



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO**



RODRIGO MONTEIRO DE LIMA

**DOCTRAINING: UM AMBIENTE 3D COM JOGO SÉRIO
PARA O TREINAMENTO DE ESTUDANTES DE MEDICINA
EM CASOS CLÍNICOS**

**MOSSORÓ – RN
2016**

RODRIGO MONTEIRO DE LIMA

**DOCTRAINING: UM AMBIENTE 3D COM JOGO SÉRIO
PARA O TREINAMENTO DE ESTUDANTES DE MEDICINA
EM CASOS CLÍNICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação – associação ampla entre a Universidade Federal Rural do Semi-Árido e a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Araken de Medeiros Santos – UFERSA.

Coorientador: Prof. Dr. Francisco Milton Mendes Neto – UFERSA.

**MOSSORÓ – RN
2016**

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do(a) autor(a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data da defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu(a) respectivo(a) autor(a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
BIBLIOTECA CENTRAL ORLANDO TEIXEIRA - CAMPUS MOSSORÓ
Setor de Informação e Referência

L732d Lima, Rodrigo Monteiro de.

DocTraining: um ambiente 3D com jogo sério para o treinamento de estudantes de medicina em casos clínicos / Rodrigo Monteiro de Lima. - Mossoró, 2016.

82f: il.

Orientador: Araken de Medeiros Santos

Co-Orientador: Francisco Milton Mendes Neto

Dissertação (MESTRADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

1. Realidade virtual. 2. Sistema multiagente. 3. Óculos virtuais - ambiente 3D. 4. Aprendizado de máquina. 5. Jogo sério - treinamento. I. Título

RN/UFERSA/BOT/056

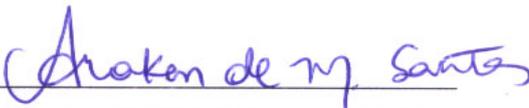
CDD 006.8

RODRIGO MONTEIRO DE LIMA

**DOCTRAINING: UM AMBIENTE 3D COM JOGO SÉRIO
PARA O TREINAMENTO DE ESTUDANTES DE MEDICINA
EM CASOS CLÍNICOS**

APROVADA EM: 01 / março / 2016

BANCA EXAMINADORA:



Araken de Medeiros Santos, D.Sc.

Orientador (UFERSA)



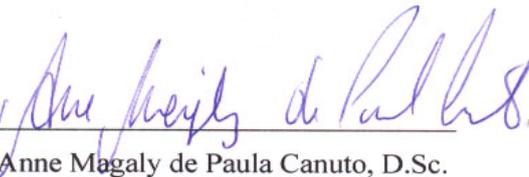
Francisco Milton Mendes Neto, D.Sc.

Coorientador (UFERSA)



Cicília Raquel Maia Leite, D.Sc.

Examinadora Interna (UERN)



Anne Magaly de Paula Canuto, D.Sc.

Examinadora Externa (UFRN)



Eduardo Henrique da Silva Aranha, D.Sc.

Examinador Externo (UFRN)

Dedico este trabalho especialmente a Deus, a minha esposa, Lília Sampaio Silva de Lima, aos meus pais, Jonas Félix de Lima e Maria das Graças Matias Monteiro de Lima, e irmã, Rafhaela Monteiro de Lima.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado o dom da vida e por me amparar em todos os momentos. Sem ele não conseguiria forças para seguir sempre em frente. A Maria, boa mãe, que sempre me acolheu e protegeu em seu manto sagrado.

Aos meus pais pelo amor e apoio incondicional. Minha mãe Maria das Graças Matias Monteiro de Lima, minha heroína, que me ensinou o que é dedicação, determinação e doação aos filhos. Meu pai Jonas Félix de Lima, meu herói, um homem batalhador que sempre me motivou nos estudos e na busca de meus sonhos.

À minha esposa, Lília Sampaio Silva de Lima, que me oferece suporte e motivação para atingir meus objetivos. Obrigado pela dedicação e paciência, ajudando em todas as dificuldades. A ela devo muito e por ela luto.

À minha irmã, Rafaela Monteiro de Lima, que assim como eu, buscou os estudos longe da família e sabe o quanto é difícil ficar longe de quem a gente ama. Sei que sempre fui um irmão chato e protetor, mas esse sempre foi o meu jeito de dizer o quanto a amo.

Ao orientador e amigo Prof. Araken de Medeiros Santos, que soube guiar com discernimento minha caminhada no mestrado. Sempre me ajudando em minhas indagações, me orientando e exigindo quando necessário.

Ao coorientador e amigo Prof. Francisco Milton Mendes Neto, pela disposição e suporte ao longo da vida acadêmica. Sou grato ao Milton desde a graduação, pois ele sempre acreditou em meu potencial e me fez tornar-me um ser humano melhor. Sempre me fazendo ir mais além e em acreditar no potencial de ser um professor pesquisador. Obrigado pelas experiências e oportunidades.

Aos amigos dos Laboratórios de Engenharia de Software da UFERSA e UERN, que sempre me ajudaram e tornaram os dias de mestrado mais felizes. Aos amigos de mestrado que me ajudaram nos estudos das disciplinas e me deram caronas entre Mossoró – RN e Aracati – CE. Aos amigos do apartamento 05 do condomínio Oeste Village, intitulado de *Yellow Submarine*, pelas risadas, encontros e partidas de Dota 2.

Ao Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação das universidades UFERSA e UERN, por seu corpo docente, direção e administração, pela competência, comprometimento e ética que tornaram possível essa conquista.

À CAPES, pelo apoio financeiro que viabilizou a realização deste trabalho.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para minha formação.

“Se não puder destacar-se pelo talento, vença pelo esforço.”

(Dave Weinbaum)

RESUMO

Dados do Superior Tribunal de Justiça do Brasil mostram informações preocupantes sobre o número de denúncias de erros médicos no país. A simulação através de realidade virtual se encaixa em situações onde as chances de erros existem, pois a mesma não traz danos a nenhum meio, visto que tudo é simulado por computador. A fim de mitigar os erros médicos e apoiar o processo de aprendizagem de estudantes de medicina, este trabalho propõe o desenvolvimento da plataforma de realidade virtual DocTraining. A ferramenta de apoio é dividida em: ambiente 3D, sistema on-line para gerenciamento de dados de usuário, jogo sério para simulação de casos clínicos e CSDA (Criador de Sintomas, Doenças e Amostras). A simulação de casos clínicos é feita através de ambiente 3D, aplicativo móvel usando sintetizador de voz e imersão através de óculos de realidade virtual. O ambiente conta com características de gamificação como mecanismo motivacional de uso para os usuários. Dentro do ambiente 3D, assuntos de medicina são ofertados, pelos NPCs (*Non Playable Characters*), com o objetivo de oferecer conhecimentos auxiliares que facilitem a identificação de doenças nos pacientes ou assuntos de medicina de uma maneira geral. Professores podem verificar qual a pontuação de seus alunos e tomar medidas adicionais em sala de aula para sanar dúvidas. O sistema conta com um sistema multiagente e aprendizado de máquina para classificação de doenças oferecidas pelos pacientes virtuais.

Palavras-Chave: sistemas multiagente; simuladores de casos clínicos; óculos virtuais; aprendizado de máquina; gamificação; sintetizador de voz; ambientes virtuais.

ABSTRACT

Data from the Superior Court of Justice of Brazil show worrying information's about the number of medical errors complaints in the country. The simulation using virtual reality fits in situations where the chances of mistakes exist, because it does not bring damage to any means, since everything is simulated by computer. In order to mitigate medical errors and support the learning process of medical students, this work proposes the development of virtual reality platform DocTraining. The support tool is divided into: 3D environment, online system for user data management, Serious Game for simulating clinical and CSDS (Creator Symptoms, Diseases and Samples). The simulation of medical appointments is done through 3D environment, mobile application using voice synthesizer and by virtual reality goggles. The environment has gamification features as a motivational mechanism of use for users. Within the 3D environment, medical subjects are offered by the NPCs (Non Playable Characters), with the goal of providing auxiliary knowledge to facilitate the identification of diseases in patients or medical issues in general. Professors can check the score of their students and take extra steps in class to clarify doubts. The system has a multi-agent system and machine learning for disease classification offered by virtual patients.

Keywords: multi-agent system; simulators for clinical cases; virtual glasses; machine learning; gamification; voice synthesizer; virtual environment.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplos de algoritmos para paradigmas de AM.....	60
Tabela 2 – Detalhes dos arquivos utilizados para aprendizado.....	61
Tabela 3 – Dados após o processamento da relação DoençasGerais usando o algoritmo j48.	62
Tabela 4 – Informações após o processamento da relação Diabetes usando j48	62
Tabela 5 – Informações da execução da relação DoençasGerais usando BayesNet.	62
Tabela 6 – Resultados do processamento da relação Diabetes com o algoritmo BayesNet.....	62
Tabela 7 – Dados da execução da relação DoençasGerais com o algoritmo IBk.	63
Tabela 8 – Dados após o processamento da relação Diabetes usando IBk.	63
Tabela 9 – Valores obtidos após o processamento da relação DoençasGerais usando MLP..	63
Tabela 10 – Informações da execução da relação Diabetes usando o algoritmo MLP.	63
Tabela 11 – Perguntas que serão realizadas com estudantes para validação da ferramenta	65
Tabela 12 – Arquivo DoencasGerais.arff usado no DocTraining.	74
Tabela 13 – Arquivo Diabetes.arff utilizado no DocTraining.....	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – (a) Exemplo de RV não imersiva utilizando monitor (b) Exemplo de RV imersiva utilizando capacete de imersão	21
Figura 2 – Demonstração da equação de velocidade média no Fisicalândia.....	22
Figura 3 – Resultados sobre a utilização de gamificação em trabalhos científicos entre os anos de 2010 e 2013.....	24
Figura 4 – Contextualizando a gamificação	25
Figura 5 – Hierarquia de aprendizado	29
Figura 7 – Visão geral de um agente padrão	33
Figura 8 – Tela de conversa entre estudante e paciente virtual	35
Figura 9 – Tela de consulta entre aluno e paciente.....	36
Figura 10 – (a) Controle de computador utilizado (b) Suporte para a mão do treinando (c) Simulador 3D.....	37
Figura 11 – Arquitetura SimDECS.....	38
Figura 12 – Experimentos entre colisões de objetos 3D entre uma seringa e uma mama.....	39
Figura 13 – Arquitetura UniVirtual	40
Figura 14 – Visão geral para computadores de mesa e <i>laptops</i>	42
Figura 15 – Visão geral para <i>smartphones e tablets</i>	42
Figura 16 – <i>Site</i> de divulgação do projeto	43
Figura 17 – Execução da função gerenciamento de dados de usuário em um <i>desktop</i>	44
Figura 18 – Tela de seleção de gênero de personagem	45
Figura 19 – Obtenção da conquista “Falar é ouro e calar é prata”	46
Figura 20 – Interação entre dois jogadores.....	46
Figura 21 – (a) Jogador se aproximando de NPC (b) Conteúdo educativo passado para o aluno	47
Figura 22 – Tela inicial de aplicativo móvel	48
Figura 23 – Tela de consulta. Paciente informa os sintomas aos estudantes de maneira textual e através de sintetizador de voz	49
Figura 24 – Óculos virtual GoogleCardBoard.....	50
Figura 25 – Tela inicial de consulta usando óculos virtual	50
Figura 26 – Sala de exames com paciente virtual	51
Figura 27 – Estudante na tela de escolha de dificuldade.....	52

Figura 28 – Paciente virtual informando os sintomas através do navegador de internet	52
Figura 29 – Tela de seleção de diagnóstico	53
Figura 30 – Diagrama de casos de uso do estudante	54
Figura 31 – Diagrama de casos de uso do professor	54
Figura 32 – Modelo de organização	55
Figura 33 – Diagrama de sequência de mensagem.....	55
Figura 34 – (a) Componente criado para uso do especialista de saúde (b) Arquivo <i>arff</i> para treinamento do aprendizado de máquina	57
Figura 35 – Expansão do sistema a partir da inserção de novos agentes de <i>software</i>	58

LISTA DE SIGLAS

ACM	<i>Association for Computing Machinery</i>
AIML	<i>Artificial Intelligence Markup Language</i>
AM	Aprendizado de Máquina
API	<i>Application Programming Interface</i>
CREMESP	Conselho Regional de Medicina de São Paulo
DAC	Desenho Assistido por Computador
DM	<i>Diabetes Mellitus</i>
DOF	<i>Degrees of Freedom</i>
EaD	Educação a Distância
ENIAC	Encontro Nacional de Inteligência Artificial e Computacional
FIPA	<i>Fundation of Intelligent Physical Agents</i>
GPL	<i>General Public License</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
IA	Inteligência Artificial
IBM	<i>International Business Machines</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
JADE	<i>Java Agent DEvelopment</i>
MLP	<i>MultiLayerPerceptron</i>
NPCs	<i>Non Playable Characters</i>
NTICS	Novas Tecnologias de Informação e Comunicação
PCR	Preparo do Canal Radicular
PHP	<i>HyperText Preprocessor</i>
RBC	Raciocínio Baseado em Casos

RV	Realidade Virtual
SDK	<i>Software Development Kit</i>
SMA	Sistema Multiagente
STJ	Superior Tribunal de Justiça
TAM	<i>Technology Acceptance Model</i>
TJE	Tribunal de Justiça do Estado
UERN	Universidade do Estado do Rio Grande do Norte
WEKA	<i>Waikato Environment for Knowledge Analysis</i>

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	16
1.1.	CONTEXTUALIZAÇÃO E MOTIVAÇÃO.....	16
1.2.	PROBLEMÁTICA.....	17
1.3.	OBJETIVO.....	17
1.4.	ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	18
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1.	REALIDADE VIRTUAL	19
2.1.1.	Definição	19
2.1.2.	Tipos de Realidade Virtual	20
2.1.3.	Aplicabilidade.....	21
2.2.	JOGOS SÉRIOS	23
2.3.	GAMIFICAÇÃO	24
2.4.	APRENDIZADO DE MÁQUINA.....	26
2.4.1.	Definição	26
2.4.2.	Aplicabilidade.....	27
2.4.3.	Hierarquia de Aprendizado	27
2.4.4.	Tipos de Aprendizado de Máquina	29
2.4.5.	Processo de Classificação	31
2.5.	AGENTES E SISTEMAS MULTIAGENTE.....	31
2.5.1.	Agente Computacional	31
2.5.2.	Sistemas Multiagente	34
3.	TRABALHOS RELACIONADOS.....	35
4.	DOCTRAINING	41
4.1.	VISÃO GERAL	41
4.2.	SITE E SISTEMA ON-LINE PARA GERENCIAMENTO DE DADOS DE USUÁRIO	43
4.3.	AMBIENTE 3D GAMIFICADO.....	45
4.4.	JOGO SÉRIO PARA TREINAMENTO DE ESTUDANTES DE MEDICINA.....	47
4.5.	AGENTES INTELIGENTES	53
4.5.1.	Modelagem.....	53
4.5.2.	Tipos de agentes	55

4.6.	CSDA (CRIADOR DE SINTOMAS, DOENÇAS E AMOSTRA).....	56
4.7.	SISTEMA EXPANSÍVEL.....	57
4.8.	TECNOLOGIAS USADAS.....	58
5.	VALIDAÇÕES E RESULTADOS.....	60
5.1.	VALIDAÇÃO COMPUTACIONAL.....	60
5.2.	VALIDAÇÃO COM USUÁRIOS.....	64
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS.....	67
6.1.	TRABALHOS FUTUROS.....	67
6.2.	PUBLICAÇÕES.....	67

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO E MOTIVAÇÃO

Informações do Superior Tribunal de Justiça do Brasil mostram um aumento no número de denúncias por erros médicos desde o ano de 2011. Em decorrência disso, o Conselho Federal de Medicina realizou, no mesmo ano, um teste não obrigatório para alunos do último ano do curso de medicina por todo o país. O teste teve como objetivo verificar os conhecimentos adquiridos pelos estudantes no decorrer de todo o curso. Os resultados foram preocupantes, pois 46% dos estudantes foram reprovados, com grande número de respostas erradas em saúde pública, obstetrícia, clínica médica e pediatria (G1, 2012).

Os estudantes apresentaram desconhecimento no diagnóstico e tratamento para infecção de garganta, meningite e sífilis (G1, 2012). Em 2012, o teste passou a ser obrigatório no estado de São Paulo no Brasil pelo CREMESP (Conselho Regional de Medicina de São Paulo). O resultado do exame no estado foi de apenas 54,38% de aprovação por estudantes da rede particular de ensino, contra 63,7% de aprovação por estudantes de universidades públicas. Em 2013 e 2014, o índice de reprovados foi de, respectivamente, 54,5% e 59%. Dados preocupantes para o CREMESP em Campinas, que é uma cidade do estado de São Paulo, visto que os alunos após o curso irão lidar com vidas humanas, havendo risco para a própria população (CREMESP, 2014).

O número de registros de denúncias por erro médico no estado do Rio Grande do Sul no Brasil apresentou um crescimento preocupante nos últimos 14 anos. O Tribunal de Justiça do Estado (TJE) registrou, neste período, 935 demandas, ou seja, um aumento de 1.190% em relação aos anos anteriores. Os índices são ainda maiores nas demandas do Superior Tribunal de Justiça (STJ), onde o percentual de aumento chega a 1.600% em apenas 10 anos. O conselho regional de medicina de Mato Grosso, outro estado brasileiro, recebeu, em 2014, 163 denúncias de falhas cometidas por médicos situados no estado. As denúncias chegam a 385 se somadas com as realizadas em 2013 (SILVA *et al.*, 2014).

1.2. PROBLEMÁTICA

Desenvolver um simulador de medicina requer cuidados, pois posteriormente os estudantes de medicina irão lidar com vidas humanas e não poderão cometer erros. Um ponto a ser levado em consideração é o realismo presente no simulador. Outro ponto são os dados processados e as informações mostradas aos estudantes que precisam ser verdadeiras. Para isso, é imprescindível que todos esses dados sejam analisados por profissionais capacitados da área.

Além disso, cada doença apresenta vários sintomas particulares ou mútuos entre si. Nesse contexto, surge um novo problema: como processar essa grande quantidade de dados contidas na base de amostras de doenças e retorná-las em diversos dispositivos computacionais com um baixo tempo de processamento? Outro ponto é a inserção de novos dados na base de informações do simulador. Profissionais da saúde precisam de uma interface simples e fácil de usar para que se sintam motivados a incrementar o sistema.

Hoje a computação está por toda a parte na vida dos estudantes. Seja através de um *smartphone*, *tablet*, *notebook* ou *desktop*. Isso possibilita que os sistemas sejam ofertados de diversas maneiras, mas também traz a necessidade de que o produto possua características motivadoras ao uso para os usuários, em vista da quantidade de informações que podem dispersar os estudantes.

1.3. OBJETIVO

Considerando a problemática apresentada na seção anterior, esta dissertação tem como objetivo desenvolver uma ferramenta motivadora, realista e auxiliar no processo de ensino e aprendizagem para estudantes e professores de medicina como estratégia para mitigar o crescente número de erros médicos em casos clínicos após os estudantes deixarem a faculdade.

A fim de simular pacientes reais, o sistema conta com agentes que simulam problemas de saúde e precisam de um diagnóstico pelos estudantes. Para oferecer um ambiente realista e imersivo, foram utilizados ambientes em três dimensões e óculos de Realidade Virtual (RV).

O uso de mecânicas de *design* de jogos (gamificação) veio para oferecer um ambiente motivador e divertido de se usar.

Para a inserção e análise de dados sobre as amostras de doenças presentes no ambiente, foram criadas interfaces de uso para os profissionais de saúde. Professores também podem inserir informações acerca de assuntos de medicina através de uma interface *web*. Essas informações serão passadas para os alunos através do ambiente 3D. Para processamento de informações sobre doenças e verificação da veracidade de diagnóstico dado pelo usuário, foram utilizados algoritmos de aprendizado de máquina.

1.4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está organizada da seguinte forma: no Capítulo 2, são apresentados conceitos sobre realidade virtual, jogos sérios, gamificação, aprendizado de máquina, agentes e sistemas multiagente. No Capítulo 3 são mostrados trabalhos relacionados ao tema. O Capítulo 4 oferece detalhes do ambiente de treinamento como visão geral do sistema; site de divulgação e sistema para gerenciamento de dados de usuário; ambiente 3D com gamificação; jogo sério para treinamento de estudantes de medicina; agentes inteligentes; CSDA (Criador de Sintomas Doenças e Amostras); sistema expansível e tecnologias utilizadas. No Capítulo 5 são discutidos os resultados obtidos na validação da proposta. Por fim, o Capítulo 6 traz as considerações finais e perspectivas de trabalhos futuros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste Capítulo são mostrados conceitos acerca do referencial teórico utilizado para o desenvolvimento do presente trabalho. Foram abordados os temas de realidade virtual, como sua definição, tipos e aplicabilidade; jogos sérios; gamificação; aprendizado de máquina, com sua definição, aplicabilidade, hierarquia de aprendizado, tipos e processo de classificação; e, por fim, agentes e sistema multiagente.

2.1. REALIDADE VIRTUAL

Algumas áreas onde a RV pode ser utilizada são educação, treinamento na área médica, militar e simuladores de voo. Esse tipo de sistema tem sido utilizado em diferentes domínios, onde os treinamentos convencionais são caros, complexos ou perigosos (YANG; WU, 2010). A realidade virtual se encaixa em situações onde a falta de recursos e riscos existem, pois a mesma não traz riscos a nenhum meio, visto que tudo é simulado por computador (BRASIL *et al.* 2011).

2.1.1. Definição

Morie (1994) *apud* Kera *et al.* (2011) define um ambiente virtual como um ambiente 3D ou espaço imaginário gerado por computador. Em geral, os ambientes virtuais visam reproduzir situações do mundo real ou próximas daquelas percebidas por esse. Tem como finalidade permitir a simulação, treinamento, visualização ou outro tipo de atividade por meio de técnicas de realidade virtual.

Latta *et al.* (1994) conceituam a RV como uma avançada interface homem-máquina que simula um ambiente realístico, permitindo que os participantes interajam com ele. Essa interface é considerada como sendo a mais avançada até o presente momento, pois busca levar ao usuário sensações que lhe dão informações sobre o mundo virtual como se ele realmente existisse naquele ambiente.

Mesmo antigas, as definições de Morie (1994) e Latta *et al.* (1994) continuam sendo válidas até o presente momento. Em estudos mais recentes, Hamid *et al.* (2014) definem RV como sendo uma aplicação de computador com o objetivo de criar interatividade via um mundo em três dimensões onde os objetos tem uma forma espacial. Esse tipo de aplicação não somente provê um ambiente para visualização real em três dimensões, mas também possibilita a interação com os objetos presentes em seu mundo melhorando a tomada de decisões.

Brasil *et al.* (2011) definem RV como sendo sistemas de realidade virtual que representam ambientes 3D gerados por computador, chamados de ambientes virtuais, e que possuem periféricos, tais como óculos de imersão e/ou dispositivos de interação que são usados para criar interações entre os usuários e o ambiente simulado.

2.1.2. Tipos de Realidade Virtual

Em seu livro¹, Tori, Kirner e Siscoutto (2006) conceituam duas maneiras de se classificar sistemas de realidade virtual. Essa classificação se dá em função do senso de presença do usuário e pode ser classificada em imersiva ou não imersiva.

- **Imersiva:** usuário é transportado predominantemente para o domínio da aplicação, através de dispositivos multissensoriais que capturam os movimentos do usuário e reagem a esses. Alguns dispositivos são capacetes imersivos e cavernas digitais. Esses sistemas provocam uma sensação para o usuário de presença dentro do ambiente virtual.
- **Não imersiva:** usuário é transportado parcialmente para o mundo virtual. Alguns dispositivos usados por esses sistemas são monitores e projetores de imagens. O usuário continua sentindo sua presença no mundo real. A Figura 1 apresenta exemplos de RV imersiva e não imersiva.

¹ Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada - ISBN 85-7669-068-3.



Figura 1 – (a) Exemplo de RV não imersiva utilizando monitor (b) Exemplo de RV imersiva utilizando capacete de imersão

Fonte: (TORI; KIRNER; SISCOUTO, 2006)

2.1.3. Aplicabilidade

Vince (1995), Burdea *et al.* (1994) e Sherman *et al.* (2002) *apud* Tori *et al.* (2006) dividem a aplicabilidade da RV nas seguintes áreas:

- Aplicações industriais: a utilização de *softwares* de Desenho Assistido por Computador (DAC) em aplicações industriais tem sido bastante difundida. A RV, no entanto, vai além de apenas criar os objetos 3D, mas proporciona a inspeção em tempo real e a interação com o objeto em análise pelo usuário. Algumas aplicações industriais de RV são: visualização de protótipos, treinamento, avaliação de fatores ergométricos, simulação de montagens, simulação da dinâmica de estruturas, avaliação de tensões, etc.
- Aplicações médicas: computadores tiveram um enorme impacto na medicina. Exemplos de sua utilização podem ser o processamento de imagens tomográficas em 3D e a monitoração de pacientes. A RV proporcionou a medicina ir além dessas aplicações, possibilitando, por exemplo, o treinamento cirúrgico em cadáveres virtuais. Aplicações de RV na medicina são: ensino de anatomia, visualização de órgãos usando realidade aumentada, simulação cirúrgica, tratamento para pessoas especiais, etc.

- Aplicações educacionais: a RV pode auxiliar o processo de ensino e aprendizagem de diversas disciplinas, como Física, Química ou Biologia, através de aplicações que simulem conceitos dessas disciplinas. Um exemplo é a aplicação criada por Lima *et al.* (2011). Os autores desenvolveram um ambiente virtual chamado de *Fiscalândia*, que simula conceitos físicos e como esses podem ser aplicados em situações do mundo real. A Figura 2 apresenta uma demonstração da equação de velocidade média e sua simulação no ambiente virtual.
- Aplicações em artes: a RV proporciona à área de artes a criação de museus virtuais, os quais podem ser acessados de qualquer lugar do mundo pelos usuários. Isso possibilitou a difusão de obras de artistas em diversas partes do mundo, bem como a oferta dessas criações pelos artistas. Além disso, possibilitou a criação de pinturas em relevo, música com instrumentos virtuais, entre outras aplicações.
- Aplicações científicas: a RV proporciona a visualização de conceitos abstratos para os matemáticos, comportamento de galáxias para os astrônomos ou estruturas atômicas para os físicos, entre outras áreas de pesquisa científica. Sua aplicação inclui visualização de superfícies planetárias, síntese molecular, visualização de elementos matemáticos, análise em nível atômico, etc.

Há muitas outras aplicações envolvendo RV, como treinamentos, cidades virtuais, comércio eletrônico, modelagem, simuladores, estúdios virtuais, etc. A cada nova necessidade, uma aplicação de RV é desenvolvida, proporcionando a expansão do uso de aplicações desse gênero (TORI; KIRNER; SISCOUTO, 2006).



Figura 2 – Demonstração da equação de velocidade média no Fiscalândia.

Fonte: (LIMA *et al.*, 2011)

2.2. JOGOS SÉRIOS

Apesar do termo *serious games* (jogos sérios) ser utilizado desde 1969, através do livro *Serious Games* de Abt (1987), apenas na última década esse termo tem ganhado mais atenção na área acadêmica e profissional. Um dos responsáveis foi a criação da *Serious Games Initiative* pela *Woodrow Wilson International Center for Scholars* que visava o estabelecimento de uma colaboração entre as indústrias de jogos eletrônicos e de projetos envolvendo o uso de jogos na educação, treinamento, saúde e políticas públicas (SILVA; 2012).

Abt (1987) descreve jogos sérios como sendo jogos com características explícitas e cuidadosamente pensadas com propósitos educacionais e não se destinam a ser jogados somente para diversão. Isso não significa que jogos sérios não são, ou não podem ser divertidos. Jogos sérios são efetivos no processo de ensino e treinamento para estudantes de todas as idades em muitas situações, pois são altamente motivadores e simulam conceitos teóricos de maneira fácil e de rápida assimilação.

Atualmente professores utilizam recursos adicionais para simular fenômenos que estão sendo estudados em sala de aula. No entanto, esta prática normalmente se limita à demonstração de fenômenos apresentados pelo professor. O aluno continua participando apenas como expectador e não tem a oportunidade de realizar experimentos diversos e individuais. A aula, com o auxílio desses recursos, continua sendo expositiva e os alunos se mantêm em uma posição passiva no processo de aquisição de conhecimento. Quando alunos têm a oportunidade de realizar experimentos próprios, através de jogos sérios, por exemplo, eles passam a assumir uma postura ativa no processo de aprendizagem e constroem o conhecimento necessário (LIMA *et al.* 2012).

Jogos sérios têm sido empregados como tecnologia de aprendizagem atrativa e estimulante para os usuários. A aprendizagem baseada em jogos ganhou importância no campo da aprendizagem a distância. O uso de jogos sérios mitiga a evasão dos estudantes no ambiente de aprendizado, devido sua atratividade (YESSAD; LABAT; KERORVANT, 2010).

Os processos de aprendizagem estão passando por uma fase importante de transição, visto os diferentes métodos, técnicas e paradigmas aplicados e especialmente desenvolvidos para a área da educação. A utilização das Novas Tecnologias de Informação e Comunicação (NTICS) como forma de complementar as atividades de ensino podem ser vistas como um

dos principais avanços nas últimas décadas. A criação de jogos sérios surge como uma nova ferramenta para auxiliar os *softwares* de aprendizagem tradicionais. Esses ambientes trazem uma maior imersão do aluno no processo de aprendizagem, onde o mesmo experimenta sensações multimodais (VOSS, 2013).

2.3. GAMIFICAÇÃO

De acordo com Hamari, Koivisto e Sarsa (2014), durante os últimos anos a gamificação, do inglês *gamification*, tem sido tendência em novos estudos como forma de apoiar o envolvimento dos usuários, melhorando sua experiência e desempenho em qualquer atividade. Alguns objetivos da utilização dessa metodologia em trabalhos são: aumentar a atividade do usuário junto ao sistema e aumentar a interação social e a qualidade produtiva de suas ações.

O Papel da gamificação tem como objetivo trazer as mesmas experiências psicológicas que os jogos trazem para processos que não são jogos propriamente ditos (HUOTARI; HAMARI, 2012). Outros pesquisadores afirmam que o termo tem como objetivo trazer as mesmas características explícitas usadas em jogos, independentemente dos resultados obtidos (DETERDING *et al.*, 2011).

Hamari, Koivisto e Sarsa (2014) realizaram uma revisão literária de trabalhos que utilizaram *gamification* nos últimos anos. A revisão foi feita nas seguintes bases de dados: EBSCOHost, Scopus, ScienceDirect, Web of Science, ACM Digital Library, AISel, Google Scholar e Proquest. O estudo mostrou um aumento no interesse em *gamification* na área acadêmica. O número de artigos publicados sobre o tema está crescendo, como mostra a Figura 3.

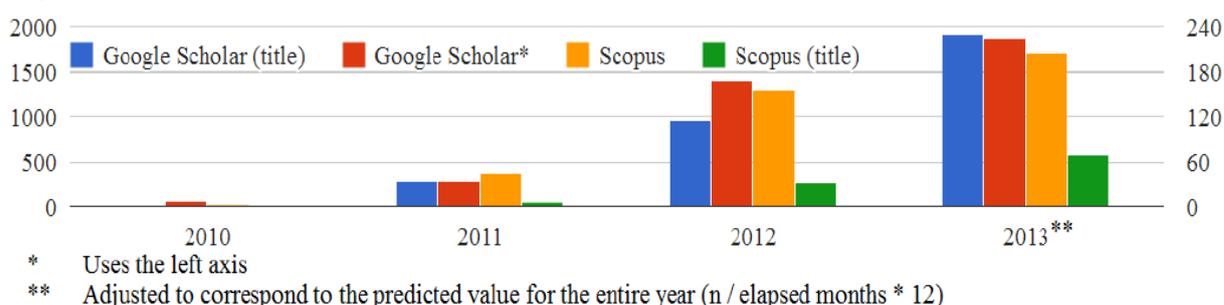


Figura 3 – Resultados sobre a utilização de gamificação em trabalhos científicos entre os anos de 2010 e 2013

Fonte: (HAMARI; KOIVISTO; SARSA, 2014)

De acordo com Fardo (2013), a gamificação é um fenômeno emergente, derivando diretamente da popularidade dos jogos, e de suas capacidades intrínsecas de motivar a ação, resolver problemas e potencializar aprendizagens nas diversas áreas do conhecimento. De acordo com Esa (2012), quase todas as residências dos Estados Unidos possuem pelo menos um dispositivo computacional² com capacidade para executar jogos digitais. A idade média dos jogadores no país é de trinta anos. Já no Brasil, o impacto da indústria dos jogos não se equipara à dos EUA. Cerca de 23% dos brasileiros jogam jogos digitais, totalizando em média 45 milhões de jogadores por todo o país (ORRICO, 2012).

A origem da gamificação veio em sua aplicação em programas de *marketing* e aplicações para internet. Sua finalidade era motivar, engajar e fidelizar usuários e clientes. A gamificação pressupõe a utilização de elementos encontrados nos jogos, como: narração, sistema de *feedback*, recompensas, conflito, desafios, cooperação, competição, objetivos, níveis de dificuldade, diversão, interação e interatividade, em atividades que não possuem direta ligação com jogos (ZICHERMANN; CUNNINGHAM, 2012) *apud* Fardo (2013).

A fim de diferenciar a gamificação de contextos semelhantes, a Figura 4 apresenta o termo sobre dois eixos. O eixo horizontal traz a ideia de um jogo completo em sua extremidade esquerda e o uso de elementos de jogos em sua outra extremidade. Já o vertical vai da brincadeira ou atividade livre e descontraída, em seu nível inferior, até o ato de jogar um jogo propriamente dito, em seu nível superior. A partir da Figura 4, pode-se concluir que a *gamification* usa elementos de jogos, mas seu resultado não é um jogo completo.

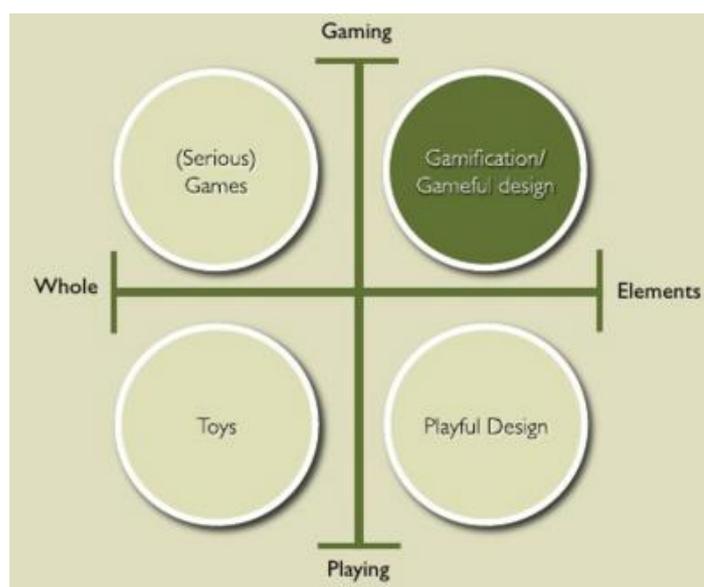


Figura 4 – Contextualizando a gamificação

Fonte: (DETERDING *et al.*, 2011)

² Computador de mesa, *notebook*, *smartphone*, console ou *tablet*.

2.4. APRENDIZADO DE MÁQUINA

2.4.1. Definição

Quando questionada sobre quais habilidades são essencialmente mais humanas e mais difíceis de serem realizadas por computadores, a maioria das pessoas mencionam linguagem e aprendizado. Essas duas áreas têm funcionado como objetivo, desafio e meio de teste para o progresso da Inteligência Artificial (IA). A razão pela qual a linguagem e o aprendizado serem áreas de pesquisas tão difíceis é que elas englobam muitas outras habilidades humanas inteligentes (LUGER, 2013).

Luger (2013) afirma que o aprendizado é importante para aplicações práticas de inteligência artificial. O aprendizado envolve a generalização a partir da experiência: o desempenho deve melhorar não apenas na repetição da mesma tarefa, mas também em tarefas semelhantes no domínio. Domínios podem ser grandes, um sistema aprendiz normalmente examina apenas uma amostra de todos os exemplos possíveis e, a partir dessa experiência limitada, o sistema aprendiz deve generalizar, de maneira correta, para ocorrências do domínio não vistas anteriormente.

Luger (2013) explica que aprendizado de máquina conta com uma característica chamada de indução. A indução é a forma de inferência lógica que permite que conclusões gerais sejam obtidas de exemplos ou observações particulares. Na maioria dos problemas de aprendizado, os dados disponíveis não são suficientes para garantir a generalização ideal, não importando que algoritmo seja usado. Essa indução é caracterizada como o raciocínio que parte do específico para o geral, do particular para o universal, da parte para o todo, da amostra para a população. As máquinas de aprendizado devem generalizar usando heurísticas, ou seja, devem selecionar aqueles aspectos de sua experiência que são os mais prováveis de se mostrarem efetivos no futuro. Esses dados são conhecidos como vieses indutivos.

Monard *et al.* (2005) e Faceli *et al.* (2011) mostram, em seus trabalhos, definições muito próximas da explicitada anteriormente por Luger (2013). Monard *et al.* (2005) definem aprendizado de máquina como uma subárea de pesquisa muito importante em IA, pois a capacidade de aprender é essencial para um comportamento inteligente. Esse tipo de técnica estuda métodos computacionais capazes de adquirir novos conhecimentos, novas habilidades e novos meios de organizar o conhecimento já adquirido. A habilidade de fazer

generalizações dos seres humanos a partir de alguns fatos, ou descobrir padrões em conjuntos de dados aparentemente desorganizados, é feita através de indução. Indução é a forma de inferência lógica que permite que conclusões, de uma maneira geral, sejam obtidas de exemplos.

Faceli *et al.* (2011) explica que, no Aprendizado de Máquina (AM), computadores são programados para aprender com a experiência passada. Eles usam o princípio de inferência chamado de indução, onde se obtém conclusões genéricas a partir de um conjunto de exemplos. Dessa maneira, algoritmos de AM aprendem a induzir uma função ou hipótese capaz de resolver um problema a partir de um conjunto de dados que representam instâncias do problema que se quer resolver.

2.4.2. Aplicabilidade

Mesmo o AM possuindo uma forte ligação com a Inteligência Artificial, outras áreas de pesquisa são importantes e possuem contribuições diretas e significativas no avanço dessa técnica. Algumas dessas áreas são Probabilidade e Estatística, Teoria da Computação, Neurociência e Teoria da Informação. AM é uma das áreas de pesquisa da computação que mais tem crescido nos últimos anos. Diversos algoritmos de AM e adaptações desses e suas formas de utilização são propostos a cada dia na comunidade acadêmica. Além de novas variações nas características dos problemas reais a serem solucionados. Algumas aplicações de AM na solução de problemas reais são (FACELI *et al.*, 2011):

- Reconhecimento de palavras faladas;
- Predição de taxas de cura de pacientes com diferentes doenças;
- Detecção do uso fraudulento de cartões de crédito;
- Condução de automóveis de forma autônoma em rodovias;
- Ferramentas que jogam gamão e xadrez de forma semelhante a campeões;
- Diagnóstico de câncer por meio de análise de dados de expressão gênica.

2.4.3. Hierarquia de Aprendizado

Em seu livro³, Faceli *et al.* (2011) mostram que algoritmos de AM têm sido amplamente utilizados em diversas tarefas, podendo ser organizadas a partir de diferentes critérios. Um deles é em relação ao paradigma de aprendizado a ser adotado para lidar com a tarefa. De acordo com esse critério, tarefas de aprendizado podem ser divididas em:

- **Preditivas:** tem como objetivo encontrar um modelo ou hipótese, a partir de dados de treinamento que podem ser utilizados para prever um rótulo ou valor que caracterize um exemplo novo, com base nos atributos de entrada. Para tal, todo objeto do conjunto de treinamento deve conter atributos de entrada e saída. Algoritmos de AM, utilizados nessa tarefa, seguem o paradigma de aprendizado supervisionado. O termo supervisionado vem da simulação de uma presença externa chamada de supervisor externo. Esse supervisor conhece a saída, chamada de rótulo ou classe, desejada para cada exemplo. Com isso, ele pode avaliar a capacidade da hipótese induzida e prever o valor de saída para novos exemplos.
- **Descritivas:** tem como objetivo explorar ou descrever um conjunto de dados. Algoritmos de AM descritivos não fazem uso do atributo saída. Eles seguem o paradigma de aprendizado não supervisionado. Um exemplo de uma tarefa descritiva é o agrupamento de dados tendo como meta o encontro de grupos de objetos semelhantes no conjunto de dados. Outro exemplo é o encontro de regras de associação que relacionam um grupo de atributos a outro grupo de atributos.

A Figura 5 apresenta uma hierarquia de aprendizado de acordo com os tipos de tarefas de aprendizado previamente mencionados. Acima da hierarquia tem-se o aprendizado indutivo, que é o processo onde são realizadas generalizações a partir de dados. Logo abaixo, são mostrados os tipos de aprendizado: supervisionado (preditivo) e não supervisionado (descritivo). Por fim, têm-se as tarefas supervisionadas e não supervisionadas.

As tarefas supervisionadas são separadas a partir do tipo de rótulo utilizado. Classificação, quando usam rótulos discretos, e regressão, quando esses são contínuos. Já as tarefas não supervisionadas podem ser de agrupamento, quando os dados são agrupados a partir de sua similaridade; sumarização, quando o objetivo é encontrar uma descrição simples e compacta em um conjunto de dados; e associação, que consiste no encontro de padrões frequentes de associações entre os atributos de um conjunto de dados (FACELI *et al.* 2011).

³ Inteligência Artificial – Uma Abordagem de Aprendizado de Máquina - ISBN 978-85-216-1880-5.



Figura 5 – Hierarquia de aprendizado
 Fonte: (FACELI *et al.*, 2011)

O tipo de tarefa do AM do presente trabalho se enquadra como uma tarefa preditiva, visto que o sistema precisa criar um modelo, a partir da etapa de treinamento, que pode ser utilizado para prever rótulos de novos exemplos. O algoritmo de aprendizado de máquina precisa conhecer o conjunto de entradas e rótulos na etapa de treinamento, para então inferir a classe de novos exemplos não vistos anteriormente. O valor dos rótulos são discretos, pois cada doença possui uma quantidade enumerável de pacientes. Portanto, pode-se concluir que o algoritmo é supervisionado usando classificação.

Blum *et al.* (1998) e Matsubara (2004) *apud* Monard *et al.* (2005) mencionam que o aprendizado de máquina ainda pode ser classificado em semissupervisionado, que é a junção do aprendizado supervisionado e do não-supervisionado. Esse tipo de AM tem a característica de reduzir a necessidade de exemplos rotulados quando somente se tem um pequeno conjunto de dados disponível.

2.4.4. Tipos de Aprendizado de Máquina

Monard *et al.* (2005) afirmam que os diversos sistemas de Aprendizado de Máquina possuem características que possibilitam sua classificação segundo várias dimensões. tais como:

- Modos: Supervisionado; Não supervisionado; e Semissupervisionado;

- Paradigmas: Simbólico; Estatístico; Baseado em exemplos; Conexionista; e Evolutivo;
- Formas: Incremental; e Não-Incremental;
- Linguagens de Descrição: Exemplos ou Objetos; Hipóteses; e Conhecimento de Domínio.

Monard *et al.* (2003) definem os paradigmas da seguinte forma:

- Simbólico: sistemas de aprendizado simbólico buscam aprender criando representações simbólicas de um conceito através da análise de exemplos e contraexemplos desse conceito. As representações possuem, tipicamente, a forma de uma expressão lógica, árvore de decisão, regras ou rede semântica. Esse paradigma possui algoritmos que se baseiam em expressões lógicas ou árvores de decisão.
- Estatístico: consiste em utilizar modelos estatísticos para encontrar uma boa aproximação do conceito induzido. Por exemplo, um classificador linear assume que as classes podem ser expressas como combinações lineares dos valores dos atributos, procurando uma combinação linear que forneça a melhor aproximação sobre o conjunto de dados. Dentre os métodos estatísticos podem ser citados os baseados em redes bayesianas.
- Baseado em exemplos: tem como objetivo classificar exemplos nunca vistos, através de exemplos similares vistos anteriormente. São exemplos desse paradigma os algoritmos do tipo Raciocínio Baseado em Casos (RBC) ou *Nearest Neighbor* (vizinho mais próximo).
- Conexionista: tem como objetivo a construção de modelos baseados no modelo biológico do sistema nervoso humano, ou seja, nas redes neurais. A representação de uma rede neural envolve unidades conectadas e, por esse motivo, o nome conexionismo é utilizado para descrever esse paradigma. Engloba todos os algoritmos baseados em redes neurais.
- Genético: consiste de uma população de elementos de classificação que competem para fazer a predição. Elementos que possuem uma predição fraca são descartados, enquanto que aqueles que possuem uma predição mais forte continuam sendo executados. Exemplos desse paradigma são algoritmos genéticos.

2.4.5. Processo de Classificação

De maneira geral, o processo de classificação dos algoritmos de AM pode ser ilustrado na Figura 6. O conhecimento sobre o domínio pode ser utilizado para escolher os dados ou para fornecer informações previamente conhecidas como entrada ao indutor. Depois de ser criado, o classificador é geralmente avaliado e o processo de classificação é repetido, caso seja necessário, atribuindo outros atributos, exemplos ou apenas ajustando parâmetros no processo de indução.

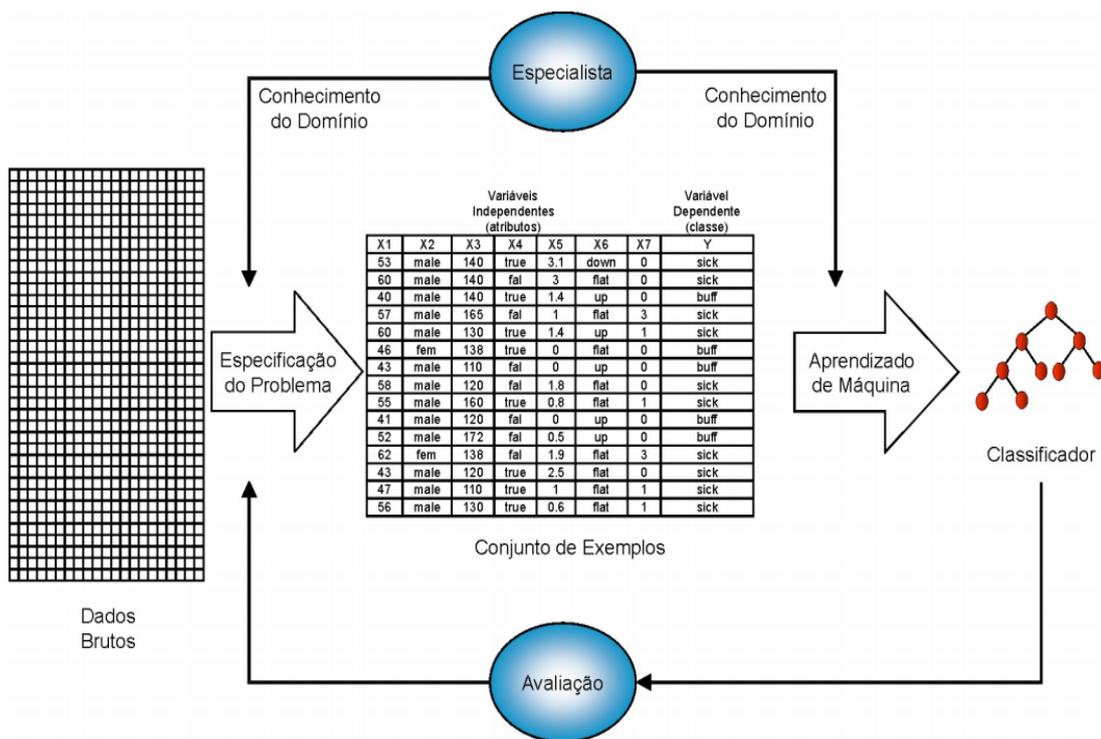


Figura 6 – Processo de classificação em AM

Fonte: (MONARD; BARANAUSKAS, 2003)

2.5. AGENTES E SISTEMAS MULTIAGENTE

2.5.1. Agente Computacional

Maes (1995) define agente como um sistema computacional que reside em ambientes dinâmicos complexos, os quais percebem e atuam autonomamente nesse ambiente residido, e, ao fazê-lo, realizam um conjunto de objetivos e tarefas para os quais foram projetados.

Para Russel e Norvig (2013), um agente está situado em determinado ambiente, percebendo-o através dos seus sensores e agindo sobre ele através de atuadores. Woolridge (2009) define agente como um sistema computacional que está situado em algum ambiente, capaz de efetuar ações autônomas com a finalidade de cumprir objetivos.

De acordo com Franklin e Graesse (1996) *apud* Marçal (2010), algumas propriedades devem ser observadas em um agente computacional. São elas:

- **Autonomia:** os agentes executam a maior parte de suas ações sem interferência direta de agentes humanos ou de outros agentes computacionais, possuindo controle total sobre suas ações;
- **Comunicação:** os agentes podem interagir com outros agentes, sendo estes humanos ou computadorizados, a fim de completarem seus objetivos ou como forma de auxiliar na resolução de problemas de outros agentes;
- **Reatividade:** agentes percebem e reagem às alterações nos ambientes em que os mesmo estão inseridos;
- **Proatividade:** além de possuírem atuadores em respostas decorridas de alterações no ambiente, agentes devem apresentar um comportamento orientado a objetivos, tomando iniciativas em determinadas situações;
- **Adaptabilidade:** devem poder mudar seu comportamento através de experiências já vivenciadas;
- **Mobilidade:** podem mover-se de um dispositivo computacional para outro;
- **Persistência de informações e conhecimentos:** o agente deve ser capaz de manter um estado interno com o passar do tempo, ou seja, deve estar sempre executando algum processo.

Um agente não precisa ter todas as propriedades citadas anteriormente, mas quanto mais dessas propriedades o agente tiver, maior será seu grau de inteligência. Um agente pode ser definido em agente com noção fraca ou com noção forte. No primeiro caso, agentes são autônomos, sendo capazes de interagir entre si e responder estímulos tomando as iniciativas necessárias. Na segunda classificação, agentes possuem todas as propriedades da noção fraca com o adicional de que eles podem se mover de um dispositivo computacional para outro; são confiáveis, ou seja, seguros com as informações divididas e adquiridas; são obedientes, logo

fazem o que são programados para fazer, e por fim, operam da melhor maneira para atingir seus objetivos (CAFARATE, 2008) *apud* (MARÇAL, 2010).

De acordo com os pesquisadores citados anteriormente, agentes podem ser definidos como programas que são executados em um ambiente. Dentro desse ambiente, esses programas conseguem perceber mudanças que nele ocorrem, e executam ações em decorrência dessas modificações, a fim de que um objetivo seja cumprido. A Figura 7 apresenta a visão geral de um agente computacional.

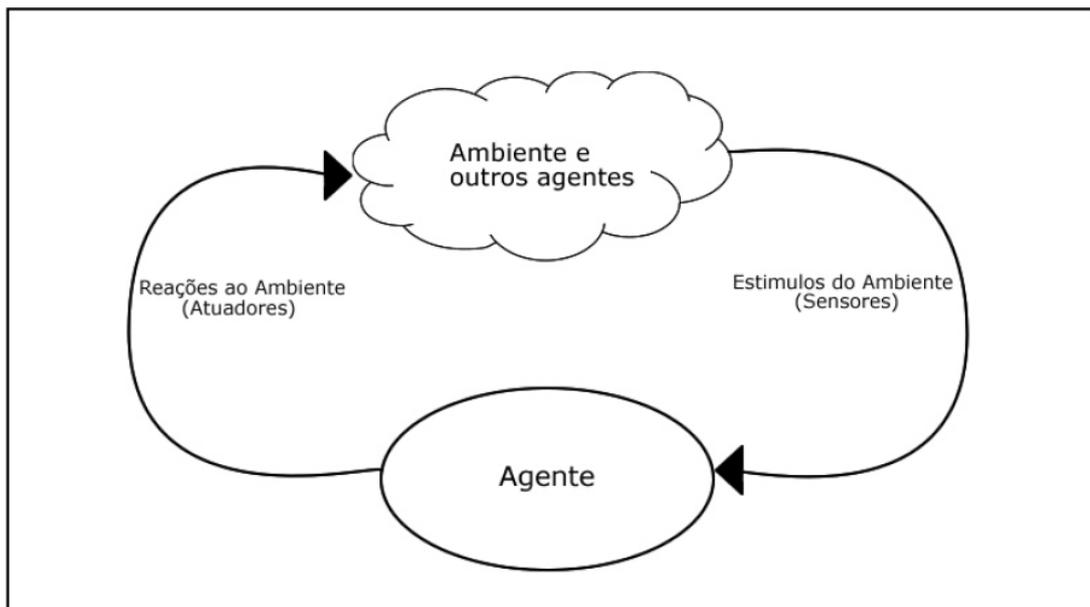


Figura 7 – Visão geral de um agente padrão
Fonte: (MARÇAL, 2010)

Russel e Norvig (2013) descreveram quatro arquiteturas de agentes:

- Agentes reativos: percebem o ambiente e agem baseados nas suas percepções atuais, sem considerar suas percepções anteriores. Geralmente são providos com uma base de conhecimento formada por regras *If-Then*.
- Agentes baseados em modelos: são agentes que armazenam estados do ambiente, sabem como o ambiente irá evoluir, a partir do tempo, e ações tomadas. Regras de produção podem se basear tanto na sequência de percepção, quanto no estado do ambiente, para decidir o que agente deve fazer;
- Agentes baseados em objetivos: possuem objetivos bem especificados. Tomam suas decisões levando em consideração a tentativa de alcançar esses objetivos;
- Agentes baseados em utilidade: tomam decisões baseando-se na função de utilidade que melhor se adequa à resolução do problema;

- Agentes com aprendizado: são agentes que possuem um componente de aprendizado em conjunto com uma das arquiteturas citadas anteriormente.

2.5.2. Sistemas Multiagente

Dado a definição de agente, pode-se concluir que um Sistema Multiagente (SMA) é um grupo de agentes que possuem objetivos individuais e comuns, residindo em um ambiente e se comunicando ou competindo para que metas sejam cumpridas (COSSENTINO, 2005). Essa definição de SMA mostra que os agentes ganham características de comunicação e sociabilidade para alcançar seus objetivos.

SMA representam um grupo de agentes. SMA refere-se a uma subárea da IA onde investiga-se o comportamento de um conjunto de agentes autônomos objetivando a solução de um problema que está além da capacidade de um único agente (BITTENCOURT, 1998). A utilização de SMAs possuem algumas vantagens, tais como (i) melhorar a adaptação, segurança e autonomia do software; (ii) reduzir custos de desenvolvimento, bem como sua manutenção; (iii) aumentar sua eficiência e tempo de resposta; e (iv) permitir integração de sistemas inteligentes aumentando sua capacidade de processamento, bem como a eficácia na resolução de seus objetivos.

3. TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo apresenta trabalhos relacionados ao tema, encontrados em diversos repositórios de pesquisa, tendo como principais: *IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) Xplore Digital Library*⁴ e *ACM (Association for Computing Machinery) Digital Library*⁵.

O presente trabalho está relacionado a simuladores de casos clínicos, de forma a mitigar erros médicos ou auxiliar o aprendizado pelos estudantes. Contudo, podem-se citar quatro subdivisões da pesquisa usadas para alcançar o objetivo proposto: (i) ambientes em três dimensões na educação, (ii) realidade virtual no treinamento de pessoas, (iii) simuladores para área médica e (iv) gamificação de processos educacionais. Todas elas possuem uma ampla área de pesquisa com diversos trabalhos desenvolvidos, dentre os quais foram destacados alguns.

Ziebarth *et al.* (2014) desenvolveram um jogo sério para estudantes de medicina como suporte ao treinamento de entrevistas centralizadas em pacientes. Comunicação é o fator chave para a eficiência da interação entre médicos e pacientes. De acordo com os autores, estudos mostraram que falhas na comunicação entre pacientes e médicos podem resultar em erros graves no diagnóstico.

O jogo utiliza conceitos de interpretação de papéis e conversas detalhadas, simulando uma consulta com um paciente real através de um paciente virtual. O objetivo da ferramenta é usar um jogo sério ao invés de simulação para melhorar a motivação dos estudantes em usar a aplicação, a fim de treinar suas habilidades. A Figura 8 mostra uma tela de consulta entre paciente e aluno.



Figura 8 – Tela de conversa entre estudante e paciente virtual

Fonte: (ZIEBARTH *et al.*, 2014)

⁴ <http://ieeexplore.ieee.org/>

⁵ <http://dl.acm.org/>

Para interface e processamento do jogo, foram utilizadas linguagens de programação para internet. Para análise e continuidade das conversas, foi utilizado um sistema multiagente com o uso de AIML (*Artificial Intelligence Markup Language*). A conversa é desenvolvida através de um agente que recebe as escolhas do usuário e verifica se existe uma saída configurada.

Diehl *et al.* (2011) criaram um protótipo de jogo sério para treinamento de médicos e estudantes de medicina para gerenciamento de pacientes com *Diabetes Mellitus* (DM). De acordo com os autores, poucos simuladores foram criados com tal propósito, e os que já foram criados eram poucos atrativos, não motivando seu uso. O jogo simula uma série de casos clínicos de pacientes com a doença, incorporando todas as principais características da terapia de insulina para DM no contexto de cuidado com a saúde.

O jogo oferece ao jogador cenários clínicos que precisam de decisões dos alunos para diagnosticarem o melhor tratamento para os pacientes. Depois de cada decisão, os jogadores recebem *feedback* do sistema, comparando as decisões tomadas por estes com outras decisões armazenadas no banco de dados. Além disso, os usuários recebem recursos educacionais extras, tais como textos, *links* de *websites*, etc. A Figura 9 mostra uma das telas do sistema.

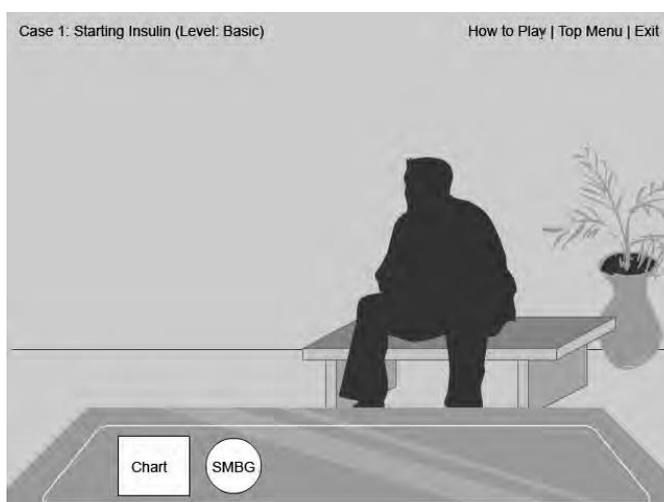


Figura 9 – Tela de consulta entre aluno e paciente
Fonte: (DIEHL *et al.* 2011)

O jogo foi desenvolvido utilizando ActionScript 3.0 para Plataforma Flash (MOOCK, 2001). O jogo é em 2D, com visão de primeira pessoa, representando a perspectiva de um médico. Não foi encontrado no artigo se os autores utilizam alguma técnica de inteligência artificial.

Jogos sérios têm ganhado bastante atenção como maneira eficiente no treinamento e educação de várias áreas. No contexto de treinamento médico, já é percebido um grande

número de jogos sérios e simuladores na área. Porém, não foi encontrado nenhum ambiente com gamificação e jogos sérios, usando óculos de imersão virtual ou sintetizadores de voz, como ferramenta auxiliar no processo de ensino e aprendizagem para estudantes de medicina.

Bogoni e Pinho (2014) desenvolveram um simulador háptico de realidade virtual para treinamento de endodontia. Endodontia é a especialidade da odontologia responsável por tratar as doenças que ocorrem nas raízes dos dentes. Com o objetivo de melhorar o treinamento de profissionais nessa área, os autores desenvolveram um simulador 3D que simula ações que os treinandos exercem em um controle de computador.

O simulador desenvolvido é composto de um dispositivo háptico com 4 DOF (*Degrees of Freedom*), permitindo o controle dos movimentos em translações e rotações das limas manuais. O sistema também possui um ambiente virtual que simula os principais procedimentos envolvidos no PCR (Preparo do Canal Radicular). A Figura 10 apresenta o ambiente 3D criado.

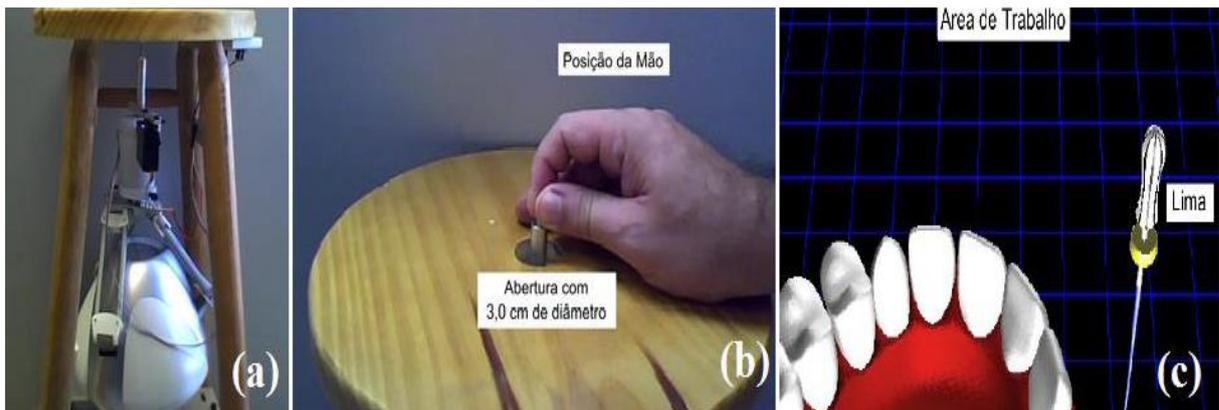


Figura 10 – (a) Controle de computador utilizado (b) Suporte para a mão do treinando (c) Simulador 3D

Fonte: (BOGONI; PINHO, 2014)

Bez *et al.* (2014) usaram técnicas de inteligência artificial para criação de um simulador de casos clínicos. O sistema possui três agentes: agente de domínio, agente de aprendizagem e agente mediador. O SimDeCS segue o processo médico do ensino técnico e especialização, que se baseia em: consultas médicas, atendimento, aulas e sessões de discussão. O estudante de medicina pode utilizar a ferramenta como complemento, a fim de facilitar o desenvolvimento de suas habilidades e competências sobre diagnósticos formulados.

Durante a simulação, o agente de aprendizagem acompanha as ações do estudante informando ao agente mediador todas as ações tomadas. O mediador recebe as informações do ambiente e propaga em um diagrama de influência, de onde surge uma estratégia

pedagógica a ser usada com o aluno. Essa combinação de estratégia pedagógica com possíveis erros cometidos pelo aluno durante a simulação permite criar uma mensagem ideal para ser apresentada em cada estudo. Aspectos importantes do aluno são analisados durante a simulação, como confiança e credibilidade. A Figura 11 apresenta a arquitetura do SimDeCS.

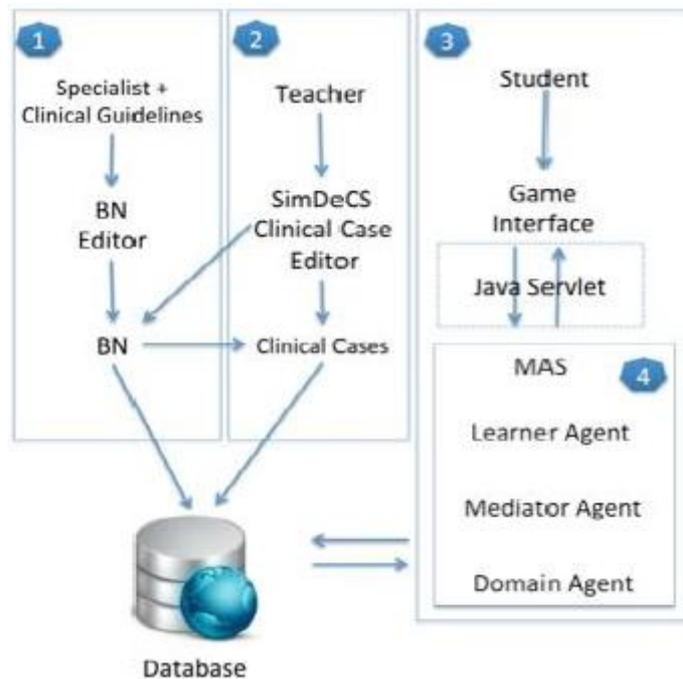


Figura 11 – Arquitetura SimDECS

Fonte: (BEZ *et al.*, 2014)

Veras *et al.* (2013) criaram um ambiente para treinamento e diagnóstico aplicado à mastologia usando inteligência artificial. Os autores usaram sistemas multiagente, redes neurais, ontologia e transformada de *Fourier* para criação do ambiente. O objetivo da ferramenta é o treinamento de profissionais na área da saúde através de *e-learning* e diagnóstico de doenças que afetam a glândula mamária. De acordo com os autores, o número de pacientes com problemas relacionados às glândulas mamárias está crescendo no Brasil.

Um ponto importante deste ambiente é o diagnóstico da presença de anomalias na glândula mamária usando análise de imagem através da transformada de Fourier junto com o treinamento de uma rede neural, comparando dados da imagem obtida com conteúdos previamente cadastrados através de uma ontologia. O ambiente conta com dois agentes. O primeiro é responsável por selecionar e transportar as imagens do paciente para a respectiva análise e o segundo é responsável por capturar os resultados do processamento de imagem e enviar para a rede neural.

Kera, Pedrini e Nunes (2011) afirmam que o treinamento de procedimentos médicos pode ser beneficiado com o uso de ambientes virtuais interativos que simulam com realismo

as ações do usuário. A simulação deve emitir respostas rápidas relativas ao encontro de objetos, deformação, restrição de movimento ou mesmo produzir forças e vibrações.

O ambiente desenvolvido visa a simulação do procedimento de punção, o qual consiste na extração de pequenas partes de tecidos do órgão em questão com o objetivo de auxiliar a elaboração do diagnóstico médico. Além da criação do ambiente, os autores criaram uma metodologia para criação de um ambiente virtual para treinamento médico com enfoque na colisão e deformação de objetos do ambiente virtual. A Figura 12 mostra a colisão entre uma seringa e uma mama.

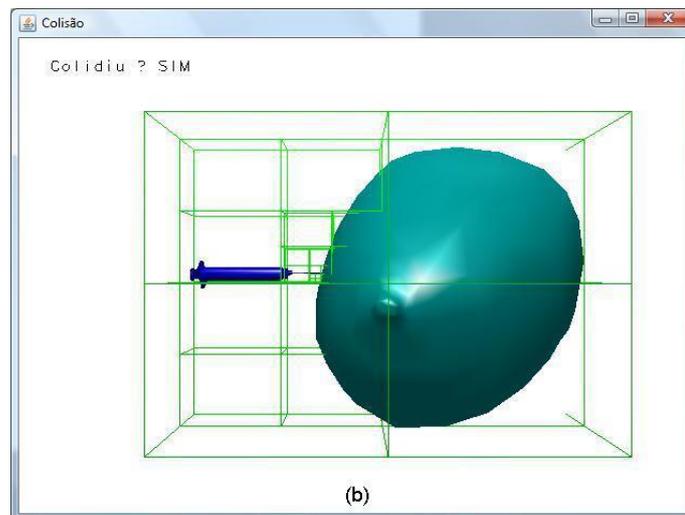


Figura 12 – Experimentos entre colisões de objetos 3D entre uma seringa e uma mama
Fonte: (KERA; PEDRINI; NUNES, 2011)

Frade *et al.* (2014) desenvolveram o UniVirtual, um ambiente virtual 3D multiagente com recomendação personalizada de objetos de aprendizagem. Devido aos avanços dos recursos tecnológicos, novas possibilidades surgiram nos processos de ensino e aprendizagem. No entanto, mesmo com a melhoria nos processos da Educação a Distância (EaD), a evasão ainda continua sendo um grande problema enfrentado pelas instituições de ensino. Em vista disso, os pesquisadores criaram um ambiente 3D com o objetivo de aumentar a motivação dos alunos em estudar, mesmo após as aulas em sala de aula. A Figura 13 mostra a arquitetura do sistema proposto.

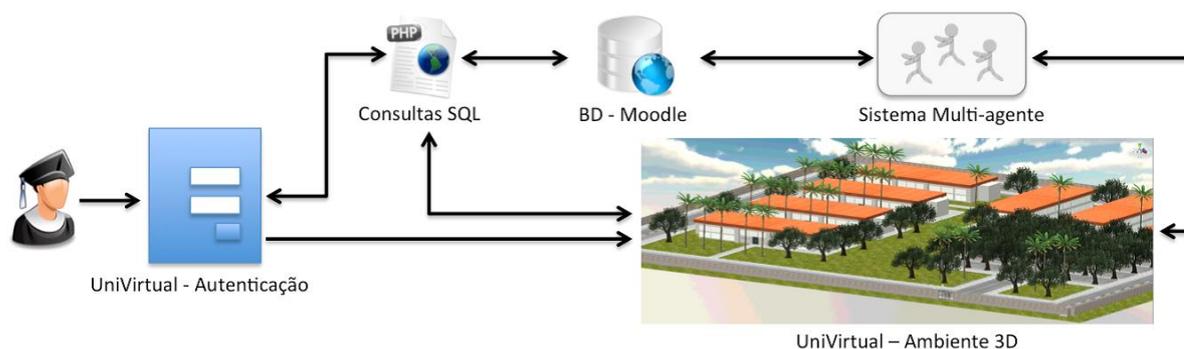


Figura 13 – Arquitetura UniVirtual

Fonte: (FRADE *et al.* 2014)

Mediante os trabalhos apresentados, não se encontrou nenhum trabalho que utilizasse diferentes algoritmos de aprendizado de máquina, em um sistema multiagente, para simulação de casos clínicos. Outra característica não encontrada nos demais trabalhos foi o uso, em conjunto, de ambientes em três dimensões, sintetizadores de voz e óculos de imersão virtual.

Em vista disso, essa dissertação propõe um ambiente realista de simulação como mecanismo mitigador de erros médicos. O sistema usufrui de tecnologias que se adaptam, dependendo do sistema computacional utilizado, com o objetivo de estar disponível em qualquer lugar. Também conta com aspectos de gamificação, a fim de motivar o uso do sistema pelos usuários. Por fim, o sistema foi feito projetado para sua contínua expansão, com o objetivo de sempre aumentar sua oferta de casos clínicos simulados.

4. DOCTRAINING

Diante do aumento crescente de erros médicos nos últimos anos no Brasil e a motivação de criar um ambiente onde estudantes de medicina pudessem treinar diagnósticos com pacientes virtuais, este trabalho apresenta o ambiente DocTraining. A principal vantagem de simular situações de risco em um ambiente virtual é que não irá trazer mal algum à sociedade, visto que tudo é simulado por computador.

4.1. VISÃO GERAL

A visão geral do sistema de treinamento é dividida em duas partes. Uma para computadores de mesa e *laptops* e outra para *smartphones* e *tablets*. Utilizando o sistema feito para computadores de mesa, o usuário tem acesso a um ambiente 3D multijogador. Dentro desse ambiente o usuário pode se comunicar e visualizar outros jogadores *on-line*. Além disso, o usuário pode interagir com NPCs (*Non Playable Characters*) presentes no ambiente.

Esses personagens controlados por computador oferecem assuntos sobre diagnósticos médicos e assuntos relacionados à medicina de uma maneira geral. A visão geral para computadores de mesa pode ser conferida na Figura 14. Após o usuário entrar no *site* do sistema em seu navegador de internet, o usuário tem a opção de entrar no ambiente 3D. Dentro do ambiente, o estudante de medicina pode entrar no hospital universitário e começar a consultar pacientes através do jogo sério.

Para *smartphones* e *tablets*, o usuário consegue ter duas modalidades de execução do jogo de simulação de consultas médicas. Uma delas é usando o sintetizador de voz. A outra, utilizando óculos de imersão virtual para simular um ambiente mais realista e imersivo. Esse ambiente imersivo possui gráficos em 3D, enquanto que o aplicativo usando sintetizador possui gráficos em duas dimensões. A visão geral do sistema para dispositivos móveis pode ser conferida na Figura 15.

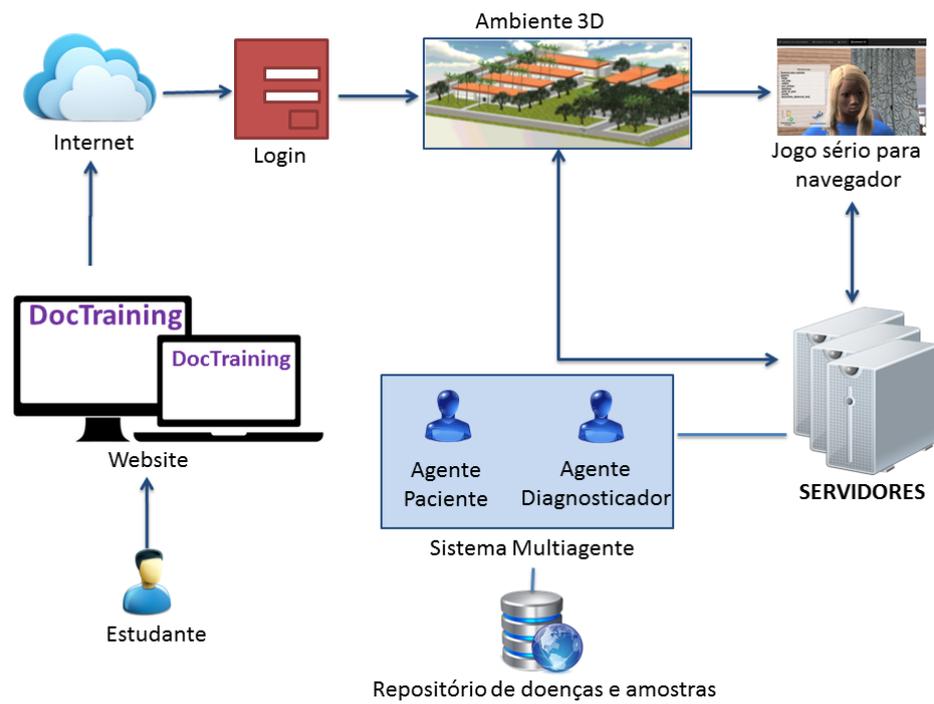


Figura 14 – Visão geral para computadores de mesa e *laptops*
 Fonte: Autoria própria

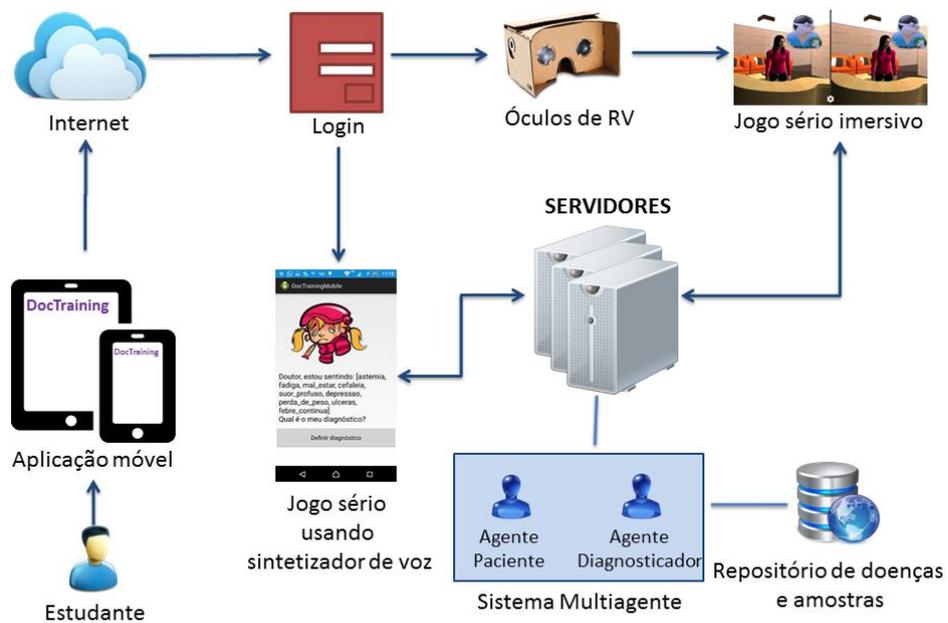


Figura 15 – Visão geral para *smartphones e tablets*
 Fonte: Autoria própria

4.2. SITE E SISTEMA ON-LINE PARA GERENCIAMENTO DE DADOS DE USUÁRIO

O projeto conta com um site de divulgação, a fim de divulgar quem é a equipe desenvolvedora, serviços prestados pelo sistema, formas de entrar em contato com os pesquisadores, entre outras funcionalidades. A partir do *site*, o usuário pode ser direcionado para o *software on-line* para cadastro de estudante ou professor de medicina. Tanto o *site* como o sistema de cadastro possuem interfaces adaptativas que se adequam ao dispositivo computacional utilizado. A Figura 16 mostra parte do *website* criado para divulgação.



Figura 16 – Site de divulgação do projeto
Fonte: Autoria própria

A partir do *site*, o usuário tem a opção de ir para o programa de gerenciamento de dados de usuário. Essa funcionalidade possui opções diferentes, dependendo do perfil de usuário. Caso o usuário seja um estudante de medicina, ele conta com as seguintes funções:

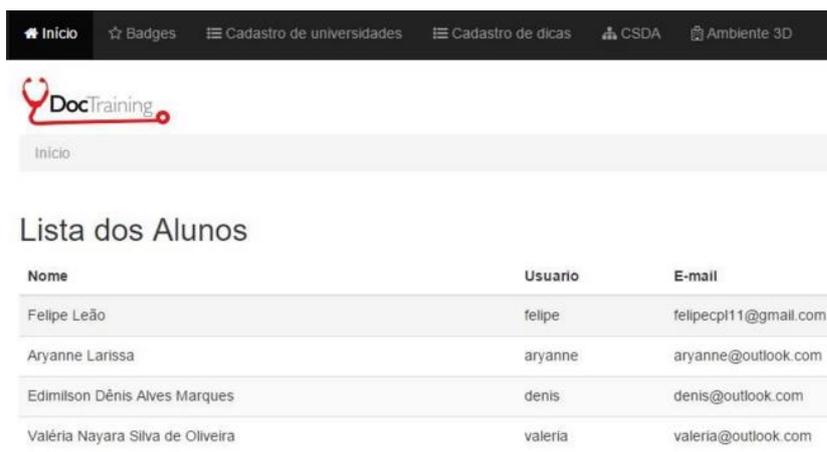
- Perfil: visualização dos dados pessoais atuais e possibilidade de alteração desses dados;
- Badges: mostruário com as conquistas recebidas pelo usuário e suas respectivas descrições;
- Consultas: consultas realizadas anteriormente e pontuação;

- Ambiente 3D: entrar no ambiente 3D.

Caso o usuário seja um professor, ele conta com as seguintes funcionalidades:

- Perfil: visualização dos dados pessoais atuais e possibilidade de alteração desses dados;
- Badges: o professor pode inserir novas conquistas no sistema. O professor deve entrar com o nome, descrição e requisitos para que a conquista seja cadastrada com sucesso. Após o cadastro, é preciso os administradores do sistema avaliarem a conquista e inseri-la no ambiente;
- Cadastro de universidade: opção para inserção de novas universidades no sistema;
- Cadastro de dicas: opção para inserir novos assuntos ofertados pelos personagens controlados por computador dentro do ambiente 3D. Após o cadastro, o administrador do sistema deve avaliar se a dica está de acordo com as diretrizes do sistema. Caso positivo, a dica é ofertada pelos NPCs aos usuários imediatamente;
- CSDA: módulo para acessar o Cadastro de Sintomas, Doenças e Amostras;
- Ambiente 3D: opção para o professor entrar no ambiente 3D e interagir com estudantes dentro do ambiente virtual.

A Figura 17 mostra a função de gerenciamento de dados de usuário sendo executada em um computador de mesa.



The screenshot shows the DocTraining web application interface. At the top, there is a navigation bar with the following items: Início, Badges, Cadastro de universidades, Cadastro de dicas, CSDA, and Ambiente 3D. Below the navigation bar is the DocTraining logo and a search bar containing the word 'Início'. The main content area is titled 'Lista dos Alunos' and contains a table with three columns: Nome, Usuario, and E-mail. The table lists four students: Felipe Leão, Aryanne Larissa, Edmilson Dénis Alves Marques, and Valéria Nayara Silva de Oliveira.

Nome	Usuario	E-mail
Felipe Leão	felipe	felipecp11@gmail.com
Aryanne Larissa	aryanne	aryanne@outlook.com
Edmilson Dénis Alves Marques	denis	denis@outlook.com
Valéria Nayara Silva de Oliveira	valeria	valeria@outlook.com

Figura 17 – Execução da função gerenciamento de dados de usuário em um *desktop*

Fonte: Autoria própria

4.3. AMBIENTE 3D GAMIFICADO

O sistema conta com um ambiente 3D com gamificação. Após entrar pela primeira vez, o sistema pergunta se o usuário deseja um personagem feminino ou masculino. Essa pergunta se dá pelo fato de que uma pesquisa realizada com 375 jogadores na *Syracuse University*, nos Estados Unidos, apontou que 25% desses jogadores preferiam jogar com personagens femininos. Os entrevistados afirmam que dessa maneira podem ser mais emotivos e não sofrer preconceito (MARCIAL, 2014). Em vista disso, pensou-se em manter essa opção no sistema. A Figura 18 apresenta a tela de gênero de personagem.

As características de gamificação utilizadas nesse ambiente foram:

- **Competição:** Os usuários possuem pontuação. Um *ranking* com as melhores pontuações de uma universidade é mostrado aos usuários, a fim de gerar um pouco de competitividade entre os participantes.
- **Pontuação:** Ao conversar com NPCs presentes no ambiente, além de receber conteúdo educacional, o estudante recebe pontos.
- **Recompensas:** O sistema conta com um sistema de *badges* (conquistas). Essas conquistas são um reconhecimento digital alcançado pelo cumprimento de algum critério. Cada conquista possui um nome, descrição e meta a ser atingida. A Figura 19 mostra uma conquista recebida pelo estudante após conversar com mais de 15 personagens presentes no ambiente 3D.



Figura 18 – Tela de seleção de gênero de personagem
Fonte: Autoria própria



Figura 19 – Obtenção da conquista “Falar é ouro e calar é prata”
Fonte: Autoria própria

O ambiente 3D é multijogador. Usuários conseguem visualizar jogadores dentro do mesmo ambiente e podem se comunicar através de *chat*. Esse meio de comunicação foi inserido esperando trazer a troca de informações entre estudantes, a fim de propagar conhecimentos ou de criar debates sobre assuntos de medicina dentro do ambiente. A Figura 20 exibe a conversa entre dois jogadores.



Figura 20 – Interação entre dois jogadores
Fonte: Autoria própria

Personagens controlados por computador estão dispostos dentro desse ambiente virtual. Ao interagir com esses personagens, jogadores recebem assuntos ligados à medicina. A Figura 21 mostra a interação entre jogador e NPC dentro do ambiente 3D.

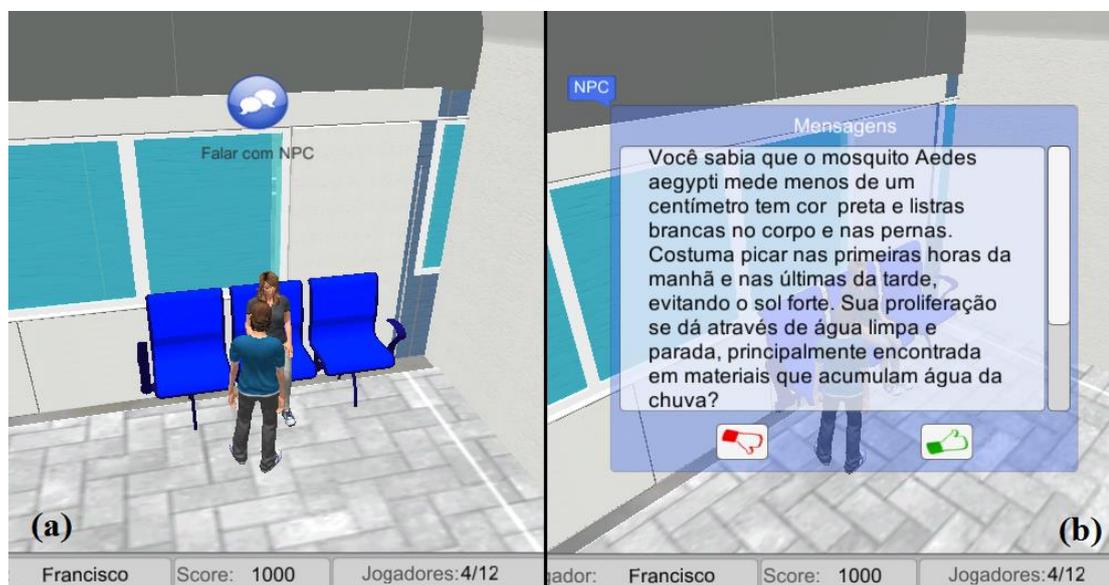


Figura 21 – (a) Jogador se aproximando de NPC (b) Conteúdo educativo passado para o aluno
Fonte: Autoria própria

4.4. JOGO SÉRIO PARA TREINAMENTO DE ESTUDANTES DE MEDICINA

O jogo conta com dois modos: consultório de doenças gerais e consultório de diabetes. Na primeira opção, o estudante irá consultar pacientes virtuais que possuem doenças diversas. Na segunda, o usuário irá identificar possíveis pacientes com diabetes, a partir de informações dadas por estes. Antes de começar as consultas, o aluno deve escolher qual dificuldade deseja utilizar para definir os diagnósticos. Quanto maior a dificuldade, menor o número de alternativas disponíveis para o usuário escolher.

Outra característica é que alguns sintomas são mostrados de maneira visual ao aluno através da opção de sala de exames. Na sala de exames, o aluno pode focar em certas partes do corpo do paciente, bem como virá-lo de costas. Pode também aumentar ou diminuir o campo de visão, a fim de encontrar detalhes pequenos no corpo do consultado. Os sintomas visuais podem ser manchas na pele, lesões, entre outros.

O jogo sério para treinamento de estudantes possui três maneiras de ser jogado. Uma das maneiras de se jogar é através do sintetizador de voz presente nos *smartphones* e *tablets*.

O aplicativo móvel oferece a opção de configuração de um intervalo de tempo para atendimento. Após o intervalo ser configurado, ligações virtuais são feitas ao aluno, a fim de simular um paciente precisando de diagnóstico. Os sintomas são mostrados na tela e falados pelo paciente virtual através do sintetizador de voz presente no dispositivo computacional. A Figura 22 mostra a tela de opções do aplicativo móvel.



Figura 22 – Tela inicial de aplicativo móvel
Fonte: Autoria própria

O aplicativo conta com várias funções como:

- Perfil: Visualização de dados do usuário, bem como sua pontuação;
- Configurar hora de atendimento: O estudante configura um intervalo de horários para consultar pacientes através de uma ligação simulada.
- Consultar: Uma consulta com um paciente virtual é iniciada;
- Definir dificuldade: Opção para configuração de dificuldade. Quanto mais alta a dificuldade, menor o número de alternativas mostradas ao estudante para escolha do diagnóstico dos pacientes.
- Ativar consultas por telefone: O estudante de medicina está apto a receber ligações simuladas dos pacientes virtuais dentro do intervalo de tempo configurado.

A Figura 23 mostra uma consulta sendo executada no ambiente móvel. Os sintomas mostrados na tela são falados pelo sintetizador de voz.

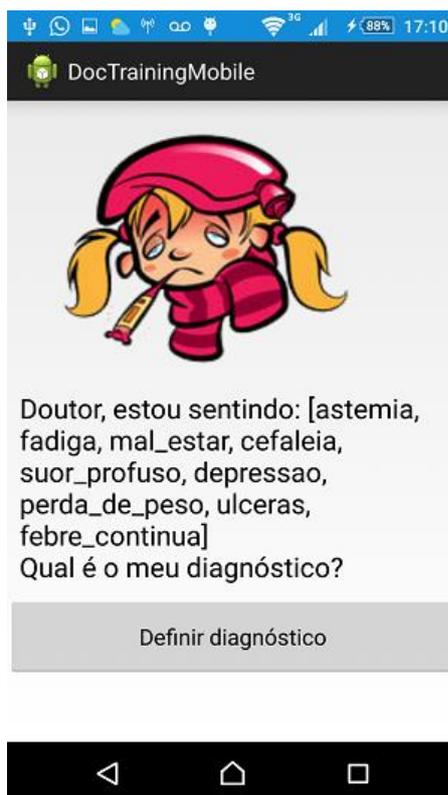


Figura 23 – Tela de consulta. Paciente informa os sintomas aos estudantes de maneira textual e através de sintetizador de voz

Fonte: Autoria própria

A segunda forma do jogo sério é usando óculos virtuais de imersão. Os óculos utilizados foram o *GoogleCardBoard* (PROJECT CARDBOARD, 2014). Esses óculos foram lançados na conferência da *Google I/O 2014*. Segundo a empresa, a ideia é garantir experiências e diversão usando realidade virtual ao maior número possível de pessoas.

Outra característica importante desses óculos é que eles são de baixo custo. Atualmente seu custo varia de 3\$ a 19,99\$, dependendo do modelo, mas a Google disponibiliza o passo a passo para a criação do modelo mais simples. Os itens para criação dos óculos versão 1.0 são: papelão, lentes, velcro, imãs e elástico. A Figura 24 apresenta os óculos de realidade virtual *GoogleCardboard*.

Além dos óculos de imersão virtual, o usuário precisa de um *smartphone* com tela entre 3,5 e 6 polegadas, dependendo da versão dos óculos imersivos, e do aplicativo do jogo sério para essa modalidade.



Figura 24 – Óculos virtual GoogleCardBoard.
Fonte: (PROJECT CARDBOARD, 2014)

A Figura 25 mostra a tela inicial de consulta, após o usuário ter entrado no sistema com suas credenciais. Para consultar um paciente, o usuário precisa escolher a opção de atender paciente.

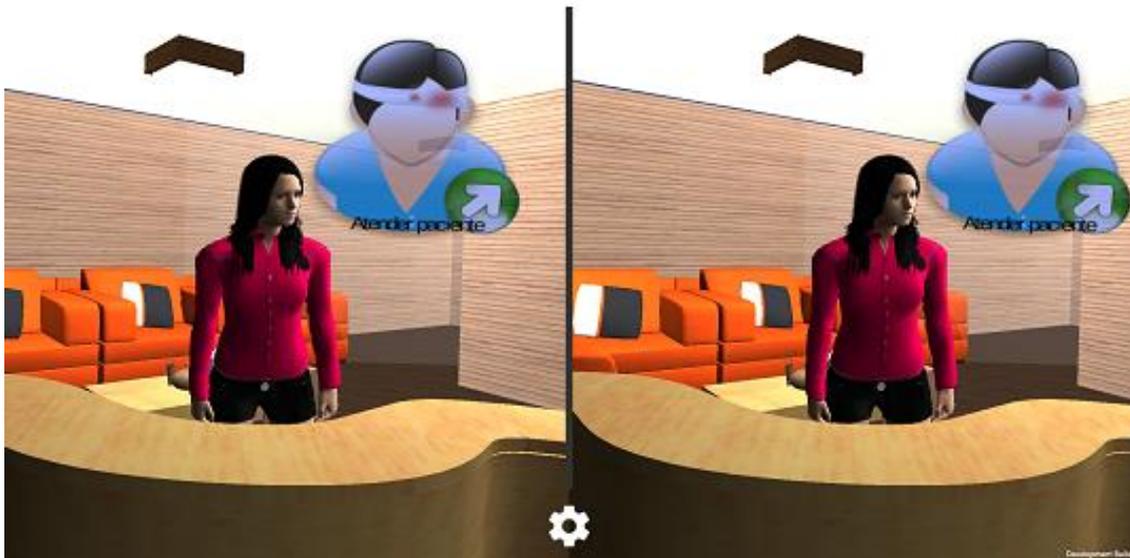


Figura 25 – Tela inicial de consulta usando óculos virtual
Fonte: Autoria própria

O jogo projeta duas imagens na tela. Através de um botão na parte superior dos óculos virtuais, o usuário consegue interagir com botões ou objetos 3D presentes no jogo sério. Para isso, basta ele centralizar o olhar no que ele deseja interagir e apertar o botão. Dessa maneira, ele consegue interagir no jogo sério através da sala de exames ou na entrada do diagnóstico do doente sem utilizar qualquer outro tipo de dispositivo de entrada.

Os óculos de imersão utilizam *headtracking* através do giroscópio presente nos *smartphones*. Ou seja, o usuário que utilizar o jogo através dessa modalidade, sentirá como se estivesse dentro do consultório médico. Para cada direção que ele estiver olhando no mundo real, ele verá imagens diferentes no ambiente virtual. A Figura 26 mostra o paciente na sala de exames. Nessa sala virtual, para o estudante ter essa visão ele precisa estar olhando para baixo, como se estivesse realmente ao lado do paciente.



Figura 26 – Sala de exames com paciente virtual

Fonte: Autoria própria

Por fim, o jogo sério pode ser executado em qualquer computador de mesa ou *laptop* que possua um navegador de internet. O jogo é executado através do navegador sem precisar ser instalado pelo usuário. No navegador, o usuário possui as mesmas opções presentes na versão dos óculos virtuais.

Como visto anteriormente, antes de começar as consultas médicas, o estudante precisa escolher qual dificuldade ele deseja. Dependendo de sua escolha, mais alternativas serão apresentadas no ato de seleção de resposta correta para o diagnóstico. A Figura 27 apresenta o estudante na tela de escolha de dificuldades.

A Figura 28 mostra o paciente virtual informando ao aluno de medicina os sintomas sentidos. O usuário pode entrar com o diagnóstico do paciente ou ir para a sala de exames para verificar sintomas visuais.



Figura 27 – Estudante na tela de escolha de dificuldade
Fonte: Autoria própria

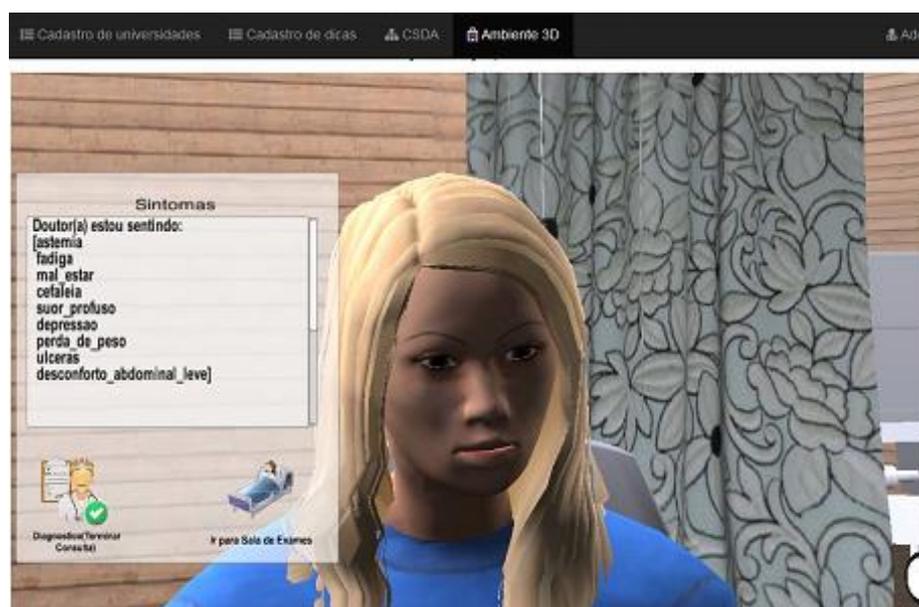


Figura 28 – Paciente virtual informando os sintomas através do navegador de internet
Fonte: Autoria própria

Após escolher a opção de diagnosticar paciente, é mostrada ao estudante uma tela de escolha de diagnóstico. Essa forma de entrada de resposta foi escolhida para padronizar o nome das doenças, visto que seus nomes diferem de região a região. A Figura 29 exhibe a tela de seleção de diagnóstico com a dificuldade fácil escolhida.

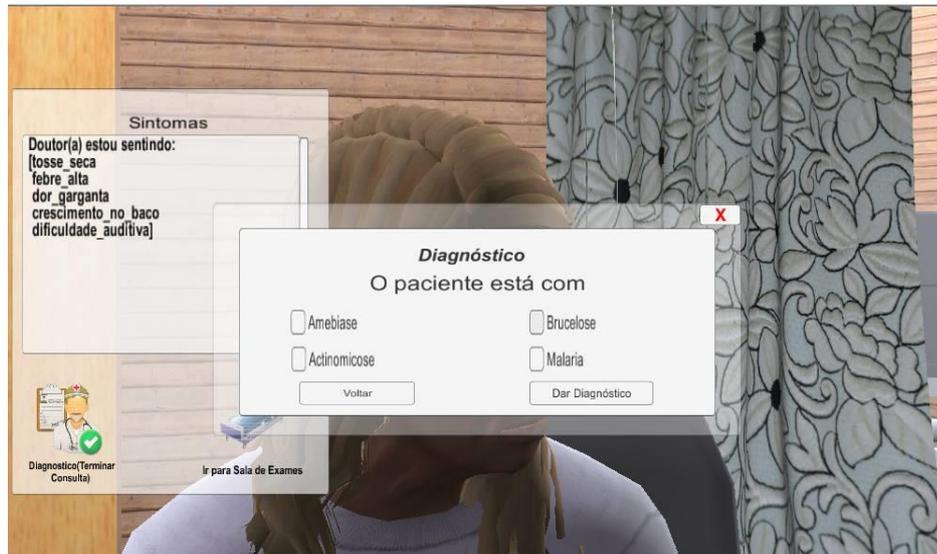


Figura 29 – Tela de seleção de diagnóstico
Fonte: Autoria própria

4.5. AGENTES INTELIGENTES

4.5.1. Modelagem

Seguindo as normas de modelagem de Agentes de Software propostas pela metodologia MasCommonKads+ (MARÇAL, 2010), foram criados alguns modelos da metodologia. O modelo de requisitos descreve os requisitos do sistema, dividindo-se por casos de uso e cenários da aplicação. Para mostrar as funções dos estudantes e professores são mostradas as Figuras 30 e 31, respectivamente.

Outro modelo utilizado foi o de organização. Esse modelo tem como objetivo demonstrar a estrutura organizacional de papéis e onde eles atuam. A estrutura da organização pode ser definida em: ponto a ponto, quando todos os papéis trabalham no mesmo nível de hierarquia; hierárquico, no qual alguns papéis em uma camada mais baixa são subordinados a outros; federado, quando todos os papéis trabalham no mesmo nível, mas existe um mediador; e, por fim, híbrida, quando a estrutura integra uma das estruturas citadas anteriormente (MARÇAL, 2010). A Figura 32 mostra o modelo de organização ponto a ponto do SMA.

Já o modelo de interação consiste em descrever as interações entre agentes, usuários e classes do sistema, especificadas como diagramas de sequência de mensagem e de

comunicação. A Figura 33 retrata um dos diagramas de seqüência de mensagem utilizados no modelo de interação.

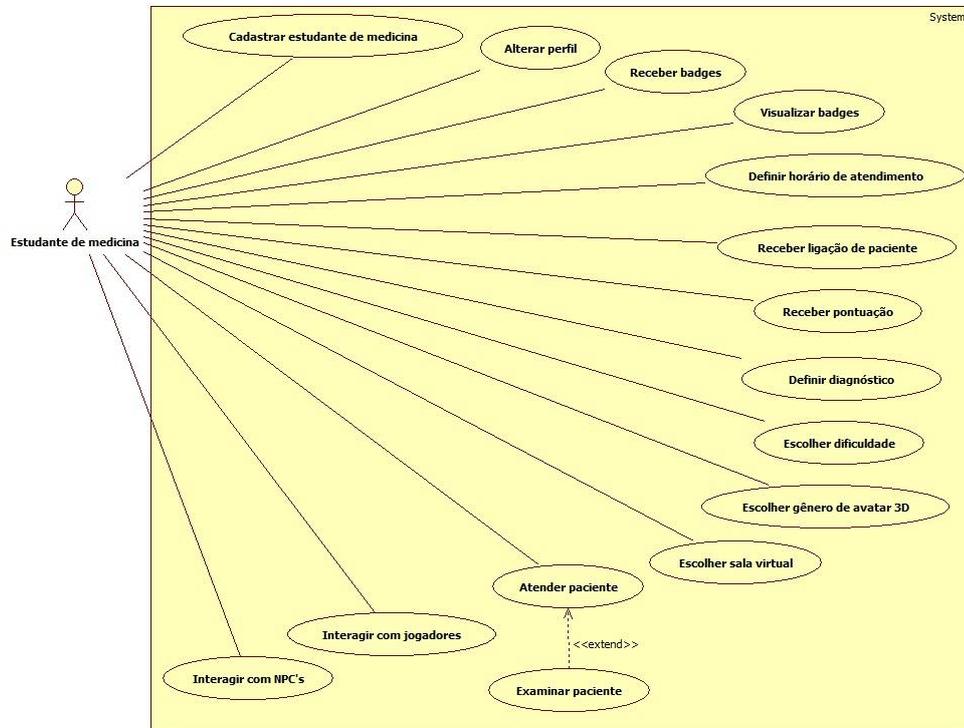


Figura 30 – Diagrama de casos de uso do estudante
Fonte: Autoria própria

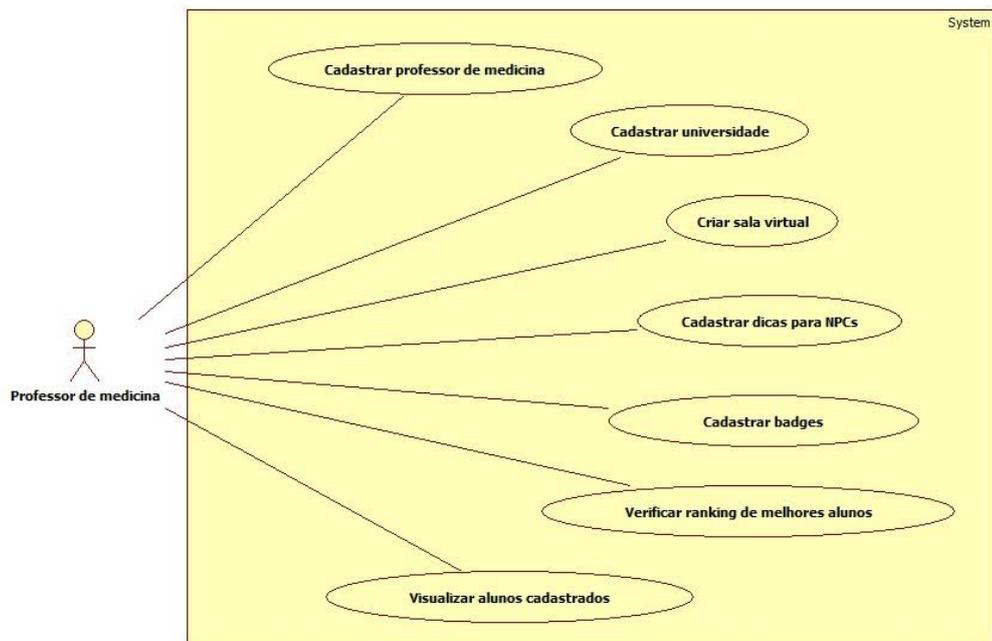


Figura 31 – Diagrama de casos de uso do professor
Fonte: Autoria própria

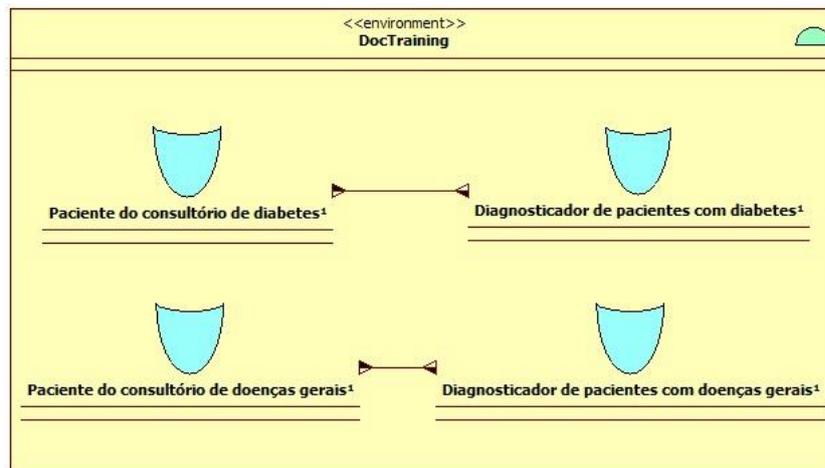


Figura 32 – Modelo de organização
Fonte: Autoria própria

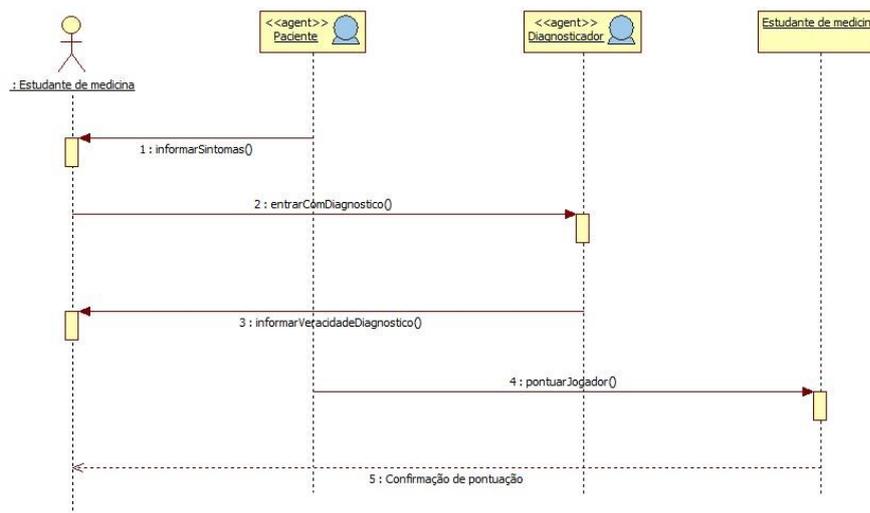


Figura 33 – Diagrama de sequência de mensagem
Fonte: Autoria própria

4.5.2. Tipos de agentes

O SMA conta com dois perfis de agentes:

Paciente: agentes desse perfil são responsáveis por capturar informações da base de consultas não rotuladas e passá-las ao aluno. Essas consultas não rotuladas são inseridas por usuários que não possuem certeza de qual classe sua amostra pertence. Por exemplo, um paciente real não precisa ter todos os sintomas de uma doença para estar com aquela doença.

Baseando-se nisso, variações das amostras inseridas pelos profissionais de saúde podem ser criadas e adicionadas ao arquivo. Esse agente captura uma amostra dessa base, que ainda não foi classificada pelo agente Diagnosticador, e passa para os estudantes através do paciente virtual. Amostras não rotuladas devem ser inseridas com restrições de sintomas, a fim de que amostras sem fundamentos sejam inseridas. O sistema conta com dois agentes com esse perfil: `AgentePacienteDoençasGerais` e `AgentePacienteDiabetes`.

Diagnosticador: perfil responsável por classificar doenças não rotuladas através de um classificador, gerado por um algoritmo de aprendizado de máquina. Antes da escolha do algoritmo, são realizados testes de desempenho com o objetivo de escolher o melhor método para classificação, levando em consideração, principalmente, tempo de resposta e classificações corretas. Após o usuário definir o diagnóstico no jogo sério, agentes com esse perfil classificam a doença não rotulada para o ambiente comparar com a resposta dada pelo aluno. Caso verdadeiro, o estudante de medicina é pontuado e informado de seu acerto. Caso contrário, o sistema informa para o aluno qual foi a doença encontrada. Agentes criados com esse perfil são o `AgenteDiagnosticadorDoençasGerais` e `AgenteDiagnosticadorDiabetes`, que possuem respectivamente os algoritmos IBk e BayesNet.

4.6. CSDA (CRIADOR DE SINTOMAS, DOENÇAS E AMOSTRA)

Outra função presente no trabalho é o criador de sintomas, doenças e amostras. Esse componente auxilia na configuração dos arquivos de treinamento utilizado pelo algoritmo de aprendizado de máquina. O treinamento da técnica de IA é feita através da leitura de um dos arquivos de extensão *arff*, dependendo de qual consultório virtual o estudante estiver. Para o arquivo `DoençasGerais`, esse documento possui todos os sintomas, nome de doenças e as amostras classificadas para prévio treinamento. Já o arquivo `Diabetes`, contém taxas de exames, amostras de pacientes e se o paciente tem ou não diabetes.

Um dos objetivos da criação desse componente foi a de facilitar a inserção das amostras por um especialista da saúde, ou seja, médicos ou professores da área, bem como trazer dados reais para a simulação. Outra característica do componente é a de sempre expandir o treinamento do algoritmo de aprendizado, aumentando assim o leque de doenças conhecidas pelo algoritmo de classificação. A Figura 34 (a) apresenta a interface da

funcionalidade, após a leitura do arquivo de treinamento DoençasGerais, e a Figura 34 (b) mostra o arquivo em um editor de texto.

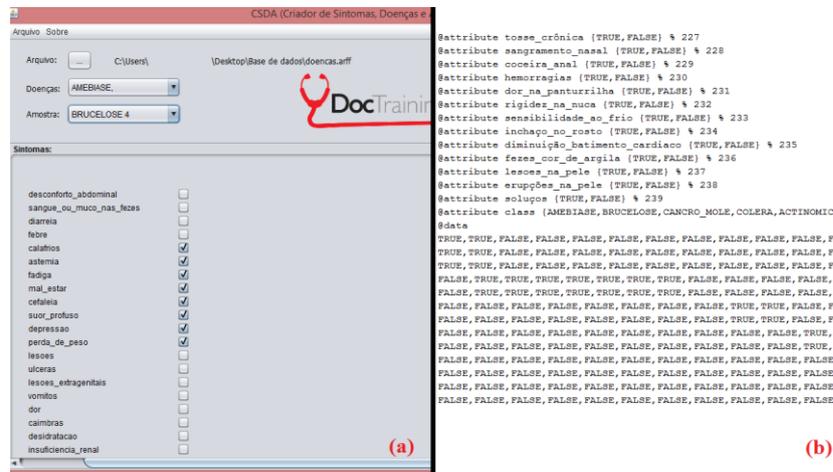


Figura 34 – (a) Componente criado para uso do especialista de saúde (b) Arquivo *arff* para treinamento do aprendizado de máquina

Fonte: Autoria própria

4.7. SISTEMA EXPANSÍVEL

O sistema DocTraining foi projetado e desenvolvido pensando em sua contínua expansão. Existem diversos repositórios de bases de dados de diferentes domínios e aplicações. O mais famoso é o *UCI Machine Learning Repository*⁶. O UCI possui mais de 354 bases de dados, sendo algumas na área da saúde. Existem outras instituições que disponibilizam bases de dados para a comunidade científica.

O arquivo com várias amostras de doenças foi desenvolvido a partir de informações retiradas do guia de bolso sobre doenças infecciosas e parasitárias de Mello (2010), e do *site MinhaVida*⁷, que possui mais de 9 anos de existência e conta com a parceria de 700 especialistas e profissionais de saúde na elaboração de seus conteúdos. Já o arquivo de diabetes utilizado nesse trabalho foi ofertado pela Universidade de *Fordham*⁸ com dados do Instituto Nacional de Diabetes e Doenças Renais e Digestivas⁹ dos Estados Unidos.

⁶ <https://archive.ics.uci.edu/>

⁷ <http://www.minhavida.com.br/>

⁸ <http://www.cis.fordham.edu/>

⁹ <http://www.niddk.nih.gov/>

A utilização de agentes de *software* também torna fácil a tarefa de expansão do sistema. Para ofertar mais doenças, basta criar dois novos agentes para a nova doença¹⁰, seguindo alguns padrões de projeto adotados, sem precisar modificar linhas de código nos agentes criados anteriormente. A Figura 35 conceitua a ideia de expansão do sistema.

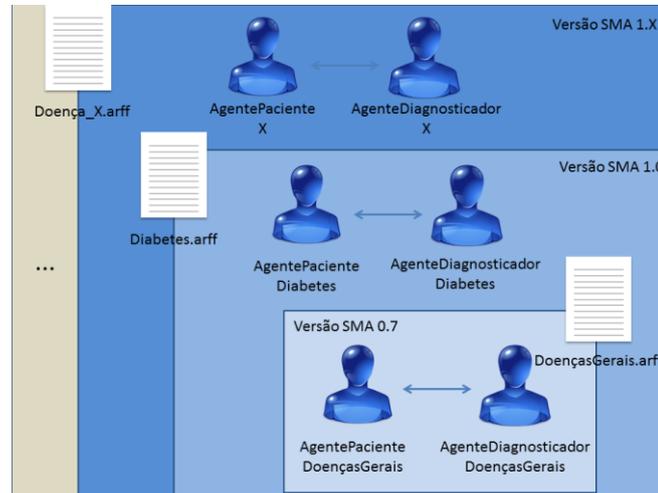


Figura 35 – Expansão do sistema a partir da inserção de novos agentes de *software*.
Fonte: Autoria própria.

4.8. TECNOLOGIAS USADAS

Para modelagem, texturização e criação dos modelos 3D foi utilizada a ferramenta Blender (ROOSENDAAL, 2014). O Blender é um software de uso livre sob a *General Public License* (GPL) e possibilita acesso a funcionalidades semelhantes aos melhores softwares de modelagem pagos do mercado.

O desenvolvimento do ambiente 3D e do jogo sério foi realizado com a ferramenta *Unity3D*¹¹. Essa IDE (*Integrated Development Environment*) é uma ferramenta gratuita e possui um motor gráfico para carregamento e execução de aplicações em três dimensões.

O editor possui uma variedade de ferramentas que podem ser usadas para criação de animações, jogos ou simuladores 3D. A programação do ambiente virtual foi realizada via *drag and drop* (arrastar e largar) e através das linguagens de programação C# (JENNIFER; ANDREW, 2010) e *JavaScript* (SILVA, 2010).

¹⁰ É preciso modificar o ambiente 3D para inserir um novo consultório, a fim de que o modo da nova doença seja inserido.

¹¹ <https://unity3d.com>

Para criação do Sistema Multiagente, foi utilizado o framework JADE¹² (*Java Agent DEvelopment*). O JADE é um framework de software implementado na linguagem Java. Ele simplifica a implementação de SMA através de um *middleware* seguindo as especificações da FIPA (*Fundation of Intelligent Physical Agents*) e através de um conjunto de ferramentas gráficas que apoiam as fases de depuração e implantação.

Para utilização do algoritmo de Aprendizado de Máquina no SMA, foi utilizada a API (*Application Programming Interface*) WEKA (*Waikato Environment for Knowledge Analysis*) (FRANK *et al.*, 2015). WEKA é um software livre, desenvolvido na Universidade de Waikato na Nova Zelândia, que possui um conjunto de algoritmos de aprendizado de máquina.

Para a utilização dos óculos de realidade virtual, foi utilizado o *Software Development Kit* (SDK), disponível para o GoogleCardBoard.

Para desenvolvimento do ambiente móvel com sintetizador de voz, foi utilizada a IDE Eclipse utilizando o *plugin* do Android (ADT). Como linguagem de programação, foi utilizada a linguagem Java (DEITEL, 2010).

Para programação do site de divulgação, foi utilizada a linguagem HTML (*HyperText Markup Language*) (SILVA, 2011). Já o programa para gerenciamento de dados de usuário foi desenvolvido através da linguagem de programação PHP (*HyperText Preprocessor*) (MILANI, 2010), embutida dentro do HTML.

O programa para configuração do arquivo de treinamento do algoritmo de classificação foi desenvolvido usando a linguagem de programação Java. Para escolha da linguagem, foram levados em conta os seguintes aspectos da linguagem: concisa e simples de aprender, orientada a objetos, robusta, portátil, segura e concorrente.

¹² <http://jade.tilab.com>

5. VALIDAÇÕES E RESULTADOS

A validação do trabalho se dará através de duas etapas, sendo que, até o presente momento, apenas a primeira foi concluída. A primeira etapa consistiu na validação acerca dos resultados de acurácia de acertos dos algoritmos de aprendizado de máquina, a partir dos arquivos de extensão *.arff* utilizados na ferramenta. A segunda etapa será a validação realizada com estudantes de cursos de medicina do estado do Rio Grande do Norte.

5.1. VALIDAÇÃO COMPUTACIONAL

A primeira validação utilizou diferentes algoritmos de aprendizado de máquina, presentes na ferramenta WEKA. Como foi visto na Seção 2.4 do Capítulo 2, existem diversos paradigmas de AM. Para cada paradigma, existem diversos algoritmos. A Tabela 1 apresenta alguns algoritmos presentes na ferramenta WEKA, com seu respectivo paradigma.

Tabela 1 – Exemplos de algoritmos para paradigmas de AM.

PARADIGMA	ALGORITMO(S)
Simbólico	J48, ADTree, BFTree
Estatístico	BayesNet, NaiveBayes
Baseado em exemplos	IB1, IBk, KStar, LWL
Conexionista	MultiLayerPerceptron (MLP)
Genético	Algoritmos genéticos ¹³

Foram usados dois arquivos de aprendizado, os quais podem ser conferidos no apêndice dessa dissertação. Detalhes dos dois arquivos são dados na Tabela 2.

¹³ A ferramenta WEKA não possui Algoritmos Genéticos.

Tabela 2 – Detalhes dos arquivos utilizados para o aprendizado.

NOME DA RELAÇÃO	Nº DE ATRIBUTOS	Nº DE CLASSES	Nº DE INSTÂNCIAS
DoençasGerais	239	58	285
Diabetes	8	2	768

A validação computacional levou em consideração os seguintes aspectos:

- Classificações corretas: quantas instâncias foram classificadas de forma satisfatória.
- Classificações incorretas: quantas instâncias foram classificadas de maneira incorreta;
- Taxa de verdadeiro positivo: instância de dados em que o modelo que foi criado prevê um resultado positivo e o resultado condiz com o real;
- Taxa de falso positivo: instância de dados em que o classificador gerado encontra um resultado positivo, mas, ao invés disso, o valor real é negativo.
- Tempo de processamento: tempo necessário para o processamento de todo o arquivo.

O computador para a execução dos algoritmos possui a seguinte configuração:

- Placa mãe: ASUSTeK Computer Inc. K45VM;
- Processador: Intel Core i7-3610QM CPU 2.30 GHz;
- Memória: 8 Gigabytes;
- *Chipset* gráfico: Geforce GT 630M com 2 Gigabytes.

Foram usados duas formas de avaliação computacional: validação cruzada com 10-*folds* (A) e divisão de porcentagem¹⁴ (B) com 70%. A primeira gera dez grupos com todas as instâncias do arquivo, sendo nove para treinamento e um para testes. Com isso, são gerados dez classificadores diferentes. Ao final do processamento, é gerada a média de acertos para todos os classificadores. A segunda forma de avaliação divide o conjunto de instâncias em treinamento e teste, a partir da quantidade de porcentagem escolhida. Por exemplo, caso o valor de porcentagem seja de 70%, essa quantia será usada para treinamento e os 30% restantes para testes. A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos para as duas formas de avaliação para a relação DoençasGerais usando o algoritmo simbólico j48 da ferramenta WEKA.

¹⁴ O termo em inglês para esse método é *percentage split*.

Tabela 3 – Dados após o processamento da relação DoençasGerais usando o algoritmo j48.

AVAL.	CLASSIFICAÇÕES CORRETAS	CLASSIFICAÇÕES INCORRETAS	TX. DE VERDADEIRO POS.	TX. DE FALSO POS.	TEMPO DE PROC.
A	207 (72,63%)	78 (27,36%)	0,726 (72,6%)	0,005 (0,5%)	0,15s
B	59 (69,41%)	26 (30,58%)	0,694 (69,4%)	0,006 (0,6%)	0,12s

A Tabela 4 mostra os resultados obtidos para a relação Diabetes usando o mesmo algoritmo.

Tabela 4 – Informações após o processamento da relação Diabetes usando j48.

AVAL.	CLASSIFICAÇÕES CORRETAS	CLASSIFICAÇÕES INCORRETAS	TX. DE VERDADEIRO POS.	TX. DE FALSO POS.	TEMPO DE PROC.
A	567 (73,82%)	201 (26,17%)	0,738 (73,8%)	0,327 (32,7%)	0,04s
B	117 (75,97%)	37 (24,02%)	0,760 (76,0%)	0,308 (30,8%)	0,02s

As duas próximas tabelas mostram como o algoritmo estatístico BayesNet se comporta com a execução das duas relações.

Tabela 5 – Informações da execução da relação DoençasGerais usando BayesNet.

AVAL.	CLASSIFICAÇÕES CORRETAS	CLASSIFICAÇÕES INCORRETAS	TX. DE VERDADEIRO POS.	TX. DE FALSO POS.	TEMPO DE PROC.
A	224 (78,59%)	61 (21,40%)	0,786 (78,6%)	0,006 (0,6%)	0,03s
B	59 (69,41%)	26 (30,58%)	0,694 (69,4%)	0,007 (0,6%)	0,04s

Tabela 6 – Resultados do processamento da relação Diabetes com o algoritmo BayesNet.

AVAL.	CLASSIFICAÇÕES CORRETAS	CLASSIFICAÇÕES INCORRETAS	TX. DE VERDADEIRO POS.	TX. DE FALSO POS.	TEMPO DE PROC.
A	571 (74,34%)	197 (25,65%)	0,743 (74,3%)	0,319 (31,9%)	0,02s
B	185 (80,43%)	45 (19,56%)	0,804 (80,4%)	0,271 (27,1%)	0,02s

Abaixo, são mostradas as Tabelas 7 e 8 que apresentam, respectivamente, dados referentes à execução do algoritmo IBk, que é do tipo baseado em exemplos, com as relações DoençasGerais e Diabetes.

Tabela 7 – Dados da execução da relação DoençasGerais com o algoritmo IBk.

AVAL.	CLASSIFICAÇÕES CORRETAS	CLASSIFICAÇÕES INCORRETAS	TX. DE VERDADEIRO POS.	TX. DE FALSO POS.	TEMPO DE PROC.
A	283 (99,29%)	2 (0,70%)	0,993 (99,3%)	0,000 (0,0%)	0,00s
B	80 (94,11%)	5 (5,88%)	0,941 (94,1%)	0,001 (0,1%)	0,00s

Tabela 8 – Dados após o processamento da relação Diabetes usando IBk.

AVAL.	CLASSIFICAÇÕES CORRETAS	CLASSIFICAÇÕES INCORRETAS	TX. DE VERDADEIRO POS.	TX. DE FALSO POS.	TEMPO DE PROC.
A	539 (70,18%)	229 (29,81%)	0,702 (70,2%)	0,378 (37,8%)	0,00s
B	169 (73,47%)	61 (26,52%)	0,735 (73,5%)	0,340 (34,0%)	0,00s

Por fim, são mostrados os resultados da execução de um algoritmo do paradigma conexionista, o *MultiLayerPerceptron* (MLP). As informações podem ser conferidas nas Tabelas 9 e 10, as quais mostram dados relativos às relações usadas anteriormente.

Tabela 9 – Valores obtidos após o processamento da relação DoençasGerais usando MLP.

AVAL.	CLASSIFICAÇÕES CORRETAS	CLASSIFICAÇÕES INCORRETAS	TX. DE VERDADEIRO POS.	TX. DE FALSO POS.	TEMPO DE PROC.
A	282 (98,94%)	3 (1,05%)	0,989 (98,9%)	0,000 (0,0%)	5130,59s
B	80 (94,11%)	5 (5,88%)	0,941 (94,1%)	0,001 (0,1%)	474,28s

Tabela 10 – Informações da execução da relação Diabetes usando o algoritmo MLP.

AVAL.	CLASSIFICAÇÕES CORRETAS	CLASSIFICAÇÕES INCORRETAS	TX. DE VERDADEIRO POS.	TX. DE FALSO POS.	TEMPO DE PROC.
A	579 (75,39%)	189 (24,60%)	0,754 (75,4%)	0,314 (31,4%)	2,29s
B	173 (75,21%)	57 (24,78%)	0,752 (75,2%)	0,309 (30,9%)	2,23s

A partir da análise feita nos resultados mostrados anteriormente, percebeu-se que o melhor algoritmo para a execução da relação DoençasGerais foi o de paradigma Baseado em Exemplos, o IBk. Esse algoritmo é executado pelo agente AgenteDiagnosticadorDoençasGerais para a verificação de corretude da resposta dada pelo estudante. Já a relação de Diabetes é executada pelo algoritmo do tipo estatístico BayesNet. Esse algoritmo é executado pelo agente AgenteDiagnosticadorDiabetes.

A escolha dos dois algoritmos levou em consideração principalmente três variáveis. A primeira foram as taxas de classificações corretas, a fim de ter o algoritmo mais confiável. A segunda, o baixo índice de falso positivo, para que as classificações encontradas não possuíssem erros. E por fim, o tempo de processamento, para que a etapa de treinamento e verificação não se torne demorada, visto que o tempo de retorno do sistema para o usuário deve ser mínimo.

5.2. VALIDAÇÃO COM USUÁRIOS

A etapa da validação da ferramenta será a avaliação feita com usuários. Seguindo o modelo *Technology Acceptance Model* (TAM), espera-se verificar e avaliar o uso do sistema por estudantes e professores do curso de Medicina de universidades. O TAM foi criado por Davis na década de 80 e teve como objetivo auxiliar e prever o uso de *softwares*. A intenção foi criar um modelo capaz de avaliar o potencial de mercado para novos produtos da marca *International Business Machines* (IBM). A metodologia tem como objetivo entender o comportamento do usuário do sistema, a partir dos construtos conhecidos da utilidade e facilidade de utilizações vivenciadas (DAVIS, 1989).

A análise de dados seguindo o modelo TAM é feita através do cálculo de média de todas as respostas para todos os usuários. A escala utilizada é do tipo *Linkert*, variando entre discordo totalmente (1) e concordo totalmente (7). Para cada pergunta os usuários devem responder com valores de 1 a 7. A intenção comportamental de um usuário para usar um *software* é revelada através desse modelo de aceitação. A finalidade da utilização é determinada pelas dimensões Facilidade de Uso Percebida e pela Utilidade Percebida. O objeto de estudo da pesquisa são os usuários, portanto, algumas perguntas devem ser criadas na primeira pessoa gramatical. Isso facilita a interpretação pelo usuário (OLIVEIRA, 2015). Abaixo, na Tabela 11, são mostradas as perguntas que serão realizadas com os estudantes.

Tabela 11 – Perguntas que serão realizadas com estudantes para validação da ferramenta.

UTILIDADE PERCEBIDA	FACILIDADE DE USO PERCEBIDA
1 - Aprender a usar o DocTraining foi fácil?	1 – No DocTraining eu sempre sei onde estou e como chegar onde quero chegar?
2 – A utilização do DocTraining é importante e adiciona valor ao meu aprendizado?	2 – Acho complicado usar o DocTraining?
3 – Eu gosto de usar o DocTraining?	3 – Acho tecnicamente fácil encontrar meu consultório médico virtual no DocTraining?
4 – É fácil acessar o DocTraining?	4 – O DocTraining tem uma interação compreensível e clara?
5 – Os pacientes virtuais do DocTraining oferecem sintomas verídicos aos da doença apresentada?	5 – Os recursos de navegação são fáceis de encontrar?
6 – Usar o DocTraining aumentou meu desempenho na detecção de doenças na vida real?	6 – No DocTraining é fácil encontrar a informação que desejo?
7 – O DocTraining facilita meu entendimento de assuntos passados em sala de aula?	7 – O DocTraining possui uma interface atraente?
8 – Usar o DocTraining agrega valor ao meu aprendizado em medicina?	8 – O DocTraining possui uma boa jogabilidade?
9 – Usar o DocTraining é uma boa ideia?	9 – Acho necessário muito esforço para utilizar o DocTraining?
10 – Usando o DocTraining pude acelerar meu aprendizado?	10 – Achei fácil começar a usar minhas habilidades no DocTraining?
11 – O uso do DocTraining em Universidades, como forma de avaliação, é importante?	11 – É necessário treinamento para utilizar o DocTraining?
12 – Acho que as universidades deveriam utilizar o DocTraining para treinamento de alunos de curso de medicina?	12 – Consigo utilizar o DocTraining sem auxílio de um instrutor?
13 – Estou motivado a continuar usando o DocTraining?	13 – Utilizar o DocTraining é agradável?

14 – No geral, acho que o DocTraining é muito útil?	14 – Acho o número de doenças atuais um número baixo?
---	---

A validação com usuários será realizada com estudantes e professores do curso de medicina da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), utilizando o TAM como modelo de validação.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

O principal objetivo da ferramenta é o de mitigar erros médicos em consultas clínicas através de seu treinamento através de jogos sérios. Espera-se oferecer a ferramenta de maneira gratuita para as universidades. Assim, estudantes de medicina podem treinar casos clínicos em um ambiente lúdico, realista e executado em qualquer dispositivo computacional.

Outro objetivo é o de facilitar para o professor a observação de alunos com dificuldades nos diagnósticos e, assim, fazer com que ele possa ajudar ou passar algum conteúdo adicional durante suas aulas. Por usar tecnologias como sintetizadores de voz, óculos de imersão virtual, ambientes em três dimensões e características de gamificação, espera-se que os alunos sintam-se motivados a usar o sistema continuamente.

6.1. TRABALHOS FUTUROS

Como trabalhos futuros, espera-se utilizar comitês de classificação para verificação de melhoria na acurácia do cálculo de diagnóstico de amostras não rotuladas. A ideia é combinar múltiplos classificadores independentes para verificar melhorias significativas de veracidade das respostas encontradas, com o objetivo de sempre rotular amostras com o melhor grau de certeza. Outro trabalho futuro é a inserção de classificadores multirrótulo para classificação de doenças que compartilham sintomas exatamente iguais.

Testes com estudantes e professores do curso de medicina serão realizados, a fim de receber um *feedback* acerca da usabilidade e utilidade do ambiente, bem como funções que podem ser retiradas ou adicionadas. Para tanto, será utilizado o TAM como metodologia de validação.

6.2. PUBLICAÇÕES

Durante o desenvolvimento desse trabalho foram realizadas publicações e participações em eventos científicos que contribuíram significativamente para o

desenvolvimento e melhoria da proposta. O trabalho também obteve o prêmio de primeiro lugar no XII Encontro Nacional de Inteligência Artificial e Computacional (ENIAC) na categoria *Best Poster*.

Publicações:

- DocTraining: Um Ambiente 3D Multiagente como Suporte ao Treinamento de Estudantes de Medicina (LIMA *et al.*, 2015);
- Um Ambiente Virtual Multijogador como Ferramenta Auxiliar para o Ensino de Estudantes de Medicina (Lima *et al.*, 2015);
- A 3D Serious Games for Medical Students Training in Clinical Cases (SEGAH 2016 – IEEE 4th International Conference on Serious Games and Applications for Health. 11 a 13 de Maio em Orlando, FL USA).

Submissões:

- A 3D Environment with Machine Learning As An Auxiliary Tool for Medical Students Training (INTED 2016 – International Technology, Education and Development Conference. 7 a 9 de Março em Valencia, Espanha);
- DOCTRANING: Um Ambiente 3D Multiplataforma com Jogo Sérioo para o Treinamento de Estudantes de Medicina em Casos Clínicos (Revista de Informática Teórica e Aplicada).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABT, C. C.: “Serious Games”. Lanham, MD: University Press of America. 1st Edition. Vol. 1, pp. 10-14. New York, NY, USA. 1987. ISBN: 0819161489, 9780819161482. (Reprint. Originally published: New York: Viking Press, 1970.)

BEZ, M. R.; FONSECA, J.; MARONI, V.; BARROS, P.; CAZELLA, S. e FLORES, C. D.: “Simulador inteligente para a tomada de decisão em cuidados de saúde – Simdecs”. Revista Espaço para a Saúde (2014), v. 15, p. 599–609.

BITTENCOURT, G.: “Inteligência Artificial Distribuída”. In: I Workshop de computação do ITA, 1998.

BLUM, A.; MITCHELL, T.: “Combining labeled and unlabeled data with co-training”. In Proc. 11th Annu. Conf. on Comput. Learning Theory (1998), pages 92–100. ACM Press, New York, NY.

BOGONI, T.; PINHO, S.; “Avaliação de um Simulador Háptico de Realidade Virtual para Treinamento de Endodontia”. In: III Congresso Brasileiro de Informática na Educação – CBIE 2014. Grande Dourados – MS – Brasil.

BRASIL, I.S.; NETO, F.M.M.; CHAGAS, J.F.S.; MONTEIRO, R.; SOUZA, D.F.L.; BONATES, M.F.; DANTAS, A. "An intelligent and persistent browser-based game for oil drilling operators training," In: *Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, 2011 IEEE 1st *International Conference on* , vol., no., pp.1-9, 16-18 Nov. 2011 doi: 10.1109/SeGAH.2011.6165431.

BURDEA, G.; COIFFET, P.: “Virtual Reality Technology”. Wiley-Interscience 1994, New York, NY, USA. ISBN 0-471-08632-0.

CAFARATE, L. S.: “Utilização da Engenharia de Software Orientada a Agentes na Modelagem de um Sistema de Seleção de Pessoas”. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, 2008

COSENTINO, M.: "From Requirements to Code with PASSI Methodology." Agent-Oriented Methodologies. IGI Global, 2005. pp. 79-106. doi:10.4018/978-1-59140-581-8.ch004.

CREMESP. “Teste reprova 59% dos estudantes em medicina.” (2014) [online] Disponível em: http://www.cremesp.org.br/?siteAcao=Imprensa&acao=crm_midia&id=702. Acessado em 13 de Janeiro de 2016.

DAVIS, F.; BAGOZZI, R.; WARSHAW, R.: “User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models”. Management Science, v. 35, p. 982 - 1003, 1989.

DEITEL, P.; DEITEL, H.: “Java – Como programar”. Pearson Education (2010). ISBN: 9788576055631.

DETERDING, S.; DIXON, D.; KHALED, R.; NACKE, L.: “From game design elements to gamefulness: defining gamification”, In Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments, September 28-30, 2011, Tampere, Finland, ACM, pp. 9-15.

DIEHL, L.A.; LEHMANN, E.; SOUZA, R.M.; ALVES, J.B.; ESTEVES, R.Z.; GORDAN, P.A.: “A Serious Game Prototype for Education of Medical Doctors and Students on Insulin Management for Treatment of Diabetes Mellitus,” In: Serious Games and Applications for Health (SeGAH), 2011 IEEE 1st International Conference, vol., n.º., pp.1-4, 16-18 Nov. 2011. doi: 10.1109/SeGAH.2011.6165437.

ESA, Entertainment Software Association: “Essential Facts About the Computer and Video Game Industry”. EUA, 2012. [online] Disponível em: http://www.isfe.eu/sites/isfe.eu/files/attachments/esa_ef_2012.pdf. Acessado em 13 de Janeiro de 2016.

FACELI, K.; LORENA, A.; GAMA, J.; CARVALHO, A.: “Inteligência Artificial: Uma Abordagem de Aprendizado de Máquina”. LTC, 2011. ISBN 978-85-216-1880-5.

FARDO, M. L.: “A Gamificação Aplicada em Ambientes de Aprendizagem”. RENOUE – Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 11, n. 1, 2013.

FRADE, R.; NETO, F. M. M.; LIMA, R. W.; LIMA, R. M. e SILVA, L.: “Um Ambiente Virtual 3D Multiagente com Recomendação Personalizada de Objetos de Aprendizagem.” In: III Congresso Brasileiro de Informática na Educação (2014), Dourados. Anais do CBIE, UFGD

FRANK, E.; HALL, M.; REUTEMANN, P.; TRIGG, L.: “WEKA”. (2015) [Online] Disponível em: <http://www.cs.waikato.ac.nz>, Acessado em 13 de Janeiro de 2016.

FRANKLIN, S.; GRAESSE, A.: “Is it an Agent, or just a Program? A Taxonomy for Autonomous Agents. In: 3rd International Workshop on Agents Theories. Springer-Verlag, 1996.

G1. “Registro de erros médicos crescem no Brasil.” (2012) [online] Disponível em: <http://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/noticia/2012/05/registros-de-erros-medicos-crescem-52-entre-os-anos-de-2010-e-2011.html>. Acessado em 13 de Janeiro de 2016.

HAMARI, J.; KOIVISTO, J.; SARSA, H.: “Does gamification work? — a literature review of empirical studies on gamification”. In: Hawaii International Conference on System Science. 2014. p. 3025–3034.

HAMID, N.; MALAYSIA AIR TRAFFIC SECTOR, P. M. Dept. of C. A.; AZIZ, F.; AZIZI, A.: “Virtual reality applications in manufacturing system”. In: *Science and Information Conference* (SAI). 2014. p. 1034 – 1037.

HUOTARI, K.; HAMARI, J.: “Defining gamification: a service marketing perspective”, In Proceedings of the 16th International Academic MindTrek Conference, October 3-5, 2012, Tampere, Finland, ACM, pp. 17-22.

JENNIFER, G.; ANDREW, S.: “Use a Cabeça C#”. Editora O’Reilly. ISBN: 9788576085591. 2º Edição (2010).

KERA, M.; PEDRINI, H. e NUNES, F.: “Ambiente Virtual Interativo com Colisão e Deformação de Objetos para Treinamento Médico”. *Revista de Informática Teórica e Aplicada – RITA* (2011), v.18, pág. 206-233.

LATTA, J. N.; OBERG, D. J.: “A conceptual virtual reality model”. *IEEE Comput. Graph. Appl.*, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, USA, v. 14, p. 23–29, January 1994. ISSN 0272-1716.

LIMA, R. M.; BONATES, M. F.; MENDES NETO, F. M.: “Um Ambiente 3D Baseado em Navegador para Suporte ao Aprendizado de Física”. In: II WORKSHOP TÉCNICO-CIENTÍFICO DE COMPUTAÇÃO, 2011, Mossoró. Anais do II Workshop Técnico-Científico de Computação, 2011.

LIMA, R. M.; MENDES NETO, F. M.; ALMEIDA, R.: Um Jogo Sério em 3D para Apoiar a Aprendizagem a Sensível ao Contexto dos Estudantes. In: Congresso Brasileiro de Informática na Educação, 2012, Rio de Janeiro. Anais dos Workshops do CBIE 2012 - Workshop Ambientes Imersivos para Educação, 2012. v. 1. p. 1-10.

LIMA, R. M.; SANTOS, A. M.; MENDES NETO, F. M.; MACEDO, F. T.; SOUSA NETO, A. F.; LEÃO, F. C. P.; CARVALHO, M. L. S.; ALVES, F. H.: “Um Ambiente Virtual Multijogador como Ferramenta Auxiliar para o Ensino de Estudantes de Medicina”. In: Congresso Brasileiro de Informática na Educação, 2015, Maceió. Anais dos Workshops do CBIE 2015 – III Workshop de Ambientes Virtuais na Educação, 2015. v. 1. p. 1208-1217.

LIMA, R. M.; SANTOS, A. M.; MENDES NETO, F. M.; MACEDO, F. T.; SOUSA NETO, A. F.; CARVALHO, M. L. S.; LEÃO, F. C. P.; ALVES, F. H.: “DocTraining: Um Ambiente 3D Multiagente como Suporte ao Treinamento de Estudantes de Medicina” In: XII Encontro Nacional de Inteligência Artificial e Computacional - ENIAC, 2015, Natal - RN. *4th Brazilian Conference on Intelligent Systems - BRACIS*.

LUGER, G. F. *Artificial Intelligence*. : Pearson Education, 2014. ISBN 978-85-8143-550-3.

MAES, P.: “Artificial Life Meets Entertainment: Lifelike Autonomous Agents”. *Communications of the ACM*, ACM Press New York, NY, USA, v. 38, n. 11, p. 108–114, 1995.

MARÇAL, J. O. M.: “MAS-COMMONKADS+: Uma Extensão à Metodologia MAS COMMONKADS para Suporte ao Projeto Detalhado de Sistemas Multiagentes Racionais”. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual do Ceará, 2010.

MARCIAL, J.: “Homens Preferem Jogar com Personagens Femininos em World of Warcraft”. (2014) [online] Disponível em: <http://www.diariojovem.com>. Acessado em 13 de Janeiro de 2016.

MATSUBARA, E. T.: “O Algoritmo de Aprendizado Semi-supervisionado COTRAINING e sua Aplicação na Rotulação de Documentos”. Dissertação (Mestrado), ICMC-USP.

MILANI, A.: “Contruindo Aplicações Web com PHP e MySQL” 1º Edição (2010), pág. 40-200. Editora Novatec.

MONARD, M. C.; PRATI, R. C.: “Aprendizado de Máquina Simbólico para Mineração de Dados”. In: XIII Escola Regional de Informática. 2005. p. 1–26.

MONARD, M. C.; BARANAUSKAS, J. A.: “Conceitos sobre Aprendizado de Máquina”. Cap. 4. pág.: 1–26. 2003. [online] Disponível em: <http://dcm.ffclrp.usp.br/~augusto/publications/2003-sistemas-inteligentes-cap4.pdf>. Acessado em 13 de Janeiro de 2016.

MOOCK, C.: “ActionScript: The Definitive Guide”. Editora: O’Reilly Media, 2001. ISBN 978-1-56592-852-7.

MORIE, J. F. “Inspiring the Future: Merging Mass Communication, Art, Entertainment and Virtual Environments.” *ACM SIGGRAPH Computer Graphics* 28, 2 (1994), 135– 138.

OLIVEIRA, P.: “Uma Avaliação de Metodologias para Validação de Software”. Monografia (Graduação) — Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, 2015.

ORRICO, A.: “Mercado Brasileiro de Games já é o Quarto Maior do Mundo e deve Continuar a Crescer”. *Jornal Folha de São Paulo*, SP. 08 de outubro de 2012. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/tec/2012/10/1165034-mercado-brasileiro-de-games-ja-e-o-quarto-maior-do-mundo-e-deve-continuar-a-crescer.shtml>. Acessado em 13 de Janeiro de 2016.

PROJECT CARDBOARD.: “Google Cardboard” (2014) [online] Disponível em: <https://www.google.com/get/cardboard/> Acessado em 13 de Janeiro de 2016.

ROSENDAAL, T.: “Blender”. (2014). [Online] Disponível em: <http://www.blender.org/> Acessado em 13 de Janeiro de 2016.

RUSSEL, R.; NORVIG, P.: “Artificial Intelligence” 3rd Edition. Editora: Campus, 2013. ISBN 978-8535237016.

SHERMAN, W.; CRAIG, A.: “Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design”. Morgan Kaufmann Publishers Inc. 2002, San Francisco, CA, USA. ISBN 1558603530.

SILVA, A.; ZULLIAN, J.; BERTI, J.; PERONI, A.: “Quase 400 denúncias de erros médicos são registradas no CRM-MT.” (2014) [online] Disponível em: <http://anadem1.tempsite.ws/noticias/452-erro-medico-no-brasil-cresce-1-600-em-apenas-10-anos.html>. Acessado em 13 de Janeiro de 2016

SILVA, G. T. (2012) “Jogos Sérios em Mundos Virtuais: Uma Abordagem para o Ensino-Aprendizagem de Teste de Software”. Dissertação de mestrado em Computação do Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal de Santa Maria – Rio Grande do Sul.

SILVA, S. M. “JavaScript Guia do Programador”. 1º Edição (2010), pág. 20-30. Editora Novatec.

SILVA, S. M.: “HTML5 A Linguagem de Marcação que Revolucionou a Web”. 1º Edição (2011), pág. 20-52. Editora Novatec.

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R.: Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada.: In: *VIII Symposium on Virtual Reality (SVR)* 2006. ISBN 85-7669-068-3.

VERAS, J.; LABIDI, S.; COSTA, N. e PINHEIRO, T.: “Development of an inteligente virtual environment applied to mastology for diagnosis and training”. In: International Conference on Computer Medical Applications (ICCMA) - 2013.

VINCE, J.: “Virtual Reality Systems”. ACM Press/Addison-Wesley Publ. Co. 1995, New York, NY, USA. ISBN 0-201-87687-6.

VOSS, B. G.; NUNES, B. F; MEDINA, D. R. (2013) “Proposta de um Jogo Sério para o Ensino de Redes de Computadores no Ambiente Virtual 3D OpenSim”. SBC – Proceedings of SBGames. Workshop on Virtual, Augmented Reality and Games.

WOOLRIDGE, M.: “An Introduction to MultiAgent Systems”. 2nd Edition.: John Wiley & Sons, 2009. ISBN 978-0470519462.

YANG, F.; WU. W., “The application of virtual reality in e-learning,” In: E-Business and E-Government (ICEE), 2010 International Conference, May 2010, pp. 5548–5551.

YESSAD, A.; LABAT, J.; KERMORVANT, F.: “Segae: A serious game authoring environment,” in Proceedings of the 2010 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ser. ICALT '10. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2010, pp. 538–540. doi: 10.1109/ICALT.2010.153.

ZICHERMANN, G; CUNNINGHAM, C.: “Gamification by Design: Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps” 1st Edition. O'Reilly Media, Inc. 2011. ISBN: 1449397670, 9781449397678

ZIEBARTH, S.; KIZINA, A.; HOPPE, H.U.; DINI, L.: “A Serious Game for Training Patient-Centered Medical Interviews”. In: Advanced Learning Technologies (ICALT), 2014 IEEE 14th International Conference, vol., n.º., pp.213-217, 7-10 July 2014 doi: 10.1109/ICALT.2014.69.

APÊNDICE A – ARQUIVOS USADOS NO APRENDIZADO DE MÁQUINA

Este anexo apresenta trechos dos arquivos utilizados no AM, DoençasGerais e Diabetes, respectivamente. Como os arquivos são muito extensos, apenas uma parte de seu documento é apresentado. O arquivo DoençasGerais.arff contém um total de 285 instâncias. Os valores dos atributos, no arquivo original, possuem valores TRUE ou FALSE, mas para facilitar a leitura foram modificados para os valores 1 e 0, respectivamente. A Tabela 12 retrata o arquivo.

Tabela 12 – Arquivo DoencasGerais.arff usado no DocTraining

DoencasGerais.arff
@RELATION DoencasGerais
@attribute sangue_ou_muco_nas_fezes {1,0}
@attribute calafrios {1,0}
@attribute astemia {1,0}
@attribute fadiga {1,0}
@attribute cefaleia {1,0}
@attribute suor_profuso {1,0}
@attribute depressao {1,0}
@attribute perda_de_peso {1,0}
@attribute ulceras {1,0}
@attribute lesoes_extragenitais {1,0}
@attribute vomitos {1,0}
@attribute caimbras {1,0}
@attribute desidratacao {1,0}
@attribute insuficiencia_renal {1,0}
@attribute tosse_expectoracao {1,0}
@attribute tosse_seca {1,0}
@attribute ganglios {1,0}
@attribute ardencia_urinar {1,0}
@attribute corrimento_amarelo_uretra {1,0}
@attribute cansaco {1,0}

@attribute nausea {1,0}
 @attribute hemoglobina_urina {1,0}
 @attribute ictericia {1,0}
 @attribute convulsões {1,0}
 @attribute hemolítica {1,0}
 @attribute febre_baixa {1,0}
 @attribute febre_media {1,0}
 @attribute febre_alta {1,0}
 @attribute febre_intermitente {1,0}
 @attribute febre_continua {1,0}
 @attribute desconforto_abdominal_leve {1,0}
 @attribute desconforto_abdominal_moderado {1,0}
 @attribute diarreia_aguda {1,0}
 @attribute diarreia_persistente {1,0}
 @attribute diarreia_cronica {1,0}
 @attribute diarreia_profusa {1,0}
 @attribute diarreia_aquosa {1,0}
 @attribute diarreia_forte {1,0}
 @attribute diarreia_fraca {1,0}
 @attribute lesões_unicas {1,0}
 @attribute lesões_multiplas {1,0}
 @attribute lesões_retina {1,0}
 @attribute dor_abdominal {1,0}
 @attribute dor_peito {1,0}
 @attribute dor_garganta {1,0}

...

@attribute class {AMEBIASE, BRUCELOSE, CANCRO_MOLE, COLERA,
 ACTINOMICOSE, GONORREIA, DIFTERIA, FEBRE_TIFOIDE, MALARIA,
 DERMATOFITOSE, PNEUMONIA, TUBERCULOSE, APENDICITE, ASMA, BULIMIA,
 BRONQUITE, BRONQUIOLITE, LITIASE_URINARIA, ... ,CONJUNTIVITE,
 COQUELUCHE, ARTRITE, ANEMIA, SARAMPO, TÉTANO,
 INSUFICIENCIA_RENAL_CRONICA, HIPERCALCEMIA, INFECÇÃO_URINARIA,
 URETRITE, ENXAQUECA, LABIRINTITE, MAL_DE_PARKINSON, TROMBOSE,

% 2. Plasma glucose concentration a 2 hours in an oral glucose tolerance test
% 3. Diastolic blood pressure (mm Hg)
% 4. Triceps skin fold thickness (mm)
% 5. 2-Hour serum insulin (mu U/ml)
% 6. Body mass index (weight in kg/(height in m)^2)
% 7. Diabetes pedigree function
% 8. Age (years)
% 9. Class variable (tested_negative or tested_positive1)
@relation Diabetes
@attribute 'preg' real
@attribute 'plas' real
@attribute 'pres' real
@attribute 'skin' real
@attribute 'insu' real
@attribute 'mass' real
@attribute 'pedi' real
@attribute 'age' real
@attribute 'class' { tested_negative, tested_positive }
@data
6,148,72,35,0,33.6,0.627,50,tested_positive
1,85,66,29,0,26.6,0.351,31,tested_negative
8,183,64,0,0,23.3,0.672,32,tested_positive
1,89,66,23,94,28.1,0.167,21,tested_negative
0,137,40,35,168,43.1,2.288,33,tested_positive
5,116,74,0,0,25.6,0.201,30,tested_negative
3,78,50,32,88,31,0.248,26,tested_positive
10,115,0,0,0,35.3,0.134,29,tested_negative
2,197,70,45,543,30.5,0.158,53,tested_positive
8,125,96,0,0,0,0.232,54,tested_positive
4,110,92,0,0,37.6,0.191,30,tested_negative
10,168,74,0,0,38,0.537,34,tested_positive
10,139,80,0,0,27.1,1.441,57,tested_negative
1,189,60,23,846,30.1,0.398,59,tested_positive

5,166,72,19,175,25.8,0.587,51,tested_positive
7,100,0,0,0,30,0.484,32,tested_positive
0,118,84,47,230,45.8,0.551,31,tested_positive
7,107,74,0,0,29.6,0.254,31,tested_positive
1,103,30,38,83,43.3,0.183,33,tested_negative
1,115,70,30,96,34.6,0.529,32,tested_positive
3,126,88,41,235,39.3,0.704,27,tested_negative
8,99,84,0,0,35.4,0.388,50,tested_negative
7,196,90,0,0,39.8,0.451,41,tested_positive
9,119,80,35,0,29,0.263,29,tested_positive
11,143,94,33,146,36.6,0.254,51,tested_positive
10,125,70,26,115,31.1,0.205,41,tested_positive
7,147,76,0,0,39.4,0.257,43,tested_positive
1,97,66,15,140,23.2,0.487,22,tested_negative
13,145,82,19,110,22.2,0.245,57,tested_negative
5,117,92,0,0,34.1,0.337,38,tested_negative
5,109,75,26,0,36,0.546,60,tested_negative
3,158,76,36,245,31.6,0.851,28,tested_positive
3,88,58,11,54,24.8,0.267,22,tested_negative
6,92,92,0,0,19.9,0.188,28,tested_negative
10,122,78,31,0,27.6,0.512,45,tested_negative
4,103,60,33,192,24,0.966,33,tested_negative
11,138,76,0,0,33.2,0.42,35,tested_negative
9,102,76,37,0,32.9,0.665,46,tested_positive
2,90,68,42,0,38.2,0.503,27,tested_positive
4,111,72,47,207,37.1,1.39,56,tested_positive
3,180,64,25,70,34,0.271,26,tested_negative
7,133,84,0,0,40.2,0.696,37,tested_negative
7,106,92,18,0,22.7,0.235,48,tested_negative
9,171,110,24,240,45.4,0.721,54,tested_positive
7,159,64,0,0,27.4,0.294,40,tested_negative
0,180,66,39,0,42,1.893,25,tested_positive
1,146,56,0,0,29.7,0.564,29,tested_negative

2,71,70,27,0,28,0.586,22,tested_negative
7,103,66,32,0,39.1,0.344,31,tested_positive
7,105,0,0,0,0,0.305,24,tested_negative
1,103,80,11,82,19.4,0.491,22,tested_negative
1,101,50,15,36,24.2,0.526,26,tested_negative
5,88,66,21,23,24.4,0.342,30,tested_negative
8,176,90,34,300,33.7,0.467,58,tested_positive
7,150,66,42,342,34.7,0.718,42,tested_negative
1,73,50,10,0,23,0.248,21,tested_negative
7,187,68,39,304,37.7,0.254,41,tested_positive
0,100,88,60,110,46.8,0.962,31,tested_negative
0,146,82,0,0,40.5,1.781,44,tested_negative
0,105,64,41,142,41.5,0.173,22,tested_negative
2,84,0,0,0,0,0.304,21,tested_negative
8,133,72,0,0,32.9,0.27,39,tested_positive
5,44,62,0,0,25,0.587,36,tested_negative
2,141,58,34,128,25.4,0.699,24,tested_negative
7,114,66,0,0,32.8,0.258,42,tested_positive
5,99,74,27,0,29,0.203,32,tested_negative
0,109,88,30,0,32.5,0.855,38,tested_positive
2,109,92,0,0,42.7,0.845,54,tested_negative
1,95,66,13,38,19.6,0.334,25,tested_negative
4,146,85,27,100,28.9,0.189,27,tested_negative
2,100,66,20,90,32.9,0.867,28,tested_positive
5,139,64,35,140,28.6,0.411,26,tested_negative
13,126,90,0,0,43.4,0.583,42,tested_positive
4,129,86,20,270,35.1,0.231,23,tested_negative
1,79,75,30,0,32,0.396,22,tested_negative
1,0,48,20,0,24.7,0.14,22,tested_negative
7,62,78,0,0,32.6,0.391,41,tested_negative
5,95,72,33,0,37.7,0.37,27,tested_negative
0,131,0,0,0,43.2,0.27,26,tested_positive
2,112,66,22,0,25,0.307,24,tested_negative

3,113,44,13,0,22.4,0.14,22,tested_negative
2,74,0,0,0,0,0.102,22,tested_negative
7,83,78,26,71,29.3,0.767,36,tested_negative
0,101,65,28,0,24.6,0.237,22,tested_negative
5,137,108,0,0,48.8,0.227,37,tested_positive
2,110,74,29,125,32.4,0.698,27,tested_negative
13,106,72,54,0,36.6,0.178,45,tested_negative
2,100,68,25,71,38.5,0.324,26,tested_negative
15,136,70,32,110,37.1,0.153,43,tested_positive
1,107,68,19,0,26.5,0.165,24,tested_negative
1,80,55,0,0,19.1,0.258,21,tested_negative
4,123,80,15,176,32,0.443,34,tested_negative
7,81,78,40,48,46.7,0.261,42,tested_negative
4,134,72,0,0,23.8,0.277,60,tested_positive
...