



UFC

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

MESTRADO ACADÊMICO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

JULIAN RODRIGUES VALÉRIO

**UM AMBIENTE PARA O AUXÍLIO À APRENDIZAGEM DE HABILIDADES
LAPAROSCÓPICAS USANDO REALIDADE AUMENTADA E GAMIFICAÇÃO**

FORTALEZA – CEARÁ

2015

JULIAN RODRIGUES VALÉRIO

UM AMBIENTE PARA O AUXÍLIO À APRENDIZAGEM DE HABILIDADES
LAPAROSCÓPICAS USANDO REALIDADE AUMENTADA E GAMIFICAÇÃO

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Ciência da Computação do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciência da Computação. Área de Concentração: Ciência da Computação

Orientador: Windson Viana de Carvalho

Co-Orientador: Fernando Antonio Mota Trinta

FORTALEZA – CEARÁ

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- V256u Valério, Julian Rodrigues.
Um ambiente para auxílio à aprendizagem de habilidades laparoscópicas usando realidade aumentada e gamificação / Julian Rodrigues Valério. – 2015.
105 f. : il. color., ; 30 cm.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Computação, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Fortaleza, 2015.
Área de Concentração: Ciência da Computação.
Orientação: Prof. Dr. Windson Viana de Carvalho.
Coorientação: Prof. Dr. Fernando Antônio Mota Trinta.
1. Simulador cirúrgico. 2. Aprendizagem. 3. Framework. I. Título.

JULIAN RODRIGUES VALÉRIO

Um Ambiente para o Auxílio à Aprendizagem de Habilidades Laparoscópicas usando Realidade Aumentada e Gamificação

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação, da Universidade Federal do Ceará, como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

BANCA EXAMINADORA



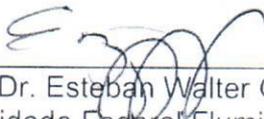
Prof. Dr. Windson Viana de Carvalho
(Orientador)

Universidade Federal do Ceará – UFC



Prof. Dr. Fernando Antonio Mota Trinta
(Coorientador)

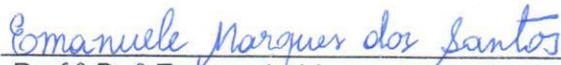
Universidade Federal do Ceará – UFC



Prof. Dr. Esteban Walter Gonzalez Clua
Universidade Federal Fluminense – UFF/RJ



Prof. Dr. Antônio Aldo Melo Filho
Universidade Federal do Ceará – UFC



Prof.^a Dr.^a Emanuele Marques dos Santos
Universidade Federal do Ceará – UFC

Fortaleza, 17 de setembro de 2015.

Dedico este trabalho ao meu Pai, João Batista de Sousa Valério, a minha Mãe, Teresinha Odete Rodrigues Valério, e aos meus Irmãos por serem meus maiores professores, com quem aprendi princípios que me servirão por toda vida. Vocês sempre foram o meu alicerce.

AGRADECIMENTOS

Durante esses anos de graduação, os desafios foram muitos. Superá-los só foi possível graças a pessoas muito especiais que direta ou indiretamente fizeram parte desse processo. A todas elas registro minha imensa gratidão.

Primeiramente agradeço a Deus por estar sempre ao meu lado, me guiando, iluminando minha mente e concedendo-me saúde, persistência, discernimento e sabedoria para a realização deste trabalho.

Meus eternos agradecimentos aos meus pais João Batista de Sousa Valério e Teresinha Odete Rodrigues Valério, pela sólida formação que me deram, e por todo incentivo e esforço despendido para que eu pudesse concluir mais essa fase dos meus estudos.

Aos meus irmãos Edgard, João Vitor e Niacha que sempre estiveram ao meu lado, incentivando e apoiando minhas decisões. Eternamente grato a vocês por todos ensinamentos e por toda confiança depositada em mim. A minha namorada Andressa Ayala de Matos Lima, que compartilhou das minhas angústias e sempre me motivou a continuar, obrigado por está ao meu lado durante essa jornada.

A meu orientador Professor Windson Viana de Carvalho e a meu co-orientador Professor Fernando Antonio Mota Trinta, professores que admiro por sua enorme competência, obrigado por todos os conselhos, ajuda, paciência, palavras de incentivo, disponibilidade, brincadeiras e puxões de orelha.

À banca da dissertação. Ao professor Esteban Clua, por participar da banca de minha defesa. Ao professor Antônio Aldo, por todos os conselhos dados e disponibilidade para ajudar no decorrer do mestrado. E a professora Emanuele Marques, por ter contribuído para o aperfeiçoamento do trabalho com críticas e sugestões nas bancas de pré-proposta e proposta no decorrer do mestrado. Aos meus amigos Carleandro Noletto e Luís Fernando, que contribuíram imensamente durante o desenvolvimento desse trabalho, valeu pela força.

A todos aqueles que, embora não nomeados, presentearam-me com seus inestimáveis apoios em distintos momentos. A todos o meu reconhecido muito obrigado!

“É melhor lançar-se à luta em busca do triunfo mesmo expondo-se ao insucesso, que formar fila com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito; E vivem nessa penumbra cinzenta sem conhecer nem vitória nem derrota.”

(Franklin Roosevelt)

RESUMO

Cirurgias minimamente invasivas requerem aprendizagem e treinamento de habilidades não-convencionais de cirurgiões (por exemplo, coordenação mão-olho, destreza manual e precisão). Os processos de ensino e aprendizagem envolvem, em geral, o uso de caixas-pretas simuladoras para o treinamento dessas habilidades que podem ser praticadas com atividades de navegação com as pinças laparoscópicas e de coordenação de movimentos simples. Neste trabalho, propõe-se estender caixas-pretas de treinamento laparoscópico com Realidade Aumentada (RA) e técnicas de gamificação. O ambiente proposto apresenta uma câmera adicional e utiliza algoritmos de rastreamento de objetos a fim de controlar os movimentos dos objetos manipulados. O ambiente proposto é uma caixa laparoscópica simuladora capaz de observar o desempenho do aprendiz durante a atividade de formação (por exemplo, tempo para terminar a atividade, erros). O framework LARG é a parte de software principal do simulador. Ele foi desenvolvido para implementar as atividades e integrar as bibliotecas OpenCV e Ogre3D. O framework possui mecanismos que possibilitam renderizar imagens 3D nas atividades, rastrear objetos, detectar padrões e inserir componentes gamificados. Foram projetadas e desenvolvidas duas atividades para o treinamento de habilidades de navegação. Uma avaliação de usabilidade do simulador foi realizada com um grupo de dezoito médicos que executou as duas atividades. Os resultados indicam uma boa aceitação de usabilidade do ambiente proposto. Observou-se também uma diferença significativa no desempenho entre os cirurgiões e os alunos do primeiro ano de residência, um indicativo positivo para a utilização do simulador no processo de ensino e aprendizagem de habilidades em MIS.

Palavras-chave: Gamificação. Realidade Aumentada. Framework. Caixas-Pretas Simuladoras de Laparoscopia

ABSTRACT

Minimally Invasive Surgeries (MIS) require learning and training unconventional skills of surgeons (e.g., hand-eye coordination, manual dexterity). The teaching and learning processes usually involve the use of simulating box-trainers, which allow the training of such skills with navigation activities and simple coordination. In this paper, we propose to extend laparoscopic box-trainers with Augmented Reality (AR) and gamification techniques. The proposal uses an additional camera and object tracking to monitor the movement of handled objects. Our box-trainer simulator is able to assess the performance of students during the training activity (e.g., time to complete the activity, errors). The main part of the simulator is the LARG framework, which is developed and used to implement the gamified activities. The framework integrates the OpenCV and Ogre3D libraries. It offers mechanisms that enable rendering of 3D images in activities, tracking of objects, detecting patterns and inserting gamified components. We designed and developed two activities for the training of navigation skills. A usability evaluation of the proposal was implemented with a group of eighteen members who performed two activities. Results indicate a good usability acceptance of the box-trainer. We also observed a significant difference in performance between surgeons and students of the first year of residency, thus indicating the simulator can be successfully used in learning MIS skills.

Keywords: Gamification. Augmented Reality. Framework. Laparoscopic Box-Trainers

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplo de realização do procedimento de cirurgia laparoscópica.	16
Figura 2 – Caixa preta utilizada para treinamento de habilidades laparoscópicas.	17
Figura 3 – Classificação de espaços compartilhados de acordo com transporte e artificialidade.	24
Figura 4 – Caixa simuladora para treinamento de habilidades laparoscópicas - FLS.	28
Figura 5 – Caixa simuladora desenvolvida por Kobayashi et al. (2011)	29
Figura 6 – Caixa simuladora proposta por BEARD et al.	30
Figura 7 – Diferenças entre gamificação, jogos sérios, design lúdico e brinquedos.	35
Figura 8 – Exemplo de jogo sério voltado para o ensino de primeiros socorros.	36
Figura 9 – Simulador ProMIS AR	43
Figura 10 – Instrumentos Laparoscópicos Utilizados no ProMIS AR.	44
Figura 11 – LAPSIM - Simulador com dispositivos hápticos para treinamento de cirurgia laparoscópica.	46
Figura 12 – Caixa simuladora desenvolvida por Lahanas et al.	51
Figura 13 – Caixa simuladora desenvolvida por Lin et al.	52
Figura 14 – Protótipo inicial da plataforma LARG.	59
Figura 15 – Disposição dos componentes físicos do LARG.	62
Figura 16 – Arquitetura LARG.	63
Figura 17 – Pinça de apreensão Harmonic Ace.	65
Figura 18 – Cenários desenvolvidos para o ambiente de treinamento.	65
Figura 19 – Organização interna do ambiente de treinamento da plataforma LARG.	65
Figura 20 – Execução das atividades.	67
Figura 21 – Diagrama de Classes do <i>framework</i> LARG.	71
Figura 22 – Atributos da classe <i>GenericAPP</i>	73
Figura 23 – Classe <i>OgreWrapper</i>	74
Figura 24 – Implementação de um objeto 3D na aplicação.	75
Figura 25 – <i>OverlayManager</i> - métodos de mudança de layout.	75
Figura 26 – Exemplo de uso da classe <i>CVDetection</i>	76
Figura 27 – Exemplo de aplicação - Método <i>initApp()</i>	78
Figura 28 – Exemplo de aplicação - Método <i>initAnim()</i>	78
Figura 29 – Exemplo de aplicação - Método <i>initGame()</i>	79

Figura 30 – Exemplo de aplicação - Método <code>updateGame()</code>	79
Figura 31 – Exemplo de aplicação - Método <code>finishGame</code>	80
Figura 32 – Etapas de desenvolvimento de uma Atividade Gamificada.	81
Figura 33 – Execução da atividade <i>Follow The Path</i>	82
Figura 34 – Diagrama de classe da atividade <i>Follow The Path</i>	83
Figura 35 – Realidade Aumentada exibindo a tarefa a ser seguida pelo aprendiz.	84
Figura 36 – Diagrama de classe da atividade <i>PEG Transfer</i>	85
Figura 37 – <i>Box plots</i> comparando os dois grupos em cada teste (E1, E2, E3). O gráfico (A) mostra a pontuação do usuário (100 - erros de percurso) na tarefa Siga-o-Caminho, enquanto o gráfico (B) mostra o tempo utilizado pelo usuário para concluí-la. O gráfico (C) apresenta a pontuação obtida pelo usuário (120 - tempo para finalizar) para a tarefa <i>PEG Transfer</i>	88
Figura 38 – Resultados obtidos com a avaliação de usabilidade para as questões de 1 a 13.	88
Figura 39 – Resultados obtidos com a avaliação de usabilidade para as questões de 14 a 25.	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Componentes e elementos de jogos	32
Tabela 2 – Propriedades presentes nos simuladores	52
Tabela 3 – Análises das abordagens de simuladores e uso de jogos no treinamento de MIS	55

LISTA DE SIGLAS

RA Realidade Aumentada

RV Realidade Virtual

MIS Minimally Invasive Surgery

LARG Laparoscopic Augmented Reality Game

OpenCV Open Source Computer Vision Library

OGRE 3D Object-oriented Graphics Rendering Engine

FLS Fundamentals of Laparoscopic Surgery

MISTELS McGill Inanimate System for Training and Evaluation of Laparoscopic Skills

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA	16
1.2	MOTIVAÇÃO	18
1.3	OBJETIVOS E CONTRIBUIÇÕES	19
1.4	METODOLOGIA	20
1.5	ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	21
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1	REALIDADE AUMENTADA	22
2.1.1	Definições	23
2.1.2	Ferramentas e Bibliotecas para Realidade Aumentada	24
2.2	CIRURGIA LAPAROSCÓPICA	26
2.2.1	Ensino de Habilidades para Realização de Cirurgia Laparoscópica	27
2.3	JOGOS SÉRIOS E GAMIFICAÇÃO	31
2.3.1	Gamificação no Auxílio do Processo de Ensino-Aprendizado	31
2.3.2	Jogos Sérios	33
2.4	GAMIFICAÇÃO E JOGOS SÉRIOS NO ENSINO DE MEDICINA	35
2.5	FRAMEWORK DE SOFTWARE	37
2.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
3	TRABALHOS RELACIONADOS	42
3.1	CAIXAS SIMULADORAS ESTENDIDAS	42
3.1.1	ProMIS AR	42
3.1.2	LAPSIM	45
3.1.3	LAP Mentor	47
3.1.4	Outras abordagens que usam Realidade Aumentada	50
3.1.5	Análise Comparativa	51
3.2	GAMIFICAÇÃO E JOGOS NO ENSINO DE CIRURGIA LAPAROSCÓPICA	52
3.2.1	SICKO	53
3.2.2	Gamificação na aprendizagem de habilidades	53
3.2.3	Jogos de propósito geral e aprendizagem de habilidades	54
3.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	55

4	O AMBIENTE LARG	57
4.1	PRINCÍPIOS DE DESIGN DO SIMULADOR	57
4.1.1	Baixo Custo e Feedback Sensorial	57
4.1.2	Atividade Simples e Eficiente para Treinar Habilidades	58
4.1.3	Realidade Aumentada e Impressão 3D	58
4.1.4	Gamificação	59
4.2	PROTÓTIPO ANTERIOR	59
4.2.1	Análise do protótipo anterior	60
4.3	PLATAFORMA DESENVOLVIDA	61
4.3.1	Arquitetura da Plataforma LARG	62
4.3.1.1	Hardware Utilizado	64
4.3.1.2	Tecnologias de Software Utilizadas	66
4.3.1.3	Atividades Implementadas	66
4.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
5	FRAMEWORK LARG	69
5.1	A ABORDAGEM DE DESENVOLVIMENTO DO FRAMEWORK	69
5.2	ESTRUTURA DO FRAMEWORK	70
5.3	CLASSES PRINCIPAIS	72
5.3.1	GenericApp	72
5.3.2	Realidade Aumentada e Renderização	74
5.3.3	Tracking	76
5.4	EXEMPLO DE INSTANCIÇÃO DO FRAMEWORK	77
5.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
6	AVALIAÇÃO	81
6.1	ETAPAS DE CRIAÇÃO DE UMA ATIVIDADE	81
6.1.1	Atividade Follow The Path	82
6.1.2	Atividade PEG Transfer	83
6.1.3	Análise do impacto do Framework nas atividades	84
6.2	AVALIAÇÃO DE USABILIDADE DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	85
6.2.1	Materiais e Instrumentos da Avaliação de Usabilidade	86
6.2.2	Procedimentos da Avaliação de Usabilidade	86
6.2.3	Resultados e Discussão da Avaliação de Usabilidade	87

6.2.3.1	Desempenho dos Usuários	87
6.2.3.2	Análise do Questionário de Usabilidade	88
6.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
7	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	91
7.1	RESULTADOS ALCANÇADOS	91
7.2	PUBLICAÇÕES	92
7.3	LIMITAÇÕES	92
7.4	TRABALHOS FUTUROS	93
	REFERÊNCIAS	95
8	APÊNDICE	101
8.1	QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO	101

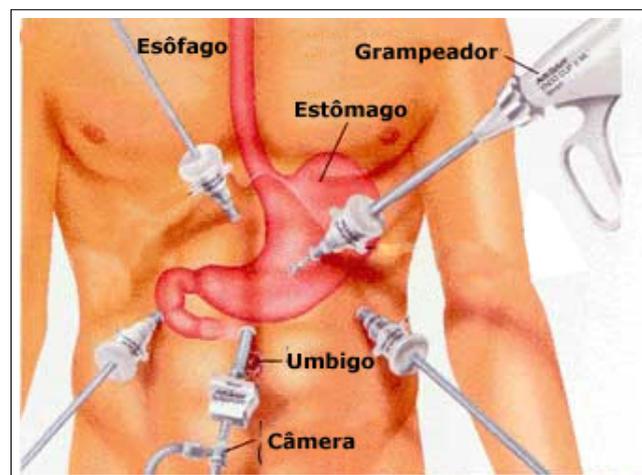
1 INTRODUÇÃO

Este trabalho de dissertação de mestrado está inserido no contexto do treinamento de habilidades motoras para cirurgias minimamente invasivas. Este capítulo introduz essa problemática na Seção 1.1. A Seção 1.2 descreve a motivação para o desenvolvimento de um ambiente de treinamento de habilidades baseado em realidade aumentada e gamificação. A Seção 1.3 apresenta os objetivos e contribuições da dissertação. A Seção 1.4 apresenta a metodologia utilizada para realização desse trabalho e, por fim, a Seção 1.5 conclui com a estrutura organizacional do documento texto da dissertação.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

A cirurgia laparoscópica ou cirurgia minimamente invasiva (do inglês, *Minimally Invasive Surgery - MIS*), diferentemente da cirurgia convencional, consiste na abertura de pequenos orifícios no local da cirurgia (e.g. abdômen, joelho) e inserção de uma câmera iluminada, além de instrumentos cirúrgicos para realização do procedimento. Como os cirurgiões operam através do vídeo capturado pela câmera exibido em monitores (visualização indireta), novas habilidades motoras e cognitivas são necessárias para o procedimento. As técnicas laparoscópicas exigem habilidades complexas, em que o cirurgião tem que executar precisamente a translação, rotação ou manipulações de objetos, entre outros movimentos específicos (VASSILIOU et al., 2006). A Figura 1 exemplifica como os instrumentos laparoscópicos são inseridos no local da cirurgia.

Figura 1 – Exemplo de realização do procedimento de cirurgia laparoscópica.



Fonte: <http://www.obesogastro.com.br/obesidade/tipos-de-cirurgia-de-obesidade/>

Existem vários obstáculos enfrentados pelos professores no processo de ensino-aprendizagem de habilidades manuais para MIS, tais como: (i) a falta de simulações adequadas de rigidez e elasticidade dos tecidos humanos, (ii) alto custo dos equipamentos de treinamento, (iii) questões legais e éticas de algumas técnicas de ensino-aprendizagem (utilização de animais e cadáveres) e (iv) a subjetividade presente ao avaliar este tipo de atividade.

Explorar novas metodologias de ensino-aprendizagem, em especial, as que usam tecnologias computacionais surge como alternativa na busca do aprimoramento destes métodos de treinamento de habilidades, como por exemplo, o uso de simulações tridimensionais, jogos digitais, objetos de aprendizagem ligados a dispositivos hápticos, vídeos educacionais, realidade aumentada, etc. O desenvolvimento desse tipo de sistema, tende a ter custos elevados devido a sua complexidade e grande quantidade de profissionais envolvidos.

Uma das ferramentas mais comuns para treinar habilidades em MIS são as caixas pretas laparoscópicas, também chamadas de caixas simuladoras para treinamento de videolaparoscopia (do inglês, *Laparoscopic Box-trainers*). Essas caixas têm dimensões semelhantes a um tórax humano inflado ou a um abdômen, e estão equipadas com câmeras conectadas a uma tela de computador (VASSILIOU et al., 2006). As caixas pretas são úteis na fase inicial do treinamento em MIS, quando as habilidades motoras devem ser aprendidas e dominadas pelos alunos (KHINE et al., 2011). Um exemplo de caixa preta é apresentada na Figura 2.

Figura 2 – Caixa preta utilizada para treinamento de habilidades laparoscópicas.



Fonte: <http://drwilliamkondo.site.med.br/index.asp?PageName=i-curso-de-laparoscopia-ginecologica>

As vantagens deste método de treinamento são a presença de *feedback* sensorial para o aluno e o baixo custo financeiro quando comparado a outros métodos de treinamento. No entanto, caixas-pretas convencionais não são capazes de simular um procedimento de cirurgia e não fornecem avaliação automatizada sobre o desempenho do aluno.

1.2 MOTIVAÇÃO

Uma abordagem mais recente é exatamente a de incluir Realidade Aumentada (RA) nas caixas pretas simuladoras de videolaparoscopia ((LIN et al., 2014), (LAHANAS et al., 2014)). Neste caso a RA é representada por um conjunto de informações gráficas que são geradas por um computador e visualizadas pelo aprendiz através de um monitor ligado a uma câmera localizada no interior da caixa simuladora (i.e., o vídeo provido pela câmera interna da caixa).

Este tipo de treinamento é, em geral, mais caro do que as caixas convencionais, pois requer equipamentos específicos, como câmeras extras, sensores, etc. Não obstante, outras técnicas computacionais (e.g., visão computacional) podem ser inseridas para permitir a avaliação objetiva do aprendiz. Essa combinação de RA e software de monitoramento melhora a imersão e a interação do sistema de treinamento sem aumentar excessivamente os custos financeiros se comparado a simuladores com dispositivos hápticos e Realidade Virtual (RV).

O uso de jogos e técnicas de gamificação é outra alternativa para melhorar a motivação dos aprendizes enquanto estiverem realizando treinamento de habilidades. Desta forma, o uso dessa abordagem mantém os aprendizes mais motivados a treinar, pois os estimula a aprender de forma lúdica e prazerosa. Diversos trabalhos, como os realizados por Sombrio et al. (SOMBRIO et al., 2015) e Winter et al. (WINTER et al., 2015), tem utilizado as técnicas de gamificação com o objetivo de aproveitar-se dos seus benefícios em diferentes áreas.

Por meio do levantamento bibliográfico realizado neste trabalho (Capítulo 2), verificou-se que o treinamento de habilidades para cirurgia minimamente invasiva pode ser realizado utilizando técnicas distintas. Dentre todos os trabalhos encontrados, nenhum deles utiliza técnicas de gamificação juntamente com RA em simuladores para o treinamento de habilidades de cirurgia minimamente invasiva. Um simulador que utiliza técnicas de RA e gamificação simultaneamente, pode demandar muito tempo para ser desenvolvido dependendo da complexidade, além de necessitar de muitos profissionais e conseqüentemente elevar o preço final do produto. Até a escrita desta dissertação, também não haviam sido encontrados relatos de trabalhos que ofereçam bibliotecas ou *frameworks* para facilitar o desenvolvimento destes tipos de atividades de treinamento.

Dado o contexto exposto, a principal motivação para esse trabalho é a ausência de um ambiente de baixo custo de treinamento de habilidades capaz de fornecer um avaliação do desempenho do aprendiz. Além disso, deseja-se utilizar técnicas de realidade aumentada e gamificação com o intuito de aumentar a imersão e o engajamento dos alunos nas atividades

de treinamento. Outra grande motivação é fornecer para desenvolvedores um ambiente e um conjunto de funcionalidades que possam acelerar o desenvolvimento de atividades de treinamento de habilidades laparoscópicas.

1.3 OBJETIVOS E CONTRIBUIÇÕES

O principal objetivo desse trabalho é **desenvolver um ambiente composto por uma infraestrutura de hardware e software, que auxilie a avaliação e o ensino de habilidades laparoscópicas básicas**. O ambiente deve também oferecer um *framework* de software que habilite a evolução, extensão e reuso das atividades de treinamento de forma a garantir o seu desenvolvimento mais simplificado.

Além disso, existem uma série de objetivos secundários, a saber:

- Desenvolver atividades iniciais que possam ser utilizadas para treinar habilidades básicas;
- Desenvolver um *framework* que facilite a implementação de atividades no ambiente desenvolvido;
- Verificar se o *framework* desenvolvido facilita o desenvolvimento de atividades da maneira como se propõe;
- Realizar testes de usabilidade para verificar se as atividades desenvolvidas utilizando os *framework*, compostas por RA e gamificação, são bem aceitas e trazem benefícios para o aprendizado.

A principal contribuição desse trabalho de mestrado é o projeto de extensão de uma caixa laparoscópica simuladora com um *framework* de software que permite o desenvolvimento de atividades de treinamento gamificadas. O ambiente proposto é chamado de *LARG Laparoscopic Augmented Reality Game* e inclui um console (caixa de simulação), câmeras e um software de treinamento de habilidades. O software de treinamento é composto de atividades que instanciam o *framework* LARG. Esse *framework* integra diferentes componentes, responsáveis por tratar problemas específicos do contexto do ambiente, como calibração, sincronismo de coordenadas, *tracking* de objetos e projeção de realidade aumentada. Além disso, o *framework* fornece mecanismos mais simples para a importação de modelos 3D, configuração dos cenários físicos no código, além de fornecer elementos de jogos pré-programados que diminuam o tempo de desenvolvimento dos treinamentos gamificados. Desta forma, fornecemos novas abordagens e adaptamos abordagens existentes para facilitar a resolução de problemas e assim facilitar o

desenvolvimento de atividades gamificadas no ambiente proposto.

Uma segunda contribuição dessa pesquisa foram as atividades iniciais desenvolvidas (i.e. *Peg-transfer* e *Follow the path*), que proporcionaram ao aprendiz um aprendizado diferente do convencional, através de um treinamento bem mais dinâmico, atrativo e intuitivo devido as técnicas de Realidade Aumentada e gamificação adotadas. Essas atividades fornecem um *feedback* instantâneo em relação as ações dos aprendizes, e oferece aos professores uma nova ferramenta para estimular e avaliar o aprendizado de seus alunos.

1.4 METODOLOGIA

A metodologia científica utilizada neste trabalho foi dividida nas seguintes etapas:

1. Revisão da Literatura: foi realizada uma revisão bibliográfica envolvendo os conceitos relacionados a Cirurgia Laparoscópica, Realidade Aumentada, Gamificação e Jogos Sérios e *Frameworks*. Também foi realizada uma revisão da literatura de trabalhos que envolviam conjuntamente o ensino de cirurgia laparoscópica com RA, com gamificação e *frameworks* voltados para o desenvolvimento desses tipo de aplicação;
2. Estudo dos Trabalhos Relacionados: a partir da revisão da literatura e os anseios do grupo de pesquisa, o escopo foi reduzido para se focar na busca por trabalhos que envolvessem simuladores voltados para o treinamento de habilidades laparoscópicas que utilizassem técnicas de Realidade Aumentada, gamificação ou jogos sérios;
3. Definição da tecnologia e dos módulos principais do ambiente: com base nas características encontradas nos trabalhos relacionados e na prototipagem inicial realizada como parte desse trabalho, definiu-se os módulos considerados essenciais para o desenvolvimento de aplicações no ambiente proposto;
4. Programação de duas atividades de treinamento: a partir dos módulos identificados e das abordagens estudadas, duas atividades gamificadas de treinamento foram criadas.
5. Construção do *framework* LARG: uma vez que duas atividades foram desenvolvidas, um processo de extração de comunalidades e a geração de abstrações foi aplicado de forma a criar o *framework* LARG. Concomitantemente, foram definidas as regras de utilização e os pontos de extensão do *framework*. Ao final desta etapa, as diversas funcionalidades do ambiente foram integradas ao *framework* e um processo de refatoração foi aplicado nas atividades desenvolvidas previamente.
6. Avaliação: testes de usabilidade foram aplicados nas atividades desenvolvidas com intuito

de avaliar o potencial de uso do ambiente proposto no treinamento de habilidades.

1.5 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está dividida em mais seis capítulos que serão descritos a seguir:

Capítulo 2 – Fundamentação Teórica: tem como objetivo abordar os conceitos teóricos que compõem esse trabalho. Dentre eles, pode-se citar: Cirurgia Laparoscópica, Realidade Aumentada, Gamificação e Jogos Sérios e *Frameworks*;

Capítulo 3 – Trabalhos Relacionados: apresenta abordagens existentes na Literatura acerca do uso de simuladores no ensino de habilidades para a realização de cirurgia laparoscópica;

Capítulo 4 – O Ambiente LARG: apresenta o ambiente de treinamento LARG desenvolvido nessa pesquisa de mestrado. São detalhados os princípios de design, protótipos desenvolvidos, o simulador atual, os principais módulos e atividades implementadas;

Capítulo 5 – O *Framework* LARG: apresenta a metodologia utilizada no desenvolvimento do *framework*, padrões utilizados, as classes, possíveis extensões e exemplos de instanciações do *framework*;

Capítulo 6 – Avaliação: apresenta detalhes das atividades desenvolvidas utilizando o LARG, métricas de uso do *framework* e uma avaliação de usabilidade das atividades feita por médicos cirurgiões e aprendizes;

Capítulo 7 – Conclusão: descreve os resultados alcançados por este trabalho, assim como as suas limitações e conclusões. Além disso, são mencionados possíveis melhorias e evoluções que podem ser realizadas em trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na primeira seção desse capítulo, são descritos os conceitos de Realidade Aumentada e Realidade Virtual, além das principais bibliotecas utilizadas para implementar essas tecnologias. A seção seguinte apresenta os conceitos relacionados à cirurgia laparoscópica e estudos sobre o ensino de habilidades para a sua realização. A terceira parte do capítulo descreve os principais conceitos de gamificação e jogos sérios propostos na literatura, e também apresenta trabalhos relacionados ao uso dessas técnicas em processos de ensino e aprendizagem. Por fim, apresenta-se o conceito de *framework*, suas principais características e descreve-se exemplos de *frameworks* voltados para o desenvolvimento de jogos.

2.1 REALIDADE AUMENTADA

A Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV) são tecnologias computacionais que tiveram seu início na década de 1980 e que atualmente estão ganhando muito espaço graças à evolução do *hardware* e *software*. A presença dessas tecnologias no cotidiano das pessoas está se tornando cada vez mais comum, sendo utilizada para os mais variados fins, como propaganda, marketing, exibição de informações contextuais do ambiente do usuário, e principalmente, em jogos e simuladores digitais.

No âmbito dos jogos digitais, as técnicas de RA e RV proporcionam novas metáforas de interface e interação com enorme potencial para tornar as mecânicas e os elementos gráficos mais atrativos, imergindo os jogadores em um ambiente virtual com alto grau de realismo e/ou inserindo objetos virtuais no mundo real do jogador.

Além dos jogos, essas tecnologias são adotadas em softwares educacionais. Por exemplo, o uso de técnicas de RA e RV no ensino de medicina surge como uma alternativa para solucionar problemas de indisponibilidade de material de alto custo ou mesmo recriar situações de práticas médicas. Trabalhos como os de (JAN et al., 2012) e (JOHNSON; SUN, 2013) associados ao ensino de Medicina Geral, verificaram que o uso de técnicas de RA e RV pode trazer benefícios significativos para o aprendizado dos alunos, além de permitir a criação de cenários virtuais (e.g., casos clínicos raros, cirurgias) que dificilmente seriam apresentados fisicamente aos alunos em tempo de formação.

2.1.1 Definições

Segundo (RIBEIRO; ZORZAL, 2011), a evolução da computação, mais especificamente da capacidade de processamento de imagens e computação gráfica, tem forte influência no crescimento do desenvolvimento de aplicações de RA e RV pelo fato de que essas aplicações envolvem processamento de imagens em tempo real.

A realidade virtual funciona como uma interface computacional avançada que envolve simulação e interação em tempo real, através da utilização de canais multissensoriais (BURDEA; COIFFET, 2003). Outra definição é dada por (KIRNER, 2011), onde o autor afirma que a realidade virtual possibilita que o usuário interaja em tempo real através de uma interface computacional e do uso de dispositivos especiais (e.g. óculos, luvas), em um espaço tridimensional gerado por computador.

A RV apresenta algumas características específicas, como (RIBEIRO; ZORZAL, 2011):

- Manipulação de informações multissensoriais em tempo real;
- Alta capacidade de processamento gráfico dos dispositivos computacionais;
- Possibilidade que o usuário atue no espaço tridimensional;
- Utilização de dispositivos especiais para interação multissensorial;
- Imposição que o usuário passe por um treinamento que possibilite a ele interagir no mundo virtual.

Os conceitos de RA estão contidos na RV. Porém, apesar das semelhanças as duas áreas possuem diferenças. De acordo com (THOMAS, 2012), a RA é um conjunto de informações gráficas que são geradas por um computador através da visão de um usuário do mundo físico. Para interagir com realidade aumentada é necessário o uso de algum dispositivo específico como câmeras, óculos, capacete, monitor etc.

Para (KIRNER, 2011), RA pode ser definida como a utilização de informações virtuais (imagens, sons, sensações hápticas) geradas por computador em tempo real, e que podem ser usadas para o enriquecimento do mundo real, sendo necessário o uso de dispositivos eletrônicos para percepção dessas informações.

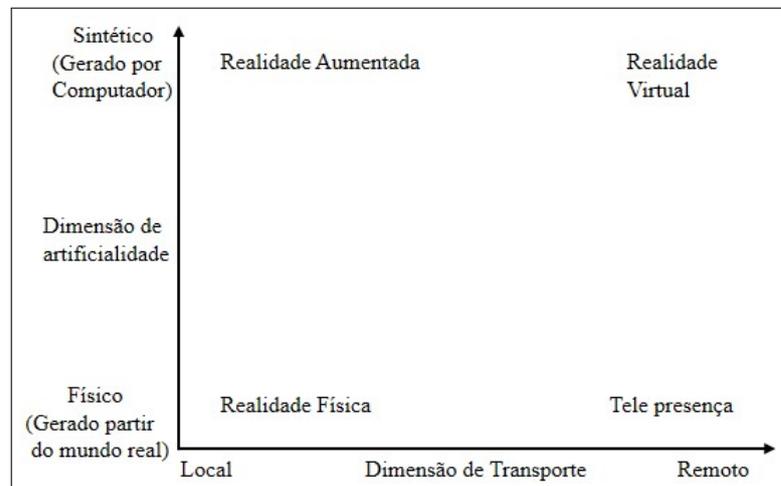
De acordo com (AZUMA et al., 1997), aplicações com RA devem possuir três características específicas:

- Combinar objetos reais e virtuais no ambiente físico do usuário;
- Possuir interatividade em tempo real;

- Alinhar objetos reais e virtuais.

A Figura 3, adaptada de (BENFORD et al., 1998), exemplifica bem os conceitos de RA e RV. Se um objeto virtual é visualizado localmente com o auxílio de dispositivos computacionais, então temos a Realidade Aumentada. Caso o objeto virtual não possa ser visualizado localmente, seja algo sintético que só existe no mundo virtual, então temos a Realidade Virtual. A telepresença utiliza sons, imagens de alta qualidade e cenários iguais (e.g. salas iguais em locais distintos) para aumentar a imersão e reforçar a sensação de presença do usuário.

Figura 3 – Classificação de espaços compartilhados de acordo com transporte e artificialidade.



Fonte: (BENFORD et al., 1998)

Baseado nos conceitos ditos anteriormente, entende-se de maneira resumida que a RV utiliza dispositivos computacionais para que o usuário possa interagir somente no ambiente virtual, por outro lado a RA utiliza recursos tecnológicos para projetar objetos virtuais no espaço físico do usuário, permitindo que ocorra interação com objetos reais e virtuais. Nesta dissertação, a Realidade Aumentada foi a técnica utilizada para aumentar a imersão dos aprendizes no ambiente de treinamento desenvolvido.

2.1.2 Ferramentas e Bibliotecas para Realidade Aumentada

Existe uma grande quantidade de ferramentas que podem ser utilizadas para criar aplicações com Realidade Aumentada, inclusive por não programadores. A seguir, são descritas algumas dessas ferramentas, que podem ser utilizadas para desenvolver aplicações na indústria, no desenvolvimento de jogos, no âmbito educacional, etc:

ARToolKit - biblioteca multi-plataforma que permite que programadores possam desenvolver facilmente aplicações de realidade aumentada, implementando sua aplicação na linguagem C++. A RA é projetada a partir do reconhecimento de marcadores através de uma webcam. É uma das bibliotecas de RA mais utilizadas atualmente por programadores, principalmente devido ao fato de possuir uma versão gratuita com muitos recursos disponíveis (CARDOSO; JR, 2004);

DART – ferramenta implementada sobre Macromedia Director ¹, utilizada para criação de realidade aumentada. Tem como foco facilitar a criação de multimídia com RA por parte dos designers, utilizando ferramentas já conhecidas por eles, sem a necessidade de utilizar outros ambientes de desenvolvimento e linguagens de programação. DART utiliza recursos do ARToolKit para criar RA e possui lógica implementada que permite criar uma máquina de estado (MACINTYRE et al., 2004);

ComposAR - ferramenta de autoria voltada para não programadores, que tem como objetivo permitir a criação de aplicações RA através de uma interface gráfica. Implementado na linguagem de programação Python, permite que seu usuários possam criar módulos específicos que atendam suas necessidades (SEICHTER et al., 2008);

SACRA - ferramenta de autoria colaborativa voltada para não programadores criarem aplicações com RA. Utiliza a biblioteca ARToolKit para realizar rastreamento de marcadores e projeção de RA. A inserção, manipulação e configuração de objetos virtuais é feita de maneira simples, através de arquivos de texto (KIRNER; SANTIN, 2009).

OpenCV - biblioteca utilizada para processamento de imagens em tempo real que provê uma série de funcionalidades, como realizar tracking de objetos, calibrar câmera e detectar cores, permitindo que usuários possam implementar aplicações complexas. A OpenCV pode ser utilizada em conjunto com outros algoritmos para projetar RA, baseado em parâmetros específicos, como reconhecimento de padrões (BRADSKI; KAEHLER, 2008).

Ogre3D - ferramenta de código aberto, muita utilizada para renderização gráfica no desenvolvimento de jogos. Suporta o carregamento de malhas, texturas, cenas e animações 3D, sombreamento e etc., o que permite criar cenários realísticos. Também pode ser utilizada em conjunto com outros algoritmos para renderizar cenários com técnicas de RA e RV (NETTO et al., 2006).

As ferramentas citadas anteriormente possuem características específicas (e.g. lin-

¹ <http://www.adobe.com/br/products/director.html>

guagem de programação utilizada, ambiente de desenvolvimento) e foram desenvolvidas com o objetivo de utilizar as técnicas de RA em cenários específicos. O ARToolKit é uma das ferramentas mais utilizadas, principalmente pelo fato de possuir muitos recursos necessários para criação e manipulação de RA. Inicialmente, foi utilizado o ARToolKit para projetar RA no ambiente de treinamento desenvolvido nessa dissertação. Porém quando passamos a utilizar a OpenCV em conjunto com a OGRE 3D, vimos que o ARToolKit poderia ser descartado, pois conseguimos alcançar resultados semelhantes e que atendiam os requisitos do ambiente de treinamento desenvolvido, além disso a retirada de uma biblioteca diminuiu o tamanho e complexidade do código implementado para o ambiente de treinamento, tornando mais fácil o seu entendimento e mais leve a sua execução.

2.2 CIRURGIA LAPAROSCÓPICA

Segundo (LOURO, 2011), a cirurgia laparoscópica está em constante evolução em relação às cirurgias convencionais. Essa técnica minimamente invasiva consiste na abertura de minúsculos orifícios no local da intervenção cirúrgica e a inserção de uma câmera iluminada. Pelos orifícios são inseridos também vários instrumentos cirúrgicos necessários para a realização do procedimento (e.g., pinça de corte, cauterizador). Além do benefício estético, a cirurgia laparoscópica apresenta muitas vantagens em relação à cirurgia convencional, como menor perda de sangue e conseqüentemente uma menor necessidade de transfusões hematólogicas; menor tempo de internação após a cirurgia; os pacientes sentem menos dores diminuindo a necessidade de terapias analgésicas; e menor risco de infecção cirúrgica.

O processo de aprendizado inicial para realização de cirurgia laparoscópica varia de acordo com a instituição de ensino. Os métodos de aprendizado que pudemos verificar no levantamento bibliográfico são: estudo teórico inicial; simulação utilizando caixa preta, com objetos dentro da caixa e câmera para visualização em monitor externo; simulação em modelo pélvico com utilização de realidade virtual ou aumentada; e por fim, o treinamento feito em animais e cadáveres (TECNOLÓGICAS et al.,) (DEROSSIS et al., 1998) (SHALHAV et al., 2002).

As cirurgias minimamente invasivas são cada vez mais utilizadas em países desenvolvidos, que possuem recursos para realizar treinamento de cirurgiões e também para realizar esse tipo de cirurgia. Porém em países mais pobres ou em desenvolvimento, esse tipo de cirurgia ainda é muito pouco utilizado pelos fatores inversos: não existe recursos para treinar cirurgiões,

nem para realizar esse tipo de cirurgia (BEARD et al., 2014).

2.2.1 Ensino de Habilidades para Realização de Cirurgia Laparoscópica

Existe uma série de habilidades que precisam ser treinadas para realização de cirurgia laparoscópica, dentre elas se destacam: coordenação mão-olho, habilidade e precisão manual, percepção de profundidade. Pôde-se notar através do estudo de trabalhos científicos, como o de (DEHABADI et al., 2014), (DUFFY et al., 2005), (EDELMAN et al., 2010), dentre outros, que essas são as habilidades básicas mais importantes. Essas habilidades muitas vezes podem ser praticadas com atividades simples como pegar e soltar um objeto, ou pegar um objeto e levá-lo para um determinado local, utilizando uma pinça igual as que são usadas na realização da cirurgia.

Existem organizações e programas reconhecidos e validados que têm como objetivos treinar e avaliar habilidades necessárias para a realização de cirurgia laparoscópica. A Fundamentals Laparoscopic Surgery (FLS) (MASHAUD et al., 2010) é uma organização criada pela Sociedade Americana de Cirurgias Gastrointestinais e Endoscópicas, que tem como objetivos:

1. Definir padrões mínimos para as competências cognitivas e técnicas necessárias para a realização de procedimentos laparoscópicos;
2. Fornecer informações didáticas e também uma ferramenta para auxiliar no desenvolvimento das habilidades manuais e cognitivas;
3. Criar medidas que possam ser utilizadas para avaliar o conhecimento de cirurgias que estejam aprendendo a realizar cirurgia laparoscópica;
4. Disponibilizar para hospitais e instituições uma ferramenta com validade comprovada, para medir conhecimento e habilidades para realização de cirurgia laparoscópica;
5. Melhorar o atendimento de pacientes submetidos a cirurgia laparoscópica.

O treinamento da FLS e a sua avaliação são divididos em duas partes: conhecimento cognitivo e habilidades manuais. O estudante que estiver realizando o treinamento tem à sua disposição material online para estudo da parte teórica. A avaliação da parte cognitiva é feita através de um teste de múltipla escolha cronometrado. O treinamento de habilidades manuais é realizado na caixa instrutora laparoscópica FLS, sendo composto por cinco exercícios:

1. Pegar objetos em um lado com a pinça, transferir para a outra pinça e colocá-lo do outro lado;
2. Precisão de corte;

3. Realização de um laço;
4. Sutura com nó extracorpóreo;
5. Sutura com nó intracorpóreo.

O cálculo da pontuação obtida no treinamento de habilidades manuais é realizado verificando-se a precisão dos exercícios e o tempo necessário para concluir a tarefa, existindo um tempo máximo para sua conclusão. Essa abordagem apresenta dois problemas principais, primeiro o feedback de execução correta da atividade não é instantâneo, desta forma o aprendiz não sabe se está fazendo a atividade corretamente, segundo que a avaliação do aprendiz é feita de forma subjetiva por um cirurgião experiente ou professor, que deve estar acompanhando o treinamento e isso nem sempre é possível.

De acordo com a FLS, treinamento e avaliação cognitiva e manual foram concebidos por peritos na área que asseguram que o material e o treinamento incluído nas avaliações são relevantes para o campo da cirurgia laparoscópica. O treinamento das habilidades manuais presentes no simulador da FLS foi desenvolvido a partir de uma adaptação das atividades praticadas no programa MISTELS (The McGill Inanimate System for Training and Evaluation of Laparoscopic Skills), de forma que facilitasse a avaliação do treinamento (SROKA et al., 2010).

O programa MISTELS consiste em uma série de cinco tarefas iguais às descritas anteriormente no treinamento da FLS, que tem um sistema de pontuação e tem o mesmo objetivo de treinar e verificar o aprendizado de cirurgiões. (FRASER et al., 2003) e (VASSILIOU et al., 2006) verificaram a validade da realização do treinamento utilizando o MISTELS e chegaram à conclusão que o mesmo pode ser utilizado para treinar e avaliar um conjunto de habilidades laparoscópicas. A Figura 4 apresenta o simulador desenvolvido pela FLS e seus componentes principais (i.e., objetos físicos utilizados no treinamento).

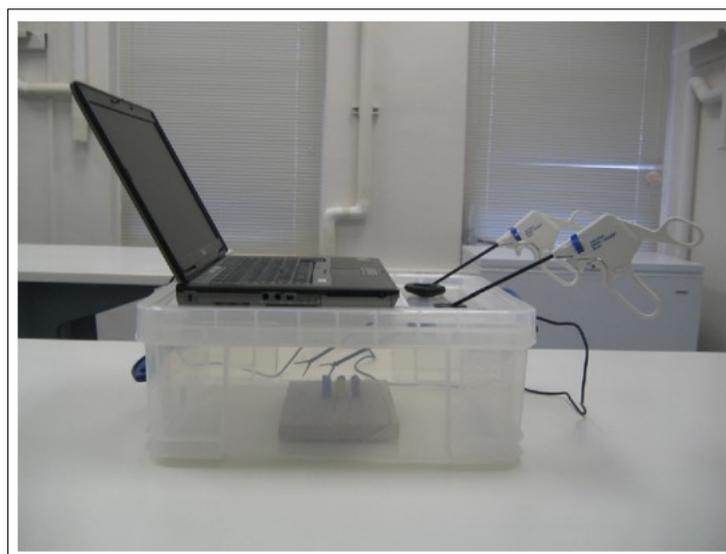
Figura 4 – Caixa simuladora para treinamento de habilidades laparoscópicas - FLS.



O treinamento realizado utilizando caixas simuladoras possui vantagens como, um ambiente controlado e ajustável que pode ser alterado de acordo com o efeito desejado, disponibilidade a todo momento, além da possibilidade de criação de uma caixa de baixo custo. Um estudo realizado por Kobayashi et al. , teve como objetivo criar uma caixa de baixo custo para realizar o treinamento de habilidades laparoscópicas. A hipótese central do trabalho foi verificar a possibilidade de se desenvolver essas caixas de modo que fossem duráveis e pessoais, ou seja, possibilitar que cada aprendiz pudesse ter seu próprio ambiente de treinamento em sua casa. Os testes na caixa desenvolvida foram realizados por 21 alunos de residência em cirurgia e cinco cirurgiões experientes. O desempenho foi avaliado utilizando as cinco tarefas do programa MISTELS descritas anteriormente (KOBAYASHI et al., 2011).

Nos primeiros testes que foram realizados, os cirurgiões experientes obtiveram melhores resultados em quatro das cinco tarefas do programa MISTELS. Mas após quatro meses de treinamento em casa utilizando a caixa desenvolvida, os residentes em cirurgia obtiveram melhor desempenho em três das cinco tarefas. Ao final do trabalho, os pesquisadores chegaram à conclusão de que um dispositivo de baixo custo pode ser desenvolvido por estudantes, e que com o seu uso, pode-se melhorar significativamente o desempenho em habilidades importantes para a realização de cirurgia laparoscópica. A Figura 5 apresenta o dispositivo desenvolvido por Kobayashi et al.

Figura 5 – Caixa simuladora desenvolvida por Kobayashi et al. (2011)



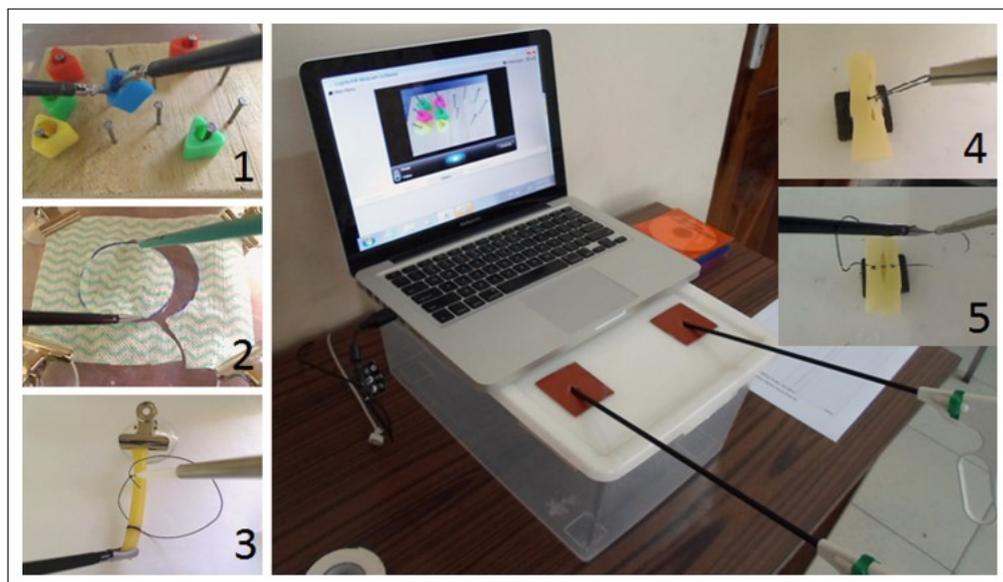
Fonte: (KOBAYASHI et al., 2011)

Uma pesquisa similar à descrita anteriormente foi realizada por Beard et al. Esse

grupo de pesquisadores desenvolveram uma caixa de baixo custo para treinamento de habilidades necessárias para realização de cirurgia minimamente invasiva, mas utilizando materiais comuns, disponíveis no local onde foi realizado o estudo. Esse trabalho também teve como objetivo verificar a eficácia do treinamento de habilidades em uma caixa de baixo custo (BEARD et al., 2014).

O estudo foi realizado com 18 participantes sendo que somente 14 concluíram todas as etapas. O estudo foi dividido em três etapas: teste inicial utilizando a caixa desenvolvida; treinamento das atividades do programa MISTELS por 3 meses; teste final. Todas as sessões de treinamento foram acompanhadas por um especialista, que explicava a técnica correta e o desempenho esperado nas atividades. Todos os 14 participantes que realizaram todas as etapas do estudo, obtiveram pontuação suficiente para obter certificação da FLS. Ao final do estudo os pesquisadores chegaram à conclusão de que os estudantes obtiveram uma melhora significativa após o treinamento. Evidenciou-se que a caixa desenvolvida pode ser viável e eficaz em ambientes com recursos escassos.

Figura 6 – Caixa simuladora proposta por BEARD et al.



Fonte: (BEARD et al., 2014)

Visto que o treinamento e a avaliação realizados pela FLS e pelo MISTELS já foram estudados e validados por vários pesquisadores e diferentes abordagens (baixo custo), seus exercícios são possivelmente os mais adequados pontos de partida para a construção de atividades gamificadas.

2.3 JOGOS SÉRIOS E GAMIFICAÇÃO

Os jogos sérios e componentes gamificados estão sendo cada vez mais utilizados em diferentes setores da sociedade graças aos benefícios que eles proporcionam aos seus usuários. As subseções 2.3.1 e 2.3.2 descrevem em detalhes, conceitos e características da gamificação e dos jogos sérios.

2.3.1 Gamificação no Auxílio do Processo de Ensino-Aprendizado

O uso de componentes de jogos em contextos diferentes dos quais estes eram aplicados normalmente vem se tornando cada vez mais comum. A cada dia surgem novas aplicações para os mais diferentes fins (e.g. marketing, empresas, comércio, treinamento, reabilitação), que usam componentes de jogos para tentar tornar as atividades a serem realizadas mais atrativas para seus usuários.

As técnicas de gamificação consistem exatamente em incorporar elementos comumente utilizados em design de jogos em ambientes diferentes do considerado habitual para um jogo (DETERDING et al., 2011). Em uma definição mais detalhada, (KAPP, 2012) afirma que a gamificação consiste em utilizar mecânicas, layouts/interfaces e lógicas comumente utilizadas em jogos, com o objetivo de engajar pessoas, motivá-las, promover o aprendizado e resolver problemas. De acordo com (VIANNA, 2013) aplicar técnicas de gamificação em uma determinada atividade, não significa que esta atividade está sendo transformada em um jogo, mas sim que ela está sendo complementada com mecânicas de jogos, para tentar alcançar benefícios semelhantes aos que são obtidos com os jogos. Ainda segundo (VIANNA, 2013), a gamificação aplicada em contextos diferentes do habitual para um jogo, tem como objetivo transformar ou desenvolver novos comportamentos.

A partir da pesquisa de alguns autores, foram identificados componentes que são essenciais na construção de um ambiente gamificado, são eles: contexto narrativo; feedback instantâneo; badges(medalhas, troféus); classificação e níveis; reputação; metas tangíveis, competitividade e colaboração; pressão de tempo; aprender tentando(tentativa/erro) (REEVES; READ, 2013) e (VIANNA, 2013). A Tabela 2.3.1 a seguir, proposta por Simões, apresenta um conjunto de componentes e seus respectivos elementos nos jogos (SIMÕES, 2013).

De acordo com Deterding, os elementos de jogos citados anteriormente podem ser encontrados fora de jogos, e se considerados isoladamente nenhum deles seria considerado um

Tabela 1 – Componentes e elementos de jogos

	Componentes Fundamentais	Elementos de Jogos
Fluxo e Diversão	Comunicação e recompensa	Pontos, ranking, barra de progresso, troféu
	Envolvimento social	Partilhar conquistas, convidar amigos, oferecer/solicitar/trocar bens virtuais
	Experiência de jogo	Níveis, objetivos, repetição após falha, regras

Fonte: (SIMÕES, 2013)

jogo em específico (DETERDING et al., 2011).

A gamificação não deve ser entendida como uma solução completa para resolver todos os problemas, ela deve ser utilizada como uma ferramenta auxiliar que ajudará a alcançar os objetivos estabelecidos de forma engajadora, segura e divertida (ALVES, 2014). Na verdade, a partir somente da gamificação de uma atividade, ambiente ou sistema, não se pode garantir que os resultados de aprendizagem ou engajamento são melhores do que na ausência de gamificação. Existem fatores que precisam ser seguidos e analisados antes do processo de gamificação para que se obtenha os resultados esperados. Werbach e Dan desenvolveram o *Gamification Design Framework*, em que eles definiram 6 atividades que precisam ser seguidas para o desenvolvimento de um ambiente gamificado. As atividades são as seguintes: (i) definir os objetivos; (ii) traçar os comportamentos desejados; (iii) descrever os jogadores; (iv) criar ciclos de atividades; (v) incluir diversão; (vi) utilizar as ferramentas apropriadas (WERBACH; HUNTER, 2012).

Para (FARDO, 2013), a gamificação é um fenômeno emergente com enorme potencial de aplicação em diversas atividades humanas, principalmente pelo fato de que os jogos são aceitos de forma natural pela geração de profissionais atuais, além disso, segundo o autor, a lógica dos jogos, suas mecânicas, linguagens e estratégias são muito eficazes na resolução de problemas. Para o autor, a principal justificativa para o uso das técnicas de gamificação, é a perspectiva sociocultural, propondo-se a utilizar uma linguagem com a qual uma geração de jovens e adultos já estão acostumados a interagir.

A cada dia, podemos verificar uma maior utilização de dispositivos eletrônicos (e.g. smartphones, tablets, lousas, notebooks) por parte das pessoas para solucionar problemas, que antes eram solucionados de forma diferente. O uso da gamificação vem se tornando cada vez mais importante na interação dos usuários, uma vez que a forma de interação com o uso dessa tecnologia vem ganhando força, justificado principalmente pelo fato da nova geração ter crescido

interagindo com os jogos.

A atribuição de pontuação para atividades, fornecer *feedback* e estimular a colaboração e o trabalho em equipe, são técnicas utilizadas por professores e estão presentes em planos pedagógicos a muito tempo. A inovação de se utilizar técnicas de gamificação prover uma camada a mais que fornece uma forma de interação diferente, com a qual os indivíduos que vivenciaram a evolução digital e estão inseridos na cultura dos games estão mais acostumados. Por isso, esses indivíduos conseguem alcançar suas metas de forma mais eficiente e natural (FARDO, 2013).

A gamificação na educação busca atingir os educandos através da utilização de atividades que estimulem o aprendizado e permitam verificar o nível de conhecimento e a evolução do aprendiz, estimulando-o a aprender de forma lúdica e prazerosa (ESTÁCIO, 2015).

Segundo (KAPP, 2012), para aplicar a gamificação na educação os profissionais da área de ensino terão que combinar diferentes estratégias de jogos com diferentes tipos de conteúdos acadêmicos, a fim de alcançar bons resultados no aprendizado. Professores e todos demais profissionais envolvidos na educação deverão buscar se atualizar para conhecer as técnicas de gamificação e entender como elas podem ser utilizadas para melhorar a aplicação do conteúdo, bem como a retenção e aprendizado do mesmo por parte dos alunos.

As técnicas de gamificação aproximam os seus usuários do ambiente dos jogos e trazem benefícios nos locais onde são aplicadas, porém como foi dito, o uso das técnicas de gamificação não obrigam que a atividade ou ambiente em que elas foram aplicadas se torne necessariamente um jogo. Os jogos que têm objetivos de ir além do simples entretenimento são conhecidos atualmente na literatura como Jogos Sérios e são descritos a seguir.

2.3.2 Jogos Sérios

Os jogos sérios utilizam técnicas conhecidas de gamificação para tornar a simulação e o treinamento, práticas mais atrativas e interativas, favorecendo a absorção de conhecimento e habilidades psicomotoras. De acordo com (BLACKMAN, 2005), o termo jogo sério é utilizado para identificar jogos que ultrapassam a ideia única do entretenimento, oferecendo também experiências voltadas para o aprendizado e treinamento em diversos tipos de atividades. Os Jogos Sérios envolvem mais do que a simples gamificação, pois são jogos completos compostos por diversas mecânicas e componentes citados anteriormente, que foram desenvolvidos com propósitos específicos para uma determinada área (e.g. treinamento, ensino, reabilitação).

Uma pesquisa com o objetivo de identificar a origem do termo jogos sério foi realizada por (DJAOUTI et al., 2011b). Segundo o autor, os primeiros relatos de jogos com o sentido de jogo sério, utilizado para jogos digitais e não digitais com significados semelhantes aos que eles possuem hoje, datam da década de 1960, quando foram criados jogos voltados para treinamento e educação (e.g. TEMPER - jogo utilizado por militares para estudar a guerra fria). O principal fator pelo qual o termo Jogo Sério demorou em torno de 40 anos para ser amplamente adotado está relacionado ao modelo econômico no qual a indústria de jogos se desenvolveu, que era voltado para o entretenimento, principalmente infantil. Desta forma, não era interessante para a indústria de jogos utilizar esse termo, pois acreditava-se que o mesmo não condizia com a finalidade dos jogos.

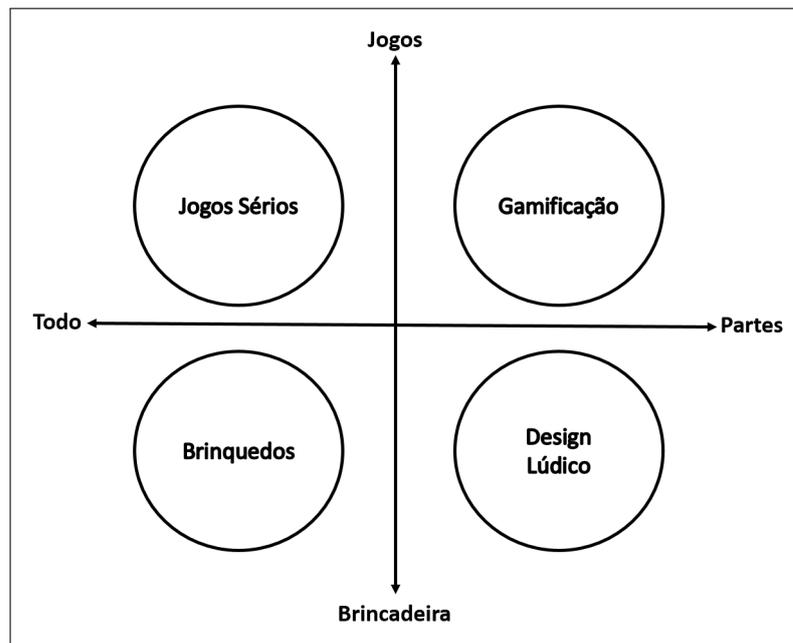
Atualmente, existem estudos e desenvolvimento de jogos sérios nas mais diversas áreas, como educação, saúde, reabilitação, treinamentos em geral. Uma pesquisa realizada por (DJAOUTI et al., 2011a) teve como objetivo criar um sistema global de classificação que pudesse ser utilizado por professores para identificar e analisar jogos sérios. Em seu trabalho, primeiro foi realizado um levantamento dos sistemas de classificação já existentes, dentre os quais eles encontraram classificações baseadas em nomenclaturas do mercado (e.g. saúde, políticas públicas, educação, publicidade, cultura), classificações baseadas em finalidades (e.g. treinamento e simulação, jogos voltados para negócios, jogos educativos), e também mecanismos de classificação que utilizavam as duas características citadas anteriormente, ou seja, o jogo era classificado dentro de um mercado com uma finalidade específica.

Outro mecanismo de classificação de jogos sérios foi desenvolvido por (DJAOUTI et al., 2011b). O mecanismo chamado de modelo GPS (Gameplay, Propósito, Escopo), propôs a classificação dos jogos sérios com mais precisão, utilizando três aspectos: (i) Gameplay, tem o objetivo de especificar a estrutura do jogo e como ele deverá ser jogado; (ii) Propósito, explica como o jogo irá ultrapassar a barreira do entretenimento e se torna um jogo sério (e.g. educativo, informativo, treinamento mental ou físico); (iii) Escopo, especifica o mercado e o público alvo que irá utilizar o jogo (e.g. educação, mercado, governo, público geral, profissionais, estudantes). De acordo com os autores, o diferencial do modelo GPS é que a classificação utilizando o modelo GPS é realizada analisando as duas dimensões, "Jogo"(Gameplay) e "Sério"(Propósito e Escopo), e isso permite identificar e classificar os jogos de maneira mais rápida.

A Figura 7 sintetiza de modo geral como as características de gamificação, jogos sérios, brinquedos e design lúdico podem ser organizados. Jogos ou jogos sérios podem ser

diferenciados de gamificação através das dimensões parte e todo. Os jogos sérios são compostos por um conjunto maior de diversos componentes de gamificação, já um software gamificado conterá apenas alguns elementos (e.g., ranking, recompensa). Já brinquedos ou design lúdico se diferenciam de jogos ou de softwares gamificados pela ausência de regras bem definidas (DETERDING et al., 2011).

Figura 7 – Diferenças entre gamificação, jogos sérios, design lúdico e brinquedos.



Fonte: Adaptado de (DETERDING et al., 2011)

2.4 GAMIFICAÇÃO E JOGOS SÉRIOS NO ENSINO DE MEDICINA

Assim como as demais áreas da educação, a medicina também vem usufruindo dos benefícios das tecnologias dos jogos para melhorar o processo de aprendizado de seus alunos. Diversas pesquisas já foram realizadas a fim de verificar a melhor forma de aplicação dessas tecnologias no ensino de medicina e também com o objetivo de verificar os benefícios obtidos e o impacto no aprendizado. O uso de gamificação e jogos sérios no ensino de medicina, traz uma série de benefícios, isto é, os alunos têm à sua disposição material para treinar e melhorar seus conhecimentos e habilidades, evita-se riscos à saúde de pacientes reais, diminui o custo do ensino, dentre outros benefícios.

Em uma pesquisa realizada por (NEVIN et al., 2014) foi avaliado a aceitação e utilização de um software gamificado, projetado para complementar o ensino de alunos da

graduação e residentes do curso de medicina, e também foi verificado a retenção de conteúdo que o software gamificado proporcionou para os alunos. Os componentes gamificados presentes no software eram: participação voluntária; regras; feedback imediato; trabalho colaborativo; níveis de dificuldade. O jogo era composto basicamente por questionários aplicados de acordo com a mecânica do jogo. Ao final do estudo, os pesquisadores puderam observar melhoras na retenção de conteúdo por parte dos alunos que utilizaram o software gamificado, e afirmaram que esse tipo de software pode colaborar o ensino de medicina e apoiar a formação contínua dos médicos.

Pesquisas também vêm sendo realizadas com o objetivo de verificar o impacto dos jogos sérios no ensino de medicina. Um estudo com esse foco foi realizado pelo grupo de pesquisadores de (NICOLAIDOU et al., 2015). O jogo desenvolvido nesse estudo, faz uso de dados de eletrocardiogramas de cenários clínicos reais que são aplicados em pacientes virtuais, para que estudantes e médicos possam praticar e melhorar seus conhecimentos. Nesse jogo os pesquisadores realizaram uma avaliação com 90 profissionais, e verificaram as seguintes questões: interface do usuário; nível de dificuldade; *feedback*; valor educativo; envolvimento dos usuários; e a terminologia utilizada. De modo geral avaliação do jogo foi positiva e os pesquisadores concluíram que apesar de ser necessário a realização de mais testes, o jogo desenvolvido tem potencial para ser uma ferramenta educacional (NICOLAIDOU et al., 2015). A Figura 8 apresenta um exemplo de jogo sério voltado para o ensino de primeiros socorros.

Figura 8 – Exemplo de jogo sério voltado para o ensino de primeiros socorros.



Fonte: (BUTTUSSI et al., 2013)

Outras pesquisas como as realizadas por Hannig et al., Nevin et al. e Kanthan e Senger, analisaram o impacto dos jogos sérios e da gamificação no ensino de medicina. Assim como nos trabalhos relatados anteriormente, nesses estudos os pesquisadores verificaram que o uso da gamificação, melhorou a colaboração entre os alunos, motivação e retenção de conhecimento (HANNIG et al., 2012) (NEVIN et al., 2014) (KANTHAN; SENGER, 2011).

Não há dúvidas de que o uso de técnicas de gamificação e jogos sérios, trazem contribuições significativas para processos de ensino-aprendizagem. Porém, o desenvolvimento dessas aplicações normalmente demanda muito tempo e possui custos elevados. A criação e desenvolvimento de um jogo sério que usa RA, por exemplo, exige uma equipe multidisciplinar com profissionais especializados em diferentes áreas (programação, som, modelagem 3D, game design, especialista de domínio, educador, ...) que devem trabalhar em conjunto, para que obtenham um software gamificado ou jogo sério que atenda as expectativas dos seus usuários. Como dito anteriormente, caso as técnicas de gamificação não sejam adotadas de maneira correta, o impacto cognitivo esperado pode não ser alcançado.

2.5 FRAMEWORK DE SOFTWARE

Uma solução que pode reduzir ao menos os custos de desenvolvimento de jogos sérios voltados para contextos específicos é o reuso de software através da utilização de *frameworks* e/ou motores de jogos. Estas abordagens procuram solucionar problemas comuns de programação de jogos e integram bibliotecas e mecânicas específicas para facilitar e agilizar o processo de desenvolvimento.

A utilização de *frameworks* é na verdade uma das técnicas utilizadas para aumentar o reuso e agilizar o desenvolvimento de *software* em geral. Na definição de Johnson, um *framework* de *software* é um projeto abstrato que fornece uma infraestrutura genérica, voltada para um tipo de aplicação específica (JOHNSON; FOOTE, 1988). Outra definição é dada por Mattsson, que descreve um *framework* como uma arquitetura composta por um conjunto de classes abstratas e concretas. O *framework* é desenvolvido com o objetivo de ter seu código reutilizado ao máximo, com grande potencial de especialização (MATTSSON, 1996).

Um *framework* pode ser entendido portanto, como uma ferramenta composta por um conjunto de classes que trabalham de forma conjunta com o objetivo de resolver problemas genéricos de um determinado contexto de aplicação. Eles permitem que seus usuários (i.e., desenvolvedores de software) possam reutilizar seu código, agilizando o processo de desenvolvimento, preocupando-se apenas com o tratamento dos problemas mais específicos. Desta forma, o desenvolvedor já parte de um estágio mais elevado no desenvolvimento de uma aplicação. Esse tipo de ferramenta é utilizada para o desenvolvimento de software nas mais diversas áreas, como por exemplo um *framework* voltado para o desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis, descrito por (VIANA, 2005), ou um *framework* para desenvolvimento Web descrito por

(SILVEIRA; SCHNEIDER, 2015).

A utilização de *framework* no desenvolvimento de uma aplicação, traz uma série de benefícios. Na pesquisa realizada por Fayad e Schmidt, são destacados quatro benefícios que os *frameworks* voltados para aplicações orientadas a objetos possuem (FAYAD; SCHMIDT, 1997):

1. Modularidade, utilizada para encapsular detalhes de implementação atrás de interfaces estáveis, reduzindo o esforço para entender e manter o software existente.
2. Reusabilidade, através da definição de componentes genéricos que podem ser reutilizados para criar novas aplicações, evitando a recriação e revalidação de softwares já existentes, melhorando a produtividade do programador, qualidade, desempenho e confiabilidade do software.
3. Extensão, deixando explícito os métodos que devem ser implementados para estender interfaces do *framework*.
4. Inversão de controle, permitindo que ao invés da aplicação o *framework* defina qual conjunto de métodos que será invocado em resposta aos eventos externos.

Os *frameworks* em geral podem ser acessados, estendidos ou instanciados de diferentes formas. O comportamento de um *framework* de desenvolvimento de *software* é definido pela forma como seus métodos são acessados, classificando-se em três tipos:

1. Caixa branca, são instanciados usando herança, exige que o desenvolvedor possua um bom conhecimento sobre a estrutura interna do *framework*.
2. Caixa preta, seu reuso é feito normalmente por composição ou definição de interfaces para os componentes. Não é necessário que o desenvolvedor conheça sua estrutura interna o que facilita sua utilização, porém o torna menos flexível.
3. Caixa cinza, é um combinação dos dois modelos apresentados anteriormente, que permite o reuso por herança, associação dinâmica e definição de interfaces, tentando evitar as desvantagens dos dois.

Os *frameworks* normalmente são construídos de maneira que permitam a adição de novas funcionalidades, para isso são criados os chamados *Hot Spots*, que são pontos de extensão genéricos que permitem a adaptação as necessidades da aplicação. Outra característica importante são os *Frozen Spots*, que são as partes fixas do *framework*, responsáveis por agrupar as regras e funções de um grupo de aplicações.

No contexto do desenvolvimento de jogos, *frameworks* podem ser utilizados por exemplo, para facilitar a implementação de mecânicas, designs de telas, componentes de jogos

(e.g. placar, ranking, barra de life) e lógicas pré-prontas. Isso torna mais ágil o desenvolvimento de um jogo e diminui a necessidade de profissionais envolvidos no processo de desenvolvimento.

Mesmo ainda não existindo um padrão específico para o desenvolvimento de um *framework* voltado para o desenvolvimento de jogos, existem várias pesquisas na literatura que descrevem o uso dessas ferramentas direcionadas para esse contexto. A seguir, são apresentados alguns *frameworks* voltados para o desenvolvimento de jogos:

- **Forge V8** - Esse *framework* tem como objetivos fornecer características essenciais para jogos, como, interface gráfica, sonorização, inteligência, modelagem de personagens, editor de cenários, suporte para multi-usuários em rede, possibilidade de construção de jogos em 2D e 3D. O FORGE V8 é um *framework* caixa branca, sendo necessário que seus usuários conheçam seu funcionamento para que possam utilizá-lo. O *framework* é composto basicamente por três camadas. A camada de sistema é mais baixo nível, responsável por fazer a comunicação com hardware. A camada de gerenciadores é responsável pelo controle da execução da aplicação, respondendo aos processos disparados pela lógica da aplicação. A camada de aplicação abstrai o processamento do *framework* e expõe suas funcionalidades em alto nível para o desenvolvimento de jogos e aplicações. Segundo o estudo realizado pelo autor do Forge V8, no desenvolvimento de uma aplicação, o *framework* se mostrou eficiente, diminuindo o esforço necessário para a construção da aplicação (MADEIRA, 2001);
- **Guff** - Esse *framework* é dividido basicamente em uma camada de aplicação, composta por uma máquina de estados, responsável pelo controle do jogo, e um kit de ferramentas, composto por classes que podem ser usadas para desenvolver aplicações do jogo. As principais funcionalidades disponibilizadas no Guff são, gerenciamento e criação de texturas, modelos 3D, sons, fontes de texto, gerenciamento de câmeras, extensão para OpenGL e integração com a linguagem Lua, para definir parâmetros da aplicação. O *framework* Guff faz a integração de várias bibliotecas existentes facilitando o reuso das suas funcionalidades. Outra característica importante é que ele foi projetado para rodar em sistemas operacionais Windows e Linux (VALENTE et al., 2005);
- **Amphibian** - Esse *framework* foi projetado com o objetivo de fornecer classes para o desenvolvimento de aplicações multimídia e multiplataforma, e permite

desenvolver jogos educativos focados na sua lógica. O *framework* permite que a lógica do jogo seja portada para diferentes plataformas, de maneira independente da interface da aplicação, garantindo maior reuso do código. O Amphibian possui 4 componentes principais: (i) interação que controla os periféricos de entrada/saída; (ii) comunicação responsável pela criação de jogos em rede; (iii) controle responsável por gerenciar a lógica do jogo e manipular objetos do jogo; (iv) o componente de visualização que cria a imagem que representa o estado atual do jogo. As principais funcionalidades fornecidas pelo Amphibian são: mecanismos de visualização 2D ou 3D; sons; gerenciamento de eventos gerados por dispositivos de entrada; processamento lógico; persistência do estado atual do jogo; criação de jogos em rede (BITTENCOURT, 2004);

- **FMMG** - *Framework* desenvolvido baseado na arquitetura MVC (Model - View - Controller), voltado para jogos multiplayer móveis, com o objetivo de disponibilizar todas mecânicas e componentes necessários, fazendo com que seu usuário preocupe-se apenas com o comportamento desejado para o jogo. Dentre as funcionalidades disponibilizadas estão: detecção e gerenciamento de eventos gerados por dispositivos de E/S; execução de sons e músicas em resposta a eventos; criação de jogos em redes; sincronização de informações do jogo entre os jogadores, etc (KUBO, 2006);
- **LINGS** - Esse *framework* tem o objetivo de tratar problemas específicos do cenário de jogos em rede voltados para dispositivos móveis. O *framework* trata os problemas de latência na comunicação, alto consumo de dados, sincronização entre os jogadores e desperdício de energia. Para implementar componentes gamificados, é necessário que o mesmo seja integrado a outra ferramenta ou plataforma (COSTA, 2014).

Os *frameworks* normalmente são desenvolvidos de forma a tratar problemas gerais em contextos bem específicos. Os trabalhos citados anteriormente trataram alguns problemas semelhantes aos relacionados a essa pesquisa, como a gamificação, porém não poderiam ser utilizados para o desenvolvimento de uma aplicação no ambiente de treinamento desenvolvido nessa dissertação. O estudos dos *frameworks* citados anteriormente melhorou o entendimento em relação ao funcionamento e características necessárias para o desenvolvimento desse tipo de ferramenta, contribuindo para o desenvolvimento do *framework* LARG que será descrito em

detalhes no Capítulo 5.

2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse capítulo foram apresentados os principais conceitos relacionados ao ensino de cirurgia laparoscópica, seus principais desafios e estudos relacionados ao seu ensino utilizando caixas simuladoras. O treinamento de habilidades por caixas simuladoras se apresenta como modelo de custo-benefício mais adequado para as fases iniciais da aprendizagem do cirurgião. Em seguida, descreveu-se os conceitos de Realidade Aumentada e Realidade Virtual, suas características principais e as ferramentas que podem ser utilizadas para implementação dessas técnicas. Além disso, apresentou-se o potencial dessas tecnologias na construção de softwares educacionais voltados ao ensino de Medicina.

As técnicas de Gamificação consistem basicamente em utilizar componentes de jogos em contextos diferentes do habitual para um jogo. Já os jogos sérios, são jogos que têm o objetivo de extrapolar a fronteira do entretenimento, levando a uma série de outros benefícios. Foi visto que essas técnicas estão sendo utilizadas nas mais diversas áreas do conhecimento, e que elas possuem um grande potencial de trazer benefícios nos processos de ensino e aprendizagem. Portanto, apresentam indícios que sua inclusão em *softwares* de treinamento de habilidades de laparoscopia também podem ser vantajosas para aumentar a motivação e o engajamento dos aprendizes.

No final do capítulo, os conceitos e características presentes nos *frameworks* foram apresentados e pôde-se observar que o uso desse tipo de ferramenta, traz grandes benefícios para o desenvolvimento de software.

O *framework* LARG proposto nessa dissertação tem o objetivo de integrar as diferentes técnicas apresentadas nesse capítulo, com o objetivo de facilitar e agilizar através do reuso de seu código, o desenvolvimento de aplicações voltadas para o treinamento de habilidades para a realização de cirurgia laparoscópica.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

A pesquisa por trabalhos relacionados ao tema desta proposta de mestrado foi realizada utilizando o mecanismo de busca do Google Acadêmico¹ e o PubMed². A pesquisa teve como palavras-chave: ensino de habilidades laparoscópicas; simuladores de cirurgia laparoscópica; treinamento de habilidades laparoscópicas; jogos sérios para laparoscopia e suas respectivas traduções na língua inglesa. A maior parte dos trabalhos avalia o impacto do uso de caixas simuladoras no ensino de cirurgia laparoscópica e também realiza comparações entre as habilidades aprendidas nas diferentes formas de treinamento.

Algumas referências encontradas na pesquisa bibliográfica já foram mencionadas no capítulo anterior. Na Seção 3.1, são detalhados os trabalhos que tratam especificamente do desenvolvimento de caixas simuladoras que utilizam técnicas de Realidade Aumentada ou Realidade Virtual. Os trabalhos relatados têm o objetivo de propor abordagens de treinamento de habilidades necessárias para a realização de cirurgia laparoscópica.

A Seção 3.2 descreve as abordagens que mixam jogos ou atividades gamificadas com o ensino de habilidades para cirurgias laparoscópicas. O capítulo é finalizado com uma análise crítica e comparativa das abordagens.

3.1 CAIXAS SIMULADORAS ESTENDIDAS

O grupo de simuladores classificados nessa dissertação como caixas simuladoras estendidas é composto por simuladores semelhantes às caixas pretas, mas que utilizam técnicas de realidade aumentada ou realidade virtual com o objetivo de melhorar o treinamento oferecido. Nas subseções a seguir serão apresentados os principais trabalhos que se encaixam nessa categoria.

3.1.1 ProMIS AR

O ProMIS é um simulador que utiliza realidade aumentada para o treinamento de habilidades para a realização de cirurgia laparoscópica, no qual o usuário pode medir e praticar sua proficiência com instrumentos reais em modelos físicos e virtuais. Este simulador é amplamente validado na literatura, existindo diversas pesquisas que analisam seu desempenho

¹ <https://scholar.google.com.br/>

² <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>

e afirmam que ele é capaz de produzir bons resultados no treinamento de habilidades para a realização de cirurgia laparoscópica.

De acordo com Van Sickle et al., o manequim do ProMIS apresentado na Figura 9 utiliza três câmeras: uma localizada no lado direito e outra no lado esquerdo do manequim que capturam os movimentos do usuário e uma terceira câmera que fica localizada na região inferior do abdômen, sendo a principal do sistema por onde o usuário visualiza a tarefa que está executando (SICKLE et al., 2005).

Figura 9 – Simulador ProMIS AR



Fonte: (SICKLE et al., 2005)

O sistema de tracking do ProMIS AR captura os movimentos das pinças nas coordenadas X, Y e Z, baseando-se em duas faixas amarelas que são colocadas nas pontas das pinças, como pode-se visualizar na Figura 10.

O estudo conduzido por Van Sickle et al. teve como objetivo determinar se o ProMIS AR seria capaz de verificar e distinguir os níveis de habilidades de indivíduos para realizar uma tarefa complexa de sutura laparoscópica. Para alcançar esse objetivo, foram realizados testes com dez cirurgiões laparoscópicos, sendo cinco novatos e cinco experientes, onde todos os participantes foram supervisionados e receberam instruções de como executar a tarefa. Cada cirurgião pôde realizar a tarefa três vezes de forma consecutiva e todos os dados de desempenho na execução das tarefas foram arquivados(SICKLE et al., 2005).

O simulador armazenou três medidas de desempenho: o tempo, armazenado em

Figura 10 – Instrumentos Laparoscópicos Utilizados no ProMIS AR.



Fonte: (SICKLE et al., 2005)

segundos; o comprimento do caminho percorrido, calculado em centímetros e a suavidade na execução das tarefas, medida por mudanças de velocidade na movimentação das pinças. Para comparar as medidas de desempenho entre o grupo de cirurgiões experientes e os não experientes, foi utilizado o teste de Mann-Whitney U. De acordo com Mckinght e Najab (MCKNIGHT; NAJAB, 2010) , o teste Mann-Whitney U é um método utilizado para comparar dados de dois grupos e verificar se pertencem a um mesmo conjunto.

De acordo com esse grupo de pesquisadores, ao final dos testes pode-se observar que os cirurgiões experientes obtiveram melhores resultados do que os cirurgiões novatos nas três medidas de desempenho analisadas, além disso, também observaram que todos cirurgiões melhoraram o desempenho durante a repetição das tarefas, chegando à conclusão de que o simulador ProMIS foi capaz de distinguir o nível de habilidades entre os cirurgiões (SICKLE et al., 2005).

Outro estudo realizado utilizando o ProMIS AR foi conduzido por Botden et al., e teve como objetivo validar o ProMIS como um simulador para treinamento de habilidades para realizar cirurgia laparoscópica, e também avaliar o grau de realismo das atividades desempenhadas (BOTDEN et al., 2008). As atividades utilizando o simulador foram realizadas com 55 cirurgiões, sendo 27 experientes e 28 residentes em cirurgia. As atividades desempenhadas foram de transferência de objetos de um recipiente para outro e sutura com realização de nó. Ao final do estudo, os autores concluíram que tanto o grupo de cirurgiões experientes como o de residentes consideraram que as tarefas desempenhadas no ProMIS possuíam um grau de realismo bom ou excelente, com exceção das sensações táteis durante a manipulação de tecidos que foi considerada menos realista, mas ainda assim agradou 69% dos participantes. Uma ressalva foi feita em relação à utilização do tempo como parâmetro de medição do desempenho

do participante na tarefa, pois ele poderia estar utilizando a técnica correta e mesmo assim não se enquadrar no tempo ideal. Diante desses resultados, o PromIS foi considerado como um instrumento de grande valia na formação cirurgiões laparoscópicos e também no treinamento de cirurgiões experientes (BOTDEN et al., 2008).

3.1.2 LAPSIM

O LAPSIM(MUNZ et al., 2004) é um simulador que utiliza realidade virtual e dispositivos hápticos para o treinamento de habilidades para a realização de cirurgia laparoscópica (11). O LAPSIM consiste em uma plataforma genérica sobre a qual podem ser adicionados vários módulos com diferentes tarefas para serem executadas em diversos níveis de dificuldade.

Segundo Duffy et al., o LAPSIM é capaz de produzir diversos tipos de feedback para seus usuários, como por exemplo, tempo para realizar a tarefa, nível máximo de dificuldade alcançado, dano tecidual, medidas de excesso de movimento, erros na aplicação de cliques, erros na realização de nós e etc. O tipo de feedback dado varia de acordo com o módulo e a tarefa na qual o aprendiz está operando, e os resultados de cada teste podem ser armazenado para posterior análise (DUFFY et al., 2005).

O LAPSIM possui diferentes módulos de treinamento, o módulo de treinamento de habilidades básicas é composto por 13 exercícios: navegação com a câmera; navegação com instrumentos; coordenação; pegar objetos; corte; aplicação de clipe; segurar e levantar objetos; sutura; precisão e velocidade; manuseio de intestinos; dissecação; vedação e corte e inserção de catéter. O LAPSIM tem suas atividades sendo atualizadas constantemente com o aperfeiçoamento das já existentes e a adição de novos módulos para o treinamento de atividades específicas.

O grupo de pesquisadores de Duffy et al., realizaram um estudo com o objetivo de verificar se o simulador LAPSIM é capaz de distinguir cirurgiões iniciantes de experientes. Participaram desse estudo 54 cirurgiões com diferentes níveis de experiência, variando de cirurgiões em formação a cirurgiões experientes, sendo que todos realizaram os mesmos exercícios no simulador LAPSIM. Os cirurgiões foram divididos em três grupos: dez iniciantes; trinta e sete intermediários e sete experts. Depois de uma familiarização com o simulador, cada um dos cirurgiões realizaram as atividades de oito módulos diferentes, em cada nível de dificuldade que cada módulo possuía (DUFFY et al., 2005).

Os resultados mais significantes foram encontrados nas comparações entre cirurgiões

Figura 11 – LAPSIM - Simulador com dispositivos hápticos para treinamento de cirurgia laparoscópica.



Fonte: (FAIRHURST et al., 2011)

experts e iniciantes. Foram encontradas diferenças de desempenho relacionadas ao tempo e ao nível de dificuldade alcançado em tarefas de pegar objetos, onde alguns cirurgiões iniciantes foram inclusive reprovados. Tarefas como colocação de clipe e ligadura tiveram resultados mais discrepantes, com reprovações e diferentes níveis de dificuldade alcançados, ocorrendo colocações erradas de cliques por alguns iniciantes e excesso de movimentos. A discriminação mais acentuada ocorreu na tarefa de sutura laparoscópica, sendo observadas diferenças significativas em nível de dificuldade alcançado, danos aos tecidos, tempo para execução da atividade, e execução errada de nós, ocorrendo também reprovações nessa tarefa. Também se observou que residentes do 4º ou 5º ano conseguiram concluir a atividade de sutura mais rapidamente do que residentes dos primeiros anos, considerados iniciantes. Em contrapartida, os residentes do 4º ou 5º ano tiveram maiores níveis de variabilidade no desempenho.

Ao final do estudo, os pesquisadores observaram que a maioria dos módulos presentes

no LAPSIM tem a capacidade de diferenciar entre cirurgiões novatos e especialistas, e concluíram que o módulo de sutura pode ser utilizado para diferenciar o nível de habilidade laparoscópica de acordo com ano de treinamento dos residentes em relação a um cirurgião experiente (DUFFY et al., 2005).

Em outra pesquisa realizada por Fairhurst et al. (FAIRHURST et al., 2011), foi feita uma revisão na literatura em busca de pesquisas que analisassem a eficácia do LAPSIM sob diferentes aspectos. A partir da análise desses trabalhos, foram sugeridos cenários de como o LAPSIM deveria ser utilizado em trabalhos futuros. A pesquisa foi realizada nos sites Surgical Science e Pubmed, além de buscas manuais de citações em outros artigos.

Ao final desse segundo estudo, os pesquisadores observaram que não existem pesquisas que atestem vantagem clara do LAPSIM sobre os treinamentos que utilizam somente a caixa simuladora para treinamento relacionado ao ensino de habilidades básicas. Os maiores benefícios observados em sistemas como o LAPSIM estão relacionados ao *feedback* das atividades, como facilidades para registrar parâmetros de desempenho e verificar se a atividade foi executada corretamente, sem a necessidade de um instrutor cirúrgico observando a tarefa, além da possibilidade de ajustar o nível de dificuldade e criar situações desafiadoras ou estressantes.

De acordo com Fairhurst et al., a transmissão de conhecimento das habilidade do LAPSIM para a sala de cirurgia tem sido bem sucedida, mas existem resultados conflitantes. Foram encontradas dificuldades para comprovar a validade do aprendizado de todas as tarefas de forma consistente. Isso pode ocorrer devido ao fato de que nem todos os parâmetros avaliados medem corretamente a aptidão do aprendiz. Segundo os autores, os parâmetros para determinar o desempenho e níveis de habilidades precisam ser mais bem definidos e uma forma de se conseguir isso é realizando testes em larga escala com cirurgiões que possuam diferentes níveis de experiência (FAIRHURST et al., 2011).

3.1.3 LAP Mentor

O LAP Mentor é um simulador que assim como o LAPSIM, utiliza Realidade Virtual para o treinamento de habilidades para a realização de cirurgia laparoscópica. O sistema do LAP Mentor possui módulos para treinamento de habilidades básicas, avançadas e procedimentos completos. De acordo com o site do fornecedor, atualmente o LAP Mentor possui 13 módulos de formação e 65 tarefas e estudos de caso, incluindo cirurgia geral, ginecologia, urologia, cirurgia bariátrica e cirurgia de cólon e reto. Além disso, novos módulos são adicionados constantemente,

o que torna o LAP Mentor um dos simuladores mais completos dentre os que foram encontrados nessa pesquisa.

Existem dois modelos de simuladores do LAP Mentor sendo comercializados: o LAP Mentor III, que possui maior feedback tátil com utilização de dispositivos hápticos (12a); e o LAP Mentor Express, que é um modelo de simulador portátil que possui um custo mais baixo, porém não utiliza dispositivos hápticos (12b). Os dois modelos são compatíveis com os módulos de simulação de tarefas básicas de laparoscopia e sutura, além de permitir a adição de novos módulos.



(a) LAP Mentor III (b) LAP Mentor Express

Fonte: Fonte: <http://symbionix.com/simulators/lap-mentor/platforms/>

O LAP Mentor é um dos simuladores mais amplamente estudados e avaliados na literatura. O estudo conduzido por Von Websky et al., teve como objetivo construir uma base de dados com informação de desempenho de aprendizes de cirurgia laparoscópica que utilizaram o LAP Mentor, e a partir dessa base de dados determinar critérios de referência que possam ser utilizados para estabelecer as bases para um treinamento laparoscópico mais bem sucedido (WEBSKY et al., 2012).

A base de dados foi construída entre os anos de 2004 e 2009. Ao todo foram analisados quase dezenove mil performances em tarefas de 286 cirurgiões novatos que estavam aprendendo a realizar cirurgia laparoscópica. Ao final do estudo, foi obtido os seguintes resultados: o tempo médio para execução correta da atividade de coordenação mão-olho foi de cerca de 45 segundos; tempo para execução correta da atividade de posicionamento de objetos foi de aproximadamente 269 segundos; a execução correta da atividade de clipe e corte exigiu um tempo médio de 68 segundos; e para execução correta da atividade de dissecação foi necessário

um tempo médio 256 segundos.

Os pesquisadores afirmam que o tempo ideal para a realização da tarefa depende principalmente do caminho percorrido e da utilização dos instrumentos com ambas as mãos. Outro parâmetro observado foi a quantidade de repetições necessárias para que os aprendizes de habilidades cirúrgicas conseguissem obter resultados satisfatórios nas atividades. No geral foram necessárias entre 10 e 15 repetições para que os aprendizes executassem as atividades de forma correta (WEBSKY et al., 2012).

Em outro estudo realizado por Beyer et al., o objetivo foi avaliar o impacto do uso de diferentes simuladores na sala de cirurgia. Foram avaliados oito médicos residentes em cirurgia, que foram divididos em três grupos. O grupo 1 realizou treinamento utilizando o simulador MISTELS (*Mcgill Inanimate System for Training and Evaluation of Laparoscopic Skills*), enquanto o grupo 2 realizou o treinamento utilizando o LAP Mentor. Já o grupo três realizou apenas o treinamento clássico. Para avaliar o impacto dos três grupos na aquisição de habilidades cirúrgicas foi utilizada a ferramenta GOALS (*Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills*) (BEYER et al., 2011).

O GOALS foi desenvolvido com o objetivo de ser uma ferramenta para avaliar a confiabilidade e validade do treinamento de habilidades laparoscópicas. Para construção do GOALS foram identificados aspectos importantes de habilidades técnicas de cirurgia laparoscópica, sendo composto basicamente por cinco itens: percepção de profundidade; destreza com ambas as mãos; eficiência na realização das tarefas; manipulação de tecido e autonomia para realizar a tarefa (VASSILIOU et al., 2005).

Para avaliar o impacto do uso de simuladores, os pesquisadores aplicaram duas vezes a ferramenta de avaliação GOALS. A primeira durante uma cirurgia laparoscópica em que o residente estava sendo auxiliado por um cirurgião. Após a primeira avaliação os residentes de cada grupo realizaram seus respectivos treinamentos utilizando o MISTELS, LAP Mentor e o treinamento convencional. Após quatro meses os residentes foram submetidos a uma nova avaliação utilizando o GOALS.

Ao final do estudo, os pesquisadores observaram que os grupos que realizaram treinamentos utilizando o LAP Mentor e o MISTELS obtiveram resultados melhores e com uma diferença significativa em relação ao grupo que realizou o treinamento convencional. Segundo os autores, não foram encontrados diferenças significativas ao comparar os resultados do LAP Mentor com o MISTELS. Portanto, o LAP Mentor não provou ser superior ao MISTELS na

aquisição de habilidades básicas para laparoscopia. A maior vantagem observada no LAP Mentor são seus módulos específicos de treinamento para diferentes tipos de cirurgias (BEYER et al., 2011).

Um terceiro estudo utilizando o LAP Mentor foi realizado por Wilson et al., e teve como objetivo verificar possíveis distinções entre o controle visual de operadores experientes e novatos, através dos parâmetros de avaliação do LAP Mentor. O estudo contou com um grupo de oito cirurgiões experientes e seis novatos. Todos os cirurgiões realizaram a tarefa coordenação mão-olho no LAP Mentor e durante a tarefa outro sistema de captura com uma micro-câmera posicionada em frente ao olho armazenava todas as informações do olhar do cirurgião (WILSON et al., 2010).

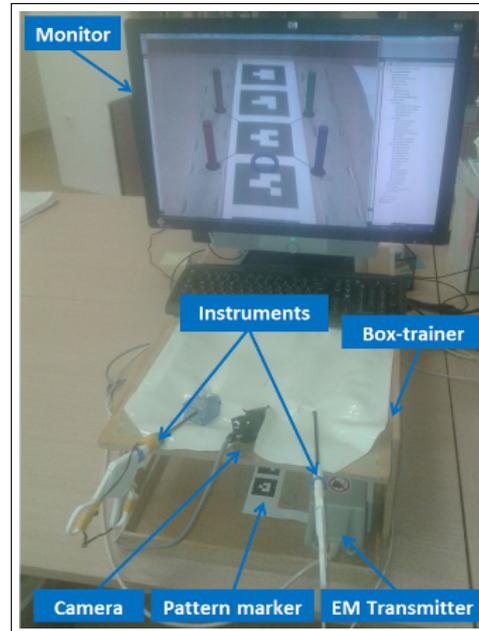
Ao final do estudo os pesquisadores observaram que os cirurgiões experientes realizaram a tarefa mais rapidamente que os novatos, economizando movimentos. Enquanto isso, a análise do olhar revelou que os cirurgiões experientes passaram mais tempo com olhar fixo no local de destino que os novatos, que dividiam o tempo entre olhar para o destino e observar o seu movimento com as ferramentas. De acordo com Wilson et al. (2010), esse estudo fornece suporte para entender a maneira como os cirurgiões utilizam informações visuais para planejar movimento e controlar as ferramentas em um ambiente virtual de treinamento de cirurgia laparoscópica (WILSON et al., 2010).

3.1.4 Outras abordagens que usam Realidade Aumentada

Mais recentemente o grupo de pesquisadores de (LAHANAS et al., 2014), desenvolveu um simulador composto por três tarefas (navegação, peg-transfer, aplicação de clipe) a fim de treinar a percepção de profundidade, a coordenação mão-olho e a ambidestria. A RA nesse simulador é utilizada para mostrar objetos 3D das tarefas de treinamento. Os usuários têm que usar instrumentos laparoscópicos reais para realizar as atividades corretamente. Os sensores feitos sob medida são adicionados aos instrumentos, a fim de permitir a interação com os elementos de realidade virtual. A desvantagem dessa abordagem é que os elementos manipulados não são reais, o que limita o *feedback* sensorial e a força percebida pelos usuários durante o treinamento. A Figura 12, apresenta a caixa simuladora desenvolvida por Lahanas et al.

Em um trabalho semelhante, Lin et al. propôs o uso de RA e objetos reais em duas tarefas de treinamento de habilidades. Na primeira atividade, o aprendiz tem como objetivo

Figura 12 – Caixa simuladora desenvolvida por Lahanas et al.



Fonte: (LAHANAS et al., 2014)

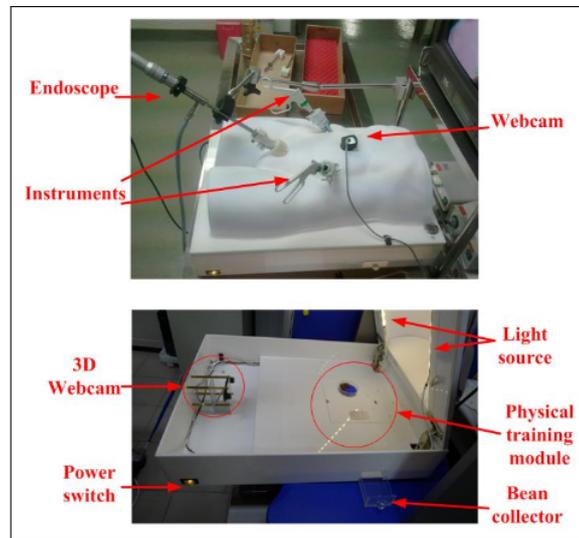
pegar objetos com uma pinça dentro de um recipiente, abrir outro recipiente que está fechado e colocar o objeto transportado dentro dele. Na segunda atividade, o aprendiz tem que movimentar a pinça por um caminho, sem colidir com os sensores. Uma câmera 3D adicional e um conjunto de sensores ópticos são adicionados à caixa simuladora para reconhecer o movimento de objetos reais. O simulador fornece *feedback* sensorial mais elevado do que a abordagem anterior e também mede o desempenho dos utilizadores. No entanto, os objetos virtuais não são inseridos na visão do mundo real, o que diminui a imersão (LIN et al., 2014). A Figura 13 apresenta a caixa simuladora desenvolvida por Lin et al.

3.1.5 Análise Comparativa

Como pode-se observar, existem diversos estudos sobre a utilização de caixas simuladoras no ensino de habilidades necessárias para a realização de cirurgia laparoscópica. A Tabela 2 a seguir apresenta de forma resumida as principais características dos simuladores que foram estudados nesse trabalho.

Analisando a Tabela 2 podemos notar algumas características semelhantes entre as caixas simuladoras estudadas. Com exceção a caixa simuladora desenvolvida por Lahanas et al., as abordagens que utilizam realidade aumentada oferecem retorno háptico sem a necessidade de dispositivos hápticos, diferentemente das abordagens que utilizam realidade virtual, que

Figura 13 – Caixa simuladora desenvolvida por Lin et al.



Fonte: (LIN et al., 2014)

Tabela 2 – Propriedades presentes nos simuladores

Simulador	Plataforma	Tarefas	Retorno Háptico	Avaliação
ProMIS AR	Realidade Aumentada	Variadas (sutura, pegar objetos, etc)	Sim (sem uso de dispositivos hápticos)	Subjetiva e por software
LAPSIM	Realidade Virtual	Vários módulos (Constante atualização)	Utiliza dispositivos hápticos	Avaliação por software
LAP Mentor	Realidade Virtual	Vários módulos (Constante atualização)	Com ou sem dispositivos hápticos	Avaliação por software
Abordagem de Lahanas et al.	Realidade Aumentada	Tarefas limitadas (3 atividades)	Não há <i>feedback</i> háptico	Avaliação por software
Abordagem de Lin et al.	Realidade Aumentada	Tarefas limitadas (2 atividades)	Sim (sem uso de dispositivos hápticos)	Avaliação por software

necessitam desse tipo de dispositivo. Uma vantagem significativa das abordagens que utilizam realidade virtual é a variedade de tarefas fornecidas, com diversos treinamentos específicos para diferentes habilidades. Além disso, tanto a abordagem que utiliza RA como a que utiliza RV possuem a vantagem de oferecer avaliação subjetiva do desempenho do aprendiz.

3.2 GAMIFICAÇÃO E JOGOS NO ENSINO DE CIRURGIA LAPAROSCÓPICA

O uso de gamificação em softwares educacionais e jogos criados com esse objetivo (jogos sérios e edugames) tem proporcionado novas abordagens de interação, bem como ativida-

des mais atraentes para os aprendizes (CLUA, 2014). Alguns trabalhos avaliam o impacto do uso das técnicas de gamificação e dos jogos sobre o desenvolvimento de habilidades manuais e cognitivas, necessárias para realizar cirurgias laparoscópicas.

3.2.1 SICKO

A plataforma SICKO, por exemplo, é um jogo sério desenvolvido para web, que ao invés de treinar habilidades cirúrgicas, tem como foco treinar médicos para tomar a melhor decisão em situações semelhantes as que acontecem durante uma cirurgia. A plataforma utiliza diversos componentes gamificados, como por exemplo: pontuação; penalização por respostas erradas; medalhas para os jogadores; aumento do nível de dificuldade, ranking, etc (LIN et al., 2015)..

O grupo de pesquisadores coordenados por Lin et al., realizaram um estudo com 49 usuários do SICKO, com o objetivo de avaliar o conteúdo e o realismo dos casos cirúrgicos apresentados no simulador. Também foi verificado a evolução dos aprendizes durante o treinamento e ao final do estudo foi observado uma melhoria significativa no nível dos aprendizes. Com relação a usabilidade da plataforma, tanto o realismo quanto conteúdo foram bem avaliados pelos usuários. Os pesquisadores também verificaram através dos resultados que a plataforma SICKO foi capaz de diferenciar os níveis de conhecimento cirúrgico dos aprendizes, entre experientes e novatos (LIN et al., 2015).

3.2.2 Gamificação na aprendizagem de habilidades

Em outro estudo, conduzido por Hashimoto et al., foi pesquisado se a inserção de técnicas de gamificação que estimulassem a competitividade, poderiam trazer benefícios para o aprendizado. Esse estudo contou com 20 participantes, que foram divididos em dois grupos, um tendo o estímulo da competição e outro grupo realizando o treinamento normal. Nos resultados, os pesquisadores analisaram o tempo, a quantidade de movimentos e o caminho percorrido pelos usuários para realizar as tarefas. Ao final do estudo observou-se que o grupo de aprendizes que tiveram o estímulo da competição percorreram um menor caminho, fizeram menos movimentos e foram consideravelmente mais rápidos na realização das tarefas (HASHIMOTO et al., 2015). Embora apenas um componente de gamificação tenha sido adotado nessa pesquisa, os resultados mostram que seu uso pode trazer benefícios para o aprendizado.

O desenvolvimento de atividades gamificadas e jogos sérios voltados diretamente

para o ensino de habilidades cognitivas e práticas laparoscópicas ainda se mostra no seu início, com poucos trabalhos realizando essa abordagem.

3.2.3 Jogos de propósito geral e aprendizagem de habilidades

Outra abordagem relacionada que também está sendo alvo de estudos é a verificação se jogos que foram desenvolvidos voltados somente para o entretenimento podem trazer algum benefício para a aquisição de habilidades laparoscópicas.

O estudo desenvolvido por Araujo et al., teve como objetivo principal verificar se jogos classificados em gêneros diferentes (e.g. corrida, tiro em primeira pessoa, jogos para treinar habilidades cirúrgicas e aplicações sem gamificação), teriam o mesmo efeito sobre a melhoria de habilidades básicas para a realização de cirurgia laparoscópica. O estudo foi realizado com 20 participantes, divididos em quatro grupos. Ao final desse trabalho os pesquisadores observaram que jogos de gêneros distintos podem impactar diferentemente o desenvolvimento de habilidades cirúrgicas. Após praticar jogos do gênero de tiro em primeira pessoa e jogos desenvolvidos para aquisição de habilidades cirúrgicas, os resultados dos aprendizes foram melhores, quando comparado ao observado em outros gêneros de jogos e nos aprendizes do grupo que não utilizaram jogos (ARAUJO et al., 2015).

Alguns trabalhos tem associado a prática de jogos voltados para o entretenimento, desenvolvidos para o Nintendo Wii, com a melhoria de habilidades para a realização de cirurgia laparoscópica (BADURDEEN et al., 2010). Pesquisas recentes tem buscado desenvolver jogos para o Nintendo Wii, específicos para o treinamento da habilidades de cirurgia minimamente invasiva. O uso desse console específico deve-se principalmente ao tipo de joystick que é utilizado para interagir com os jogos, pois o mesmo utiliza os movimentos das mãos do usuário para controlar a interação.

O grupo de pesquisadores de Jalink et al., desenvolveram uma pesquisa focada no desenvolvimento de jogos específicos para treinamento de habilidades laparoscópicas que rodam no console Nintendo Wii U. Nesse trabalho os controles do console foram adaptados de modo que ficassem semelhantes às pinças cirúrgicas utilizadas em procedimentos normais. Foi desenvolvido um enredo para o jogo, de modo a aumentar a imersão dos aprendizes. No cenário fictício criado, o aprendiz tem que ajudar pequenos robôs a escapar de uma mina profunda, destruindo e reconstruindo o ambiente da mina. Segundo os autores, esse cenário virtual foi escolhido devido ao fato de que os cirurgiões laparoscópicos têm que realizarem

os procedimentos em ambientes escuros e apertados, além disso, as técnicas de destruição e reconstrução são similares a procedimentos cirúrgicos realizados com frequência (JALINK et al., 2015).

Para realizar esse estudo os pesquisadores contaram com um total de 72 participantes, sendo que todos já tinham experiência em cirurgia laparoscópica. Os participantes jogaram dois níveis iniciais do jogo, por um tempo que variou entre 5 e 15 minutos. Ao final do experimento foi aplicado um questionário com o objetivo de avaliar se o hardware utilizado e o cenário do jogo atendiam as expectativas do treinamento. Segundo os autores, tanto o hardware quanto a interface e cenário foram bem avaliados. A única ressalva foi em relação ao *feedback* tátil, ausente nesse trabalho, o que prejudicou a imersão e interação dos usuários.

3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existem diferenças significativas sobre as abordagens para o treinamento de cirurgia laparoscópica. Analisando os trabalhos citados anteriormente foi observado que em todas as abordagens existem vantagens e desvantagens. A Tabela 3 apresenta as principais propriedades presentes nos diferentes modelos de simuladores para o treinamento de habilidades laparoscópicas.

Tabela 3 – Análises das abordagens de simuladores e uso de jogos no treinamento de MIS

	Vantagens	Desvantagens
Simulador Caixa Preta	Feedback háptico realista; Baixo custo	Avaliação subjetiva; Falta de interatividade
Caixa Preta com RV	Avaliação objetiva do desempenho; Interatividade; Simulação Cirúrgica	Falta de feedback háptico realista; Falta de protocolo de avaliação; Alto custo
Caixa Preta com RA	Feedback háptico realista; Avaliação objetiva do desempenho; Interatividade	Falta de protocolo de avaliação; custo médio, não permite simular procedimentos cirúrgicos
Gamificação e Jogos	Aumento da Imersão; Interatividade	Falta de protocolo de avaliação

Vantagens como *feedback* háptico realista, avaliação objetiva do desempenho, interatividade são essenciais para fornecer uma boa experiência para o aprendiz. O custo do simulador também é uma questão relevante, principalmente pelo fato de muitas instituições não terem recursos para adquirir simuladores de alto custo, porém necessitam de ferramentas para fornecer um ensino e treinamento adequado para seus aprendizes.

No tocante a interseção entre jogos e laparoscopia, vale destacar o trabalho dos autores Jalink et al. Os pesquisadores realizaram uma revisão sobre trabalhos que estudam o impacto dos jogos de videogames sobre o desenvolvimento de habilidades laparoscópicas básicas. Alguns estudos relataram que jogadores de videogames são mais ágeis na realização de tarefas laparoscópicas. Ao final do trabalho, os pesquisadores chegaram à conclusão que os jogos de videogames podem ser utilizados para melhorar atividades laparoscópicas básicas em estudantes de cirurgia, além de servir como aquecimento para a realização de cirurgias por médicos experientes (JALINK et al., 2014).

Com relação ao protocolo de avaliação dos simuladores, principalmente os que utilizam jogos e gamificação, não existe ainda um modelo a ser seguido. Os estudos buscam fazer comparações entre diferentes abordagens de treinamento, para tentar validar um modelo de simulador, baseando-se nos resultados de outro modelo que já seja amplamente utilizado e aceito na academia ou na indústria.

Desta forma, uma abordagem ideal deve integrar as vantagens de cada tipo de simulador. O feedback háptico pode ser mantido utilizando pinças e objetos reais. As técnicas de RA e gamificação devem ser utilizadas para fornecer novas formas de treinamento, aumentando a interação, imersão e estímulo dos aprendizes. A avaliação objetiva do desempenho permite que os aprendizes possam treinar, tendo acesso constante aos seus resultados e dispensando a necessidade de um especialista acompanhando integralmente o treinamento.

4 O AMBIENTE LARG

O ambiente LARG (*Laparoscopic Augmented Reality Game*) proposto nessa dissertação é uma caixa simuladora laparoscópica estendida por software. O ambiente é uma plataforma base para o desenvolvimento de atividades que visam auxiliar o processo de ensino de habilidades necessárias para a realização de cirurgia laparoscópica. O propósito principal da plataforma LARG é estender simuladores caixa preta, com técnicas de Realidade Aumentada e gamificação, beneficiando-se das melhores características de cada abordagem.

Neste capítulo são apresentados os princípios de design que nortearam o desenvolvimento da plataforma LARG. Em seguida é apresentado o protótipo anterior que foi desenvolvido, e por fim é descrito a arquitetura que demonstra como o LARG está organizado.

4.1 PRINCÍPIOS DE DESIGN DO SIMULADOR

Os princípios de design adotados na plataforma LARG foram definidos baseados no levantamento bibliográfico e também nos testes que foram realizados no protótipo inicial desenvolvido. Buscou-se nesse trabalho desenvolver uma plataforma de treinamento de baixo custo, que explorasse as vantagens do uso de RA e gamificação em simuladores caixa preta, criando uma nova abordagem de treinamento, pois até o final do levantamento bibliográfico dessa pesquisa, não havia sido encontrado nenhum trabalho com essas características. A seguir serão detalhados os princípios de design da plataforma LARG.

4.1.1 Baixo Custo e Feedback Sensorial

Como exposto no Capítulo 2, as caixas simuladoras de laparoscopia são úteis na fase inicial do treinamento em MIS, quando as habilidades motoras devem ser aprendidas e dominadas pelos alunos. As vantagens do método de treinamento são a presença de *feedback* sensorial para o aluno e o baixo custo financeiro quando comparado a outros métodos de treinamento, em especial, os que utilizam RV e dispositivos hápticos.

O alto custo dos dispositivos hápticos é um impedimento para a adoção generalizada de simuladores que utilizam tais acessórios. Para manter a vantagem de baixo custo financeiro das caixas-pretas convencionais, a solução LARG adiciona apenas uma câmera extra. Esta câmera acompanha o movimento de objetos reais manipulados pelos instrumentos de laparoscopia e o processamento de suas imagens é que provê as bases computacionais para a avaliação do

desempenho dos aprendizes.

Os objetos manipulados foram concebidos para serem manuseados pelo aprendiz, são feitos de plástico ou de borracha, de modo a proporcionar rigidez e elasticidade. Na primeira versão do LARG, havia a suposição de que a Realidade Aumentada poderia substituir a maioria dos objetos das atividades, entretanto, observou-se que estes são fundamentais para fornecer o *feedback* sensorial exigido para a aprendizagem das habilidades. Desta forma, optou-se nesse trabalho por manter a interação com objetos reais e virtuais. A ideia central do trabalho é utilizar a manipulação de objetos e cenários de treinamentos reais, como acontece nas caixas analógicas, enriquecidos com inserções gamificadas de realidade aumentada.

4.1.2 Atividade Simples e Eficiente para Treinar Habilidades

Um dos objetivos desse trabalho foi projetar um conjunto de atividades eficientes para o treinamento de habilidades como navegação, percepção de profundidade e coordenação mão-olho, semelhantes às atividades do programa MISTELS e FLS, apresentado anteriormente no Capítulo 2, na Seção 2.2.

O principal motivo pelo qual optou-se por criar atividades semelhantes às utilizadas no treinamento desses programas, foi devido ao fato desses programas de treinamento já serem validados por vários estudos e amplamente utilizado no processo de ensino-aprendizagem em residências de cirurgia, demonstrando ser um instrumento válido e confiável para ensinar habilidades laparoscópicas básicas.

4.1.3 Realidade Aumentada e Impressão 3D

Impressoras 3D estão ganhando popularidade entre empresas e usuários. A facilidade de comprar e operar estes dispositivos tem proporcionado um grande uso de impressões 3D no domínio da medicina. O uso dessas impressoras facilita o processo de prototipação de peças com alto grau de fidelidade, que podem ser utilizadas no ensino e treinamento de aprendizes.

O ambiente LARG permite que os desenvolvedores possam projetar cenas e objetos 3D a serem utilizados no treinamento laparoscópico. O cenário no simulador LARG corresponde a um objeto físico colocado dentro de uma caixa de fibra de vidro e também ao cenário apresentado com RA. O mesmo cenário que é impresso, é projetado com RA durante a simulação da atividade, demonstrando para o usuário como a mesma deverá ser realizada. O uso de cenas projetadas em objetos 3D permite que o simulador LARG possa ser estendido para adicionar

qualquer cenário de treinamento desejado.

A RA no simulador LARG é utilizada para exibir animações em 3D sobre o vídeo da câmera que é apresentado para o aprendiz. O modelo 3D apresentado com RA sobrepõe a cena impressa em 3D, uma vez que têm as mesmas dimensões. A RA orienta os aprendizes para que realizem o procedimento correto em cada atividade que é treinada. Não obstante, as técnicas de RA permitem a avaliação objetiva do aprendiz e melhoram a imersão e a interação sem aumento excessivo nos custos.

4.1.4 Gamificação

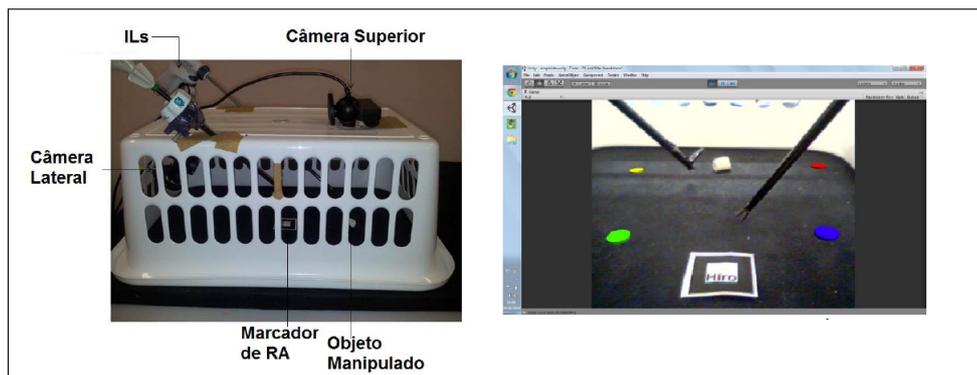
O processo de gamificação define o uso de elementos de jogo (por exemplo, classificação, pontuação, etc.) em contextos não jogo, com descrito no Capítulo 2, seção 2.3.

Utilizando uma abordagem gamificada, o objetivo é transformar o treinamento de habilidades laparoscópicas em uma atividade envolvente e estimulante para seus aprendizes. No simulador LARG, foram acrescentados as atividades componentes de jogos como tempo, avisos sonoros, pontuação e ranking, utilizados para melhorar a experiência de aprendizagem.

4.2 PROTÓTIPO ANTERIOR

No início dessa pesquisa de mestrado, um projeto de desenvolvimento de um ambiente de treinamento de baixo custo já existia no GREat - Grupo de Redes de Computadores e Engenharia de Software. Esse protótipo anterior foi finalizado e testes de execução foram realizados. Os resultados serviram de base para o desenvolvimento da arquitetura física e para melhor definição dos módulos de software do ambiente proposto nesta dissertação. A Figura 14 ilustra o protótipo anterior desenvolvido e o jogo de RA criado (CARVALHO et al., 2013).

Figura 14 – Protótipo inicial da plataforma LARG.



A arquitetura do protótipo anterior do simulador LARG era composta por uma câmera lateral e uma câmera superior, instrumentos laparoscópicos iguais aos utilizado em cirurgias, um marcador utilizado para projeção de RA e objetos para serem manipulados pelo aprendiz. A caixa criada incluía técnicas rudimentares de Realidade Aumentada para o treinamento de algumas habilidades básicas de navegação (e.g. translação de objetos, percepção de profundidade, coordenação mão olho).

O protótipo possuía um jogo, inspirado no jogo Genius, que funcionava da seguinte forma: o software de projeção de RA exibia uma sequência de passos com pontos coloridos piscando na tela, e o aprendiz deveria executar a mesma sequência de passos. Conforme o aprendiz acertava, aumentava-se o nível da atividade incrementando mais um passo a sequência que deveria ser executada.

No processo de desenvolvimento do jogo, foi implementado um software de *tracking* de objetos, e também versões iniciais do sistema de calibração, colisão e sistema de coordenadas, mas que ainda precisavam passar por muitas melhorias para funcionar como esperado. O software de *tracking* de objetos utilizado inicialmente foi implementado no ambiente de desenvolvimento do Visual Studio¹, utilizando o *framework* AForge.NET², que é utilizado nas áreas de processamento de imagens e inteligência artificial.

A projeção de RA foi feita utilizando a biblioteca NyARToolkit³, que é uma versão adaptada da Biblioteca ARToolkit⁴, disponível em uma versão gratuita para utilização na Game Engine Unity 3D. A lógica do jogo e a interface gráfica foram implementados na Game Engine Unity 3D⁵.

4.2.1 Análise do protótipo anterior

No início dessa pesquisa de mestrado, uma análise do protótipo foi realizada. Algumas limitações e problemas se destacaram no uso desse ambiente de treinamento:

- **O problema da oclusão da realidade aumentada:** Este problema é causado quando existe a projeção constante da realidade aumentada, e os objetos reais ou as pinças ficam sobrepostas por objetos virtuais dificultando a noção de profundidade;

¹ <https://www.visualstudio.com/>

² <http://www.aforgenet.com/>

³ <http://nyatla.jp/nyartoolkit/wp/>

⁴ <http://artoolkit.org/>

⁵ <http://unity3d.com/>

- **Iluminação interna:** A iluminação do interior do console deve ser mantida em um nível ideal, pois caso esteja muito forte ou muito fraca pode dificultar o reconhecimento do marcador, e gerar problemas na projeção de RA;
- **Dificuldade de calibração do sistema de coordenadas:** O sistema de coordenadas do mundo real capturado pela câmera de tracking deve ser calibrado com o sistema de coordenadas do mundo virtual projetado pela realidade aumentada;
- **Rastreamento da altura dos objetos simulados:** A obtenção da altura dos objetos que estão sendo manipulados pelo aprendiz é importante para um melhor funcionamento do ambiente de treinamento;
- **Integração insuficiente do ambiente de desenvolvimento de jogos com a biblioteca de realidade aumentada:** A utilização da Unity 3D trouxe alguns problemas, principalmente relacionados a projeção de realidade aumentada utilizando o NyARToolkit, pois não havia documentação para estudar a biblioteca e o código possuía muitas diferenças em relação a biblioteca original do ARToolKit. Outro problema era o fato de estar executando o sistema de tracking de objetos no Visual Studio utilizando a biblioteca Aforge.NET, e o restante do jogo na Unity 3D, sendo necessário que a comunicação fosse realizada via socket, o que acabava gerando um delay entre as ações do aprendiz e a verificação dos seus movimentos.

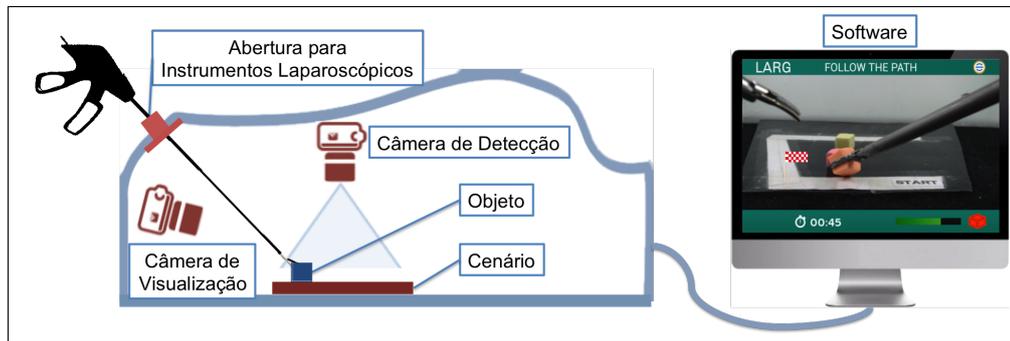
4.3 PLATAFORMA DESENVOLVIDA

Após a análise do primeiro protótipo, resolveu-se criar uma nova solução de hardware e de software. Com o objetivo de tornar o ambiente de treinamento mais realístico e atrativo para os aprendizes, se modificou um console existente construído em fibra de vidro no formato de um abdômen⁶.

O LARG é atualmente composto por um software gamificado, uma caixa de fibra de vidro que imita um abdômen humano, duas câmeras, instrumentos laparoscópicos convencionais (pinça de apreensão), e cenas do jogo das atividades de treinamento. As duas câmeras e cenários das atividades são colocados dentro da caixa, enquanto os instrumentos são introduzidos através das aberturas, conforme ilustrado na Figura 15.

⁶ Console patenteado pela empresa RS Soluções Médicas. CNPJ: 17.978.927/0001-01. O console patenteado incluía apenas uma câmera e um circuito de iluminação e alimentação elétrica. Não havendo nenhum software embarcado ou qualquer mecanismo de avaliação das atividades

Figura 15 – Disposição dos componentes físicos do LARG.



O cenário que consiste em uma estrutura rígida de plástico e de borracha, é colocado numa posição previamente estabelecida. A câmera de monitoramento é fixa no teto da caixa, e suas imagens são usadas para monitorar mudanças no cenário, como a movimentação de objetos ou a posição das pinças. A câmera captura imagens da cena que são mescladas com as projeções de RA a serem exibidas ao usuário.

As câmeras da caixa simuladora são ligadas a um computador *desktop* ou *notebook* que executa o software da plataforma LARG que inclui as atividades de treinamento de habilidades e o monitoramento do desempenho do aprendiz.

4.3.1 Arquitetura da Plataforma LARG

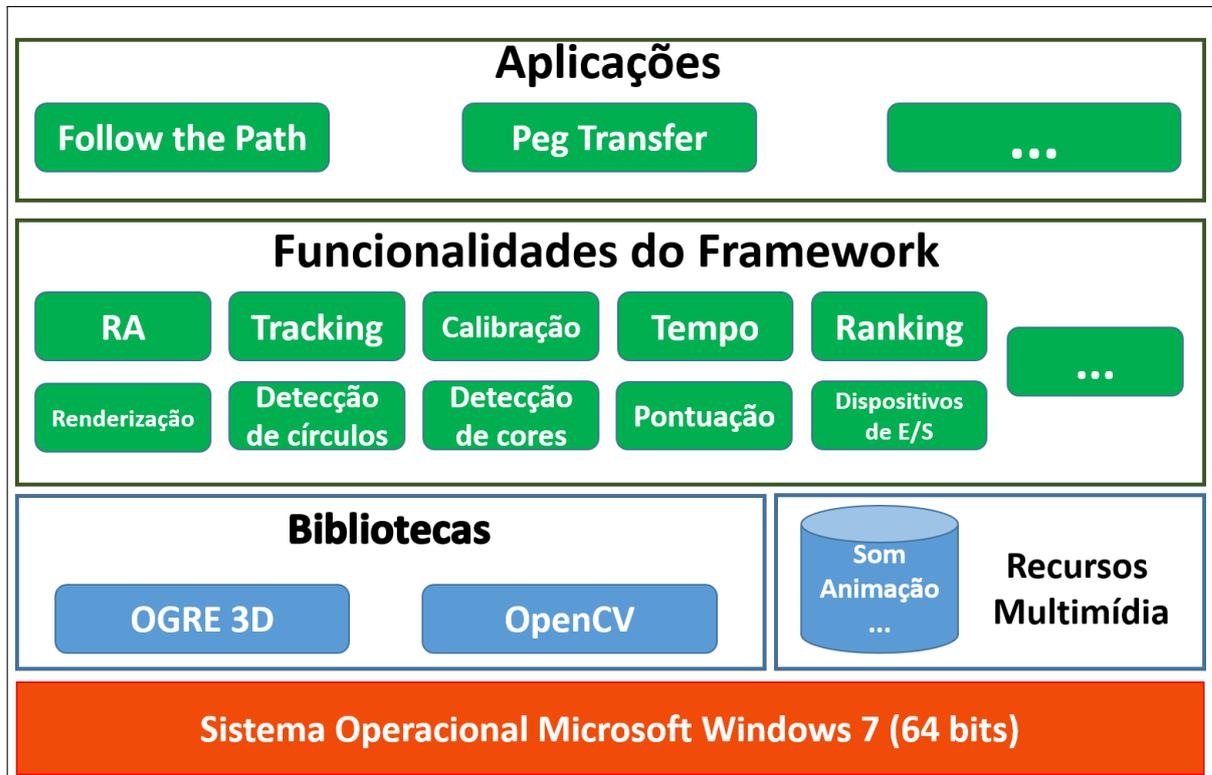
A arquitetura da plataforma LARG foi organizada em quatro camadas, conforme apresentado na Figura 16. A arquitetura aqui descrita pode ser utilizada em outros consoles ou caixas simuladoras que estejam organizado estruturalmente da mesma forma do console apresentado Figura 15. A camada de aplicação está no topo da arquitetura, onde são executadas as aplicações desenvolvidas pelo programador, com o objetivo de treinar habilidades laparoscópicas, como por exemplo, a atividade *Follow The Path* e a atividade *PEG Transfer* desenvolvidas nessa pesquisa.

A camada seguinte é formada pelas classes disponibilizadas no *framework* LARG para programadores estenderem e/ou instanciarem em suas aplicações. Caso seja necessário, o programador pode também adicionar novas funcionalidades e classes ao *framework* em seus pontos de extensão.

As principais funcionalidades de software do ambiente são:

- **Projeção de RA:** esse módulo permite que cenários e animações 3D, desenvol-

Figura 16 – Arquitetura LARG.



vidas em outras ferramentas como Blender⁷ ou 3DS MAX⁸, sejam importados e utilizados nas atividades, utilizando técnicas de Realidade Aumentada.

- **Renderização:** o módulo de renderização disponibiliza para o programador a possibilidade de importar imagens no formato PNG⁹ para serem utilizadas no layout e cenário da atividade.
- **Tracking:** O tracking utiliza a detecção de cores ou círculos para detectar os movimentos realizados pelo aprendiz, nos eixos X, Y enquanto ele está realizando a atividade. O eixo Z é estimado a partir de um cálculo matemático, através da verificação do tamanho do objeto de acordo com a distância da câmera (eixo Z). Conforme o objeto se aproxima, seu tamanho aumenta e caso ele se afaste seu tamanho diminui. Juntando o tamanho máximo e mínimo com a distância máxima e mínima, é possível estimar o eixo Z. A partir da obtenção dessas informações, outras funcionalidades implementadas (e.g. verificação da velocidade dos movimentos, verificação do caminho percorrido) podem ser utilizadas como *feedback* da atividade.

⁷ <https://www.blender.org/>

⁸ <http://www.autodesk.com.br/products/3ds-max/overview>

⁹ <http://www.w3.org/Graphics/PNG/>

- **Calibração:** o módulo de calibração permite que sejam obtidas posições de objetos no mundo real e virtual, posicionar objetos virtuais no local desejado e verificar em conjunto com o módulo de tracking se a posição do objeto real é igual a posição do objeto virtual, detectando a colisão entre objetos.
- **Gamificação:** a gamificação é composta pelas funcionalidades de controle do tempo, ranking e pontuação que podem ser utilizados nas atividades.
- **Acesso a dispositivos de E/S:** esse módulo gerencia dispositivos de entrada e saída (i.e. mouse e teclado) e permite que eles possam ser utilizados na atividade.

A terceira camada da Arquitetura LARG é dividida em duas partes. A primeira parte é composta pelas bibliotecas utilizadas, responsáveis por fornecer as funcionalidades ligadas a RA, renderização, tracking, detecção de cores e círculos. As bibliotecas utilizadas nessa camada foram OGRE 3D e OpenCV. A segunda parte da camada é composta pelos recursos multimídia (sons, imagens, animações) que são disponibilizados para serem utilizados nas aplicações desenvolvidas, através das funcionalidades da camada superior.

A quarta camada, na parte mais inferior da arquitetura, é composta pelo sistema operacional Microsoft Windows 7 (64 bits), sobre o qual as camadas superiores foram desenvolvidas e que faz a interface com os drivers das duas câmeras existentes no simulador. A integração de todas essas camadas é feita pelo *framework* LARG que está descrito em detalhes no Capítulo 5.

4.3.1.1 Hardware Utilizado

O hardware utilizado na plataforma LARG atual é composto por: duas câmeras com características diferentes, sendo a câmera de visualização uma PlayStation®Eye¹⁰ utilizada para melhorar a qualidade da imagem e diminuir o *delay* entre a ação e a visualização, a câmera de detecção utilizada foi a SK-C600 GEN 7¹¹.

Para melhorar a iluminação interna, foi utilizada uma estrutura de leds com iluminação branca e colorida, que pode ter a intensidade e cor dos leds modificada via Wi-Fi utilizando o aplicativo LED Magic Color Controller V2 disponível para o sistema operacional Android¹².

Foram utilizadas para realização das atividades, pinças de apreensão do modelo Harmonic Ace da Ethicon¹³, geralmente, usadas para realização de cirurgia laparoscópica

¹⁰ <http://br.playstation.com/ps3/acessorios/scph-98047.html>

¹¹ <http://topway.com.br/produtos/mini-camera/sk-c600-gen-7/>

¹² https://play.google.com/store/apps/details?id=com.Zengge.LEDWifiMagicColor&hl=pt_BR

¹³ <http://br.ethicon.com/profissionais-da-saude/produtos/energia-avancada/harmonic/harmonic-ace>

Figura 17 – Pinça de apreensão Harmonic Ace.

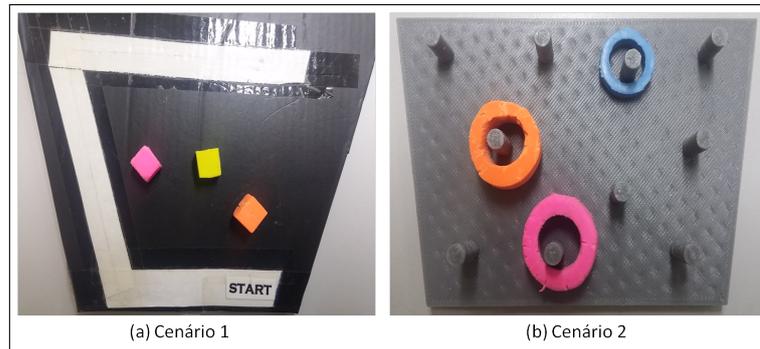


Fonte: <http://br.ethicon.com/profissionais-da-saude/produtos/energia-avancada/harmonic/harmonic-ace>

(Figura 17).

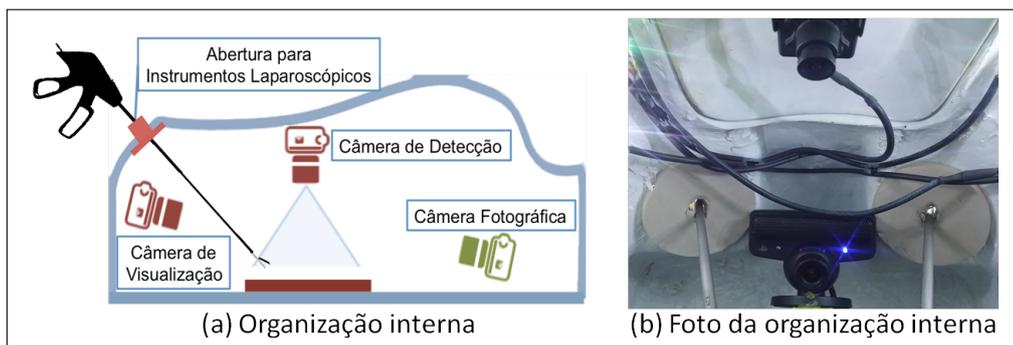
Os cenários físicos utilizados foram feitos de forma manufaturada utilizando borracha e papelão, ou impressos em material plástico utilizando uma impressora 3D, conforme apresentado na Figura 18.

Figura 18 – Cenários desenvolvidos para o ambiente de treinamento.



A visão interna do simulador da plataforma LARG é apresentada na Figura 19 (b). O cenário físico não aparece nessa imagem devido ao ângulo em que a câmera fotográfica estava posicionada ao capturar a foto (Figura 19 (a)).

Figura 19 – Organização interna do ambiente de treinamento da plataforma LARG.



4.3.1.2 Tecnologias de Software Utilizadas

Devido aos problemas do ambiente Unity 3D que dificultaram o processo de desenvolvimento do protótipo inicial, optou-se então por desenvolver todo software novamente, utilizando apenas o Visual Studio. A *engine* gráfica OGRE 3D¹⁴ foi utilizada para renderizar os cenários e animações projetadas com RA e toda interface gráfica. Optou-se por utilizar a *engine* Ogre 3D por ela possuir uma série de recursos (e.g. suporte a animações, malhas, dispositivos de E/S, etc) que foram necessários para o funcionamento correto das atividades.

O sistema de *tracking* de objetos também sofreu alterações. Todo código reescrito utilizando a biblioteca OpenCV¹⁵. Sua escolha deve-se a fato dessa biblioteca ser bem mais difundida na academia e na indústria, além de possuir muitas funções pré-prontas e material para consulta, o que facilitou o processo de desenvolvimento dos recursos necessários ao *framework* LARG.

A utilização do Visual Studio em conjunto com a OpenCV e OGRE 3D, permitiu que todo *framework* e as atividades gamificadas fossem programados utilizando apenas uma linguagem de programação (C++), em um único ambiente de desenvolvimento. Com isso, foram eliminados problemas relacionados a comunicação e *delay* na troca de informações entre os módulos do *framework*.

Quando passou-se a utilizar a biblioteca OpenCV em conjunto com a *engine* gráfica OGRE 3D, foi percebido que não seria mais necessário utilizar a biblioteca ARToolKit. A projeção de RA passou a ser realizada utilizando apenas duas ferramentas, diminuindo a complexidade e quantidade de código utilizado no *framework*.

4.3.1.3 Atividades Implementadas

Um dos objetivos desta pesquisa é projetar um conjunto de atividades para treinamento de habilidades que treinem navegação, percepção de profundidade e coordenação mão-olho, semelhantes às atividades do programa MISTELS (The McGill Inanimate System for Training and Evaluation of Laparoscopic Skills) apresentadas no Capítulo 2, Seção 2.2. Esse programa de treinamento é utilizado nos processos de ensino-aprendizagem em residências de cirurgia e têm demonstrado ser um instrumento válido e confiável para ensinar habilidades laparoscópicas básicas (VASSILIOU et al., 2006).

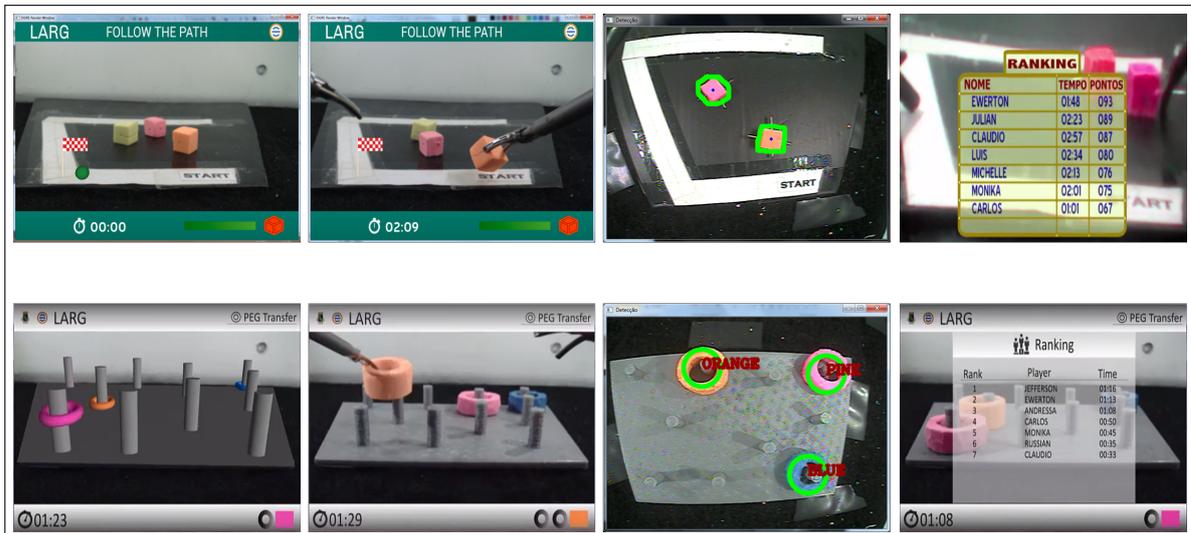
¹⁴ <http://www.ogre3d.org/>

¹⁵ <http://opencv.org/>

O ambiente LARG foi utilizado para implementar duas atividades. Ambas exploram coordenação mão-olho, destreza manual, precisão, e percepção de profundidade com o uso dos instrumentos laparoscópicos.

As atividades seguem uma abordagem de mixagem de elementos tangíveis (objetos reais) e objetos virtuais projetados com realidade aumentada. Para evitar os problemas de oclusão da RA, ela é interposta somente em alguns momentos da interação. Por exemplo, a RA mostra uma animação sobreposta a uma cena real para indicar qual movimento o aprendiz deve realizar (e.g., mover um objeto de uma posição X para uma posição Y). Ambas atividades possuem elementos de gamificação como pontuação, tempo de execução, sons de *feedback*, animações e ranking. A contagem de pontuação é feita a parte do rastreamento dos objetos manipulados pelos aprendizes. A Figura 20 ilustra momentos da execução das atividades. A execução da atividade começa por uma animação em realidade aumentada que indica uma tarefa (e.g., mover objeto laranja). Em seguida, o usuário executa o que foi apresentado na animação, enquanto os algoritmos de rastreamento de objetos (*tracking*) verificam se a tarefa foi feita corretamente. Por fim, o ranking com as 10 melhores pontuações dos usuários é apresentado quando as tarefas da atividade são concluídas.

Figura 20 – Execução das atividades.



A primeira atividade foi chamada de *Follow The Path* e foca na introdução ao uso do simulador com uma atividade mais simples, voltada para a aprendizagem da navegação com instrumentos laparoscópicos. Essa atividade foi produzida baseada em estudos, acerca do que seria relevante para o treinamento de habilidades básicas no simulador.

A segunda atividade desenvolvida denominada *PEG Transfer*, é uma versão modificada da atividade do mesmo nome existente no programa MISTELS e tem como objetivo induzir o aprendiz a transportar objeto entre diferentes colunas presentes no cenário. Um vídeo ilustrando a execução da atividade *PEG Transfer* está disponível em <<https://youtu.be/DTurtiRBRq4>>.

As atividades *PEG Transfer* e *Follow The Path* (Repita o Caminho) são descritas em detalhes no Capítulo 6.

4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse capítulo, foram descritas as principais características relacionadas ao ambiente LARG. Na Seção 4.1 foram apresentados os princípios de design (i.e. baixo custo, *feedback* sensorial, atividades eficientes para treinar habilidades, realidade aumentada, impressão 3D e gamificação) que nortearam o desenvolvimento do Ambiente LARG.

Na Seção 4.2, foi apresentado o primeiro protótipo desenvolvido, cuja análise de viabilidade fez parte da pesquisa dessa dissertação de mestrado. Foram levantados problemas de projeto além de novos requisitos necessários para o desenvolvimento de um ambiente de treinamento funcional que realmente possibilitasse o treinamento de habilidades laparoscópicas básicas.

Na Seção 4.3, foi descrito a plataforma LARG desenvolvida, detalhando a organização da estrutura interna, a arquitetura desenvolvida e suas principais funcionalidades. Também foram descritas nessa seção as tecnologias de hardware e software utilizados na concepção do LARG. Desta forma, esse Capítulo apresentou uma descrição geral do ambiente de treinamento LARG. No Capítulo 5, são descritos detalhes da implementação do software desenvolvido para o funcionamento desse ambiente de treinamento.

5 FRAMEWORK LARG

O *framework* LARG é parte importante do simulador proposto nesta dissertação e tem como objetivo minimizar o tempo de desenvolvimento e a manutenção das atividades gamificadas de treinamento existentes, ou que, ainda, serão desenvolvidas. Ele foi modelado e implementado a partir de requisitos obtidos com o desenvolvimento inicial de duas atividades de treinamento. Esse capítulo inicia-se apresentando a abordagem adotada na construção do *framework* LARG. Em seguida, é apresentada a estrutura do *framework*, já a seção 5.3 descreve as classes consideradas principais para o seu funcionamento. Por fim, esse capítulo apresenta um exemplo de aplicação que instancia o *framework* LARG.

5.1 A ABORDAGEM DE DESENVOLVIMENTO DO FRAMEWORK

Na concepção do *framework* LARG, foi adotada a metodologia de desenvolvimento definida por Johnson (JOHNSON, 1993). De acordo com Johnson, é necessário entender o domínio de aplicações para o qual o *framework* será desenvolvido, analisando exemplos concretos, para posteriormente obter características relevantes (abstratas) que serão adicionadas ao *framework*. As classes abstratas do *framework* são modeladas utilizando um processo top-down, a partir de características similares de várias aplicações. Também foram adotados na construção do *framework* os padrões de projeto *State*, *Facade*, *Factory* e *Adapter* conforme as definições de (GAMMA et al., 1995). De acordo com Viljamaa (VILJAMAA, 2001), os padrões de projetos podem ser utilizados como uma base para a construção de *frameworks* e também facilitam seu entendimento, sem ser necessário se aprofundar em seu código fonte.

Segundo Johnson, o método ideal para desenvolver um *framework* segue 3 passos: assimilar abstrações de aplicações já conhecidas para analisar o domínio do problema; criar o design de abstrações mais especializadas, para abranger exemplos; testar o *framework* utilizando exemplos.

Como dito no capítulo anterior, foram criadas duas atividades para o treinamento de habilidades no simulador. A concepção das atividades foi feita a partir da literatura de treinamento de habilidades em laparoscopia e de características identificadas em reuniões com profissionais médicos especialistas neste tipo de treinamento. Uma vez finalizadas e testadas as atividades aplicou-se a metodologia de Johnson para a extração de características comuns do código das aplicações.

A versão inicial dessas atividades formam, portanto, as aplicações especializadas do domínio das quais foram extraídas as características comuns que permeiam o *framework*. A partir dessas características, foram criadas abstrações que encapsulam os elementos principais das atividades e tornam seu reuso e extensão mais facilitado através do uso de padrões de design de software.

Na aplicação *Follow The Path - Repita o Caminho* -, por exemplo, foram abstraídas para o *framework* as classes utilizadas para exibir a realidade aumentada, realizar o *tracking* de objetos, aplicar um layout de interface, além do loop de execução e de componentes de gamificação. Na verdade, essas classes eram bem similares as encontradas na aplicação *PEG Transfer* e puderam ser generalizadas no *framework*. Dentre as classes importadas para o *framework*, apenas a classe *CVDetection* foi refatorada, pois o rastreamento dos objetos era feito de forma diferente nas duas aplicações. Na aplicação *Follow The Path*, a rastreio de objetos é feito utilizando apenas a detecção de cores. Já na aplicação *PEG Transfer*, o rastreio de objetos utiliza a detecção de cores e de círculos. Uma hierarquia de classes foi produzida no *framework*, para oferecer uma diversidade de algoritmos de rastreamento que poderão ser utilizadas em novas atividades de treinamento. A parte mais especializada da detecção permaneceu nas classes de detecção de cor e círculo.

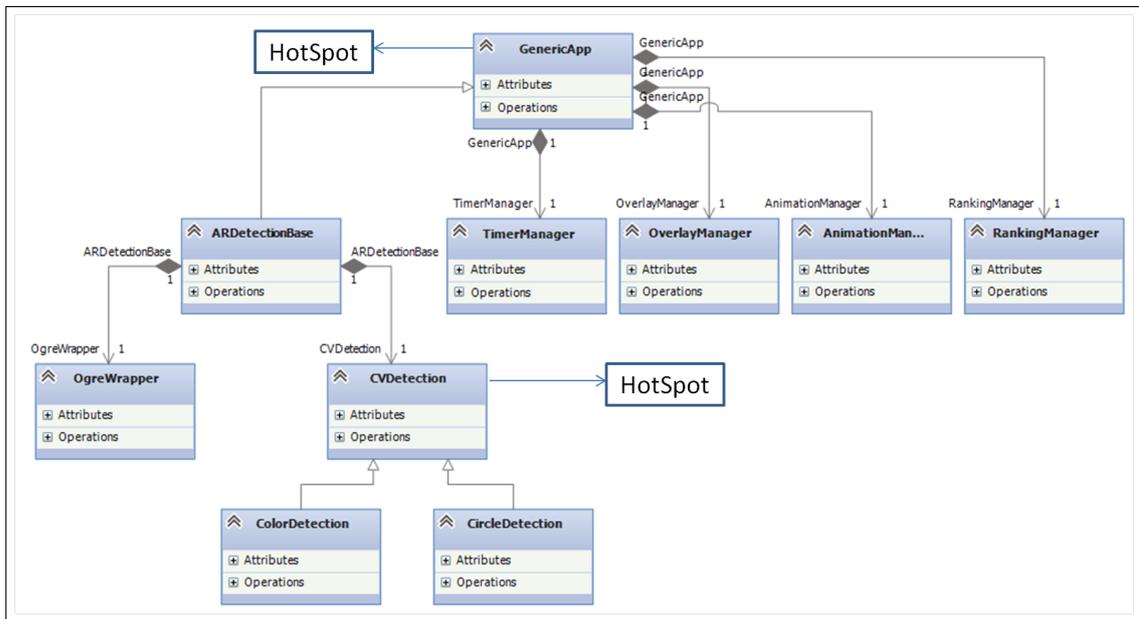
Uma vez criado o *framework* LARG, as atividades desenvolvidas foram refatoradas para utilizar sua estrutura. A organização estrutural do *framework* é apresentada na próxima seção.

5.2 ESTRUTURA DO FRAMEWORK

A estrutura do *framework* LARG é apresentada na Figura 21. O *framework* possui como classe principal a *GenericAPP*. Ela é ponto principal de instanciação do *framework*, o programador deve implementar essa classe para poder carregar e instanciar as classes do *framework* e definir o comportamento de execução da atividade gamificada. A aplicação desenvolvida pelo usuário herda todas as propriedades e métodos da classe *GenericAPP* (e.g., inicialização).

Por sua vez, a classe *GenericAPP* é composta por diversas outras classes e também herda características da classe *ARDetectionBase*. O desenvolvimento da classe *GenericAPP* seguiu o padrão de projeto comportamental *State*¹. Dependendo do contexto da aplicação o estado da classe *GenericAPP* pode ser modificado.

¹ Padrão de projeto que permite alterar o comportamento interno de um objeto.

Figura 21 – Diagrama de Classes do *framework* LARG.

A classe `GenericAPP` é composta pelas classes `TimerManager`, `OverlayManager`, `AnimationManager` e `RankingManager`. A classe `TimerManager` é responsável por fazer a contagem do tempo necessário para realizar uma atividade e é usada para o monitoramento da performance dos aprendizes. São fornecidas implementações de contagens de tempo progressiva e regressiva, que podem ser herdadas, customizadas e utilizadas na aplicação.

A classe `OverlayManager` foi desenvolvida seguindo o padrão estrutural *Façade*², pois ela disponibiliza uma interface que facilita a utilização da OGRE 3D. Essa classe gerencia todas as imagens que são carregadas na aplicação para construção da interface gráfica.

A classe `AnimationManager` baseia-se no padrão *Factory*³, e tem como objetivo gerenciar as animações que são carregadas na aplicação desenvolvida pelo programador, para serem projetadas com a realidade aumentada. A classe `RankingManager` possui dois tipos de rankings implementados, que podem ser utilizados nas aplicações, sendo responsável por salvar os resultados obtidos pelos aprendizes e também por organizá-los quando forem exibidos na tela.

A composição entre a `GenericAPP` e as classes `OverlayManager` e `AnimationManager`, possuem cardinalidade 1 para 1, pois apesar de gerenciarem vários elementos no layout e diferentes animações, ambas fornecem uma interface centralizada que pode ser gerenciada por um único objeto. As classes `TimerManager` e `RankingManager` possuem cardinalidade 1 para 1,

² Padrão de projeto que fornece uma interface unificada para representar um conjunto de interfaces em um subsistema, facilitando a sua utilização.

³ Padrão de projeto que visa fornecer uma interface para criação de famílias de objetos relacionados ou dependentes sem especificar suas classes concretas.

pois a cada aplicação será atribuída apenas um contador de tempo e um ranking.

A classe `ARDetectionBase` foi desenvolvida de acordo com o padrão *Façade*, disponibilizando uma interface para organizar e facilitar o acesso as classes que a compõe, `OgreWrapper` e `CVDetection`. A composição entre a `ARDetectionBase` e as classes `OgreWrapper` e `CVDetection`, possui cardinalidade 1 para N, pois é possível gerenciar ao mesmo tempo diferentes malhas, animações e imagens, além de vários objetos com cores diferentes ou vários círculos.

Na classe `OgreWrapper`, é feito o gerenciamento e acesso aos recursos da *engine* OGRE 3D necessárias para o funcionamento do *framework*. Essa classe baseia-se no padrão *Adapter*⁴, criando uma interface entre a *Ogre* e o *framework* LARG.

As classes `CircleDetection` e `ColorDetection` são responsáveis por fazer a detecção específica de círculos ou cores e herdam características abstratas do algoritmo de detecção da classe `CVDetection`. A classe `CVDetection` segue o padrão estrutural *Façade*, criando uma interface para facilitar o acesso a algoritmos da biblioteca OpenCV.

O *framework* LARG possui dois HotSpots que podem ser estendidos: as classes `GenericAPP` e `CVDetection`. A partir da classe `GenericAPP`, novas funcionalidades ou novos componentes de gamificação podem ser adicionados, assim como, classes genéricas voltadas para o desenvolvimento de jogos com características semelhantes. Já a partir da classe `CVDetection`, novos algoritmos de detecção podem ser incluídos, como por exemplo, o reconhecimento de outras formas além de círculo ou reconhecimento de padrões.

5.3 CLASSES PRINCIPAIS

As classes consideradas principais para o funcionamento do *framework* LARG, são aquelas que gerenciam o acesso a recursos de renderização, realidade aumentada e *tracking* de objetos. Nas subseções a seguir, são descritas essas classes e exemplos de instanciação são apresentados.

5.3.1 GenericApp

A classe `GenericAPP` é responsável por fornecer os elementos de um jogo, como pontuação, tempo e estado, além de servir como *template* para o desenvolvimento das atividades através de um conjunto de métodos abstratos. Ela recebe as requisições da aplicação do usuário,

⁴ Padrão de projeto que permite converter a interface de uma classe em outra interface, esperada pelos clientes.

processa e modifica o estado da aplicação. Seus atributos são utilizados na aplicação do usuário para acessar recursos do *framework*, como o gerenciamento do ranking, tempo e animação. Seus métodos e atributos são apresentados na Figura 22,

Figura 22 – Atributos da classe GenericAPP.



Os métodos da classe GenericAPP estão presentes no ciclo de vida de todas as aplicações desenvolvidas para a plataforma LARG. O ciclo de vida da aplicação é iniciado com a chamada do método `initApp()`, responsável por inicializar recursos necessários para o funcionamento da aplicação, como carregamento de malhas, texturas e animações. O método `processKeyboard()` permite que o usuário possa utilizar o teclado para interagir com a aplicação. O método `processState()` é utilizado para modificar o estado da aplicação de acordo com os eventos que lhe são repassados. Após a inicialização da aplicação, é chamado o método `initAnim()` que tem o objetivo de inicializar a animação projetada com RA.

Após a execução da animação, o estado da aplicação é modificado inicializando a lógica do jogo através da chamada do método `initGame()`. Esse método desabilita recursos da animação e habilita recursos da lógica do jogo. O método `processGame()` é chamado em seguida para verificar a execução da atividade por parte do usuário. Caso a atividade tenha sido concluída com sucesso, é verificado se ainda existem tarefas para serem executadas, caso a resposta seja verdadeira, é executada uma nova animação chamando o método `updateAnim()` e em seguida é atualizado o estado do jogo chamando o `updateGame()`. Esse processo se repete até que todas as atividades tenham sido executadas corretamente ou alguma regra do jogo (e.g. tempo máximo

para executar a atividade seja excedido) tenha interrompido sua execução. Quando isso acontece, é chamado o método `finishGame()` que encerra o ciclo de vida da aplicação.

5.3.2 Realidade Aumentada e Renderização

A classe `OgreWrapper` é responsável por gerenciar toda parte do software relacionada a exibição de imagens, gerenciamento das câmeras e de janelas. Na Figura 23 são exibidas os principais atributos utilizadas nessa classe. Essa classe encapsula os métodos da engine Ogre utilizada no simulador.

Figura 23 – Classe `OgreWrapper`.

```

1 class OgreWrapper{
2 private:
3     Ogre::Root *mRoot;
4     Ogre::Camera* mCamera;
5     Ogre::SceneManager* mSceneMgr;
6     Ogre::RenderWindow* mWindow;
7     Ogre::OverlaySystem* mOverlaySystem;
8     Ogre::String mResourcePath;
9     Ogre::String mConfigPath;

```

O `mRoot` é o ponto de partida para uma aplicação utilizar os recursos da OGRE 3D. Os atributos `mCamera`, `mSceneMgr` e `mWindow` são responsáveis respectivamente por gerenciar a câmera, a cena e as janelas utilizadas na aplicação. O atributo `mOverlaySystem` é utilizada para inicializar o *overlay*, que posteriormente é utilizada na classe `OverlayManager`. *Overlay* pode ser entendido como uma camada sobreposta sobre o plano da cena renderizada. Geralmente *overlays* são utilizados em aplicações de computação gráfica e jogos para exibir pontuação, menus, mensagens e informações sobre o estado da aplicação, podendo exibir tanto elementos bidimensionais como tridimensionais. Por fim, temos os atributos `mResourcePath` e `mConfigPath`, que são utilizadas para acessar arquivos de configuração e recursos multimídia utilizados na aplicação.

Os objetos 3D ou animações desenvolvidas em outra ferramenta (Blender ou 3DS MAX) devem ser exportados para o formato aceito pela OGRE. Após isso, os objetos 3D devem ser declarados na própria aplicação desenvolvida pelo programador, utilizando a classe `OgreWrapper` para a criação e gerenciamento desses objetos. A Figura 24 exemplifica como deve ser a declaração de um objeto na aplicação desenvolvida. A primeira linha da desse exemplo apresenta a criação de uma entidade (`scenarioEntity`) que é um exemplo de malha que

representa um objeto na OGRE. Na segunda linha, o `scenarioNode` representa um tipo de nó que é utilizado para organizar os objetos em uma cena. Na terceira linha o `scenarioNode` é atribuído ao `scenarioEntity` para que o objeto possa ser manipulado. A última linha da Figura 24 apresenta um exemplo de manipulação do objeto, modificando sua escala.

Figura 24 – Implementação de um objeto 3D na aplicação.

```
Ogre::Entity* scenarioEntity = ogreWrapper.getSceneManager()->createEntity("Scenario", "Plane.mesh");
scenarioNode = ogreWrapper.getSceneManager()->getRootSceneNode()->createChildSceneNode("ScenarioNode");
scenarioNode->attachObject(scenarioEntity);
scenarioNode->scale(120, 72, 60);
```

A classe `OverlayManager` é utilizada para gerenciar as imagens que são utilizadas para compor o layout da aplicação, sendo renderizadas na tela. Esta classe possui métodos que são chamados e modificados de acordo com o estado da aplicação. Esses métodos são responsáveis por alterar a interface gráfica da aplicação. O método `update()` apresentado na Figura 25, é responsável por verificar o estado da aplicação e chamar os métodos de mudança de estado da Classe `OverlayManager` conforme solicitado. Os demais métodos são responsáveis por modificar o que está sendo exibido na interface da tela, de acordo com o estado da aplicação. Tanto a classe `GenericAPP` quanto a classe `OverlayManager`, funcionam de acordo com o estado do jogo, porém conforme ocorrem mudanças no estado do jogo a classe `OverlayManager` modifica a interface da aplicação, enquanto que a classe `GenericAPP` modifica a lógica de funcionamento da aplicação.

Figura 25 – `OverlayManager` - métodos de mudança de layout.

```
1  class OverlayManager
2  {
3  void update() {
44
45  void setStartVisible(bool visible) {
53
54  void setEndVisible(bool visible) {
62
63  void setTryVisible(bool visible) {
72
73  void setCountdownVisible(bool visible) {
81
82  void setRankingVisible(bool visible) {
90
```

5.3.3 Tracking

A classe `CVDetection` cria uma interface, utilizando atributos e métodos com o objetivo de facilitar o acesso as funcionalidades oferecidas pela biblioteca OpenCV. A classe `CVDetection` é responsável pelo *tracking* de objetos no *framework* LARG, sendo que foram implementadas duas especializações, uma para detecção de cores (`ColorDetection`) e outra para detecção de círculos (`CircleDetection`). Além disso, novas classes especializadas podem ser adicionadas. A Figura 26 apresenta um exemplo de aplicação, que utiliza a classe `CVDetection`.

Figura 26 – Exemplo de uso da classe `CVDetection`.

```

1  class ExampleDetection : public CVDetection{
2      protected:
3          cv::Mat threshold;
4      public:
5          void processImage() {
6              capture.read(cameraFeed);
7              cvtColor(cameraFeed, HSV, cv::COLOR_BGR2HSV);
8              for (auto it = colors.cbegin(); it != colors.cend(); ++it){
9                  ColorName colorName = (*it).first;
10                 Color color = (*it).second;
11
12                 inRange(HSV, color.getHSVmin(), color.getHSVmax(), threshold);
13                 applyFilters(threshold);
14
15                 positions[colorName] = trackObject(threshold);
16             }
17         }
18         Ogre::Vector2 getPosition(ColorName color) {
19             cv::Point position = positions.at(color);
20             return Ogre::Vector2(position.x, position.y);
21         }
22     protected:
23         cv::Point trackObject(cv::Mat threshold) {
24             cv::Mat temp;
25             threshold.copyTo(temp);
26             std::vector< std::vector<cv::Point> > contours;
27             std::vector<cv::Vec4i> hierarchy;
28             findContours(temp, contours, hierarchy, CV_RETR_CCOMP, CV_CHAIN_APPROX_SIMPLE);
29             if (hierarchy.size() > 0) {
30                 cv::Moments moment = moments((cv::Mat)contours[0]);
31                 return cv::Point(moment.m10 / moment.m00, moment.m01 / moment.m00);
32             }
33             return cv::Point(0,0);
34         }
35     };

```

O exemplo apresentado herda características da classe `CVDetection`. A matriz *threshold* criada no início da aplicação, é utilizada para filtrar a cor selecionada, excluindo todas as outras cores presentes na imagem capturada pela câmera. O método *processImage()* captura a imagem da câmera e armazena na variável *cameraFeed* para que ela possa ser processada. Em seguida, são aplicados filtros para detecção da cor desejada. Após isso, é chamado o

método *trackObject*, passando o *threshold* desejado para que seja retornado a sua posição para o método *processImage()*. Em seguida a posição é atribuída a cor selecionada. Por fim, o método *processImage()* retorna a cor escolhida e sua posição nos eixos X e Y.

5.4 EXEMPLO DE INSTANCIACÃO DO FRAMEWORK

O *framework* LARG possui uma série de funcionalidades que podem ser instanciadas e reutilizadas em aplicações voltadas para o treinamento de habilidades laparoscópicas na plataforma LARG. As Figuras a seguir apresentam um exemplo de aplicação utilizando o *framework* LARG. Essa simples aplicação inicia-se com uma animação apresentando o deslocamento de um objeto virtual entre dois locais específicos. Após a execução da animação, o usuário deve pegar o objeto físico e levá-lo até o local apresentado pela animação. Para realizar a tarefa com êxito, o usuário deve executá-la em um tempo máximo de 1 minuto, caso contrário a aplicação executará o som de derrota (*game over*) e apresentará uma mensagem informando o fim do jogo. Se a tarefa for concluída com sucesso, será executado som de vitória (*win*) e, em seguida, será exibida a pontuação do usuário com seu resultado salvo no ranking. A seguir, os métodos utilizados nessa aplicação são descritos em detalhes.

Na Figura 27, é apresentado o início da aplicação, criando a classe *ExampleApp* e atribuindo a ela a herança da classe *GenericAPP*, para que suas características possam ser acessadas. O método *initApp()* é responsável por carregar os dados iniciais da aplicação, instanciando as classes que serão utilizadas e carregando características do cenário e animação que serão utilizados na aplicação. As linhas 11 e 12 apresentam respectivamente o objeto de detecção de círculo e o *overlayManager* responsável por fazer o gerenciamento das imagens que serão exibidas no layout da aplicação. Em seguida nas linhas 14 e 15 é carregado a malha do cenário e do objeto que serão utilizados na animação projetada com RA. Por fim, na linha 16 é modificado o estado da aplicação no jogo, inicializando o processo de animação.

O método seguinte, *initAnim()*, apresentado na Figura 28, é responsável por acrescentar os passos que serão seguidos na animação. Primeiramente, é instanciada a classe *Animation*, para criar uma nova animação. Em seguida são passados os pontos nos eixos X, Y e Z que a animação deverá seguir, e também a rotação do objeto na animação caso seja necessário. Por fim, esses passos são inseridos em um vetor, para que sejam utilizados quando a animação for executada.

O método *initGame()* apresentado na Figura 29 é o responsável por inicializar o jogo.

Figura 27 – Exemplo de aplicação - Método initApp().

```

8 class ExampleApp : public BaseApp {
9
10 void initApp() {
11     algorithm = new CircleDetection();
12     overlayMgr = new OverlayManager();
13
14     scenarioNode = ogreWrapper.addMesh("ScenarioNode", "Plane.mesh");
15     circleNode = ogreWrapper.addMesh("CirculoAzul", "Obj_blue.mesh");
16     state=ANIM_INIT;
17 }
18
19 void initAnim() {
26
27 void initGame() {
32
33 void updateGame(const Ogre::FrameEvent& evt) {
47
48 void finishGame() {
51
52 };

```

Figura 28 – Exemplo de aplicação - Método initAnim().

```

8 class ExampleApp : public GenericApp {
9
10 void initApp() {
18
19 void initAnim() {
20     Animation* animation = new Animation(circleNode);
21     animation->addState(algorithm->getPosition(BLUE));
22     animation->addState(Ogre::Vector3(0, 5, 0), Ogre::Degree(90), Ogre::Vector3::UNIT_X);
23     animation->addState(Ogre::Vector3(0, 5, 5));
24     animations.push_back(animation);
25 }
26
27 void initGame() {
32
33 void updateGame(const Ogre::FrameEvent& evt) {
47
48 void finishGame() {
51
52 };

```

Assim que esse método é executado, o cenário e objeto utilizados na animação são desabilitados para que o aprendiz possa executar a atividade. Em seguida, o overlayManager muda seu estado para onGame, e as regras do jogo começam a valer, o tempo é inicializado e a barra de *life* começa a descontar pontos. No fim do método, o valor 0 é atribuído ao score inicial, mas poderia ser qualquer outro valor, dependendo da regra da atividade gamificada.

A atualização do estado do jogo é realizada pelo método updateGame(). Nesse exemplo apresentado na Figura 30, a primeira condição verifica se o tempo determinado para executar a aplicação se esgotou. Caso a condição seja verdadeira, é tocado o som de *game over*, em seguida o estado do overlayManager é atualizado para onLose e será exibida a pontuação obtida ou ranking com pontuações dos jogadores.

O último método apresentado na Figura 31 é o finishGame(), que neste exemplo está

Figura 29 – Exemplo de aplicação - Método initGame().

```

8  class ExampleApp : public GenericApp {
9
10 void initApp() {
18
19 void initAnim() {
26
27 void initGame() {
28     scenarioNode->setVisible(false);
29     overlayMgr->onGame();
30     score=0;
31 }
32
33 void updateGame(const Ogre::FrameEvent& evt) {
47
48 void finishGame() {
51
52 };

```

Figura 30 – Exemplo de aplicação - Método updateGame().

```

8  class ExampleApp : public GenericApp {
9
10 void initApp() {
18
19 void initAnim() {
26
27 void initGame() {
32
33 void updateGame(const Ogre::FrameEvent& evt) {
34     if (overlayMgr->getTimer()->getElapsedTime() > 60000) {
35         PlaySound(TEXT("game_over.wav"), NULL, SND_ASYNC);
36         overlayMgr->onLose();
37         state=GAME_END;
38     }
39
40     if(algorithm->getPosition(BLUE)==Vector3(0,5,5)){
41         PlaySound(TEXT("win.wav"), NULL, SND_ASYNC);
42         rankingMgr->setScore(score);
43         overlayMgr->onWin();
44         state=GAME_END;
45     }
46 }
47
48 void finishGame() {
51
52 };

```

apenas salvando os dados da pontuação do usuário no ranking para que possam ser exibidos posteriormente.

5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse capítulo, foram descritas as principais características relacionadas ao desenvolvimento do *framework* LARG. A metodologia utilizada para o desenvolvimento do *framework* foi baseada na análise de características comuns de duas atividades desenvolvidas inicialmente sem a preocupação da reusabilidade e extensão. Suas características comuns foram extraídas e generalizadas no *framework* para permitir a construção mais rápida de atividades de treinamento similares que venham a utilizar a infra-estrutura e a abordagem do simulador LARG. Como

Figura 31 – Exemplo de aplicação - Método finishGame.

```

8 class ExampleApp : public GenericApp {
9
10 void initApp() {
18
19 void initAnim() {
26
27 void initGame() {
32
33 void updateGame(const Ogre::FrameEvent& evt) {
47
48 void finishGame() {
49     rankingMgr->save();
50 }
51
52 };

```

exposto pela estrutura organizacional do *framework*, uma boa parte da complexidade de acesso às câmeras, aos recursos multimídia (e.g., objetos 3D, imagens de interface) e aos algoritmos de detecção são abstraídos e encapsulados pelo *framework*.

As principais classes do *framework* LARG derivam ou encapsulam classes das bibliotecas OpenCV e OGRE 3D (e.g., CVDetection, OgreWrapper e OverlayManager). Elas são adaptadas, parametrizadas e simplificadas para refletir o modelo de execução de uma atividade gamificada com realidade aumentada proposto pelo simulador. Por fim, o capítulo expôs um exemplo simples de instanciação do *framework* para a criação de uma atividade que instrui o usuário através de uma animação, a pegar um objeto e deslocá-lo para um determinado local. O exemplo ilustra como o *framework* estrutura uma atividade gamificada e como um engenheiro de software pode reusar as classes disponibilizadas para desenvolver atividades gamificadas.

As atividades inicialmente desenvolvidas foram refatoradas para utilizar as classes e a estrutura provenientes do *framework*. Elas são detalhadas no próximo capítulo.

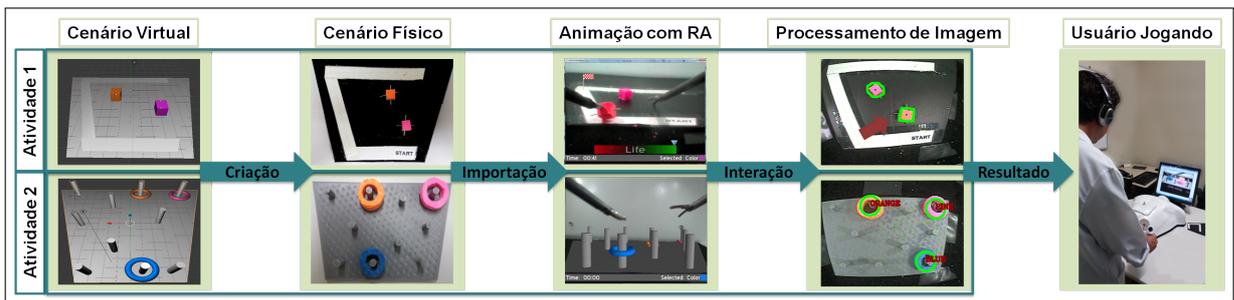
6 AVALIAÇÃO

Neste capítulo são apresentadas as atividades gamificadas desenvolvidas com o ambiente LARG. Inicialmente é descrito de maneira detalhada o processo de criação das atividades. Um estudo inicial sobre o reúso de código oferecido pelo *framework* LARG também é apresentado nesse capítulo. Ele detalha uma análise de medidas de *software* com o objetivo de verificar a quantidade de código pertencente ao *framework* e a quantidade de código da atividade após a sua refatoração. Por fim, é apresentada uma avaliação de usabilidade do ambiente LARG como um todo. Essa avaliação tem o objetivo de verificar se uso das técnicas de gamificação e realidade aumentada é adequado e se as atividades desenvolvidas verificam e aprimoram as habilidades dos aprendizes.

6.1 ETAPAS DE CRIAÇÃO DE UMA ATIVIDADE

O processo para desenvolver uma atividade de treinamento no ambiente LARG é dividido em cinco etapas. A primeira etapa tem como objetivo desenvolver o modelo 3D do cenário da atividade e as animações que serão exibidas com o uso de Realidade Aumentada. Nessa etapa é necessário o uso de um software adicional para o desenvolvimento do modelo 3D (e.g. Blender, 3DS MAX) para, posteriormente, exportá-lo para uso no simulador (Etapa 1 da Figura 32).

Figura 32 – Etapas de desenvolvimento de uma Atividade Gamificada.



A segunda etapa envolve a produção do cenário físico que será utilizado na atividade. O modelo 3D criado anteriormente pode ser impresso em uma impressora 3D ou manufaturado, produzindo uma réplica do cenário, conforme pode-se ver na etapa 2 da Figura 32.

Na terceira etapa o modelo 3D é importado para o software do LARG através da instanciação de classes do *framework*. Com o modelo importado o programador pode projetá-lo

com o uso dos algoritmos de RA e controlar as animações, além de definir as regras do jogo.

Na Etapa 4 os algoritmos de visão computacional são selecionados e configurados para controlar os dispositivos manipulados (por exemplo, uma borracha vermelha). Por fim, as atividades e os algoritmos de detecção são então interligados, concebendo o jogo executado pelo aprendiz (Etapa 5). A seguir são descritas as duas atividades desenvolvidas.

6.1.1 Atividade Follow The Path

O objetivo da atividade *Follow The Path* é induzir o aprendiz a pegar um objeto e percorrer um determinado caminho, treinando habilidades básicas para a realização de cirurgia laparoscópica. A tarefa começa com a apresentação de uma animação utilizando realidade aumentada, que indica ao usuário o caminho que ele deve seguir com os instrumentos laparoscópicos. O sistema seleciona aleatoriamente um elemento do cenário e apresenta a escolha para o aprendiz (por exemplo, o objeto laranja). É este objeto que deverá ser conduzido pelo caminho. A cena mostra também um começo e um ponto de extremidade, juntamente com um percurso não linear que os interconecta. O desafio dessa atividade consiste em percorrer o caminho com o objeto correto no menor tempo, perdendo o mínimo de pontos. Os pontos são descontados toda vez que o aprendiz ultrapassa os limites do caminho indicado no cenário físico. Efeitos sonoros alertam cada vez que o aprendiz passa dos limites do percurso. Após o objeto alcançar o ponto final, a tarefa termina mostrando um ranking com nome e pontuação do aprendiz. A Figura 33 apresenta um exemplo de execução da atividade *Follow The Path*.

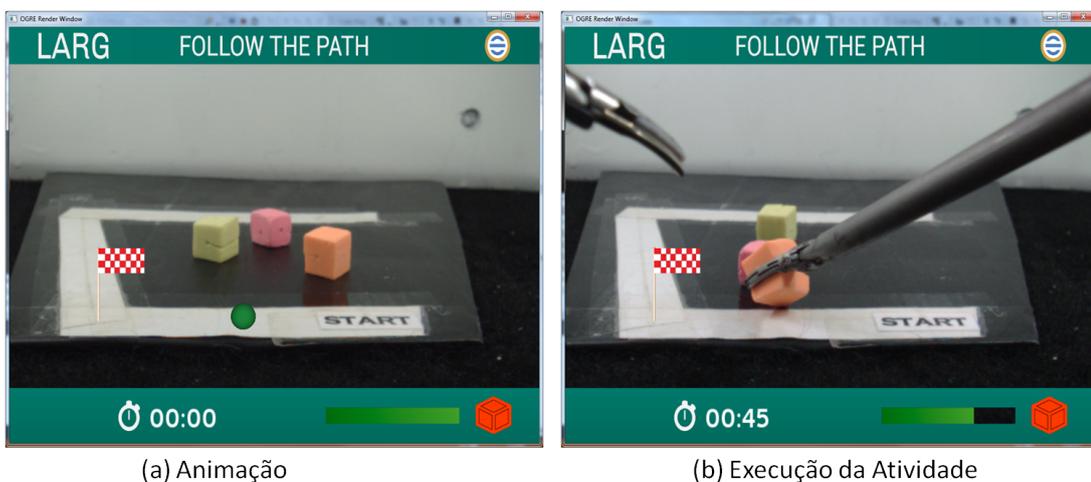


Figura 33 – Execução da atividade *Follow The Path*.

A atividade *Follow The Path* foi refatorada para herdar propriedades e características

da classe *GenericApp*. A aplicação desenvolvida foi analisada e a partir dela foi criada uma classe genérica para permitir que possam ser desenvolvidas diversas atividades no mesmo contexto da atividade *Follow The Path*, por exemplo, podem ser desenvolvidas atividades com lógicas de funcionamento diferente, mas que utilizem os mesmos elementos, animações e cenários para realização da atividade.

Desta forma, a Figura 34 apresenta como ficou organizado o diagrama de classe da atividade *Follow The Path*. A aplicação *Follow The Path* herda características da classe genérica *PathApp*, que por sua vez herda características do funcionamento da aplicação da classe *GenericApp* descrita no Capítulo 5.

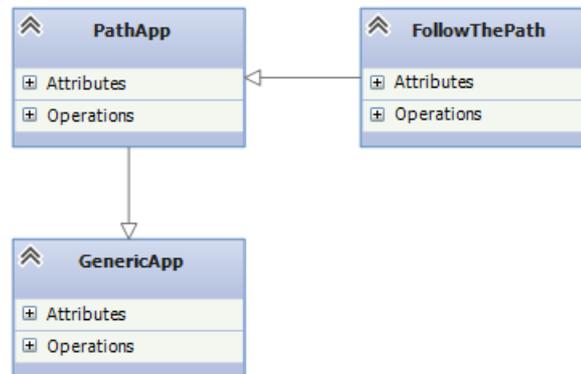


Figura 34 – Diagrama de classe da atividade *Follow The Path*.

6.1.2 Atividade PEG Transfer

A atividade *PEG Transfer* se assemelha à atividade de mesmo nome do programa MISTELS na qual o aprendiz deve mover borrachas (PEG) de uma placa de pinos da direita para pinos da esquerda em um determinado tempo. A Figura 35 apresenta *screenshots* da atividade gamificada desenvolvida com o ambiente LARG. A atividade começa com o software detectando as posições das borrachas do cenário e aleatoriamente selecionando uma coluna disponível. Em seguida, é apresentada uma animação em 3D da borracha selecionada sendo deslocada da sua posição atual para a coluna selecionada. Assim, o aprendiz deve efetuar o movimento indicado pela animação para completar a tarefa adequadamente. Enquanto o aprendiz está executando a atividade, um algoritmo de processamento de imagem verifica se a borracha é colocada na coluna correta. Depois que o sistema detecta se a borracha selecionada foi movida corretamente, é selecionada aleatoriamente outra borracha e uma nova coluna.

Esse processo acontece até que todas as três borrachas na cena tenham sido movidas

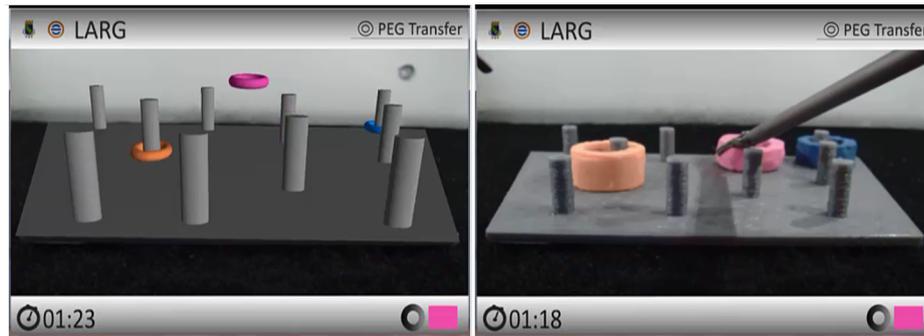


Figura 35 – Realidade Aumentada exibindo a tarefa a ser seguida pelo aprendiz.

ou caso o limite de 120 segundos de tempo venha a expirar. Finalmente, a tarefa apresenta a pontuação obtida que é calculada com base no tempo que o aprendiz levou para completar a tarefa. Na parte esquerda da Figura é exibida a Realidade Aumentada que indica qual atividade deve ser feita (no caso, mover a borracha rosa). A parte direita da Figura exhibe a visão do jogo logo após o fim da animação de R.A. na qual o aprendiz dá início a execução da tarefa e dispõe ainda de 1 minuto e 18 segundos para terminá-la. Um vídeo ilustrando a execução do *PEG Transfer* está disponível em <<https://youtu.be/DTurtiRBRq4>>.

De modo semelhante a atividade *Follow The Path*, após o desenvolvimento da atividade *PEG Transfer* foi realizada uma análise do seu código para buscar funcionalidades que pudessem ser generalizadas para a construção de atividades com esse mesmo contexto, criando a classe *PegApp*. Isso permite que também sejam criadas outras atividades derivadas da classe *PegApp*, utilizando os mesmos cenários e animações ou adicionando novos cenários e modificando apenas a lógica de funcionamento da atividade. Por exemplo, mover peças somente do lado esquerdo do cenário para o lado direito e retornar com ambas as pinças como é desenvolvido no *MISTELS*.

A Figura 36 apresenta a organização do diagrama de classes da atividade *PEG Transfer*. A aplicação *PEG Transfer* herda características da classe *PegApp* que, por sua vez, herda características de implementação da atividade da classe *GenericApp*.

6.1.3 Análise do impacto do Framework nas atividades

As versões originais das duas atividades foram pontos fundamentais para extração e construção da estrutura do *framework* *LARG*. Durante o processo de refatoração e reescrita das duas atividades optou-se pela implementação de uma classe extra, entre a aplicação e a classe *GenericApp*. O objetivo é facilitar e agilizar o desenvolvimento de novas atividades voltadas para o mesmo cenário físico e virtual, deixando a cargo do programador apenas a implementação

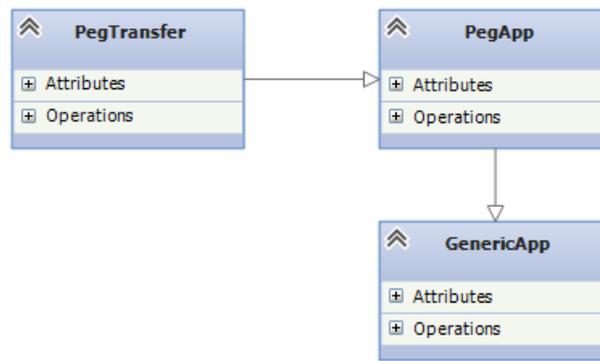


Figura 36 – Diagrama de classe da atividade *PEG Transfer*.

da lógica de funcionamento da atividade e o carregamento de malhas e objetos virtuais. A seguir é analisado o impacto do uso do *framework* nas versões refactoradas das atividades usando a medida de número de linhas de código (LOC).

Antes da refatoração a atividade *Follow The Path* possuía 1635 linhas de código (LOC) escritas pelo programador, não levando em consideração as LOCs das bibliotecas OGRE 3D e OpenCV. Após a refatoração, a atividade *Follow The Path* somada ao *framework* LARG passou a ter 2739 LOC, sendo que 13,5% LOC pertencia a lógica da aplicação *Follow The Path* e 86,5% LOC pertencia ao *framework* LARG.

Na atividade *PEG Transfer* a análise mostrou que antes da refatoração a atividade possuía 2446 LOC escritas pelo programador, também, sem levar em consideração as LOCs das bibliotecas utilizadas. Após a refatoração, a atividade *PEG Transfer* juntamente com o *framework* passou a ter 2782 LOC, sendo que 14,8% desse código pertencia a lógica da aplicação desenvolvida e 85,2% pertencia ao *framework* LARG.

Essa análise das LOCs mostrou que o uso do *framework* LARG aumenta o número de LOC da aplicação como um todo e pode ser um indicativo de aumento no tamanho da aplicação final. Entretanto, o uso do *framework* diminui consideravelmente o número de LOCs que o programador precisa escrever para desenvolver uma atividade no ambiente LARG.

6.2 AVALIAÇÃO DE USABILIDADE DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Depois de projetar e desenvolver as atividades gamificadas, foi implementada uma avaliação de usabilidade para o LARG. Os principais objetivos da avaliação foram (i) detectar o potencial de sua eficácia na formação de competências laparoscópicas e seu consequente uso no processo de ensino-aprendizagem e (ii) medir a usabilidade do sistema e a sua jogabilidade.

A solução foi avaliada por cirurgiões e estudantes de medicina com diferentes níveis

de experiência em dois hospitais. Os usuários foram classificados em dois grupos: **Especialistas**, composto por cirurgiões ou médicos no período final da residência em cirurgia (ou seja, aqueles que já têm formação laparoscópica e mais de uma dezena de cirurgias realizadas); e **Novatos**, composto por estudantes e médicos de graduação no período inicial da residência em cirurgia (ou seja, aqueles sem ou com um mínimo de experiência em cirurgia laparoscópica).

Durante a avaliação, 10 especialistas e 8 usuários novatos realizaram ambas as atividades três vezes, totalizando 54 ensaios para cada atividade. Essa estratégia de separação em grupos conforme o nível de expertise visa avaliar se o simulador é capaz de discernir, de forma significativa, quem já possui a habilidade/conhecimento a ser treinado.

Neste caso, o esperado é que os especialistas devam ter *performance* melhores, em média, do que os aprendizes. Além disso, deve-se procurar avaliar se a cada nova interação existe uma melhora da habilidade, já que isto é um indicativo de que o aluno está aprendendo a técnica exigida (LAHANAS et al., 2014).

6.2.1 Materiais e Instrumentos da Avaliação de Usabilidade

Antes de utilizar o simulador os usuários responderam a um primeiro conjunto de perguntas sobre suas experiências precedentes em matéria de formação laparoscópica e seu perfil profissional, informando a sua residência ou o nível de estágio, sua experiência anterior em MIS usando as caixas de treinamento, simuladores com RA ou RV, e se eles participaram de algum curso ou treinamento de procedimentos médicos assistidos por computador.

O segundo conjunto de questões foi elaborado a partir das recomendações propostas por Savi *et al* na montagem de instrumentos de avaliação de jogos educacionais (SAVI et al., 2010). Ele destina-se a fornecer dados sobre cada atividade de forma independente, buscando assim, informações sobre as técnicas de gamificação empregadas, o design, o nível de dificuldade, se o usuário notou melhorias em suas habilidades ao longo das atividades, e sua motivação para a formação e aprendizagem utilizando o ferramenta. Finalmente, os usuários puderam emitir sugestões para versões futuras.

6.2.2 Procedimentos da Avaliação de Usabilidade

Antes de iniciar a avaliação os usuários receberam orientações sobre o simulador. Eles realizaram cada atividade três vezes. A primeira atividade (*Follow The Path*) pedia que o usuário movesse um objeto específico da cena e arrastasse-o através de um caminho exibido

por uma animação. Usuários começavam com pontuação de 100, e os pontos eram descontados quando o objeto deixava a trajetória indicada. A segunda atividade (*PEG Transfer*) exigia mais perícia dos usuários, uma vez que o usuário tinha que, dentro de dois minutos, mover três borrachas de suas posições originais para lugares aleatórios. Nesta atividade, a pontuação é inversamente proporcional ao tempo necessário para terminá-la.

6.2.3 Resultados e Discussão da Avaliação de Usabilidade

6.2.3.1 Desempenho dos Usuários

Na Figura 37 (Part A) apresentamos os resultados das pontuações obtidas pelos usuários em cada uma das três tentativas (E1, E2, E3) realizadas na primeira tarefa.

Podemos observar nos dois grupos que: conforme os usuários repetiam a tarefa, as pontuações melhoravam, aproximando-se. Todos os usuários obtiveram melhor pontuação na terceira tentativa do que na primeira, mostrando que os usuários melhoraram seu desempenho conforme repetiam a tarefa, principalmente os aprendizes. Os resultados também mostraram que usuários especialistas obtiveram pontuações maiores e com menor variação.

A média de pontos obtidos nos grupos Exp(Especialistas) e Nov(Novatos) foi de 76,84 e 67,67 pontos respectivamente, entretanto as distribuições nos dois grupos não apresentou diferenças significativas (Mann-Whitney $U = 29$, $n_1 = 10$, $n_2 = 8$, $P < 0.18$ two-tailed).

Este resultado ocorreu devido ao fato que dois aprendizes obtiveram pontuações bem acima da média, inclusive com um deles atingindo a melhor pontuação das atividades. Uma possível explicação para obtenção de desempenho tão satisfatório deve-se ao fato de ambos possuírem o hábito de jogar em dispositivos eletrônicos, e de um deles ter utilizado um simulador laparoscópico anteriormente, conforme indicado no questionário de avaliação.

Apesar de a primeira tarefa apresentar menor disparidade entre as pontuações obtidas nos dois grupos, o tempo necessário para a conclusão da atividade revelou-se consideravelmente menor entre os especialistas, conforme mostrado na Figura 37 (Part B).

O tempo médio para o grupo Exp(Especialistas) foi de 82,17s, enquanto que para o grupo Nov(novatos) foi de 144,34s, sendo assim, a distribuição entre os dois grupos apresentou diferença significativa (Mann-Whitney $U = 72$, $n_1 = 10$, $n_2 = 8$, $P < 0.01$ two-tailed). Desta forma, concluiu-se que apesar de o grupo composto por usuários especialistas realizar as atividades mais rapidamente, sua precisão não foi muito superior a do grupo de aprendizes.

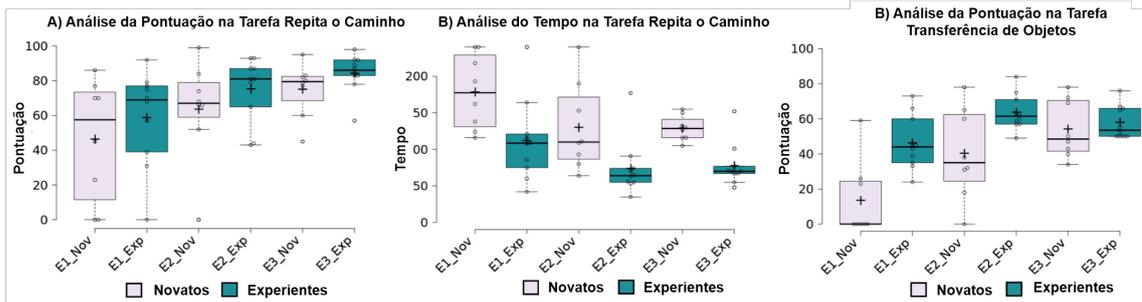


Figura 37 – Box plots comparando os dois grupos em cada teste (E1, E2, E3). O gráfico (A) mostra a pontuação do usuário (100 - erros de percurso) na tarefa Siga-o-Caminho, enquanto o gráfico (B) mostra o tempo utilizado pelo usuário para concluí-la. O gráfico (C) apresenta a pontuação obtida pelo usuário (120 - tempo para finalizar) para a tarefa PEG Transfer.

Os testes realizados na segunda tarefa apresentaram maior disparidade nos resultados obtidos entre especialistas e aprendizes. Analisando-se as médias, pôde-se observar que o grupo Exp(Especialistas) obteve 56,34 pontos enquanto o grupo Nov(novatos) obteve 30,34 pontos.

Além disso, ao realizar testes de significância, houve diferenças significativas entre o desempenho dos dois grupos nesta atividade (Mann-Whitney U= 11, n1= 10, n2= 8, P<0.01 two-tailed). A pontuação foi obtida subtraindo o tempo necessário para finalizar a tarefa de 120, ou seja, usuários que não concluíssem a atividade em menos de dois minutos receberiam pontuação zero. A maioria dos aprendizes obteve baixas pontuações durante a primeira e segunda tentativas, seguido por uma melhora na última execução. Vários especialistas atingiram altas pontuações, com baixa variação entre as repetições, conforme exibido na Figura 37 (Part C).

6.2.3.2 Análise do Questionário de Usabilidade

As Figuras 38 e 39 apresentam gráficos com os resultados obtidos através do questionário de avaliação de usabilidade, que encontra-se disponível no Apêndice 8.1.

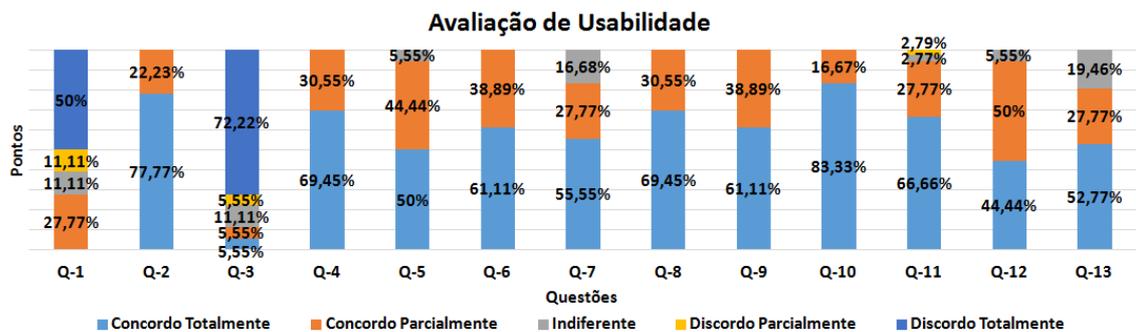


Figura 38 – Resultados obtidos com a avaliação de usabilidade para as questões de 1 a 13.

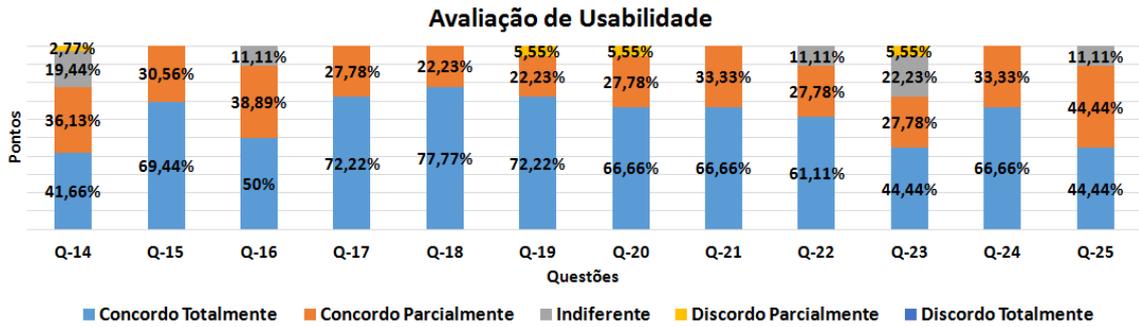


Figura 39 – Resultados obtidos com a avaliação de usabilidade para as questões de 14 a 25.

Para realizar a análise dos dados da avaliação do questionário de usabilidade, utilizamos quatro das cinco alternativas presentes na escala Likert (concordo totalmente, concordo parcialmente, discordo parcialmente e discordo totalmente) divididas em duas categorias: concordo e discordo. As respostas indiferentes foram descartadas na análise a seguir.

Os resultados obtidos com o teste destacaram que a maioria dos usuários se sentiu motivado a utilizar o LARG, além disso, todos os usuários informaram que o jogo apresentava um nível de dificuldade apropriado para o aprendizado. Cerca de 95% dos usuários afirmaram que as tarefas propostas permitiram a eles exercitar adequadamente atividades básicas de cirurgia laparoscópica.

Outros 95% asseguraram ter melhorado suas habilidades ao longo do treinamento, confirmando assim os resultados obtidos através da análise de desempenho. Com respeito às técnicas de gamificação, 80,5% dos usuários avaliaram-nas como ótimas, enquanto 2,7% reportaram que o *feedback* do jogo (som, gráfico, retorno tátil) estava insatisfatório, especialmente os efeitos sonoros. Por fim, todos os usuários asseguraram que o treinamento foi importante para a melhoria no aprendizado de habilidades básicas para a realização de cirurgia laparoscópica.

6.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente Capítulo apresentou as atividades gamificadas desenvolvidas com ambiente LARG, uma avaliação inicial do impacto do uso *framework* LARG e também resultados de um teste de usabilidade com as atividades desenvolvidas.

A análise inicial de reuso do código obtida com a utilização do *framework* LARG mostrou que o uso do *framework* pode reduzir de maneira significativa a quantidade linhas de código necessárias para escrever uma atividade gamificada. Entretanto, novas atividades precisam ser desenvolvidas com o *framework* para melhor atestar o seu grau de reuso, além da análise de outras medidas de qualidade de software como acoplamento, modularidade, complexidade

ciclomática, etc.

Já a avaliação de usabilidade do ambiente LARG provou que as atividades desenvolvidas foram capazes de diferenciar o grau de experiência entre cirurgiões experientes e novatos. Com o uso dos dados de avaliação providos pela atividade é possível verificar a evolução das habilidades dos aprendizes. Além disso, a análise do questionário mostrou que as atividades desenvolvidas tiveram um alto grau de aceitação, tanto no uso de RA como da Gamificação.

Esses resultados fornecem fortes indícios que as estratégias de Gamificação, RA e uso de objetos tangíveis em caixas simuladoras podem ser úteis para o treinamento de habilidades laparoscópicas básicas.

7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Nesta dissertação de mestrado, foi apresentado o ambiente LARG (Laparoscopic Augmented Reality Games), que consiste em uma caixa simuladora de laparoscopia estendida com atividades gamificadas. Neste capítulo, são sumarizados os principais resultados obtidos na pesquisa e desenvolvimento deste ambiente. Além disso, também é apresentado um conjunto de possibilidades de trabalhos futuros que podem ser continuados a partir do estado atual do LARG. Na Seção 7.1, é apresentado um resumo dos resultados alcançados neste trabalho. Na Seção 7.2, é apresentada a produção bibliográfica realizada durante o desenvolvimento deste trabalho. A Seção 7.3 discute as limitações ainda existentes no ambiente LARG. E, por fim, a Seção 7.4 apresenta os trabalhos futuros que podem ser derivados do trabalho apresentado nesta dissertação.

7.1 RESULTADOS ALCANÇADOS

Esse trabalho teve como contribuição principal a concepção do ambiente LARG que é composto por hardware (console, câmeras, cenários, pinças, etc.) e software (*framework* LARG, recursos multimídias, e as atividades gamificadas desenvolvidas instanciando o *framework*). As duas atividades desenvolvidas no ambiente são voltadas para o treinamento de habilidades laparoscópicas básicas, tais como navegação, coordenação mão-olho e deslocamento de objetos.

O ambiente LARG é hoje uma plataforma base para a criação e execução de atividades de treinamento de habilidades laparoscópicas que pode ser utilizado nas fases iniciais do treinamento em MIS em uma residência em cirurgia. Além disso, a partir da plataforma foram obtidas outras contribuições secundárias.

O *framework* LARG representa a contribuição de Engenharia de Software dessa pesquisa. Ele integra as bibliotecas OGRE 3D e OpenCV e cria interfaces para facilitar o uso de funcionalidades dessas bibliotecas, com o objetivo de tratar problemas e fornecer recursos voltados para o desenvolvimento de atividades na plataforma LARG.

O *framework* pode ser reutilizado para criar novas atividades de maneira mais rápida através do reuso de código. Sua avaliação inicial mostrou que ele oferece uma quantidade de reuso de código considerável, o que pode indicar a aceleração no tempo de desenvolvimento de novas atividades na plataforma LARG.

A criação das atividades *Follow The Path* e a atividade *PEG Transfer* é outra contri-

buição relevante da dissertação. Essas atividades foram desenvolvidas utilizando componentes de gamificação e técnicas de RA, com o objetivo de aumentar o engajamento e motivação dos aprendizes durante o treinamento.

A avaliação de usabilidade realizada mostrou que as atividades desenvolvidas foram capazes de diferenciar os níveis de habilidades de usuários especialistas e novatos. Esta é uma abordagem de avaliação usada em outras pesquisas de ambientes de treinamento de laparoscopia para indicar se a atividade tem potencial para ser usada no treinamento de habilidades. Além disso, as inserções de gamificação e de Realidade Aumentada foram avaliadas de maneira positiva nos questionários aplicados. Esses resultados mostram que essas técnicas podem ser utilizadas como ferramentas para aumentar a motivação e o engajamento no treinamento de habilidades laparoscópicas.

7.2 PUBLICAÇÕES

Essa pesquisa de mestrado teve aceitação de duas publicações descritas a seguir:

- Julian Valério, Luís Fernando Silva, Alysson Santos, Antônio Melo Junior, Fernando Trinta, Antônio Aldo Melo Filho e Windson Viana. Avaliação do uso de realidade aumentada e gamificação para o treinamento de habilidades em laparoscopia. Full Paper - XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE) - Trilha 2: Jogos, simulação, gamificação, meta-cognição e neurociência em Ambientes e Sistemas Computacionais para Ensino/Aprendizagem. Maceió, 2015
- Julian Valério, Luís Fernando Silva, Fernando Trinta, Antônio Aldo Melo Filho e Windson Viana. Um Simulador para Auxiliar a Aprendizagem De Habilidades para Realização De Cirurgia Laparoscópica usando Realidade Aumentada e Jogos Sérios. Poster - CBIS 2014 - XIV Congresso Brasileiro de Informática em Saúde. Santos, 2014

7.3 LIMITAÇÕES

Como limitações, esse pesquisa possui as seguintes questões que não foram resolvidas:

- O problema da oclusão não foi resolvido, apenas contornado pelo game design das atividades. Esse problema faz com que os objetos virtuais sejam sempre posicionados a frente dos objetos reais, prejudicando a percepção de profundidade do usuário caso a realidade aumentada seja mantida durante a execução da atividade. É necessário que novos algoritmos sejam estudados para solucionar esse problema e aumentar as funcionalidades do uso da RA;
- A calibração do sistema ainda é manual. O principal problema da calibração é o fato de que toda vez que o cenário físico é mudado de local, o cenário virtual tem que ser recalibrado manualmente. É necessário que a calibração seja automatizada, tornando a troca de cenários e atividades mais simples e evitando problemas durante a execução das atividades;
- O número de atividades produzidas ainda é pequeno para um simulador de treinamento. Existem diversas outras atividades que podem ser implementada utilizando a plataforma LARG (e.g. demais atividades do programa MISTELS, desenvolver variações das atividades desenvolvidas). Se faz necessário o desenvolvimento de novas atividades para que o simulador se torne um produto vendável e possibilite o treinamento de mais habilidades;
- A qualidade física das atividades ainda está em fase de protótipo, sendo necessário novos estudo para verificar se o material e as peças utilizadas são as mais indicadas para esse tipo de treinamento;
- O *framework* foi instanciado apenas duas vezes. É necessários que novas atividades sejam implementadas a partir do *framework* para permitir que avaliações mais completas do seu uso e funcionamento possam ser realizadas.

7.4 TRABALHOS FUTUROS

Essa dissertação de mestrado não é autocontida e abre diversas possibilidades futuras de pesquisa, dentre as quais podem ser destacados os seguintes trabalhos futuros:

- Desenvolver as demais atividades do programa MISTELS (precisão de corte; realizar um laço; sutura intra-corpórea e extracorpórea) utilizando RA e Gamificação;
- Realizar novos testes com desenvolvedores de software utilizando o *framework* LARG, com o objetivo de verificar questões como: o *framework* LARG facilitou

o desenvolvimento da aplicação; o uso do *framework* LARG é intuitivo; é preferível utilizar o *framework* LARG ao invés de outras tecnologias, ou programar a aplicação do zero, etc;

- Avaliar outras medidas de software como: custo e velocidade de desenvolvimento; modularidade do código; acoplamento; complexidade ciclomática;
- Iniciar o processo para obtenção de uma nova patente do console de forma a incluir as extensões de hardware e de software propostas no ambiente LARG.

REFERÊNCIAS

- ALVES, F. **Gamification: Como criar experiências de aprendizagem engajadoras. Um guia completo: do conceito à prática.** [S.l.]: DVS Editora, 2014.
- ARAÚJO, T. B. de; SILVEIRA, F. R.; SOUZA, D. L. S.; STREY, Y. T. M.; FLORES, C. D.; WEBSTER, R. S. Impact of video game genre on surgical skills development: A feasibility study. **Journal of Surgical Research**, Elsevier, 2015.
- AZUMA, R. T. et al. A survey of augmented reality. **Presence**, MIT Press, v. 6, n. 4, p. 355–385, 1997.
- BADURDEEN, S.; ABDUL-SAMAD, O.; STORY, G.; WILSON, C.; DOWN, S.; HARRIS, A. Nintendo wii video-gaming ability predicts laparoscopic skill. **Surgical endoscopy**, Springer, v. 24, n. 8, p. 1824–1828, 2010.
- BEARD, J. H.; AKOKO, L.; MWANGA, A.; MKONY, C.; O’SULLIVAN, P. Manual laparoscopic skills development using a low-cost trainer box in tanzania. **Journal of surgical education**, Elsevier, v. 71, n. 1, p. 85–90, 2014.
- BENFORD, S.; GREENHALGH, C.; REYNARD, G.; BROWN, C.; KOLEVA, B. Understanding and constructing shared spaces with mixed-reality boundaries. **ACM Transactions on computer-human interaction (TOCHI)**, ACM, v. 5, n. 3, p. 185–223, 1998.
- BEYER, L.; TROYER, J. D.; MANCINI, J.; BLADOU, F.; BERDAH, S. V.; KARSENTY, G. Impact of laparoscopy simulator training on the technical skills of future surgeons in the operating room: a prospective study. **The American Journal of Surgery**, Elsevier, v. 202, n. 3, p. 265–272, 2011.
- BITTENCOURT, J. R. Um framework para criação de jogos computadorizados multiplataforma. **Porto Alegre: PUCRS/PPGCC**, 2004.
- BLACKMAN, S. Serious games... and less! **ACM Siggraph Computer Graphics**, ACM, v. 39, n. 1, p. 12–16, 2005.
- BOTDEN, S. M.; BUZINK, S. N.; SCHIJVEN, M. P.; JAKIMOWICZ, J. J. Promis augmented reality training of laparoscopic procedures face validity. **Simulation in Healthcare**, LWW, v. 3, n. 2, p. 97–102, 2008.
- BRADSKI, G.; KAEHLER, A. **Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library.** [S.l.]: "O’Reilly Media, Inc.", 2008.
- BURDEA, G.; COIFFET, P. Virtual reality technology. **Presence: Teleoperators and virtual environments**, MIT Press, v. 12, n. 6, p. 663–664, 2003.
- BUTTUSI, F.; PELLIS, T.; VIDANI, A. C.; PAUSLER, D.; CARCHIETTI, E.; CHITTARO, L. Evaluation of a 3d serious game for advanced life support retraining. **International Journal of Medical Informatics**, Elsevier, v. 82, n. 9, p. 798–809, 2013.
- CARDOSO, A.; JR, E. L. Artoolkit–aspectos técnicos e aplicações educacionais. **Realidade Virtual: Uma Abordagem Prática. Livro dos Minicursos do SVR**, 2004.

- CARVALHO, A. J. M. J.; VIANA, W.; JUNIOR, G. M.; JÚNIOR, H. C. de S.; FILHO, A. A. M. Inserção de técnicas de gamificação e realidade aumentada para auxílio no ensino de medicina. **Workshop on Virtual, Augmented Reality and Games - SBGames**, 2013.
- CLUA, E. W. G. Jogos sérios aplicados a saúde. **Journal of Health Informatics**, v. 6, 2014.
- COSTA, V. J. C. Lings: framework de desenvolvimento de jogos multijogador em rede para dispositivos móveis. Instituto Politécnico de Leiria, 2014.
- DEHABADI, M.; FERNANDO, B.; BERLINGIERI, P. The use of simulation in the acquisition of laparoscopic suturing skills. **International Journal of Surgery**, Elsevier, v. 12, n. 4, p. 258–268, 2014.
- DEROSSIS, A. M.; FRIED, G. M.; ABRAHAMOWICZ, M.; SIGMAN, H. H.; BARKUN, J. S.; MEAKINS, J. L. Development of a model for training and evaluation of laparoscopic skills. **The American journal of surgery**, Elsevier, v. 175, n. 6, p. 482–487, 1998.
- DETERDING, S.; DIXON, D.; KHALED, R.; NACKE, L. From game design elements to gamefulness: defining gamification. In: ACM. **Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments**. [S.l.], 2011. p. 9–15.
- DJAOUTI, D.; ALVAREZ, J.; JESSEL, J.-P. Classifying serious games: the g/p/s model. **Handbook of research on improving learning and motivation through educational games: Multidisciplinary approaches**, IGI Global Hershey, PA, p. 118–136, 2011.
- DJAOUTI, D.; ALVAREZ, J.; JESSEL, J.-P.; RAMPNOUX, O. Origins of serious games. In: **Serious games and edutainment applications**. [S.l.]: Springer, 2011. p. 25–43.
- DUFFY, A.; HOGLE, N.; MCCARTHY, H.; LEW, J.; EGAN, A.; CHRISTOS, P.; FOWLER, D. Construct validity for the lapsim laparoscopic surgical simulator. **Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques**, Springer, v. 19, n. 3, p. 401–405, 2005.
- EDELMAN, D. A.; MATTOS, M. A.; BOUWMAN, D. L. Fls skill retention (learning) in first year surgery residents. **Journal of Surgical Research**, Elsevier, v. 163, n. 1, p. 24–28, 2010.
- ESTÁCIO, R. Gamificação: Estratégia para processos de aprendizagem. Congresso Nacional de Ambientes Hipermedia para Aprendizagem., 2015.
- FAIRHURST, K.; STRICKLAND, A.; MADDERN, G. The lapsim virtual reality simulator: promising but not yet proven. **Surgical endoscopy**, Springer, v. 25, n. 2, p. 343–355, 2011.
- FARDO, M. L. A gamificação aplicada em ambientes de aprendizagem. **RENOTE**, v. 11, n. 1, 2013.
- FAYAD, M.; SCHMIDT, D. C. Object-oriented application frameworks. **Communications of the ACM**, ACM, v. 40, n. 10, p. 32–38, 1997.
- FRASER, S.; KLASSEN, D.; FELDMAN, L.; GHITULESCU, G.; STANBRIDGE, D.; FRIED, G. Evaluating laparoscopic skills. **Surgical endoscopy**, Springer, v. 17, n. 6, p. 964–967, 2003.
- GAMMA, E.; HELM, R.; JOHNSON, R.; VLISSIDES, J. **Design Patterns: Elements of Reusable Object-oriented Software**. Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1995. ISBN 0-201-63361-2.

- HANNIG, A.; KUTH, N.; ÖZMAN, M.; JONAS, S.; SPRECKELSEN, C. emedoffice: a web-based collaborative serious game for teaching optimal design of a medical practice. **BMC medical education**, BioMed Central Ltd, v. 12, n. 1, p. 104, 2012.
- HASHIMOTO, D. A.; GOMEZ, E. D.; BEYER-BERJOT, L.; KHAJURIA, A.; WILLIAMS, N. N.; DARZI, A.; AGGARWAL, R. A randomized controlled trial to assess the effects of competition on the development of laparoscopic surgical skills. **Journal of surgical education**, Elsevier, 2015.
- JALINK, M. B.; GORIS, J.; HEINEMAN, E.; PIERIE, J.-P. E.; HENK, O. The effects of video games on laparoscopic simulator skills. **The American Journal of Surgery**, Elsevier, v. 208, n. 1, p. 151–156, 2014.
- JALINK, M. B.; GORIS, J.; HEINEMAN, E.; PIERIE, J.-P. E.; HENK, O. Face validity of a wii u video game for training basic laparoscopic skills. **The American Journal of Surgery**, Elsevier, v. 209, n. 6, p. 1102–1106, 2015.
- JAN, U. von; NOLL, C.; BEHRENDTS, M.; ALBRECHT, U.-V. marble–augmented reality in medical education. **Biomedical Engineering/Biomedizinische Technik**, v. 57, n. SI-1 Track-A, p. 67–70, 2012.
- JOHNSON, A. S.; SUN, Y. Exploration of spatial augmented reality on person. In: IEEE. **Virtual Reality (VR), 2013 IEEE**. [S.l.], 2013. p. 59–60.
- JOHNSON, R. E. How to design frameworks. **Object-Oriented Programming Systems, Languages and Applications Conference - OOPSLA**, 1993.
- JOHNSON, R. E.; FOOTE, B. Designing reusable classes. **Journal of object-oriented programming**, v. 1, n. 2, p. 22–35, 1988.
- KANTHAN, R.; SENGER, J.-L. The impact of specially designed digital games-based learning in undergraduate pathology and medical education. **Arch Pathol Lab Med**, v. 135, n. 1, p. 135–142, 2011.
- KAPP, K. M. **The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2012.
- KHINE, M.; LEUNG, E.; MORRAN, C.; MUTHUKUMARASAMY, G. Homemade laparoscopic simulators for surgical trainees. **The clinical teacher**, Wiley Online Library, v. 8, n. 2, p. 118–121, 2011.
- KIRNER, C. Prototipagem rápida de aplicações interativas de realidade aumentada. **Tendências e Técnicas em Realidade Virtual e Aumentada. Porto Alegre, Brasil**, v. 1, n. 1, p. 29–54, 2011.
- KIRNER, C.; SANTIN, R. Interaction, collaboration and authoring in augmented reality environments. 2009.
- KOBAYASHI, S. A.; JAMSHIDI, R.; O’SULLIVAN, P.; PALMER, B.; HIROSE, S.; STEWART, L.; KIM, E. H. Bringing the skills laboratory home: an affordable webcam-based personal trainer for developing laparoscopic skills. **Journal of surgical education**, Elsevier, v. 68, n. 2, p. 105–109, 2011.

- KUBO, M. M. **FMMG: um framework para jogos multiplayer móveis**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2006.
- LAHANAS, V.; LOUKAS, C.; SMAILIS, N.; GEORGIU, E. A novel augmented reality simulator for skills assessment in minimal invasive surgery. **Surgical endoscopy**, Springer, p. 1–11, 2014.
- LIN, D. T.; PARK, J.; LIEBERT, C. A.; LAU, J. N. Validity evidence for surgical improvement of clinical knowledge ops: a novel gaming platform to assess surgical decision making. **The American Journal of Surgery**, Elsevier, v. 209, n. 1, p. 79–85, 2015.
- LIN, Y.; LUO, Y.; LEE, C.; YANG, S.; YU, D. A pc-based laparoscopic surgery skills training and assessment system. In: IEEE. **Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2014 36th Annual International Conference of the IEEE**. [S.l.], 2014. p. 498–501.
- LOURO, M. M. Cirurgia laparoscópica vs cirurgia convencional: custos em saúde. Universidade da Beira Interior, 2011.
- MACINTYRE, B.; GANDY, M.; DOW, S.; BOLTER, J. D. Dart: a toolkit for rapid design exploration of augmented reality experiences. In: ACM. **Proceedings of the 17th annual ACM symposium on User interface software and technology**. [S.l.], 2004. p. 197–206.
- MADEIRA, C. A. Forge v8: Um framework para jogos de computador e aplicações multimídia. **Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Pernambuco**, 2001.
- MASHAUD, L. B.; CASTELLVI, A. O.; HOLLETT, L. A.; HOGG, D. C.; TEFAY, S. T.; SCOTT, D. J. Two-year skill retention and certification exam performance after fundamentals of laparoscopic skills training and proficiency maintenance. **Surgery**, Elsevier, v. 148, n. 2, p. 194–201, 2010.
- MATTSSON, M. Object-oriented frameworks. **Licentiate thesis**, Citeseer, 1996.
- MCKNIGHT, P. E.; NAJAB, J. Mann-whitney u test. **Corsini Encyclopedia of Psychology**, Wiley Online Library, 2010.
- MUNZ, Y.; KUMAR, B.; MOORTHY, K.; BANN, S.; DARZI, A. Laparoscopic virtual reality and box trainers: is one superior to the other? **Surgical Endoscopy And Other Interventional Techniques**, Springer, v. 18, n. 3, p. 485–494, 2004.
- NETTO, J. M.; MORAES, R.; MACHADO, L. Um estudo comparativo de ferramentas para a criação de jogos educacionais baseados em realidade virtual. In: **Workshop de Aplicações de Realidade Virtual, WARV**. [S.l.: s.n.], 2006. v. 2006.
- NEVIN, C. R.; WESTFALL, A. O.; RODRIGUEZ, J. M.; DEMPSEY, D. M.; CHERRINGTON, A.; ROY, B.; PATEL, M.; WILLIG, J. H. Gamification as a tool for enhancing graduate medical education. **Postgraduate medical journal**, The Fellowship of Postgraduate Medicine, p. postgradmedj–2013, 2014.
- NICOLAIDOU, I.; ANTONIADES, A.; CONSTANTINO, R.; MARANGOS, C.; KYRIACOU, E.; BAMIDIS, P.; DAFLI, E.; PATTICHIS, C. S. A virtual emergency telemedicine serious game in medical training: A quantitative, professional feedback-informed evaluation study. **Journal of medical Internet research**, JMIR Publications Inc., v. 17, n. 6, 2015.

- REEVES, B.; READ, J. L. **Total engagement: How games and virtual worlds are changing the way people work and businesses compete.** [S.l.]: Harvard Business Press, 2013.
- RIBEIRO, M. W. d. S.; ZORZAL, E. R. Realidade virtual e aumentada: Aplicações e tendências. **XIII Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada, Uberlândia-MG-Brasil**, 2011.
- SAVI, R.; WANGENHEIM, C. G. V.; ULBRICHT, V.; VANZIN, T. Proposta de um modelo de avaliação de jogos educacionais. **RENOTE**, v. 8, n. 3, 2010.
- SEICHTER, H.; LOOSER, J.; BILLINGHURST, M. Compositar: An intuitive tool for authoring ar applications. In: IEEE COMPUTER SOCIETY. **Proceedings of the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality.** [S.l.], 2008. p. 177–178.
- SHALHAV, A. L.; DABAGIA, M. D.; WAGNER, T. T.; KOCH, M. O.; LINGEMAN, J. E. Training postgraduate urologists in laparoscopic surgery: the current challenge. **The Journal of urology**, Elsevier, v. 167, n. 5, p. 2135–2137, 2002.
- SICKLE, K. V.; III, D. M.; GALLAGHER, A.; SMITH, C. Construct validation of the promis simulator using a novel laparoscopic suturing task. **Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques**, Springer, v. 19, n. 9, p. 1227–1231, 2005.
- SILVEIRA, D. S.; SCHNEIDER, H. N. Uef-web: Um framework para desenvolvimento de aplicações web ergonômicas. **International Journal of Knowledge Engineering and Management (IJKEM)**, v. 4, n. 9, p. 87–107, 2015.
- SIMÕES, J. e. a. **Proposta de modelo de referência para aplicação de Gamification em ambientes de aprendizagem social.** [S.l.]: Challenges 2013: Aprender a qualquer hora e em qualquer lugar, learning anytime anywhere., 2013.
- SOMBRIO, G. d. S.; HAEMING, W. K.; ULBRICHT, V. R. Aprendizagem criativa na educação utilizando jogos e gamificação/creative learning in education using games and gamification. **Revista Hipertexto**, v. 4, n. 2, p. 37–49, 2015.
- SROKA, G.; FELDMAN, L. S.; VASSILIOU, M. C.; KANEVA, P. A.; FAYEZ, R.; FRIED, G. M. Fundamentals of laparoscopic surgery simulator training to proficiency improves laparoscopic performance in the operating room—a randomized controlled trial. **The American journal of surgery**, Elsevier, v. 199, n. 1, p. 115–120, 2010.
- TECNOLÓGICAS, N. D. C. E. E.; SOUZA, D. R. D.; WANG, R. D. Ambiente de realidade virtual para treinamento de videolaparoscopia.
- THOMAS, B. H. A survey of visual, mixed, and augmented reality gaming. **Computers in Entertainment (CIE)**, ACM, v. 10, n. 3, p. 3, 2012.
- VALENTE, L.; CONCI, A. et al. Guff: A game development tool. In: **Digital version of the proceedings of XVIII Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing (SIBGRAPI).** [S.l.: s.n.], 2005.
- VASSILIOU, M.; GHITULESCU, G.; FELDMAN, L.; STANBRIDGE, D.; LEFFONDRE, K.; SIGMAN, H.; FRIED, G. The mistels program to measure technical skill in laparoscopic surgery. **Surgical Endoscopy And Other Interventional Techniques**, Springer, v. 20, n. 5, p. 744–747, 2006.

VASSILIOU, M. C.; FELDMAN, L. S.; ANDREW, C. G.; BERGMAN, S.; LEFFONDRÉ, K.; STANBRIDGE, D.; FRIED, G. M. A global assessment tool for evaluation of intraoperative laparoscopic skills. **The American Journal of Surgery**, Elsevier, v. 190, n. 1, p. 107–113, 2005.

VIANA, W. d. C. Um ambiente de desenvolvimento de aplicações multiplataformas e adaptativas para dispositivos móveis. **Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Ceará**, 2005.

VIANNA, Y. e. a. **Gamification, Inc. - Como reinventar empresas a partir de jogos**. [S.l.]: MJV Press, 2013.

VILJAMAA, A. Pattern-based framework annotation and adaptation – a systematic approach. **Thesis (Licentiate Thesis in Computer Science)**, University of Helsinki, Finland, 2001.

WEBSKY, M. W. von; VITZ, M.; RAPTIS, D. A.; ROSENTHAL, R.; CLAVIEN, P.; HAHNLOSER, D. Basic laparoscopic training using the simbionix lap mentor: setting the standards in the novice group. **Journal of surgical education**, Elsevier, v. 69, n. 4, p. 459–467, 2012.

WERBACH, K.; HUNTER, D. **For the win: How game thinking can revolutionize your business**. [S.l.]: Wharton Digital Press., 2012.

WILSON, M.; MCGRATH, J.; VINE, S.; BREWER, J.; DEFRIEND, D.; MASTERS, R. Psychomotor control in a virtual laparoscopic surgery training environment: gaze control parameters differentiate novices from experts. **Surgical endoscopy**, Springer, v. 24, n. 10, p. 2458–2464, 2010.

WINTER, N. J.; BARBOSA, D. N. F.; SANTOS, G. d. N. dos; MOSSMANN, J. B.; BEZ, M. R.; STRACK, T. L. Incentivo ao estudo através dos jogos: Experiências no desenvolvimento de uma rede social gamificada. **Revista Educacional Interdisciplinar**, v. 3, n. 1, 2015.

8 APÊNDICE

8.1 QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO

Questionário de Avaliação de Atividades - Modelo - Realidade Aumentada para CMI

Nome: _____

Instituição: _____

Graduado em Medicina: () Sim - mês/ano de conclusão: _____ / _____ () Não - semestre atual: _____

Residência Médica:

Cirurgia Geral - Concluída? () Sim - ano de conclusão: _____ () Não - ano atual: _____

Especialidade cirúrgica - qual? _____ Concluída? () Sim - ano de conclusão: _____ () Não - ano atual: _____

Tempo de experiência em Cirurgia Minimamente Invasiva: _____ anos

Possui algum treinamento prático específico em Cirurgia Minimamente Invasiva, além do treinamento usual durante o programa de Residência Médica OU, durante sua Residência Médica, participou de atividades práticas em laboratório voltadas especificamente para treinamento em Cirurgia Minimamente Invasiva? () Sim () Não

Já treinou em caixa preta convencional (sem uso de realidade aumentada ou virtual)? () Sim () Não

Já treinou em modelo de cirurgia minimamente invasiva com uso de realidade aumentada ou virtual? () Sim () Não

Toca algum instrumento musical? () Sim () Não Se positivo, qual(is)? _____ e há quanto tempo? _____ anos

Qual sua familiaridade com uso de computadores? () Básico: Uso para email, escrita de trabalhos, redes sociais...

() Médio: Além do básico, faço edição de imagens e vídeos

() Avançado: sei criar páginas (sites, blogs), instalar componentes (placas, drivers), sistemas operacionais

É ou já foi jogador assíduo de jogos digitais (PC, Console, Smartphone, Tablet)? () Sim () Não

Já utilizou recursos tecnológicos (vídeos interativos, realidade aumentada, treinamento assistido por computador) para melhorar seus conhecimentos e habilidades cirúrgicas ou médicas em geral? () Sim () Não

Questões - Gerais	Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Indiferente	Discordo parcialmente	Discordo totalmente
Q1- Sou cirurgião e possuo vasta experiência na realização de cirurgia laparoscópica.					
Q2- Durante a atividade me esforcei para conseguir bons resultados.					
Q3- Teve momentos em que me senti desmotivado e quis desistir da atividade.					
Q4- Me sentir estimulado a aprender e treinar habilidades com o jogo.					
Q5- Minhas habilidades melhoraram no decorrer do jogo.					
Q6- Acredito que o jogo me permitirá interagir com outros jogadores e ampliar minha motivação em aprender					
Q7- Após concluir o jogo pude notar melhorias nas habilidades que pratiquei durante a realização das atividades.					

Questões - Atividade 1	Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Indiferente	Discordo parcialmente	Discordo totalmente
Q8 - O nível de dificuldade da tarefa 1 estava ideal para o aprendizado.					
Q9- A atividade me permitiu treinar adequadamente navegação com o instrumental					
Q10- A atividade me permitiu treinar adequadamente coordenação visual (mão-olho)					
Q11- A atividade me permitiu treinar adequadamente manipulação de objetos e estimativa de profundidade					
Q12- A atividade me permitiu treinar adequadamente precisão e rapidez nos movimentos					
Q13- As técnicas de gamificação adotadas me motivaram a executar a atividade.					
Q14- O feedback (sonoro, visual, tátil) durante a realização das atividades estava ideal.					
Q15- A execução da atividade foi relevante para o aprendizado de habilidades básicas para a realização de cirurgia laparoscópica					
Q16- O design da interface da atividade é atraente.					

Tempo de execução: 1a. vez: ____:____ 2a. vez: ____:____ 3a. vez: ____:____ 4a. vez: ____:____ 5a. vez: ____:____
 Completou atividade? S/N:

() 1a. vez () 2a. vez () 3a. vez () 4a. vez () 5a. vez

Questões - Atividade 2	Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Indiferente	Discordo parcialmente	Discordo totalmente
O nível de dificuldade da tarefa 2 estava ideal para o aprendizado.					
A atividade me permitiu treinar adequadamente navegação com o instrumental					
A atividade me permitiu treinar adequadamente coordenação visual (mão-olho)					
A atividade me permitiu treinar adequadamente manipulação de objetos e estimativa de profundidade					
A atividade me permitiu treinar adequadamente precisão e rapidez nos movimentos					
As técnicas de gamificação adotadas me motivaram a executar a atividade.					
O feedback (sonoro, visual, tátil) durante a realização das atividades estava ideal.					
A execução da atividade foi relevante para o aprendizado de habilidades básicas para a realização de cirurgia laparoscópica					
O design da interface da atividade é atraente.					

Tempo de execução: 1a. vez: ___:___ 2a. vez: ___:___ 3a. vez: ___:___ 4a. vez: ___:___ 5a. vez: ___:___
 Completou atividade? S/N:

() 1a. vez () 2a. vez () 3a. vez () 4a. vez () 5a. vez

Questões se experiência prévia com caixa preta convencional (sem realidade aumentada ou virtual)	Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Indiferente	Discordo parcialmente	Discordo totalmente
As atividades que realizei no modelo me permitiram aprendizado superior ao de uso de caixa preta convencional.					
As atividades que realizei no modelo me trouxeram motivação para aprender superior ao de uso de caixa preta convencional.					

Sugestões e críticas sobre o modelo:

Eu, _____, autorizo o uso das informações acima, de forma anônima, para fins de avaliação do modelo supra-citado, com o intuito de produção e desenvolvimento científico.

Fortaleza, ___/___/2015

Assinatura