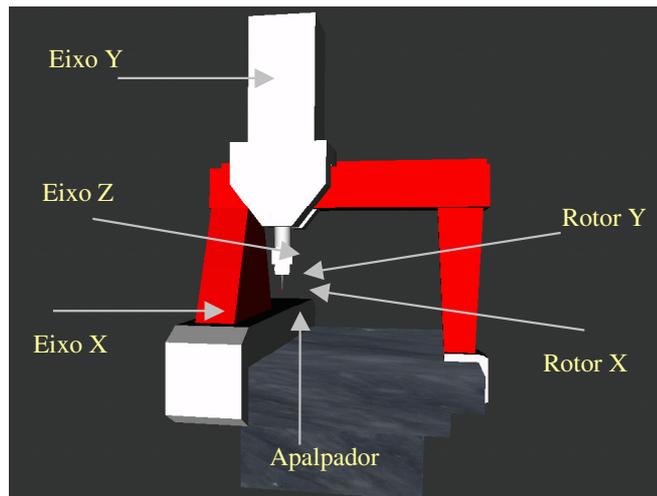


Figura 3. Máquina de Medir por Coordenadas no AV-Engenharia [1]

3.1 Elicitação de Requisitos

A fase de elicitación envolve ações que visam capturar e registrar informações que ajudarão no entendimento o mais completo e correto possível das necessidades e expectativas dos usuários em questão [2], [11]. As tarefas requeridas podem torna-se complexas, pois os *stakeholders* têm experiências, conhecimentos, idéias pré-concebidas e terminologias diferentes.

Para os ambiente virtuais enfocados, a elicitación de requisitos utilizou técnicas tradicionalmente empregadas nos desenvolvimento de outros tipos de aplicações, como: observação, entrevistas, reuniões, além do levantamento e análise de documentação pertinente. Três elementos foram enfocados, ou seja, os usuários potenciais do sistema, as tarefas a serem realizadas e o ambiente de utilização do sistema.

3.1.1 Usuários do Sistema

Há várias considerações a respeito de um usuário, entre as quais pode-se citar: se a aplicação será mono ou multi-usuário; se os usuários atuarão no local ou remotamente; e se os usuários do sistema serão pessoas experientes ou principiantes, em termos de uso de aplicações de realidade virtual.

Para o AV-Museu, os usuários eram quaisquer pessoas interessadas em conhecer o local. Portanto, a aplicação teria que levar em conta que o usuário não estaria disposto

a fazer um treinamento para utilizar o sistema e que este deveria ser um tanto trivial para permitir que o usuário não se perdesse em suas ações. Foram observadas as ações e interações das pessoas com o ambiente real do Museu, além de serem conduzidas entrevistas com funcionários e levantamento e estudo da história da cidade. O ambiente virtual deveria ser construído, preliminarmente, como um sistema mono-usuário.

No caso do AV-Capoeira, os usuários eram crianças e pré-adolescentes, matriculados na 1ª a 8ª série do ensino fundamental. Foram identificados temas complementares ao conteúdo programático escolar, que pudessem despertar o interesse desses usuários. Além disso, como o objetivo era desenvolver um ambiente colaborativo multi-usuário, que funcionasse em plataforma distribuída, houve necessidade de se identificar tipos de avatares (personagens virtuais que representam os usuários), representativos dos temas tratados e também atraentes aos usuários.

Para o AV-Engenharia, os usuários eram estudantes e pesquisadores de engenharia, com possibilidade de engajar-se em projetos de produção de peças específicas com a Máquina de Medir por Coordenadas. Dada a especificidade do assunto, identificou-se a necessidade de se treinar os usuários para uso adequado e eficiente do ambiente virtual.

Nos três ambientes citados, a elicitação de requisitos compreendeu uma minuciosa exploração e observação do ambiente real, tomando-se fotos e medição de todo o ambiente e dos objetos que o compunham (para o AV-Museu), levantando-se fotografias, textos, filmes, músicas, etc. (para o AV-Capoeira), e estudando-se os manuais de funcionamento e configuração (para o AV-Engenharia). Isso esclareceu a localização dos objetos no mundo real e também detalhes dos pisos, paredes e iluminação, que subsidiariam, posteriormente, a construção dos objetos do ambiente virtual.

3.1.2 Tarefas Envolvidas

Na engenharia de requisitos, é fundamental que se defina as metas da aplicação, as tarefas que serão necessárias para se alcançar essas metas, e como as tarefas serão realizadas no contexto do sistema enfocado.

No caso do AV-Museu Histórico, foi definido que este seria uma réplica do museu real, devendo, portanto, ser modelado com o maior nível de realismo possível, dentro das limitações da tecnologia disponível para implementação. As tarefas a serem realizadas pelos usuários seriam “andar” pelo ambiente, visitando as salas do Museu, assinar o Livro de visitantes, consultar dados referentes ao acervo de objetos disponíveis, etc., através de uma estação de trabalho e com funcionamento mono-usuário.

Para o AV-Capoeira, um dos temas cobertos foi a Capoeira, que despertou o interesse de grande parte dos futuros usuários. Conseqüentemente, houve necessidade de se identificar as principais tarefas que os usuários poderiam realizar, além de simplesmente “andar” pelo ambiente. Foram, assim, identificados detalhadamente os principais golpes de capoeira que seriam posteriormente implementados através de modelagem gráfica e animação.

Para o AV-Engenharia, o grau de realismo do modelo da Máquina de Medir por Coordenadas era fundamental para que os usuários realizassem as tarefas previstas de

modelagem e teste das peças e protótipos. Foi essencial também se entender o funcionamento correto da Máquina, incluindo o domínio completo de todos os movimentos e comandos para acionamento desses movimentos.

3.1.3 Ambiente da Aplicação

Pode-se definir o ambiente em que a aplicação será usada de diversas maneiras, como o ambiente físico, de trabalho e/ou social. Para ambientes virtuais, a definição do ambiente físico no qual o sistema funcionará merece atenção especial. É importante destacar que esse ambiente físico pode tanto representar fielmente o ambiente real como ser uma representação imaginária do mesmo.

Para o AV-Museu, o ambiente físico constituiu-se de uma réplica do museu considerado, incluindo tanto a modelagem das salas seguindo as metragens reais, a representação dos objetos (como quadros, carruagem, armas, objetos de vestimenta, etc.), quanto o desenho da planta baixa do prédio.

Para o AV-Capoeira, foram identificados locais típicos de jogos de Capoeira, como ruas e praças da Bahia, academia, ambientes rurais, senzala, etc., que foram representados como cenários para os jogos.

Para o AV-Engenharia, optou-se por criar um ambiente representativo de um laboratório, não necessariamente igual ao laboratório real, no qual foi colocada a Máquina.

3.2 Especificação dos Requisitos

3.2.1 Requisitos Funcionais Gerais

Esta especificação visa representar os requisitos sob a forma de modelos conceituais (textuais ou em notação gráfica), que descrevam os componentes e o comportamento do sistema de software pretendido.

A especificação funcional dos três ambientes virtuais considerados empregou técnicas pertencentes ao método UML - *Unified Modeling Language* [3], pelo fato de ser um método bastante disseminado, juntamente com o software *Rational Rose* [13]. A Figura 4 apresenta um dos diagramas elaborados.

3.2.2 Requisitos Funcionais Específicos para Ambientes Virtuais

Quando se aborda ambientes virtuais, é necessário considerar três enfoques possíveis, que impactam de maneira distinta a especificação funcional do sistema [10]:

- Enfoque 1. Quando o ambiente virtual reproduzirá tarefas e ações executadas por usuários em um ambiente real e se pretende retratar esta situação como ela é, ou seja, com realismo.
- Enfoque 2. Quando os usuários desempenham determinadas tarefas no mundo real, mas se decide que o ambiente virtual reproduzirá tais tarefas de forma diferente ao que ocorre na realidade.

- Enfoque 3. Quando o ambiente virtual pretendido compreenderá a realização de tarefas e interações que não são desempenhadas no mundo real.

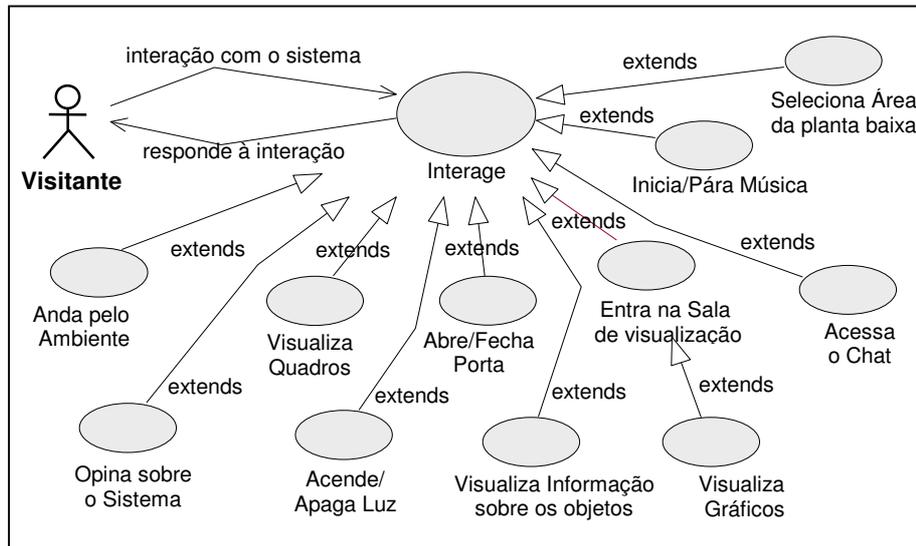


Figura 4. Diagrama de Casos de Uso do AV-Museu

No exemplo do AV-Museu, observou-se a existência das três situações acima. Através do processo de elicitação, foram verificadas as tarefas que deveriam ser realizadas da mesma forma que o ambiente real, como andar pelo ambiente, abrir/fechar portas, acender/apagar luzes, visualizar quadros e objetos do museu, assinar o Livro de Visitantes, etc. Além disso, foi definida a inclusão de algumas tarefas no ambiente virtual que não poderiam ser executadas no mundo real, como mudar de sala sem se deslocar, através de uma planta baixa do museu, ir direto a uma determinada sala sem ter que “andar” pelo ambiente, etc. Por outro lado, outras tarefas do ambiente virtual eram executadas também no mundo real, mas de uma forma essencialmente diferente, como obter informações históricas através do acionamento do mouse, visualizar informações adicionais através de gráficos em um ambiente *walk-through*, etc.

Nos outros dois ambientes virtuais considerados, também foram definidos requisitos similares aos determinados no AV-Museu, para posterior projeto e implementação.

3.3 Requisitos Não Funcionais

3.3.1 Requisitos Não Funcionais Gerais

Os requisitos não funcionais, para qualquer tipo de sistema, estão relacionados a aspectos de software, hardware ou fatores externos, que determinem condições ou

restrições ao comportamento do sistema pretendido. Entre estes requisitos pode-se citar [5], [11]:

- Desempenho. Está normalmente ligado ao atendimento de exigências de processamento, tempo de resposta, consumo de recursos, *throughput* e eficiência de processos contidos no escopo do sistema.
- Usabilidade. Compreende o atendimento de critérios relacionados a entendimento e facilidade de uso do sistema e nível de satisfação dos usuários em suas interações com o sistema.
- Segurança. Diz respeito à probabilidade (estimada ou empírica) do sistema em defender-se de ataques acidentais ou intencionais, que possam advir sob a forma de acesso indevido, uso não permitido e destruição parcial ou total.
- Portabilidade: Refere-se à capacidade do sistema ser executado através de diferentes plataformas e/ou sistemas operacionais.
- Confiabilidade. Está ligada à habilidade do sistema em comportar-se de acordo com o que foi especificado, durante um certo período de tempo e com os recursos previstos.
- Outros requisitos, como manutenibilidade, acessibilidade, etc. [5], [11].

Como os demais sistemas de software, os ambientes virtuais necessitam atender a requisitos não funcionais, os quais devem ser especificados com clareza.

Nos três ambientes virtuais enfocados, deu-se atenção especial aos aspectos de usabilidade, pois a realidade virtual é uma tecnologia de interface ainda muito recente e com grandes desafios a serem vencidos. O incremento da usabilidade dos ambientes virtuais foi buscado, desde a etapa de engenharia de requisitos, por meio da identificação de formas de facilitar e agilizar a navegação e interação, tais como: previsão de rotas pré-definidas para otimizar a exploração e *walk-through* pelo ambiente; facilidade de alteração de pontos de vista por parte do usuário; inclusão de menus suspensos e textos explicativos; definição de metáforas claras e compatíveis com o tema do ambiente virtual e com o perfil dos usuários; identificação de técnicas e de software para tratamento de imagens e modelagem de objetos, visando construir cenas gráficas que não comprometessem o tempo de resposta do sistema às interações dos usuários; etc.

A explicitação de outros requisitos não funcionais, tratados no contexto dos três ambientes virtuais exemplificados, pode ser obtida em [1], [6], [7].

3.3.2 Requisitos Não Funcionais Específicos para Ambientes Virtuais

Além dos aspectos de qualidade destacados na sub-seção anterior, os ambientes virtuais agregam peculiaridades que demandam a consecução de requisitos não funcionais adicionais [10], [12]. Neste sentido, espera-se que um ambiente virtual seja:

- Sintético. Significa que o ambiente virtual é gerado em tempo-real pelo sistema computacional, o que não ocorre com sistemas multimídia, nos quais as apresentações são gravadas previamente, antes de serem executadas.

- Tri-dimensional. Significa que o ambiente “físico” que circunda o usuário deve ser representado tridimensionalmente, e que o usuário pode andar por este ambiente.
- Multi-sensorial. Significa que o ambiente deve incluir recursos que estimulem diferentes sentidos humanos, como visão, audição, tato, senso de espaço, profundidade, etc.
- Imersivo. Significa que, além de visualizar as cenas e ouvir os sons, o usuário deve ter a impressão de que está realmente dentro do ambiente virtual.
- Interativo. Tal requisito possibilita a detecção de estímulos (solicitações) enviadas pelo usuário e, instantaneamente, promover alterações/ações em cenas e objetos do ambiente virtual.
- Realístico. Refere-se ao nível de precisão e conformidade que o ambiente virtual apresenta em relação à representação do mundo real focado.
- Com presença. Caracteriza-se por um sentido subjetivo de que o usuário está fisicamente no ambiente virtual e, muitas vezes, participando ativamente deste ambiente.

4. Avaliação de Requisitos

O objetivo da avaliação é corroborar que o que o que foi especificado realmente represente o domínio do problema, isto é, retrate, de fato, as necessidades do sistema. É importante que esta fase envolva os *stakeholders* que atuaram nas fases anteriores, para que haja uma validação e verificação consistente dos requisitos identificados e descritos [2], [11].

Existe uma série de técnicas para avaliação da qualidade dos requisitos, tais como testes baseados em modelos formais, inspeção baseada em técnicas de leitura de requisitos, abordagens empíricas, etc. As técnicas disponíveis prestam-se a medir atributos de qualidade tanto de requisitos funcionais quanto de não funcionais, incluindo aqueles que são diretamente associados a ambientes e aplicações de realidade virtual.

No caso dos três ambientes virtuais considerados, os testes dos requisitos, de forma geral, foram sendo efetuados de maneira praticamente informal, por meio de consultas realizadas junto a participantes dos grupos de pesquisa e alunos de graduação e pós-graduação. Tal abordagem de avaliação contínua foi facilitada pelo fato de se ter adotado uma filosofia de prototipação [8] no desenvolvimento dos sistemas.

Os aspectos relativos à usabilidade mereceram consideração especial. Conforme já destacado, usabilidade envolve a capacidade do sistema ser de fácil utilização, com geração de resultados eficazes. A disponibilidade de interfaces humano-computador adequadas é essencial para que o sistema tenha um nível suficiente de usabilidade.

Entre os três ambientes virtuais analisados, o único que passou por avaliação sistemática de usabilidade foi o AV-Capoeira, que foi analisado como parte das atividades do Projeto de Pesquisa do qual o mesmo fez parte [14]. Foi realizada uma avaliação heurística, envolvendo dois especialistas em usabilidade, com a participação de estudantes, que identificou deficiências como: dificuldade de operar alguns comandos de navegação; emprego de nomes e linguagem técnica, em certas telas;

organização inadequada dos objetos gráficos que compõem as bibliotecas disponíveis aos usuários; etc.

Durante a avaliação do AV-Capoeira, foi solicitado que os usuários realizassem tarefas típicas do funcionamento do ambiente virtual. Tais tarefas foram realizadas com facilidade, sugerindo os aspectos de operabilidade (relativos a usabilidade) estavam adequados. Além disso, a interface de navegação foi assimilada facilmente pelos usuários, evidenciando que os aspectos de intuitividade também estavam adequados. Nenhum participante expressou dificuldade em navegar através dos cenários do ambiente virtual.

Com base nos resultados da avaliação, foi elaborado um plano de melhoria da usabilidade do AV-Capoeira, cujo detalhamento encontra-se em [14].

5. Conclusão

Este trabalho enfocou a engenharia de requisitos, como etapa crítica do desenvolvimento de sistemas de software, visando contribuir especificamente para a elicitação, especificação e avaliação de requisitos de ambientes virtuais. O processo de engenharia de requisitos para ambientes virtuais foi apresentado, tomando por base os conceitos oriundos da engenharia de software, complementados a partir de resultados obtidos através do desenvolvimento de três ambientes virtuais, aqui denominados AV-Museu [6], AV-Capoeira [7] e AV-Engenharia [1].

Uma série de melhorias foram identificadas como necessárias nos ambientes virtuais considerados, principalmente em relação à avaliação destes sistemas.

A experiência no desenvolvimento dos ambientes virtuais levou à constatação de uma série de necessidades, que poderiam ser atendidas através do investimento em pesquisas que abranjam tópicos como os relacionados a seguir.

- Definição de taxonomias abrangentes de ambientes virtuais, que propiciem a categorização de ambientes e aplicações e possam ser adotados em estudos de diferentes ambientes, existentes e potenciais.
- Uso de métodos de elicitação, especificação e avaliação de requisitos, com possíveis extensões, que atendam às peculiaridades dos diferentes tipos de ambientes virtuais. Técnicas e linguagens de propósito específico, que facilitem a identificação e representação de características relacionadas às representações tri-dimensionais (incluindo requisitos de cores, iluminação, escala, pontos de vista, animação, etc.), são praticamente inexistentes e seriam de grande utilidade.
- Estudos empíricos que investiguem requisitos não funcionais de ambientes virtuais, com destaque para aspectos de usabilidade, principalmente em relação a aspectos de uso de *browsers* e de dispositivos especiais, como luvas, óculos e capacetes.
- Estudos empíricos que abordem características dos potenciais usuários de ambientes virtuais e aspectos do comportamento destes usuários ao utilizar os ambientes. A experiência com os ambientes virtuais tem mostrado que as pessoas respondem de forma distinta em relação à interação, navegação e imersão propiciadas pela realidade virtual.

As novas pesquisas contribuirão para o avanço da área, oferecendo subsídios efetivos para os profissionais e usuários finais envolvidos com ambientes e sistemas de realidade virtual.

Referências

- [1] Calonego Jr, N., Kirner, T.G., Abackerli, A.J., “Implementation of a Virtual Environment for Interacting with a Numeric Command Machine”, *Proceedings of the 3rd IEEE Int. Conference on Virtual Environments, Human-Computer Interfaces, and Measurement Systems - VECIMS 2004*, Boston, MA, USA, July 2004, pp. 125-130.
- [2] Castro J.F.B., *Introdução a Engenharia de Requisitos*, Mini-Curso JAI/SBC, Canela, RS, Agosto de 1995.
- [3] Fowler, M., Scott, K., *UML Distilled - Applying the Standard Object Modeling Language*, Addison-Wesley, Reading, MA, USA, 1997.
- [4] Kim, G.J. *et al.*, “Software Engineering of Virtual Worlds”, *Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology – VRST 1999*, Taipei, Taiwan, 1999, pp. 131-138.
- [5] Kirner, T.G., Davis, A.M., “Nonfunctional Requirements of Real-Time Systems”, *Advances in Computers* (Zelkowitz, M., Ed.), Volume 42, Academic Press, 1996, pp. 1-37.
- [6] Kirner, T.G., Martins, V.F., “A Model of Software Development Process for Virtual Environments”, *Proceedings of the 2nd IEEE Int. Symposium on Application-Specific Systems and Software Engineering and Technology – ASSET’99*, Richardson, TX, USA, March 1999, pp. 155-161.
- [7] Kirner, T.G., Kirner, C., Kawamoto, A.L.S., Wazlawick, R.S., “Development of a Collaborative Virtual Environment for Educational Applications”, *Proceedings of the ACM WEB3D Internacional Conference*, Paderborn, Germany, February 2001, pp. 61-68.
- [8] Luqi, Yeh, R., “Rapid Prototyping”, *Encyclopedia of Software Engineering* (Marciniak, J., Ed.), Wiley Interscience, NewYork, 1995.
- [9] Myers, B.A., Hollan, J., Cruz, I., “Strategic Directions in Human-Computer Interaction”, *ACM Computing Surveys*, v. 28, n. 4, December 1996, pp. 794-809.
- [10] Stuart, R., *The Design of Virtual Environments*, McGraw-Hill, Fairfield, PA, USA, 1996.
- [11] Sommerville, I., Sawyer, P. *Requirements Engineering: A Good Practice Guide*. John Wiley & Sons, England, 1997.
- [12] Vince, J., *Introduction to Virtual Reality*, Springer-Verlag, Germany, 2004.
- [13] UML Resource, 1999, fonte: www.rational.com/uml.
- [14] Wazlawick, R.S., Kirner, T.G., Fagundes, L., *Projeto MuseuVirtual*. Relatório Final de Projeto de Pesquisa, CNPq - ProTem IV, 2002.