

Applying entertaining aspects of Serious Game in medical training: systematic review and implementation

Aplicando aspectos lúdicos de Serious Game em treinamento médico: revisão sistemática e implementação

Rafael Siqueira Torres, Fátima L. S. Nunes

Laboratório de Aplicações de Informática em Saúde

Escola de Artes, Ciências e Humanidades - Universidade de São Paulo

{rafael.siqueira.torres,fatima.nunes}@usp.br

Abstract: *Virtual Reality (VR) has been widely used for medical area applications in order to help students and health care professionals to practice procedures before execute them on real patients. The evaluation of the user's learning is a very important step in any educational process, including systems for medical training. Serious Games are intended to employ entertaining aspects to training, knowledge transfer and simulations. This category of software can provide more motivation in the use of tools for training and also help in the evaluation of the learner. The aim of this paper is to present a serious game as a way to enhance the user experience in the use of medical training tools that use VR. This serious game contains entertaining aspects that are designed to stimulate the student to perform virtually the examination of breast biopsy.*

Keywords : *framework; virtual reality; serious games*

I. INTRODUÇÃO

Dentre as diversas formas e metodologias de ensino existentes, o número daquelas que aplicam tecnologia diretamente para fins educacionais pode ser ampliado. Uma das maneiras de se aplicar tecnologia ao ensino é por meio dos *Serious Games*.

Segundo [1], os *Serious Games* são jogos que têm como propósito o ensino ou treinamento, podendo incluir elementos lúdicos e de entretenimento. Muitos desses jogos são desenvolvidos em ambientes virtuais, criados a partir da Realidade Virtual (RV).

Em aplicações de RV para treinamento médico, um módulo muito importante é a avaliação do aprendizado do usuário, que permite verificar se o treinamento está sendo executado de forma a atingir os resultados esperados. Em [2], os autores afirmam que em qualquer processo educacional a avaliação do aprendizado é uma etapa importante e o foco dessa etapa é a aprendizagem. É importante considerar diversas variáveis durante o processo de avaliação.

O objetivo de ferramentas virtuais de treinamento é proporcionar a aquisição ou o aprimoramento de habilidades ou conceitos, destacando-se a necessidade de verificar se houve melhora no desempenho do aprendiz. O processo de

determinar se as mudanças no desempenho do treinamento estão de acordo com o planejado é a avaliação, que é fundamentada na medição. A medição torna necessário encontrar um meio de garantir que o que se imagina que acontece, realmente aconteça, envolvendo também o julgamento de valores [3].

Um dos pontos mais importantes em avaliações do usuário em aplicações que simulam procedimentos é a motivação para executar as atividades propostas, que pode ser proporcionada com o desenvolvimento de jogos com finalidade de treinamento e ensino, aqui denominados de *Serious Games*.

Este artigo tem por objetivo apresentar um *Serious Game* voltado ao treinamento de estudantes para executar o procedimento de biópsia mamária. O jogo pode oferecer motivação ao treinamento, considerando os aspectos lúdicos inseridos. Assim, o desempenho do estudante no jogo pode fornecer subsídios para avaliar aspectos do treinamento realizado. Foi realizada também uma pesquisa para avaliar o *Serious Game*.

A fim de atingir o objetivo apresentado, este artigo está dividido nas seguintes seções: na seção II são apresentados alguns conceitos importantes abordados durante o trabalho; a seção III é responsável por mostrar uma revisão bibliográfica com trabalhos utilizados como base na pesquisa; na seção IV são abordados os aspectos de implementação do *Serious Game* a partir de uma aplicação gerada utilizando-se um *framework* específico e considerando a revisão bibliográfica realizada como base teórica; na seção V é disponibilizada uma avaliação do *Serious Game* e seus resultados. Finalmente, na seção VI são disponibilizadas as conclusões sobre o trabalho.

II. ASPECTOS CONCEITUAIS

A. *Serious Games*

Os *Serious Games* são jogos desenvolvidos com um propósito específico, geralmente voltado ao ensino, treinamento, terapia ou simulação. Segundo Narayanasamy *et al.* [1], essa categoria de *software* surgiu da necessidade da aplicação de tecnologias interativas e imersivas em

treinamentos e em demandas da área da educação. Os autores afirmam que os *Serious Games* costumam utilizar conceitos dos jogos tradicionais e da pedagogia para transmitir conhecimento aos jogadores.

Para distinguir os *Simulator Games* (jogos que visam a simular situações com alto grau de realismo) dos *Serious Games* Narayanasamy *et al.* [1] enfatizam que os simuladores provêm entretenimento, desafios interessantes e engajados, mas não necessariamente têm um objetivo educacional, enquanto os *Serious Games* não têm por objetivo único o entretenimento, mas podem ter este elemento como um fator lúdico para atingir um objetivo de aprendizagem. Os *Serious Games* são usualmente criados para desenvolver habilidades, especialmente quando enfocam aplicações de treinamento. Já os simuladores não precisam necessariamente ser direcionados a desenvolver alguma habilidade específica, podendo até fazê-lo, mas não como primeira finalidade.

B. Frameworks

De acordo com [4] os *frameworks* são conjuntos de classes usadas para desenvolver aplicações específicas. Os autores de [5] completam esta definição, definindo *frameworks* como estruturas de classes que constituem implementações incompletas que, quando estendidas, permitem produzir diferentes artefatos de *software*. A vantagem de seu emprego é a promoção de reuso de código e projeto, que pode diminuir o tempo e o esforço exigidos na produção de aplicações.

Para o desenvolvimento do *Serious Game* aqui apresentado foi utilizado o *framework ViMeT* [6], construído utilizando-se basicamente a tecnologia *Java* e a *API (Application Programming Interface) Java3D*. Sua principal finalidade é possibilitar a geração de ferramentas de RV para treinamento médico, considerando especificamente o domínio dos exames de biópsia.

Esse *framework* permite construir com facilidade um Ambiente Virtual (AV) dinâmico com objetos virtuais que representam um órgão humano e um instrumento médico. O AV disponibiliza funcionalidades importantes para o treinamento virtual, como a detecção de colisão com precisão, a deformação de objetos flexíveis na região de contato com o objeto rígido, estereoscopia, além de interação com equipamentos convencionais (mouse, teclado) e não convencionais (luva de dados e dispositivo háptico) [7].

Paralelamente ao desenvolvimento do *framework* foi desenvolvida uma ferramenta de instânciação. De acordo com [8], a ferramenta pode gerar automaticamente o códigos fonte de uma aplicação de treinamento de biópsia usando RV, além de permitir a escolha de objetos virtuais que representam órgãos humanos e instrumentos médicos, suas posições e escalas no AV (Fig. 1). Também auxilia na manutenção do banco de dados de cada uma das aplicações geradas (Fig. 2).

A aplicação gerada pela ferramenta foi usada como base para o desenvolvimento do *Serious Game*, visto que seu uso minimiza a necessidade de conhecimento prévio sobre as classes do *framework*. A implementação considerou aspectos obtidos em uma revisão bibliográfica sistemática com o objetivo de encontrar trabalhos que poderiam servir de modelo ou que apresentassem semelhanças com o trabalho desenvolvido.

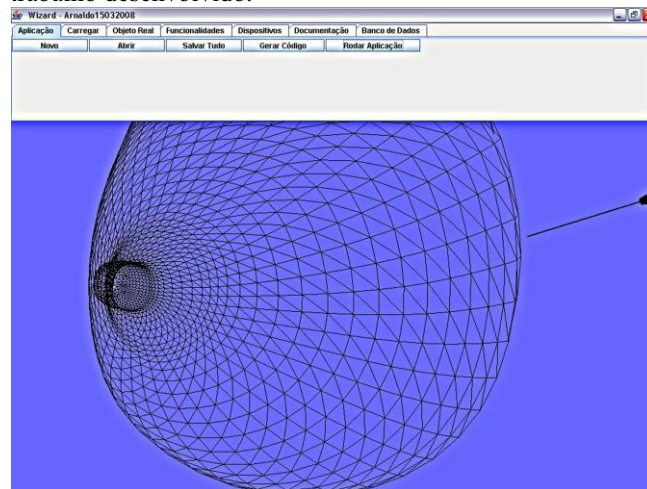


Figura 1. Interface gráfica da ferramenta *VimetWizard* que gera automaticamente códigos [7].

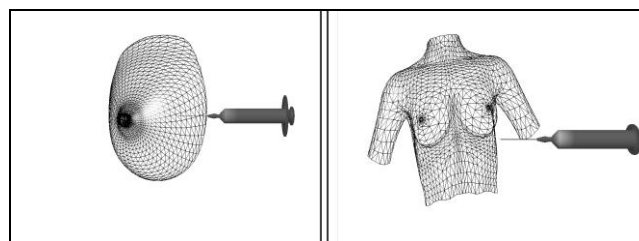


Figura 2. Exemplos de duas aplicações geradas pela ferramenta *VimetWizard*, com objetos distintos e em *wireframe*.

III. TRABALHOS CORRELATOS

Para realizar uma pesquisa completa e que tenha um caráter imparcial para todos os artigos encontrados, optou-se por utilizar a Revisão Sistemática (RS). De acordo com [9], a RS sintetiza os trabalhos existentes de forma que seja independente de pré-julgamentos e tenha valor científico. Assim, a pesquisa realizada consegue tratar todos os resultados obtidos da mesma forma, documentando todos eles e extraindo os dados mais significativos dos estudos mais relevantes.

Ainda, segundo [10], a RS traz melhoria e precisão na qualidade dos dados obtidos, além de testar hipóteses que não poderiam ser testadas em estudos primários, por meio de regras consistentes e claras.

Para a revisão do presente trabalho a pergunta base de pesquisa foi “Quais as pesquisas realizadas e artigos publicados sobre jogos baseados em realidade virtual na área da saúde e quais dessas pesquisas abordam o

desenvolvimento de um *Serious Game*?”. Partindo desta questão tema, foram definidos critérios de inclusão e exclusão das fontes encontradas. São estes:

- Os documentos devem possuir formato impresso ou digitalizado;
- Devem estar escritos em inglês ou português;
- Devem ter no máximo 5 anos, porém trabalhos de Iniciação Científica, dissertações e teses são considerados em um período de 10 anos;
- Serão desconsiderados documentos que não tem *Serious Games* como objetos de pesquisa, mas somente o utilizam para outra finalidade;
- Os documentos devem apresentar roteiros de como foram desenvolvidas aplicações, jogos voltados para área da saúde utilizando RV;
- Serão desconsiderados artigos que não apresentem data de publicação e documentos que não estejam disponíveis de forma integral.

Após definir o tema da pesquisa e os critérios de inclusão e exclusão, a próxima etapa foi a condução da pesquisa, descrita a seguir.

Foram pesquisadas as fontes IEEE [11], *Web Of Science* [12] e ACM [13] durante o mês de junho de 2010, seguindo um protocolo cujos principais pontos foram citados anteriormente.

Para revisar, analisar e identificar semelhanças nos artigos encontrados pela pesquisa foram definidos tópicos centrais que os artigos incluídos atenderiam ou não. São estes os tópicos:

a) *Finalidade do Serious Game (roteiro, níveis);*

b) *Especificações técnicas de desenvolvimento (ferramentas utilizadas, esquema de pontuação, modulação dos níveis);*

c) *Avaliação do game;*

d) *Ideias, conceitos e abordagens utilizados no desenvolvimento.*

A Tabela I mostra os tópicos atendidos em cada artigo, lembrando que alguns artigos foram omitidos por conta da menor relevância para a pesquisa. A primeira coluna da Tabela indica o número da referência bibliográfica do trabalho, incluída no final do presente artigo.

Os principais resultados obtidos, diretamente relacionados ao escopo do presente trabalho são apresentados a seguir.

TABELA I. TABELA DE EXTRAÇÃO DE DADOS

Artigo	Tópicos			
	a	b	c	d
[14]	•	•		•
[15]	•	•	•	•
[16]	•	•	•	
[17]	•	•		
[18]				•
[19]			•	•
[20]				•

Dentre todos os artigos encontrados, um consenso entre os autores é que um dos pontos iniciais ao se decidir desenvolver um *Serious Game* é qual recurso de implementação e técnicas serão utilizados para que o resultado final tenha menor custo e maior desempenho. De acordo com [20], uma das principais dificuldades no desenvolvimento é a captação de recursos. Segundo a autora, como a maioria dos jogos produzidos é voltada para o mercado e as empresas não disponibilizam a tecnologia desenvolvida em suas aplicações para a comunidade, as futuras produções ficam prejudicadas tendo muito trabalho para desenvolver bons projetos. Ela ainda defende a criação de uma cultura na qual toda tecnologia desenvolvida seja voltada para a comunidade, facilitando o desenvolvimento de outros trabalhos.

Os pesquisadores de [18] priorizam abordagens utilizadas na tentativa de criar jogos atrativos, que possam aumentar o desejo do jogador de permanecer jogando. Consistem, basicamente, em criar roteiros que tenham: objetivo, tarefas para concluir esse objetivo, pontos de parada (nos quais o roteiro é interrompido brevemente) e um período no qual o jogador apenas prossegue o jogo sem influência no roteiro. São esses pontos de parada aliados aos pontos de atividades/tarefas que tornam a experiência mais atrativa para o jogador.

Outros pesquisadores optaram por realizar estudos de caso para complementar suas pesquisas. Essa foi a maneira encontrada por [19] para demonstrar uma técnica para desenvolvimento de *Serious Games*. Os autores dizem que o jogo deve expor os conceitos a serem aprendidos, divididos em vários níveis ao jogador. Dependendo do desempenho do jogador, este pode alterar a dificuldade do jogo e o roteiro de uma maneira que, ao final, tenha aprendido todos os conceitos, independentemente do roteiro percorrido. O estudo com alunos realizado por [19] revelou que esses sentem mais facilidade para assimilar o conteúdo quando a dificuldade do jogo aumentava gradativamente e quando o conhecimento adquirido era cobrado constantemente em cada nível do jogo, fazendo o jogador revisar os conceitos aprendidos a todo o momento. Outra característica do jogo desenvolvido por [19] que agradou aos alunos foi mostrar seu desempenho ao final de cada nível, sendo que o aluno poderia repetir o nível caso desejasse aumentar sua pontuação.

Nos demais trabalhos pesquisados, os *Serious Games* são descritos com riqueza de detalhes, sendo incluídos roteiros, esquemas de pontuação e avaliação do usuário. Alguns também expõem as ferramentas que foram utilizadas, além de estudos com alunos avaliando a qualidade do jogo.

No trabalho descrito em [17] foi apresentado um conjunto de *Serious Games* que tinham por finalidade o tratamento de pacientes com problemas motores. Esses jogos consistiam em repetições de movimentos criando uma fisioterapia alternativa. Os jogos simulavam ambientes virtuais nos quais o paciente era estimulado a repetir os movimentos, como por exemplo, um jogo que tinha o

objetivo de pegar, com uma caixa, frutas que caíam das árvores. O jogador tinha que mover os braços como se estivesse segurando a caixa e com ela deveria pegar as frutas. A pontuação dos jogos era dada pela velocidade com que as tarefas eram concluídas. Os jogos ainda contavam com um mecanismo que adaptava a dificuldade de acordo com a deficiência do paciente. Aqui, mais uma vez, o desempenho era mostrado ao jogador no final de cada tarefa cumprida.

No artigo [16], os autores desenvolveram um jogo criado para treinar estudantes de medicina para executar procedimentos necessários em quadros de hemorragias durante a execução de cirurgias. Para desenvolver esse jogo, os pesquisadores preocuparam-se com dois aspectos. O primeiro foi criar um AV realista para ensinar os conceitos de cirurgias ortopédicas e, em segundo lugar, introduziram elementos de jogos tradicionais para imprimir às simulações um caráter mais divertido. O jogo oferece um exercício que serve de pré-treinamento para as cirurgias, o chamado "Parando fontes!", cujos movimentos simulam os passos usados na medicina para conter hemorragias.

Outros módulos do jogo apresentado por [16] oferecem simulações completas de cirurgias indicando ao jogador dicas e os passos a serem tomados. Possui, ainda, um modo *online* no qual dois jogadores podem completar as tarefas juntos. O desenvolvimento foi dividido em quatro partes: modelagem *off-line*, simulação em tempo real, infraestrutura de rede e os cenários do jogo. Uma preocupação por parte dos pesquisadores foi simular com realismo a hemorragia. A pontuação era computada com base na relação entre nível de sangue e tempo, ou seja, quanto menor a quantidade de sangue perdida e quanto menor o tempo despendido para executar o procedimento, mais pontos eram obtidos.

Por fim, os pesquisadores realizaram testes utilizando dois grupos de estudantes de Medicina para avaliar a real contribuição do jogo. Nesse teste os alunos foram divididos em dois grupos. O primeiro grupo realizou os jogos preliminares ("Parando Fontes!") e o jogo da cirurgia. Já o segundo foi instruído do funcionamento do jogo e realizou apenas a cirurgia. O primeiro grupo alcançou melhores resultados, obtendo mais pontos em menor tempo. Depois de realizados os testes, os alunos responderam a questionários para expressar suas opiniões sobre o jogo. A opinião mais recorrente foi a de que para os alunos o mais importante na simulação do tratamento de hemorragias é o realismo com que o sangue se apresenta na hora da cirurgia e durante as situações de emergência. A conclusão do estudo baseada no relato dos estudantes foi a de que o jogo pode realmente ajudar o treinamento dos profissionais da área.

Ainda na mesma linha de jogos *online*, no trabalho apresentado em [14] é apresentado o jogo *TiE (Travelling in Europe)* que utiliza conceitos de *MMOGs (Massive Multiplayer Online Games)*, que em suma são jogos que envolvem muitos jogadores em um "mundo virtual" todos conectados via *Internet*. Os autores também apresentam um *framework* que auxilia a criação de ambientes virtuais. O ambiente simula ruas e pontos de interesses de grandes

cidades européias por meio de fotografias dessas cidades. O jogador pode escolher os seguintes modos de jogo: perguntas, quebra-cabeças e procura de erros. Em [14], os autores acreditam que os *MMOGs* podem simular salas de aula por conta dos mecanismos que fornecem para a interação dos jogadores. Por fim, defendem que o desenvolvimento de jogos deve ser feito considerando tanto o entretenimento quanto o aprendizado, para não se correr o risco de criar jogos educativos, porém sem atrativos aos jogadores.

Por último, os autores de [15] descrevem as motivações e interesses que os desenvolvedores podem ter para criar um *Serious Game*. Afirmam que o desenvolvimento de um *Serious Game* ajuda o desenvolvedor a melhorar suas práticas de programação e que o desenvolvedor despende tempo considerável estudando conceitos para aplicar e ensinar no jogo, além de estudar pedagogia para saber como aplicar e ensinar esses conceitos.

Dos trabalhos apresentados, as contribuições que foram consideradas de cada artigo estão expostas na Tabela II.

TABELA II. ASPECTOS APROVEITADOS

Artigo	Aspecto Incorporado
[14]	Utilização de framework para a criação de ambiente virtual. Cuidado para não criar um jogo sem atrativos para o usuário.
[15]	Estudo de conceitos para aplicar ao jogo.
[16]	Inclusão de elementos tradicionais: pontuação, tempo e trilha sonora.
[17]	Repetição para fixação do treinamento.
[18]	Criação de roteiros e objetivos.
[19]	Expor conceitos ao jogador a cada nível.
[20]	Disponibilização do trabalho concluído via web site.

Conhecendo-se técnicas, estudos e teorias acerca do desenvolvimento de um *Serious Game* ainda há necessidade de ferramentas para sua implementação. Os já citados *frameworks* são comumente utilizados para auxiliar no desenvolvimento dos *Serious Games*.

IV. IMPLEMENTAÇÃO DO SERIOUS GAME

Unindo as técnicas citadas na revisão bibliográfica e tendo como base uma aplicação gerada pelo *framework* descrito na seção II, implementou-se um *Serious Game* com os objetivos de auxiliar o treinamento do exame de biópsia e melhorar a experiência das aplicações geradas pelo

framework, incluindo elementos para incrementar a motivação do usuário.

A aplicação gerada pelo *framework ViMeT*, como já mencionado, consiste em simular uma cirurgia de biópsia usando um AV tridimensional (3D) que contém objetos sintéticos que correspondem a um órgão humano e a um instrumento médico. Para compor o *Serious Game* foram escolhidas uma mama como órgão humano e uma seringa representando o instrumento médico no AV.

Para criar o *Serious Game* foi necessário adicionar à aplicação gerada algumas características para remeter, mesmo que de forma simples, a uma cirurgia:

- um nódulo, representado por um objeto geométrico com o formato de esfera. Foi adicionado à aplicação para definir um objetivo específico que consistia justamente em atingir o nódulo com o objeto que representa o instrumento médico;
- placar de pontuação, representando o desempenho do usuário à medida que se aproxima do nódulo com a seringa virtual. Este recurso foi planejado para avaliar o desempenho do usuário durante o *Serious Game*. A pontuação também é utilizada para auxiliar o usuário a cumprir os objetivos. Isso faz com que ele se sinta estimulado a obter mais pontos. Existe uma opção de “tentar novamente” o alcance do objetivo com o intuito de permitir que o aprendiz consiga mais pontos durante o jogo;
- placar de tempo, representando uma situação real na qual um paciente não pode ficar muito tempo exposto ao procedimento que está sendo simulado. Foi adicionado para trazer dificuldade ao *Serious Game*, uma vez que o jogo se encerra caso o tempo se esgote;
- trilha sonora, com a finalidade de colaborar com a imersão e satisfação do usuário durante o *Serious Game*. Esta trilha sonora foi adicionada como um aspecto lúdico, visto que não remete a um ambiente real, isto é, não há a preocupação em reproduzir sons relacionados ao procedimento sob treinamento.

Esses elementos adicionados à aplicação gerada pelo *framework* formaram a tarefa principal do *Serious Game* que consiste em atingir a mama com a seringa, tentando chegar o mais próximo possível do nódulo para aumentar a pontuação. Quando a mama é atingida a pontuação do jogador é calculada, baseada na distância entre a seringa e o nódulo.

Em seguida, o jogador deve atingir o nódulo para prosseguir para a próxima fase, sendo que essas tarefas devem ser executadas dentro de um tempo máximo. Enquanto o jogador não acertar o nódulo, seus pontos diminuirão com o passar do tempo e se a pontuação zerar antes do tempo o jogo não acaba. Para realizar a tarefa, o jogador pode manipular a seringa com o mouse, podendo transladá-la e rotacioná-la pressionando os botões esquerdo e direito, respectivamente.

Com esse contexto foi criado o roteiro do *Serious Game* que consiste em cinco níveis, cada um deles com duas fases.

A primeira fase envolve todo o mecanismo descrito anteriormente, com o objetivo de atingir a mama e, posteriormente, o nódulo com a seringa, obtendo pontos.

A segunda fase consiste em responder a uma questão antes que um determinado tempo se esgote. Uma vez que o *Serious Game* se destina a estudantes da área de saúde, as questões apresentam um nível técnico elevado e se referem à biópsia, câncer de mama e estruturas anatômicas e fisiológicas da mama. Dessa forma, o *Serious Game* oferece recursos tanto para o aprendizado de aspectos motores (o procedimento propriamente dito) quanto à assimilação de aspectos teóricos (por meio das perguntas a serem respondidas).

Para a implementação dessas duas fases, foi utilizado um diagrama de estados que define todas as ações que ocorrem durante cada fase (Fig. 3). Nesse diagrama, os estados de “q1” a “q12” indicam ações ou questionamentos aos quais o *Serious Game* se baseia durante todo o processo. Os estados “q1”, “q3”, “q5” e “q9” verificam se o tempo se esgotou, o que é um dos principais motivos para o fim de jogo e deve ser checado constantemente. Já os estados “q7” e “q12” indicam o fim de jogo e, por isso, são estados finais. O estado “q2” corresponde ao primeiro objetivo da primeira fase, que consiste em identificar uma colisão do instrumento médico virtual com o objeto que representa o órgão humano. O estado “q4” simboliza o segundo objetivo (atingir o nódulo).

O único estado de ação da segunda fase é o “q10”, o qual verifica se o usuário respondeu corretamente à pergunta do nível em que se encontra. O estado “q11” indica se o jogador conseguiu atingir o próximo nível, fazendo com que o ciclo tenha início novamente, mas desta vez para o nível seguinte. Os estados “Fase1” e “Fase2” indicam o início das respectivas fases. As transições correspondem às respostas aos questionamentos. São elas: “sim”, “não” e “λ”, sendo que esta última indica uma transição sem consumo de símbolo.

Pelo fato dos níveis do *Serious Game* mudarem apenas esteticamente, o diagrama de estados é o mesmo para todos os níveis. Mesmo seguindo-se os mesmos passos, as mudanças estéticas em cada nível trazem impactos à jogabilidade e à percepção do jogador. Tais mudanças são relacionadas à localização dos objetos no AV, a alterações de escala dos objetos envolvidos e à rotação do objeto que representa o órgão humano e o nódulo, além da variação da trilha sonora em cada nível.

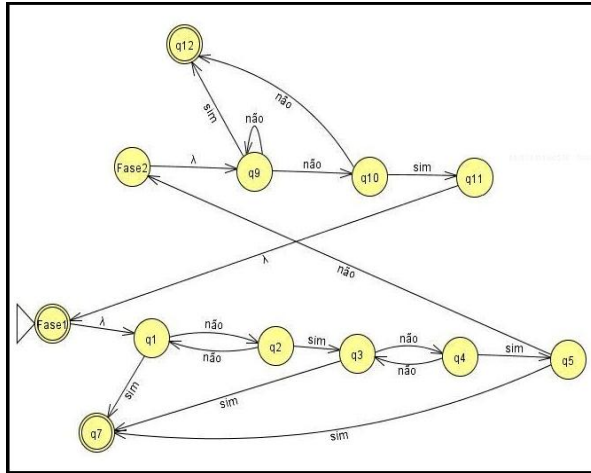


Figura 3. Diagrama de estados das fases do *Serious Game*.

Para auxiliar o jogador a responder corretamente a questão e continuar o *Serious Game*, é disponibilizada a ele a opção de trocar os pontos obtidos na primeira fase por dicas que lhe ajudarão a encontrar a alternativa correta. Cada dica tem seu custo e quanto maior o custo, mais valiosa e importante será a dica. Na Fig. 5 é apresentada uma das interfaces com perguntas efetuadas durante o *Serious Game*.

No procedimento de biópsia o cirurgião não tem a visão em tempo real do nódulo (apenas visualiza a estrutura de interesse por meio de imagens mamográficas). Para se aproximar um pouco mais do procedimento real, foi adicionada ao *Serious Game* uma nova área na qual uma imagem do nódulo na mama é apresentada ao jogador enquanto uma textura é aplicada sobre a mama virtual no *Serious Game* (Fig. 4).

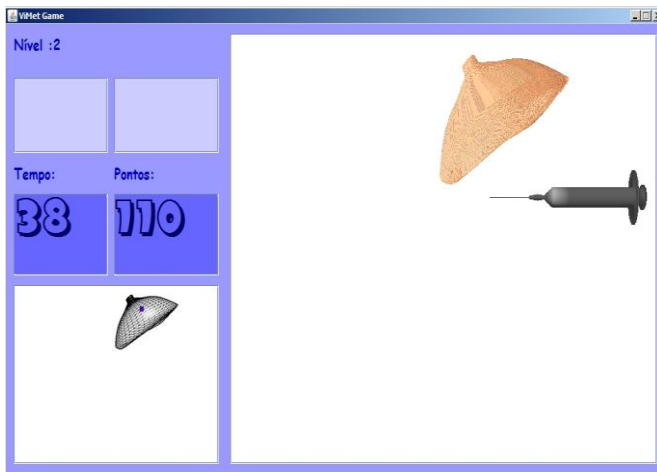


Figura 4. Imagem da primeira fase do segundo nível de *Serious Game*.



Figura 5. Segunda fase do primeiro nível do *Serious Game*.

O mecanismo principal do *Serious Game* consiste na detecção de colisão, primeiro entre os objetos que representam o instrumento médico e o órgão humano e, posteriormente, entre o nódulo e o instrumento. Segundo [6], detectar colisão consiste em verificar o momento em que ocorre uma aproximação suficientemente pequena entre objetos de um AV a ponto de possibilitar sobreposição entre eles.

A técnica utilizada para detecção de colisão foi a *Ocree*, já suprida pelo *framework* [6]. A partir da detecção de colisão entre dois objetos pelos métodos *BoundingBox* e *BoundingSphere*, disponibilizados para colisão pela *API Java 3D*, é utilizado o conceito de *Ocree*s para executar o refinamento.

Primeiro, divide-se a área de detecção de colisão em octantes. Em seguida, escolhe-se o octante não vazio cujo centro apresenta a menor distância euclidiana em relação ao centro do objeto em colisão para refinamentos sucessivos. O refinamento utiliza o método *BoundingSphere* para envolver cada novo octante obtido. O processo é executado recursivamente até que o octante chegue a um tamanho mínimo (colisão detectada) ou esteja vazio (colisão não detectada). A Fig. 6 exemplifica a abordagem por *Ocree*s, mostrando uma imagem dividida em octantes. Essa divisão do objeto é executada sucessivamente até atingir a condição de parada descrita anteriormente.

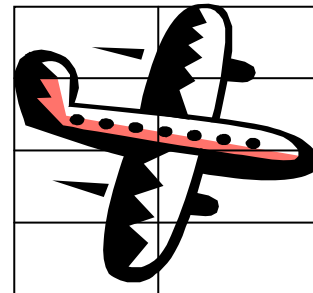


Figura 6. Exemplo da abordagem de detecção de colisão usando *Ocree*s [17].

Apesar de suprida pelo *framework*, o desenvolvimento do *Serious Game* exigiu uma adequação da técnica, visto que havia a necessidade de detecção de colisão contínua – primeiro entre os objetos que representam a seringa e a mama e depois entre a seringa e o nódulo adicionado. Para isso foram utilizados mecanismos para detectar a primeira colisão, desabilitar a colisão entre os objetos envolvidos e habilitar nova verificação de colisão entre os novos objetos (nódulo e seringa).

Desta forma, o *Serious Game* foi desenvolvido com os objetivos de se tornar uma ferramenta para o treinamento médico e de aprimorar a aplicação gerada pelo *framework*. Os elementos adicionados à aplicação gerada têm por objetivo tornar o treinamento mais próximo do real e proporcionar uma experiência lúdica ao usuário, o que é um dos propósitos dos *Serious Games*. A seguir é apresentada uma pesquisa com o intuito de verificar a hipótese de que o *Serious Game* contribuiu para melhorar os aspectos lúdicos e a motivação do usuário, quando comparado à aplicação inicial gerada pelo *framework*.

V. AVALIAÇÃO DO *SERIOUS GAME*

A avaliação do *Serious Game* foi feita com 6 estudantes, sendo 2 do sexo feminino e 4 do sexo masculino, com conhecimento técnico em Computação, mas sem conhecimento específico na área de saúde. Suas idades variaram entre 19 e 24 anos e todos atualmente cursando o ensino superior.

Para realizar a avaliação do *Serious Game* foram aplicados dois questionários. O primeiro foi respondido após cada estudante utilizar a aplicação inicialmente gerada pelo *framework* (ainda não transformada em jogo) por quanto tempo ele considerasse necessário. Esse questionário pretendia avaliar quais os aspectos mais importantes que deveriam ser considerados para se criar um *Serious Game* a partir de tal aplicação. Salienta-se que em ambos os sistemas (aplicação original e jogo) a interação foi realizado com mouse comum.

A. Avaliação da aplicação gerada pelo *framework*

Os estudantes avaliaram a aplicação gerada pelo *framework*, escolhendo notas de zero a dez, sendo que 33% escolheram a nota 4 para avaliar a aplicação. Os demais 67% escolheram notas superiores a 7. As notas mais baixas se devem às dificuldades que os estudantes apresentaram com os comandos necessários para manipular o ambiente 3D. Muitos se sentiram confusos e em certos momentos perdidos no AV, pelo fato de considerarem que o mouse não conseguia trazer a sensação de imersão no ambiente 3D. As notas mais altas se devem à qualidade com que a aplicação gerada consegue simular o procedimento real.

O tempo que a maioria dos estudantes levou para avaliar a aplicação foi superior a 2 minutos, mas nenhum chegou a testá-la por mais de 4 minutos. As dificuldades com os comandos da aplicação justificam o pouco tempo durante o qual a utilizaram.

Essas informações mostram que a aplicação gerada pelo *framework* consegue atingir o objetivo de simular uma biópsia, mas não consegue motivar o seu uso por muito tempo. No primeiro questionário foi avaliado ainda a relação dos usuários com jogos. Dos entrevistados, 67% declararam jogar frequentemente, sendo que destes, 50% declararam jogar por mais de 5 horas por semana. O fato dos estudantes terem uma experiência com jogos em geral é relevante para avaliar o *Serious Game* com uma visão mais crítica.

Ao serem questionados se o desenvolvimento de um *Serious Game* auxiliaria a melhorar a motivação em relação à experiência proporcionada pela aplicação gerada pelo *framework*, 100% dos estudantes responderam afirmativamente. Tal assertiva mostra que independentemente do sexo, idade, ou experiência com jogos dos entrevistados, a aplicação poderia evoluir e o desenvolvimento do *Serious Game* foi considerado como muito interessante para auxiliar tal evolução.

B. Avaliação do *Serious Game*

Antes da aplicação do segundo questionário, os estudantes jogaram o *Serious Game*, ficando igualmente livres para o utilizarem durante o tempo que considerassem necessário ou até atingirem o final do jogo. A Fig. 7 mostra o gráfico da primeira questão de cada questionário, na qual os estudantes atribuíram notas para o *Serious Game* e para a aplicação.

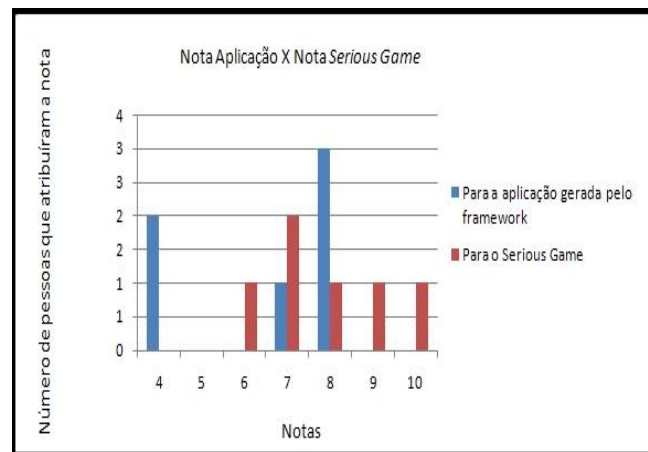


Figura 7. Atribuição de nota para o *Serious Game*.

O tempo médio despendido pelos estudantes para avaliar o *Serious Game* foi maior que 5 minutos, o que já indica que o *Serious Game* conseguiu atrair mais a atenção dos entrevistados. Em contrapartida, nenhum dos entrevistados conseguiu completar o *Serious Game* e quando questionados sobre os motivos, as respostas foram variadas, conforme ilustrado na Fig.8.

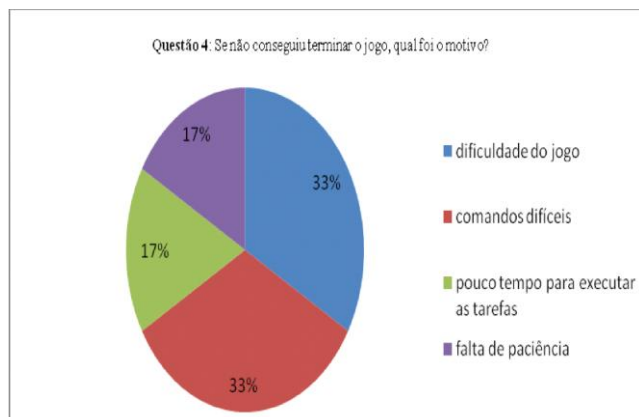


Figura 8. Opinião dos estudantes quanto o motivo pelo qual não completaram o *Serious Game*

Dentre os motivos, os que se destacam são a dificuldade do jogo e a dificuldade com os comandos de interação no ambiente 3D, sendo que este último já havia sido observado pelos estudantes enquanto testavam apenas a aplicação gerada pelo *framework*.

Em relação às questões inseridas no jogo, 50% dos entrevistados declararam que adquiriram novos conhecimentos com o conteúdo apresentado.

Um ponto interessante observado é que a maioria dos entrevistados encerrou a experiência com o jogo porque não conseguiu atingir os objetivos (colidir o instrumento médico virtual com o nódulo) já na primeira fase. Apenas um estudante conseguiu ultrapassar esta fase e atingir a fase de perguntas. Houve uma porcentagem de estudantes (17%) que declarou ter “falta de paciência” com o *Serious Game*. Esses fatos permitiram verificar duas importantes observações: o uso do mouse comum dificulta sobremaneira a interação no ambiente 3D e a versão atual do jogo desenvolvido está com um nível de dificuldade inicial muito superior àquela necessária para constituir um desafio que resulte em motivação para usar o jogo. Essa dificuldade deve-se principalmente ao fator de tempo máximo permitido para execução do procedimento, como apresentado adiante.

Apesar de não terem completado os níveis do jogo, todos os estudantes consideraram que o *Serious Game* contribuiu para o aumento da motivação em usar a aplicação gerada pelo *framework*. Os entrevistados também foram questionados sobre os elementos adicionados (nódulo, textura no órgão humano, trilha sonora, fase de perguntas, placar de tempo, imagem do nódulo) à aplicação para a construção do *Serious Game*. Eles deveriam avaliar se o elemento agradou ou não agradou. O resultado está exposto na Fig. 9.

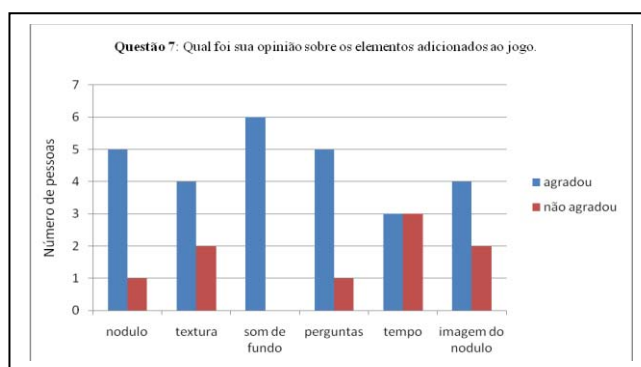


Figura 9. Opinião dos estudantes sobre os elementos do *Serious Game*.

Os elementos que mais agradaram aos estudantes são aqueles que mais alteraram a aplicação inicial gerada pelo *framework*. A textura na mama contribuiu, mesmo que sutilmente, para trazer maior realismo à aplicação, assim como o nódulo.

A trilha sonora agradou todos os estudantes por trazer músicas não tradicionais a um ambiente cirúrgico, mas sim a um ambiente que poderia proporcionar imersão ao usuário por mais tempo.

As perguntas, que apesar de todos os entrevistados considerarem muito difíceis, contribuíram para a aquisição de conhecimentos durante o *Serious Game* e para aumentar a duração do *Serious Game*, além de propor o desafio de respondê-las corretamente.

Já o tempo foi um dos elementos que mais desagradou os estudantes. Isso se deve ao fato de que este foi o principal motivo pelo qual os estudantes não conseguiram terminar o jogo.

A imagem do nódulo não foi compreendida da maneira correta, pois uma vez que a textura é aplicada sobre a mama, a única forma de visualizar o nódulo era por meio do objeto virtual exibido, que mantinha a transparência do órgão humano, revelando a localização do nódulo.

Por fim, os estudantes foram questionados quanto à motivação que sentiram ao jogar o *Serious Game*. Dos entrevistados, 67% consideraram-se muito motivados com o *Serious Game*. Os restantes 33% alegaram estar pouco motivados. Ainda, quando questionados se o *Serious Game* os havia motivado mais que a aplicação gerada, 83% dos entrevistados consideraram que o *Serious Game* era mais motivador que apenas o treinamento realizado na aplicação gerada pelo *framework*.

Os estudantes que alegaram pouca motivação foram aqueles que encontraram mais dificuldades, ora com os comandos de navegação, ora com a dificuldade de tempo imposta pelo *Serious Game*. Esta última foi uma unanimidade entre todos os entrevistados, lembrando que nenhum deles conseguiu percorrer todos os níveis previstos para vencer o jogo. Este fato indica que o *Serious Game* necessita de reformulação na questão da dificuldade imposta aos jogadores, principalmente com relação ao tempo para executar as tarefas, como já mencionado. Essas observações

feitas pelos jogadores serão consideradas para a continuidade do trabalho visando aprimorar o treinamento.

VI. CONCLUSÕES

O *Serious Game* desenvolvido se propôs a constituir uma ferramenta para treinamento de estudantes, além de aprimorar a experiência proporcionada pela aplicação gerada pelo *framework* utilizado, incluindo elementos que remetem a jogos. A aplicação original não possuía as funcionalidades de adicionar nódulos ao órgão virtual e detectar colisão entre o instrumento médico e o nódulo. Por isso a questão da colisão contínua com precisão foi tratada com empenho, fazendo com que os esforços se estendessem até encontrar o resultado esperado.

Os outros elementos adicionados como a textura no órgão humano virtual e a imagem do nódulo, também remetem ao ambiente real. O tempo para concluir as fases é necessário porque em uma cirurgia os médicos não dispõem de tempo indeterminado e o paciente está exposto a mais riscos conforme o tempo passa. Além disso, a perda de pontos relacionada ao tempo decorrido entre a primeira colisão com a mama e a colisão com o nódulo simboliza a situação em que a mama do paciente já foi perfurada, logo o nódulo deve ser encontrado o mais rápido possível.

Apesar de enfatizar que o objetivo principal de um *Serious Game* não é o entretenimento, mas a transmissão de algum tipo de conhecimento, a inclusão de aspectos direcionados a entreter e motivar o usuário constituem mecanismos lúdicos que podem contribuir para o aprendizado.

No trabalho aqui apresentado, os aspectos lúdicos incluídos foram a pontuação do jogo, a contagem regressiva do tempo, a inserção de perguntas conceituais e a trilha sonora. As perguntas estão presentes para aumentar a motivação do aprendiz em permanecer jogando, porque aumentam a duração do *Serious Game* e diferem totalmente da experiência da primeira fase de cada nível.

A avaliação do *Serious Game* mostrou que este tem potencial como elemento motivador do processo de aprendizagem e de avaliação dos estudantes. Por meio das perguntas, dicas e alternativas, que estão presentes no *Serious Game*, é possível inserir conteúdo conceitual, constituindo um recurso didático para ser aplicado durante as aulas teóricas.

Vale a ressalva, que pelo fato da avaliação não ter sido feita com estudantes da área médica, essa contribuição pode ser considerada limitada, em um primeiro momento. Por esse motivo, o próximo passo após a melhoria de alguns pontos identificados durante a avaliação aqui apresentada é conduzir uma avaliação em condições mais reais, isto é, incluindo estudantes e profissionais da área de saúde e considerando uma quantidade maior de usuários.

É importante retomar a questão do uso de sistemas desta categoria para a avaliação dos usuários, conforme afirmado na Introdução deste trabalho. À medida que o *Serious Game* for avaliado por profissionais de saúde, o *software* poderá

ser utilizado como uma ferramenta de avaliação dos estudantes, considerando aspectos como a pontuação obtida, o tempo despendido para realizar as tarefas e métricas adicionais que podem ser definidas.

Nesse sentido, duas métricas a serem inseridas são: definição de áreas corretas nas quais devem ocorrer a colisão entre o instrumento médico virtual e o órgão humano e verificação da quantidade de vezes que ocorre a colisão. A primeira delas pode auxiliar na medição da precisão que o aprendiz adquiriu para executar o procedimento. A segunda métrica pode auxiliar na verificação da eficiência do aprendiz em relação à localização espacial, visto que é desejável que haja apenas uma colisão entre os objetos que representam o instrumento médico e o órgão humano, já que esse ato representa a perfuração do paciente.

Ainda em relação à utilização do jogo como mecanismo de avaliação do aprendiz, verifica-se que as respostas às perguntas podem ser relacionadas aos conceitos adquiridos.

Considerando os aspectos mencionados, a quantidade de pontos obtida pelo jogador e as respostas às perguntas para mudar de fase podem ser relacionadas, respectivamente, à habilidade e ao conhecimento adquirido ao se usar o *software*.

Outra forma de avaliação pode ser feita através de um estudo do histórico do jogador. Nesse histórico estariam informações acerca de quantas vezes o jogador reiniciou o jogo, quantos pontos foram despendidos para aumentar o tempo a fim de concluir a primeira fase de cada nível, quantos pontos foram gastos com dicas, qual o tempo médio que o jogador permaneceu em cada nível, entre outros. Tais aspectos podem ser armazenados para mensurar a evolução do aprendiz ao longo do tempo. Esse histórico será implementado na continuidade do trabalho, visando ao aprimoramento da avaliação do usuário.

No estágio atual, o *Serious Game* apresentado possui algumas limitações como os formatos do órgão humano e do instrumento médico. Outra limitação é o fato das perguntas não mudarem a cada novo jogo iniciado. Tais limitações podem ser superadas pela implementação de um banco de dados, tanto de objetos tridimensionais quanto de perguntas, o que traria desafios e variação do conteúdo. Esse módulo também será implementado na continuidade do trabalho, que ainda pretende revisar aspectos que não agradaram os entrevistados, como o tempo para realizar as tarefas durante o *Serious Game* e o nível excessivo de dificuldade.

Ainda sobre os próximos passos do trabalho, está prevista a implementação do *Serious Game* para interação com o dispositivo háptico e luva de dados. Tal funcionalidade já é suportada pelo *framework ViMeT*, mas ainda não está habilitada na versão atual do *Serious Game*. A habilitação de dispositivos com retorno de força, além de aumentar o realismo do treinamento, permitirá que novos aspectos (como a força empregada pelo jogador) possam ser incluídos como fator de avaliação do aprendiz.

Foi apresentado neste artigo o desenvolvimento detalhado de um *Serious Game* projetado para auxiliar no treinamento de biópsia. Como foi proposto, o desafio era unir em um *Serious Game* elementos lúdicos que pudessem aumentar a motivação para o treinamento de um procedimento médico. Em relação aos aspectos lúdicos, pode-se afirmar, a partir da avaliação realizada, que apesar de ser necessário melhorar vários aspectos, os mecanismos de pontuação, contagem regressiva de tempo e trilha sonora contribuíram para que os usuários se sentissem mais motivados a usarem a aplicação.

Pode-se concluir que o *Serious Game* desenvolvido conseguiu explorar o potencial da aplicação gerada pelo *framework* e transmitir ao usuário conhecimentos por meio das perguntas de cada fase. A contribuição do *Serious Game* será o legado que este deixará para futuros desenvolvimentos de aplicações para treinamento médico.

VII. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – Medicina Assistida por Computação Científica (INCT-MACC), pelo apoio financeiro (Processo 573710/2008-2 Edital MCT/CNPq Nº 015/2008 - Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia).

REFERÊNCIAS

- [1] V. Narayanasamy, K. W. Wong, C. C. Fung, and S. Rai, "Distinguishing games and simulation games from simulators," in *Computers in Entertainment (CIE)*: ACM New York, NY, USA 2006.
- [2] L. M. Passerino, M. Geller, S. R. Silveira and L. M. R. Tarouco, "Aprendizagem e Avaliação em um Ambiente de Realidade Virtual Cooperativo de Aprendizagem (Projeto ARCA)," in *V Congresso Internacional de Informática na Educação - RIBIE 2000*, Viña del Mar, Chile: 4-6 de Dez. 2000.
- [3] R. L. S. Silva, and A. C. B. Ramos, "Avaliação do Aprendizado do Sistema de Treinamento de Pilotos," in *InfoCEFET2004 – II Simpósio de Informática do CEFET-PI*, 2004.
- [4] M. Fayad, R. Johnson, and D. Schmidt, "Building application frameworks: object-oriented foundation of frameworks design," Nova Iorque: Wiley, 1999.
- [5] R. P. Silva, Suporte ao desenvolvimento e uso de frameworks e componentes, dissertação de mestrado, UFRGS, Porto Alegre, 2000.
- [6] A. C. M. T. G. Oliveira, ViMeT – Projeto e implementação de um *framework* para aplicações de treinamento médico usando realidade virtual, dissertação de mestrado, Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha, Marília, 2007.
- [7] A. C. M. T. G. Oliveira, and F. L. S. Nunes, "Building a Open Source Framework for Virtual Medical Training," in *Journal of Digital Imaging*, vol. 23, no. 6, pp. 706-720, December 2010.
- [8] F. L. S. Nunes, A. C. M. T. G. Oliveira, D. J. Rossato, and M. I. C. Machado, "ViMeTWizard: Uma ferramenta para instanciação de um *framework* de Realidade Virtual para treinamento medico," *Proc. XXXIII Conferencia Latinoamericana de Informática*, 2007, San José, vol. 1, pp. 1 – 8.
- [9] B. Kitchenham, "Procedures for Performing Systematic Reviews," *Joint Technical Report Software Engineering Group*, Department of Computer Science Keele University, United King and Empirical Software Engineering, Nariional ICT Australia Ltd, Australia, 2004.
- [10] J. Biolchini, P. Gomes, A. Cruz, and G. Travassos, "Systematic review in software engineering," Rio de Janeiro, Brasil: Systems Engineering and Computer Science Department, UFRJ. 2005.
- [11] IEEE Xplore Digital Library, disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/dynhome.jsp>>, data da visita: 08/06/10.
- [12] Web of Science, disponível em: <http://apps.isiknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?highlighted_tab=WOS&product=WOS&last_prod=WOS&SID=4ABmhGg4pbBjODEaoPB&search_mode=GeneralSearch>, data da visita: 24/06/10.
- [13] ACM Digital Library, disponível em: <<http://portal.acm.org/>>, data da Visita: 06/07/10.
- [14] F. Bellotti, R. Berta, A. De Gloria, and V. Zappi, "Exploring gaming mechanisms to enhance knowledge acquisition in virtual worlds," in *DIMEA '08 Proceedings of the 3rd international conference on Digital Interactive Media in Entertainment and Arts*: ACM New York, NY, USA 2008, pp. 77-84.
- [15] A. Chaffin, and T. Barnes, "Lessons from a course on serious games research and prototyping," *Proc. FDG '10 Proceedings of the Fifth International Conference on the Foundations of Digital Games*: ACM New York, NY, USA 2010, pp. 32-39.
- [16] Q. Jing, P. C. Yim, M. P. Wai, S. C. Kup, and A. H. Pheng, "Learning Blood Management in Orthopedic Surgery through Gameplay," in *Computer Graphics and Applications, IEEE*, vol. 30, no. 2, pp. 45-57, March-April 2010.
- [17] M. Ma, and K. Bechkoum, "Serious games for movement therapy after stroke," in *Systems, Man and Cybernetics*, 2008, SMC 2008, IEEE International Conference on, pp. 1872-1877, 12-15 Oct. 2008.
- [18] T. Marsh, K. Yang, and C. Shahabi, "Game development for experience through staying there," *Proc. Sandbox '06 Proceedings of the 2006 ACM SIGGRAPH symposium on Videogames*: ACM New York, NY, USA 2006, pp. 83 - 89.
- [19] K. H. Tan et al., A plug and play pathway approach for operations management games development, in *Computers & Education [S.I.]*, vol. 55, no. 1, pp. 109-117, Aug. 2010.
- [20] M. Zyda, From visual simulation to virtual reality to games, in *Computer*, vol. 38, no. 9, pp. 25- 32, Sept. 2005.
- [21] F. Riquelme, Estudo comparativo de soluções para detecção de colisão em tecnologias de Realidade Virtual para o desenvolvimento de ferramentas para treinamento médico, 86 f, dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha, Marília, 2005.