

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
Centro de Computação e Tecnologia da Informação
Curso de Bacharelado em Ciência da Computação

Lucas Mendo Giombelli

**UM OBJETO DE APRENDIZAGEM COM INTERAÇÃO
MULTIMODAL EM UM AMBIENTE DE REALIDADE AUMENTADA**

Caxias do Sul

2012

Lucas Mendo Giombelli

**UM OBJETO DE APRENDIZAGEM COM INTERAÇÃO
MULTIMODAL EM UM AMBIENTE DE REALIDADE AUMENTADA**

Trabalho de Conclusão de Curso
para obtenção do Grau de
Bacharel em Ciência da
Computação da Universidade de
Caxias do Sul.

Prof^a. Dr^a. Elisa Boff
Orientadora

Caxias do Sul
2012

**Dedico este trabalho a todos
os meus familiares e amigos
que sempre me ajudaram ou
apoiaram de alguma forma.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha orientadora Prof^a. Dr^a. Elisa Boff, que tornou possível a realização deste trabalho, a Anne Lorandi Pagno que colaborou no design da interface software e a todos que de alguma forma, contribuíram para a sua construção.

RESUMO

Esse trabalho apresenta um breve histórico sobre Realidade Aumentada e os principais conceitos da área, bem como exemplos de aplicações nas diversas áreas de conhecimento onde ela pode ser utilizada. É apresentado também um estudo mais aprofundado sobre as formas de interação que a Realidade Aumentada proporciona, além dos dispositivos que podem ser utilizados.

Foi desenvolvida também uma pesquisa para definir o que são Objetos de Aprendizagem, apresentando definições e as suas principais características. São apresentados os modelos de referência, e é feito um comparativo entre esses modelos de referência. Além disso são apresentados exemplos de Objetos de Aprendizagem, e por se tratar de uma pesquisa interdisciplinar sobre Realidade Aumentada e Objetos de Aprendizagem, esses exemplos utilizam técnicas de Realidade Aumentada.

Com base nessa fundamentação teórica, é apresentada uma proposta de desenvolvimento de um Objeto de Aprendizagem. Esse Objeto de Aprendizagem irá utilizar técnicas de Realidade Aumentada e interfaces multimodais, a fim de proporcionar aos usuários uma nova forma de interação em ambientes 3D. O software será desenvolvido utilizando diversas tecnologias, tais como ARToolKit Plus, Linguagem C#, reconhecimento de voz.

Palavras-chaves: ARToolKit Plus, Interfaces Multimodais, Objetos de Aprendizagem, Realidade Aumentada.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ambiente de Realidade Mistura - adaptada de MILGRAM (1994).....	16
Figura 2. Modelo de visão direta.....	17
Figura 3. Modelo de visão indireta.....	18
Figura 4. Exemplo de sistema de visão direta.....	20
Figura 5. Exemplo de sistema de visão por vídeo baseada em monitor.....	20
Figura 6. Exemplo de sistema de visão ótica de projeção.....	21
Figura 7. Utilização do Furniture Assembly Instructor.....	23
Figura 8. Aplicação premiada no CARS BEST STUDENT POSTER AWARDS.....	24
Figura 9. Exemplo 3D de um condomínio.....	24
Figura 10. Perspectiva de reconstrução do Largo da Sé em 1911.....	25
Figura 11. Interação utilizando o Construct3D.....	26
Figura 12. Exemplo de visualização de dados.....	27
Figura 13. Funcionamento do Wikitude World Browser.....	27
Figura 14. Funcionamento do ARToolkit.....	29
Figura 15. Cubo desenhado no SketchUp.....	31
Figura 16. Exemplo de Objeto de Aprendizagem.....	40
Figura 17. Exemplo de Objeto de Aprendizagem utilizando o Construct3D.....	40
Figura 18. Exemplo de Objeto de Aprendizagem.....	41
Figura 19. Exemplo de interação com o Sol-RA.....	41
Figura 20. Colors Game (EDUCAÇÃO DIGITAL).....	42
Figura 21. Tela inicial do objeto de aprendizagem.....	45
Figura 22. Desafio de cores e quantidades.....	46
Figura 23. Desafio concluído com sucesso.....	47
Figura 24. Desafio para relacionar quantidades.....	47
Figura 25. Desafio concluído com sucesso.....	48
Figura 26. Tela de ajuda.....	49
Figura 27. Diagrama de casos de uso.....	52

Figura 28. Diagrama de classes53

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. COMPARATIVO SCORM - IMS LEARNING DESIGN	35
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Sigla	Significado
ADL	Advanced Distributed Learning Iniciative
API	Application Programming Interface
ARToolKit Plus	Augmented Reality Toolkit Plus
CAD	Computer-Aided Design
CAVE	Cave Automatic Virtual Environment
EML	Educational Modeling Language
LOM	Learning Object Metadata
LTSC	Learning Technology Standards Committee
MIDAS	Multimodal Interaction Design for Advanced Systems
OpenGL	Open Graphics Library
SACRA,	Sistema de Aatoria Colaborativa com Realidade Aumentada
SCORM	Sharable Content Object Reference Model
SCO	Shareable Content Object
VRML	Virtual Reality Modeling Language

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REALIDADE AUMENTADA	15
2.1	FORMAS DE INTERAÇÃO EM REALIDADE AUMENTADA	17
2.2	DISPOSITIVOS UTILIZADOS EM REALIDADE AUMENTADA	19
2.3	APLICAÇÕES DE REALIDADE AUMENTADA.....	21
2.3.1	APLICAÇÕES INDUSTRIAIS	22
2.3.2	APLICAÇÕES MÉDICAS E EM SAÚDE.....	23
2.3.3	APLICAÇÕES EM ARQUITETURA E PROJETO.....	24
2.3.4	APLICAÇÕES CIENTÍFICAS	24
2.3.5	APLICAÇÕES EM ARTES	25
2.3.6	APLICAÇÕES EM EDUCAÇÃO	25
2.3.7	APLICAÇÃO EM VISUALIZAÇÃO E CONTROLE DE INFORMAÇÃO.....	26
2.3.8	APLICAÇÕES EM ENTRETENIMENTO	27
2.4	TECNOLOGIAS PARA DESENVOLVIMENTO EM REALIDADE AUMENTADA	
	28	
2.4.1	ARTOOLKIT (AUGMENTED REALITY TOOLKIT).....	28
2.4.2	OPEN GL (OPEN GRAPHICS LIBRARY)	30
2.4.3	GOOGLE SKETCHUP	30
3	OBJETOS DE APRENDIZAGEM	32
3.1	MODELOS DE REFERÊNCIA	35
3.1.1	SCORM	36
3.1.2	IMS LEARNING DESIGN	37
3.2	COMPARATIVO SCORM - IMS LEARNING DESIGN	37
3.3	OBJETOS DE APRENDIZAGEM UTILIZANDO TÉCNICAS DE REALIDADE	
	AUMENTADA.....	39
4	OBJETO DE APRENDIZAGEM UTILIZANDO REALIDADE AUMENTADA	43
4.1	FUNCIONALIDADES DO SOFTWARE	44
4.2	TECNOLOGIAS UTILIZADAS.....	50

4.3	ARQUITETURA DO SOFTWARE.....	50
4.3.1	CASOS DE USO	51
4.3.2	DIAGRAMA DE CLASSES	52
5	VALIDAÇÃO DO SOFTWARE	55
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
8	ANEXO	63
8.1	ANEXO 1	63
8.2	ANEXO 2	65
8.3	ANEXO 3	68

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos houve um avanço muito grande na área da computação gráfica, sobretudo impulsionado pelo desenvolvimento de hardware mais robusto e com melhor desempenho. Com isso, as aplicações 3D ganharam um espaço maior no nosso dia-a-dia, e começaram a surgir aplicações onde o usuário pode interagir com o ambiente virtual.

Os sistemas interativos imersivos passaram a utilizar técnicas de realidade misturada, buscando uma interação tão realista a ponto do usuário não conseguir perceber diferença alguma entre os elementos virtuais e reais.

Segundo Kirner (KIRNER, 2006), “a realidade misturada pode ser definida como a sobreposição de objetos virtuais tridimensionais gerados por computador com o ambiente físico, mostrada ao usuário, com o apoio de algum dispositivo tecnológico, em tempo real”.

A realidade aumentada e virtualidade aumentada são casos particulares de realidade misturada. A virtualidade aumentada ocorre quando são inseridos elementos reais num mundo virtual. Já a realidade aumentada é o oposto, são inseridos elementos virtuais no mundo real.

Segundo Azuma (AZUMA, 2001), a realidade aumentada é um sistema que suplementa o mundo real com objetos virtuais gerados por computador, parecendo coexistir no mesmo espaço e apresentando as seguintes propriedades:

- combina objetos reais e virtuais no ambiente real;
- executa interativamente em tempo real;
- alinha objetos reais e virtuais entre si.

Visto que a realidade aumentada transporta os elementos virtuais para o ambiente real, ela permite que o usuário possa interagir com esses elementos de uma maneira mais natural. Novas interfaces com interação multimodal foram projetadas, permitindo entrada de dados através de dispositivos não convencionais, como mouse e teclado, facilitando a interação entre elementos virtuais e reais.

Essas interfaces multimodais processam várias modalidades de entrada de usuário, tais como: fala; gestos; toques; olhar e expressões corporais de maneira que venham a combinar

em uma saída do sistema, (OVIATT , 2000).

As aplicações de Realidade Aumentada para a área de Educação visam adicionar elementos chave para a aprendizagem, a motivação, a curiosidade e o desafio. Em um ambiente em que o aluno/usuário pode interagir mais naturalmente com o objeto do conhecimento, ele poderá ampliar e complementar sua aprendizagem.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é desenvolver o protótipo de um software de Realidade Aumentada para aprendizagem que possibilite interações multimodais. Esse software será uma ferramenta de aprendizagem para crianças em idade de pré-alfabetização e será desenvolvido utilizando padrões de objetos de aprendizagem.

Considerando que esta aplicação utilizará um sistema de visão indireta, não imersiva, contando com o auxílio de uma *webcam* para capturar o ambiente real e posteriormente mesclar os elementos virtuais, o grande problema desta pesquisa é estudar como e quais interfaces multimodais devem ser utilizadas para a criação deste protótipo, para que possa haver uma interação de uma maneira mais natural possível.

Este trabalho buscará responder a seguinte questão de pesquisa, “*É possível incluir formas de interação multimodal em um software de Realidade Aumentada para aprendizagem?*”.

O produto final deste trabalho será o desenvolvimento do protótipo de um objeto de aprendizagem.

Esse trabalho é organizado em capítulos de acordo com a área de estudo. No capítulo 2 é apresentado um breve histórico sobre Realidade Aumentada, conceitos dos principais pesquisadores da área; técnicas de interação em ambientes 3D, bem como os dispositivos utilizados pela mesma, caso necessário; exemplos de aplicações; além das tecnologias utilizadas para o desenvolvimento das mesmas. No capítulo 3 será abordado o conceito de Objetos de Aprendizagem, os padrões que devem ser seguidos para ser considerado um Objeto de Aprendizagem, além de exemplos de Softwares Educativos que utilizem técnicas de Realidade Aumentada. No capítulo 4 será apresentada a proposta do protótipo de Objeto de Aprendizagem, bem como as tecnologias que serão utilizadas para o desenvolvimento do mesmo. No capítulo 5 será apresentada a validação do objeto de aprendizagem por

professores de inglês. E, por fim no capítulo 6 serão apresentadas as conclusões finais sobre os estudos realizados para o desenvolvimento deste trabalho.

2 REALIDADE AUMENTADA

Nos últimos anos os pesquisadores da área se dedicaram a uma parte da Realidade Virtual, chamada de Realidade Aumentada. Diferentemente da Realidade Virtual a Realidade Aumentada enriquece o ambiente real com elementos virtuais em tempo de execução, permitindo que o usuário possa interagir com esses elementos da maneira mais natural possível.

Porém, antes mesmo do termo Realidade Virtual ser cunhado no final da década de 1980 por Jason Lanier, surgiram os primeiros resultados que alicerçam a Realidade Virtual.

O cineasta Morton Heilig produziu, em 1962, o primeiro equipamento a propor uma sensação de imersão, o Sensorama, (PACKER, 2001). Nele o usuário era submetido a diversas sensações, tais como; movimentos, sons, odores, vento e visão estereoscópica. O Sensorama não fez sucesso comercialmente, mas contribuiu significativamente para o desenvolvimento do que hoje chamamos de Realidade Virtual.

No final da década de 1960, Ivan Sutherland, desenvolveu o primeiro capacete de realidade virtual, que foi precursor de uma série de pesquisas que possibilitaram o desenvolvimento de aplicações que utilizam sistemas imersivos.

Mas foi só no início da década de 90, quando houve um avanço muito grande na área da computação gráfica, sobretudo impulsionado pelo desenvolvimento de hardware mais robusto e com melhor desempenho, que foi possível o desenvolvimento de aplicações onde o usuário pode interagir com o ambiente virtual em tempo real.

Para Milgram (MILGRAM, 1994), a realidade aumentada está inserida num contexto definido como realidade misturada.

Tem-se, portanto, um contexto mais amplo, definido como realidade misturada, onde ocorre a combinação do mundo real com o mundo virtual, utilizando técnicas computacionais, conforme a Figura 1, adaptada de *Reality-Virtuality Continuum* (MILGRAM, 1994).

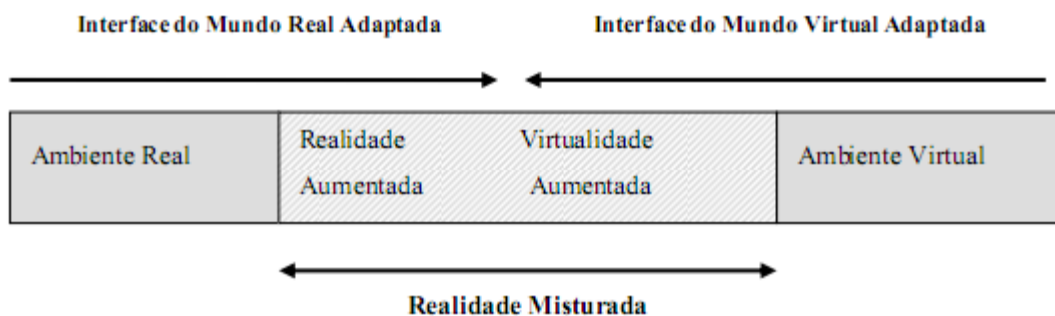


Figura 1. Ambiente de Realidade Mistura - adaptada de MILGRAM (1994)

Um sistema de realidade misturada visa criar um ambiente tão realista que o usuário não consiga distinguir os objetos reais dos virtuais. Assim o sistema deve funcionar em tempo real para que o usuário tenha a sensação de interação com o ambiente.

Para proporcionar isso a realidade aumentada utiliza técnicas computacionais que geram, posicionam e exibem objetos virtuais inseridos no mundo real. Já a virtualidade aumentada por sua vez, utiliza técnicas computacionais para capturar objetos reais e reconstruí-los, como objetos virtuais, colocando os mesmos dentro de mundos virtuais e permitindo que eles interajam neste ambiente.

A realidade aumentada é a mistura dos mundos reais e virtuais em algum ponto da realidade/virtualidade contínua que conecta ambientes complementares virtuais, (MILGRAM, 1994).

Segundo Azuma (AZUMA, 2001), a realidade aumentada é um sistema que suplementa o mundo real com objetos virtuais gerados por computador, parecendo coexistir no mesmo espaço e apresentando as seguintes propriedades:

- Combina objetos reais e virtuais no ambiente real;
- Executa interativamente em tempo real;
- Alinha objetos reais e virtuais entre si.

Kirner (KIRNER , 2006) define a realidade aumentada como uma particularização da realidade misturada, quando o ambiente principal é o real ou há predominância do real, ou então como um enriquecimento do ambiente real com objetos virtuais, usando algum

dispositivo tecnológico, funcionando em tempo de execução.

2.1 FORMAS DE INTERAÇÃO EM REALIDADE AUMENTADA

Nos sistemas de Realidade Virtual o usuário permanece imerso em um mundo totalmente virtual, já nos ambientes de Realidade Aumentada os objetos virtuais são inseridos no mundo real. Ou seja, o mundo real coexistirá com o mundo virtual possibilitando ao usuário a interagir com ambos.

A interação com o ambiente pode ser classificada de duas formas básicas, de acordo com a maneira como o usuário vê este ambiente. Ele pode estar imerso ou não nesse ambiente. E para entender melhor serão apresentadas essas duas maneiras diferentes de visualização: a visão direta, ou imersiva; e a visão indireta ou não-imersiva.

Na **visão direta ou imersiva**, o usuário vê o mundo misturado. Os objetos virtuais são gerados pelo computador e projetados diretamente nos olhos do usuário, neste caso utilizando um dispositivo, como mostrado na Figura 2.

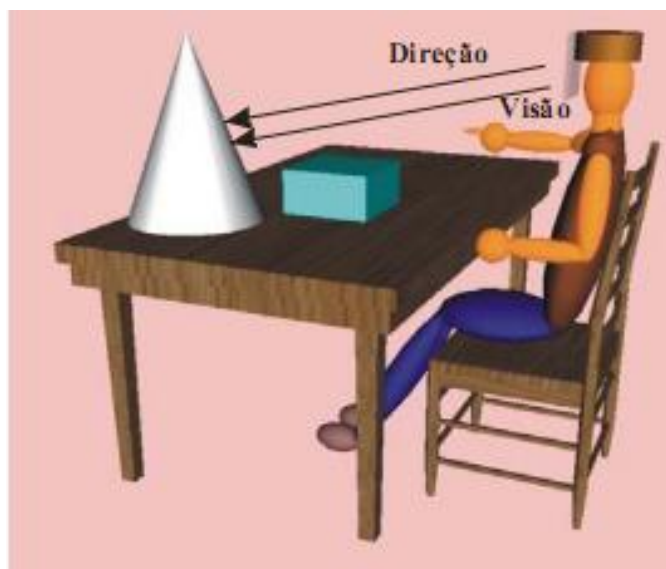


Figura 2. Modelo de visão direta

Na **visão indireta ou não-imersiva**, o computador mistura as imagens do mundo real com o virtual e projeta em vídeo para ser mostrada ao usuário como mostrado na Figura 3.



Figura 3. Modelo de visão indireta

Segundo Broll (BROLL ET AL, 2005), as principais técnicas de interação para Realidade Aumentada, são:

- **Interação espacial** baseada na manipulação espacial de objetos físicos; é realizada através de gestos dinâmicos, apontadores e interfaces tangíveis; ela se adapta muito bem para selecionar objetos e realizar transformações espaciais.
- **Interação baseada em agentes** consiste em ligações de entrada simples ou compostas que especificam funcionalidades; esse tipo de interação se adapta bem a entradas distintas, como, por exemplo, comando de voz.
- **Interação de controle virtual** é uma técnica baseada em *widgets*¹ 3D, cada um representando certa funcionalidade; uma aplicação que utiliza este tipo de interação é o mivaDesk que representa um menu de ferramentas, (TEICHRIEB ET AL, 2006).

¹ *Widgets* são componentes de software que viabilizam a interação com o usuário, por exemplo: botões, menus, ícones, etc.

- **Interação de controle físico** baseada em ferramentas físicas ou painéis de controle; um exemplo de aplicação que utiliza esta técnica é a aplicação GeFighters; nela o controle ocorre mediante o uso de um tapete de dança e marcadores fiduciais, (FARIAS ET AL, 2006).

Recentemente, com o surgimento do conceito de interfaces multimodais houve uma ruptura profunda no paradigma de interação baseado em teclado, mouse e monitor, diversificando assim as possibilidades de interação disponíveis aos usuários.

As interfaces multimodais nada mais são do que diversas modalidades de entrada de usuário. Estas modalidades podem ser a fala, os gestos, toques, olhares e expressões corporais, de modo que juntas gerem uma entrada para o sistema, (OVIATT, 2000).

As interfaces multimodais podem ser utilizadas diretamente para a navegação em ambientes de realidade virtual e realidade aumentada, usando esses comandos executados pelo usuário por meios não convencionais para a manipulação direta de ambientes ou objetos.

Pode-se destacar nesta área as pesquisas desenvolvidas por Daniela Gorski Trevisan. Uma vez que ela teve participação em diversos projetos que utilizam interfaces multimodais, como por exemplo, o MIDAS - *Multimodal Interaction Design for Advanced Systems*, ou o HEROL - *Design of a global assistance device for the maxillo-facial surgery*. O MIDAS é um projeto de colaboração internacional entre Brasil (CNPq) e Bélgica (FNRS), e teve como principal objetivo propôr uma metodologia de modelagem de interfaces multimodais. Já o HEROL por sua vez é um trabalho mais prático e busca melhorar a performances da cirurgia maxilo-facial ampliando o seu campo de aplicação, tornando as suas ferramentas mais adaptativas e poderosas.

2.2 DISPOSITIVOS UTILIZADOS EM REALIDADE AUMENTADA

Azuma (AZUMA, 2001) classificou os dispositivos para visualização, que mesclam o ambiente real e virtual nas seguintes categorias:

- **Sistema de visão direta:** essa categoria foi dividida em duas categorias, visão ótica direta e visão direta por vídeo. A primeira utiliza óculos que permitem o

recebimento da imagem real e projetam objetos virtuais diretamente na retina do usuário. Já a segunda utiliza capacetes ou dispositivos com câmeras de vídeo acopladas para capturar e mesclar os dois mundos e apresentá-lo para o usuário, como mostrado na Figura 4.

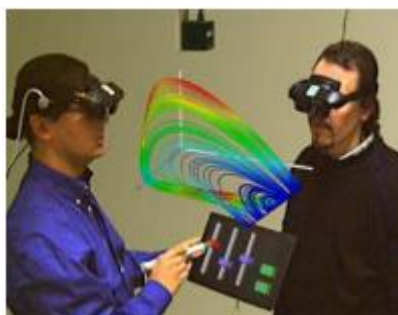


Figura 4. Exemplo de sistema de visão direta

- **Sistema de visão baseada em monitor:** essa categoria utiliza uma *webcam* para capturar o cenário real e a seguir mistura a ela os objetos virtuais gerados pelo computador. Nela o ponto de vista depende exclusivamente do posicionamento da *webcam*, como mostrado na Figura 5.



Figura 5. Exemplo de sistema de visão por vídeo baseada em monitor

- **Sistema de visão baseado em projeção:** utilizam superfícies do ambiente real, onde são projetados objetos virtuais coplanares a esta superfície, como mostrado na Figura 6. Esse tipo de projeção é muito restrito, devido à

necessidade de superfícies de projeção. Esse sistema é geralmente utilizado em uma Caverna Digital (CAVE).



Figura 6. Exemplo de sistema de visão ótica de projeção

2.3 APLICAÇÕES DE REALIDADE AUMENTADA

As aplicações de Realidade Aumentada em três grandes áreas: aplicações móveis, aplicações colaborativas, e aplicações comerciais, (AZUMA, 2001).

Segundo o autor, com os últimos avanços na área da computação, os pesquisadores estão desenvolvendo muitas aplicações móveis de Realidade Aumentada, principalmente aplicações que envolvam a utilização de GPS, fornecendo informações geográficas do local onde o usuário se encontra.

Um exemplo dessa tecnologia é aplicação *Touring Machine* desenvolvida pela Columbia University, (FEINER ET AL, 1997), onde o sistema apresenta ao usuário informações sobre prédio e departamentos da universidade. O sistema utiliza um modelo de visão direta, e conta também com o auxílio de um GPS, e uma bússola, além de um inclinômetro.

As aplicações colaborativas, por sua vez, utilizam projetores para facilitar a colaboração entre os usuários, visto que eles estarão interagindo no mesmo cenário. Mas elas estão presentes também em aplicações que utilizam sistemas *see-through*², desde aplicações

2 *See-through* é um sistema de visão onde um marcador fiducial é colocado em frente a uma câmera, e um objeto virtual é colocado sobre ele. A manipulação desse marcador faz com que o objeto também se

voltadas para ensino e aprendizagem, treinamentos, ou até mesmo jogos.

Porém, são as aplicações comerciais que estão cada vez mais presentes no nosso dia-a-dia. Elas estão presentes nas propagandas, ou em eventos esportivos, utilizando diferentes técnicas de Realidade Aumentada.

As aplicações que utilizam técnicas de Realidade Virtual ou mesmo de Realidade Aumentada possuem um nicho muito amplo, por isso serão relacionadas somente algumas áreas de aplicação classificadas pelos seguintes estudiosos, (VINCE, 1995, 2004), (BURDEA, 1994), (SHERMAN, 2003).

Os autores classificaram essas aplicações nas seguintes áreas: aplicações industriais; aplicações médicas e em saúde; aplicações em arquitetura e projeto; aplicações científicas; aplicações em artes; aplicações em educação; aplicação em visualização e controle de informação; e finalmente em aplicações em entretenimento.

2.3.1 APLICAÇÕES INDUSTRIAIS

Atualmente, o uso de CAD (*Computer-Aided Design*) em aplicações industriais é fundamental para a construção de qualquer protótipo. Softwares dessa natureza, permitem a modelagem em tempo real, promovendo assim um alto grau de interação entre o usuário e objeto que está sendo modelado.

Algumas aplicações de realidade virtual, e realidade aumentada são: visualização de protótipos; avaliação de fatores ergométricos; simulação de montagens; simulação do processo produtivo; estudo de técnicas de engenharia, etc.

A Figura 7 mostra um exemplo de construção de um móvel utilizando a aplicação *Furniture Assembly Instructor*, (ZAUNER, 2002).

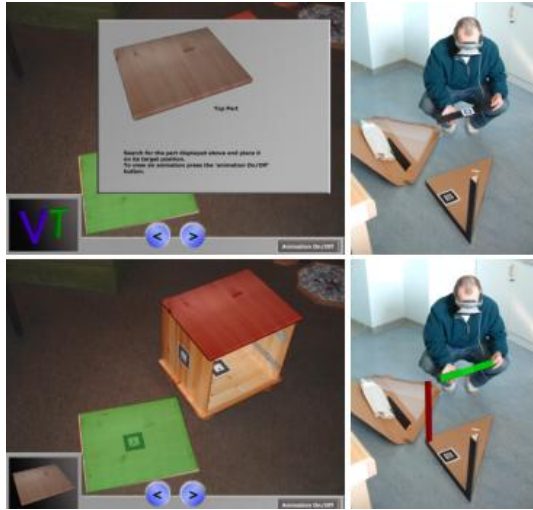


Figura 7. Utilização do Furniture Assembly Instructor

2.3.2 APLICAÇÕES MÉDICAS E EM SAÚDE

O avanço tecnológico dos computadores possibilitou um grande avanço também na área médica, possibilitando um melhor monitoramento de pacientes, até o processamento de imagens tomográficas tridimensionais. Mas foram as técnicas de realidade aumentada que permitiram, por exemplo, o treinamento cirúrgico em cadáveres virtuais.

Segundo (VINCE, 1995, 2004), (BURDEA, 1994), (SHERMAN, 2003) as aplicações de realidade virtual e aumentada na medicina e saúde estão presentes no ensino de anatomia; planejamento cirúrgico; simulação cirúrgica; fisioterapia virtual; tratamento de deficientes; etc.

A Figura 8 mostra um exemplo de aplicação de realidade aumentada na área médica que foi desenvolvida pelo aluno da UCS e ganhou o primeiro lugar no CARS BEST STUDENT POSTER AWARDS do Computer Assisted Radiology and Surgery 2010, (GRANDI, 2010).



Figura 8. Aplicação premiada no CARS BEST STUDENT POSTER AWARDS

2.3.3 APLICAÇÕES EM ARQUITETURA E PROJETO

Assim como as aplicações industriais, elas utilizam-se bastante de softwares CAD, além de aplicações que utilizam técnicas de realidade virtual e aumentada, para: projeto de artefatos; planejamento de obras; decoração de ambientes; etc.

A Figura 9 mostra um exemplo de aplicação da área arquitetônica, a Syene Empreendimentos, em Salvador, em parceria com a Caramelo Arquitetos Associados passou a utilizar essa nova tecnologia para possibilitar uma compreensão quase que total do projeto.

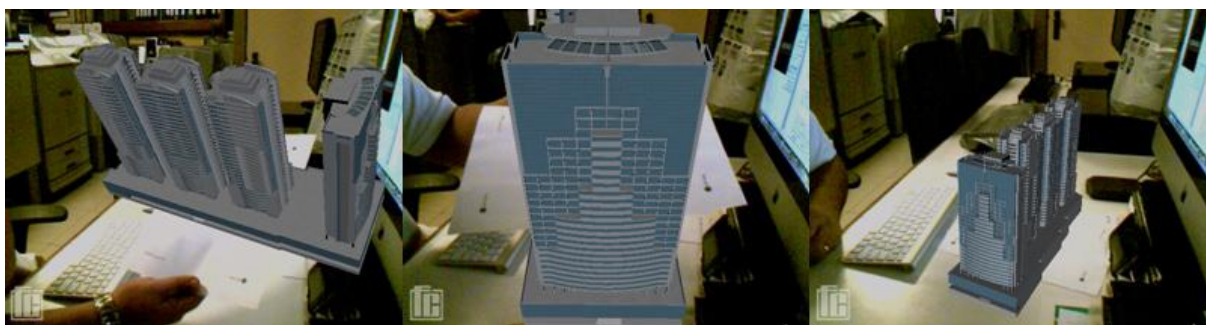


Figura 9. Exemplo 3D de um condomínio

2.3.4 APLICAÇÕES CIENTÍFICAS

As aplicações dessa área, geralmente reproduzem conceitos abstratos, comportamento de elementos como galáxias, ou mesmo estruturas atômicas. Podemos citar como exemplos de

aplicações científicas aquelas que apresentam visualização de superfície planetária, síntese molecular, análise de fenômenos químico-físicos; etc.

2.3.5 APLICAÇÕES EM ARTES

Na área artística, a realidade virtual e aumentada pode proporcionar aos artistas e público em geral, a possibilidade de interações jamais esperadas pelos mesmos, eliminando restrições, ou mesmo aumentando as possibilidades do mundo real. Exemplos de aplicações dessa área são museus virtuais onde o público pode interagir com as obras de arte, músicas com instrumentos virtuais, etc.

A Figura 10 mostra uma representação do Largo da Sé no ano de 1911, nela o usuário poderão interagir como se estivessem caminhando pelo Largo, além de observar as edificações.



Figura 10. Perspectiva de reconstrução do Largo da Sé em 1911

2.3.6 APLICAÇÕES EM EDUCAÇÃO

A Educação é uma área onde a realidade aumentada pode contribuir muito, tanto no ensino convencional como no ensino à distância. Nessa área, podem ser desenvolvidas

aplicações para educação de crianças com qualquer tipo de deficiência, bibliotecas virtuais, aulas práticas onde o aluno possa interagir com o conteúdo estudado, entre outros.

O Construct3D é um exemplo de aplicação educacional colaborativa. A Figura 11 mostra a colaboração entre os usuários na construção de figuras geométricas, (KAUFMANN, 2000).

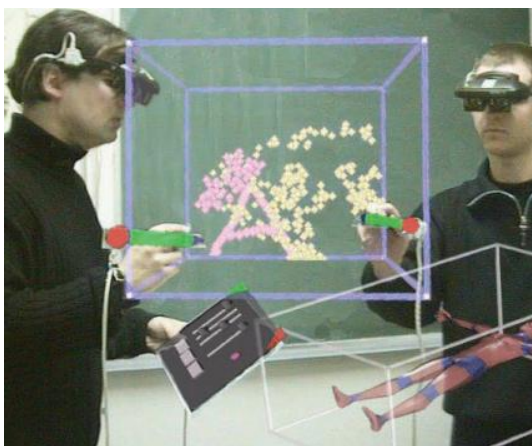


Figura 11. Interação utilizando o Construct3D

2.3.7 APLICAÇÃO EM VISUALIZAÇÃO E CONTROLE DE INFORMAÇÃO

Atualmente cada vez mais nós precisamos ter acesso rápido e adequado a conjuntos de informações para tomadas de decisões. Porém, o cenário das aplicações bidimensionais tem se mostrado muito limitado para isto. Com isso surgiram aplicações que utilizam técnicas de realidade virtual e aumentada para aplicações de visualização e controle de informação como visualização financeira, visualização de informações em geral, etc.

A Figura 12 traz um exemplo de aplicação para visualização de dados, (KIRNER, 2006).



Figura 12. Exemplo de visualização de dados

2.3.8 APLICAÇÕES EM ENTRETENIMENTO

A área de entretenimento dentre todos os nichos apresentados é a que apresenta um maior número de aplicações, devido principalmente ao grande número de usuários que consomem este tipo de aplicação. Dentre elas podemos citar os jogos tridimensionais; aplicações de turismo virtual; esportes virtuais; como exemplos de aplicações voltadas para o entretenimento.

A Figura 13 mostra um exemplo de aplicação de turismo, o Wikitude World Browser, que funciona como um guia de turismo, mostrando informações sobre pontos turísticos, (WIKITUDE, 2011).



Figura 13. Funcionamento do Wikitude World Browser

2.4 TECNOLOGIAS PARA DESENVOLVIMENTO EM REALIDADE AUMENTADA

Para o desenvolvimento de aplicações que utilizam técnicas de realidade aumentada é muito útil utilizar algumas bibliotecas gráficas, visto que elas minimizam o esforço de programação, uma vez que elas já contêm as principais funções que as aplicações visam proporcionar. A biblioteca gráfica mais conhecida é o ARToolkit. Ela é gratuita e possui código aberto, possibilitando assim ao desenvolvedor fazer as alterações que ele considerar necessária para a sua aplicação na própria biblioteca, (ARTOOLKIT, 2011). Outra biblioteca muito utilizada é o Open GL, que é uma biblioteca para apresentar objetos virtuais tanto bidimensionais como tridimensionais, (OPENGL, 2011). O software utilizado para desenhar os objetos 3D será o Google SketchUp, (GOOGLE SKETCHUP, 2011). Estas duas bibliotecas serão detalhadas nas seções 2.4.1 e 2.4.2, respectivamente, além do software para modelagem que será apresentado na seção 2.4.3.

2.4.1 ARTOOLKIT (AUGMENTED REALITY TOOLKIT)

O ARToolkit é uma biblioteca utilizada para desenvolvimento de aplicações para Realidade Aumentada. Essa biblioteca foi desenvolvida na linguagem C, porém suporta outras linguagens como JAVA e Matlab.

O ARToolKit foi originalmente desenvolvido pelo Dr. Hirokazu Kato, e conta com o suporte das seguintes universidades: *University of Washington, USA* e *University of Canterbury, New Zealand*.

Ela é de livre uso para aplicações não comerciais, e é distribuída de forma gratuita. Porém a biblioteca funciona exclusivamente em aplicações cujo sistema de visão utilizado seja o *see-through*.

O ARToolKit é capaz de calcular a posição e orientação da câmera em relação aos marcadores fiduciais, através de técnicas de visão computacional, permitindo desta forma que

objetos virtuais sejam sobrepostos a esses marcadores. A sobreposição dos objetos podem ser definidas a partir do OpenGL (*Open Graphics Library*), ou através do VRML (*Virtual Reality Modeling Language*).

Para que os cálculos gerados pelo ARToolkit sejam precisos, é importante que a câmera esteja devidamente calibrada. Este processo é obtido através dos aplicativos que acompanham o ARToolkit.

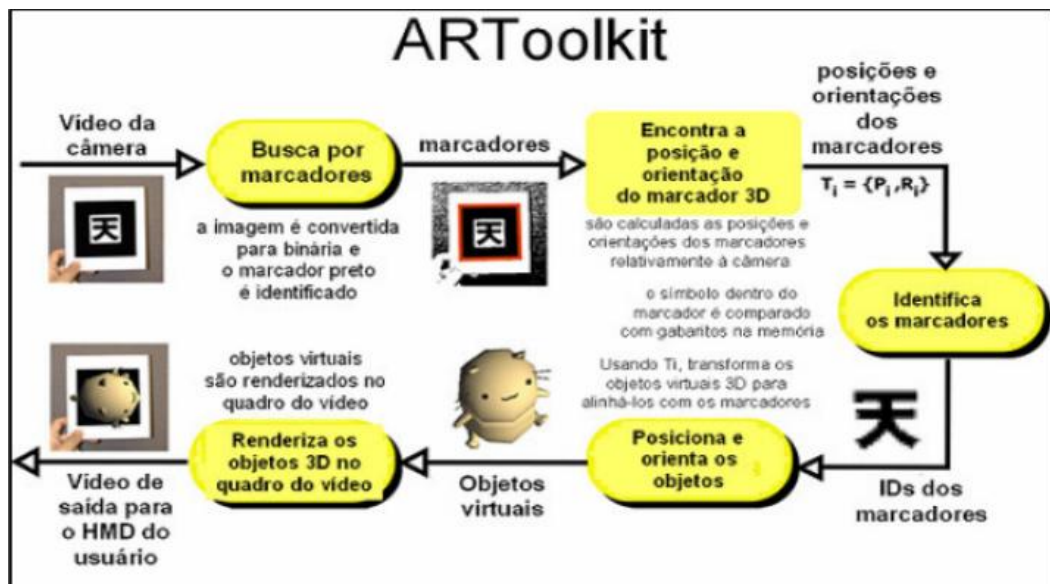


Figura 14. Funcionamento do ARToolkit

A Figura 14 foi adaptada de (ARTOOLKIT, 2011), e descreve o funcionamento do ARToolkit:

- A imagem é capturada por uma câmera de vídeo;
- A biblioteca encontra todos os quadriláteros e verifica qual padrão se encontra dentro deles, comparando-o com padrões pré-definidos;
- Caso seja encontrado um marcador com os padrões pré-definidos, o software fará os cálculos necessários determinar a posição da câmera em relação ao marcador físico;
- Determinada as coordenadas, os objetos virtuais são desenhados sobre os marcadores físicos;
- O modelo é renderizado sobre o marcador;

- O resultado final é mostrado para o usuário que irá ver os objetos sobrepostos ao mundo real.

2.4.2 OPEN GL (OPEN GRAPHICS LIBRARY)

O Open GL é uma API (*Application Programming Interface*) utilizada para o desenvolvimento de aplicativos gráficos, sejam eles 2D ou 3D. Ele caracteriza-se como uma poderosa API, podendo ser utilizada em diferentes plataformas, como por exemplo, a linguagem C, C++ e Java; além de possuir diversas funções que possibilitam ao usuário a utilização de todos os recursos do *hardware* de vídeo.

O Open GL pode ser utilizado juntamente com o ARToolKit quando for necessário renderizar um objeto 3D muito complexo, com bastante detalhes e texturas por exemplo. Uma vez que o objeto estiver associado ao marcador fiducial, o desenvolvedor deverá desenvolver uma biblioteca para carregar esse objeto complexo e mostrá-lo sobre o marcador respeitando a sua orientação no espaço com relação a câmera. Isso só é possível visto que o ARToolKit possui o seu código aberto e podem ser realizadas as alterações necessárias.

2.4.3 GOOGLE SKETCHUP

O SketchUp é uma poderosa ferramenta de modelagem 3D de propriedade da Google. O SketchUp foi desenvolvido pela companhia At Last Software, no ano de 1999, e posteriormente adquirido pela a Google no ano de 2006.

O software é simples, porém muito poderoso para criar, visualizar e modificar arquivos 3D, permitindo ao usuário criar modelos tridimensionais de casas, plataformas, projetos, objetos e muito mais.

Além de ser muito fácil a modelagem utilizando este software, ele ainda conta com um repositório muito grande de objetos 3D que podem ser baixados gratuitamente, direto do seu site oficial.

O Google SketchUp será utilizado para desenhar os objetos virtuais que serão exportados no formato VRML. O formato VRML, *Virtual Reality Modeling Language*, é uma linguagem desenvolvida em modo texto, que pode ser utilizada para aplicações de realidade virtual, sejam elas voltadas tanto para desktop como para web.

Com isso não será necessário um grande esforço programático para realizar a renderização dos objetos, uma vez que o ARToolKit associa facilmente este tipo de arquivo ao marcador fiducial.

A Figura 15 mostra uma captura de tela do software onde foi desenhado um cubo. A sua utilização é muito simples e intuitiva. Para desenhá-lo foram usadas duas ferramentas simples, a linha para desenhar a face inferior, e a empurrar/puxar para realizar a extrusão da face.

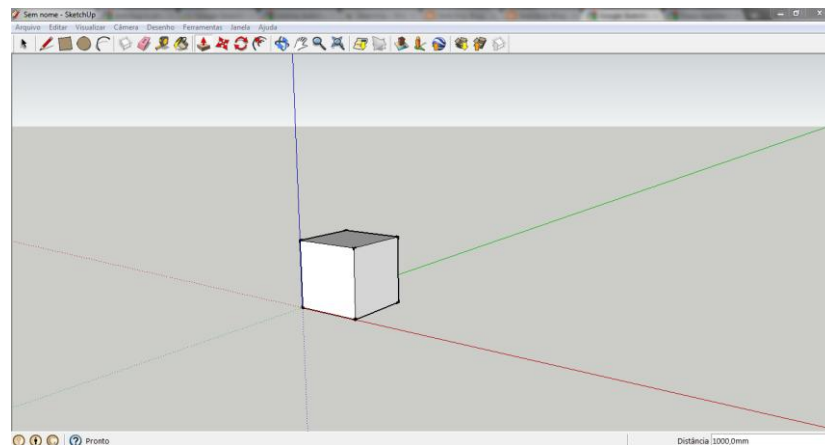


Figura 15. Cubo desenhado no SketchUp

3 OBJETOS DE APRENDIZAGEM

Todo o software pode ser considerado educacional, desde que sua utilização esteja inserida num contexto e numa situação de ensino-aprendizagem, onde existe uma metodologia que oriente todo o processo (VICCARI, 1996).

Para projetar um bom software educacional é preciso compreender como as pessoas aprendem, e para isso o desenvolvimento do software deve contar com profissionais de diferentes áreas, como da Educação, da Informática e da Psicologia. E para entender melhor esse processo de aprendizagem é importante conhecer também as diferentes abordagens epistemológicas existentes para adequar melhor o software ao seu público alvo.

Existem diversas abordagens epistemológicas, podendo-se destacar algumas dessas teorias de aprendizagem, por exemplo, a concepção empirista; o construtivismo; a epistemologia genética de Piaget; as teorias das múltiplas inteligências; entre outras.

A concepção empirista fundamenta-se no princípio de que o homem é considerado desde seu nascimento como sendo uma “tábua rasa”, uma folha de papel em branco, e sobre essa folha vão sendo impressas suas experiências sensório-motoras (SKINNER, 1974).

Já a abordagem construtista defende que o aprendiz é participante ativo no processo de aquisição de conhecimento, partindo do pressuposto de que todos nós construímos a nossa própria concepção do mundo em que vivemos a partir da reflexão sobre as nossas próprias experiências, (BRUNER, 2012).

A epistemologia genética de Piaget, por sua vez, fundamenta-se nos diferentes níveis de desenvolvimento cognitivo, e identifica quatro estágios de desenvolvimento e um conjunto de processos através dos quais a criança progride de um estágio a outro: o estágio da inteligência sensório-motora; o estágio do pensamento pré-operacional; as operações concretas; e finalmente as operações formais, (PIAGET, 1971).

Durante o estágio da inteligência sensório-motora a criança começa a adquirir coordenação motora e aprender sobre os objetos que a rodeiam. Esse é o período mais elementar, e ocorre entre os 0 aos 2 anos. Já no estágio do pensamento pré-operacional a

criança adquire a habilidade verbal e simbólica. Nesse estágio ela já consegue nomear objetos ou até mesmo raciocinar. Porém ainda não consegue realizar operações lógicas. Esse estágio ocorre por volta dos 2 aos 6 anos. No estágio das operações concretas já começa a formar conceitos como números e quantidades, e também consegue solucionar problemas concretos. Ele ocorre dos 6 aos 12 anos. O estágio das operações formais o aprendiz consegue raciocinar de forma lógica, elaborar teorias, ou construir sistemas. Esse estágio ocorre dos 12 aos 15 anos aproximadamente, (PIAGET, 1971).

Enquanto isso a teoria das múltiplas inteligências desenvolvida por Howard Gardner sugere a existência de pelo menos 7 inteligências distintas, isto é, de 7 maneiras distintas de perceber e conhecer o mundo, e de as pessoas resolverem os problemas que lhes surgem, correspondendo, de alguma forma, a 7 estilos de aprendizagem. Neste processo de ensino, deve-se procurar identificar as inteligências mais marcantes em cada aprendiz e tentar explorá-las para atingir o objetivo final, que é o aprendizado de determinado conteúdo, (GARDNER, 2012).

Porém, a abordagem epistemológica aplicada para o desenvolvimento do software proposto neste trabalho é a *comportamentalista*, visto que o software apresenta pequenos passos explicados de forma resumida, além de propor pequenos desafios avaliando o conhecimento do aprendiz. Ele permite que o usuário avance para um próximo nível mediante a resposta esperada. Esses desafios incentivam a memorização e promovem a construção do conhecimento de forma comportamental, uma vez que o aprendiz associa as respostas corretas a premiações.

Para a distribuição deste software será produzido um Objeto de Aprendizagem, já que atualmente os Objetos de Aprendizagem têm sido utilizados amplamente pelos professores como recurso educacional complementar, tanto na educação à distância como para a educação presencial.

Os Objetos de Aprendizagem são considerados como “qualquer entidade, digital ou não, que pode ser utilizada, reutilizada ou referenciada durante o processo de aprendizagem que utilize tecnologia” (IEEE, 2000).

Segundo Sosteric e Hesemeier (SOSTERIC e HESEMEIER, 2002) um Objeto de

Aprendizagem é “qualquer material ou recurso digital com fins educacionais, ou seja, recursos que podem ser utilizados no contexto educacional de maneiras variadas e por diferentes sujeitos”.

Um Objeto de aprendizagem pode ser desde uma animação, um clipe de áudio e vídeo, uma simulação, um jogo educativo, um tutorial, um texto, um portal educacional e até softwares educacionais. Enfim, eles nada mais são do que materiais educacionais projetados e construídos em pequenos conjuntos visando maximizar situações de aprendizagem onde possam ser utilizados.

Segundo Mendes, Souza e Caregnato (MENDES ET AL., 2004) pode-se destacar algumas das principais características que um Objeto de Aprendizagem deve possuir. São elas a *reusabilidade*, *interoperabilidade*, *acessibilidade* e *durabilidade*.

A **reusabilidade** é a habilidade que ele deve ter para incorporar componentes educacionais em múltiplas aplicações. Isso permite utilizá-los de diferentes formas, trabalhando conteúdos diferentes e em contextos diferenciados. A **acessibilidade** permite acessar recursos educacionais em um local remoto e usá-los em muitos outros locais. A **interoperabilidade** garante o uso de componentes desenvolvidos em um local, através de algum conjunto de ferramentas ou plataformas. Enquanto a **durabilidade** faz com que o conteúdo continue usando recursos educacionais quando a base tecnológica mudar, sem a necessidade de uma recodificação.

Wiley (WILEY, 2000) criou uma metáfora para descrever uma das mais importantes características dos Objetos de Aprendizagem, o fato de eles serem reutilizáveis. A chamada metáfora do átomo descreve os átomos como elementos muito pequenos que podem ser combinados com outros átomos formando algo maior, fazendo uma analogia aos Objetos de Aprendizagem, que devem ter seu conteúdo autoexplicativo, além de possuir sentido completo para que ele possa ser reutilizado.

O autor destaca ainda que nem todos os átomos são combináveis com outro átomo qualquer, assim como os átomos precisam de certas estruturas para que possam ser combinados, os Objetos de Aprendizagem também precisam ter algum conteúdo relacionado entre si para poder ser reutilizados visando formar um módulo mais abrangente.

Quanto menor forem estes Objetos de Aprendizagem (menor granularidade) mais fácil será a sua recontextualização. Porém será mais difícil de administrá-lo. Já se ele for muito grande, tornará a sua recontextualização mais difícil. Mas será mais fácil de administrá-lo.

Para que um Objeto de Aprendizagem seja reutilizável, ele deve possuir metadados organizados de acordo com as normas definidas pela IEEE, além de estar armazenado em um repositório e disponível para ser utilizado.

Os metadados são basicamente dados sobre dados, ou seja, contém a descrição dos atributos relevantes do objeto para que ele seja catalogado em algum repositório. Os principais dados necessário são: título, autor, data, publicação, palavras-chave, descrição, localização de recursos, além de seus objetivos e características, (LTSC, 2011).

Os repositórios são responsáveis pelo armazenamento dos Objetos de Aprendizagem, além de facilitar a sua recuperação através de sistemas de busca de informações a partir das características catalogadas dos mesmos. Essa busca é feita a partir dos metadados dos objetos que ficam armazenados nos repositórios permitindo a recuperação por diferentes critérios. Para ser disponibilizado em um repositório, o Objeto de Aprendizagem também deve seguir as normas internacionais propostas pelo IEEE *Learning Technology Standards Committee* (LTSC) que padronizam a forma de catalogação dos recursos educacionais produzidos.

3.1 MODELOS DE REFERÊNCIA

Com a popularização da tecnologia de Objetos de Aprendizagem no apoio às atividades de ensino-aprendizagem, surgiram algumas iniciativas visando padronizar a especificação, a construção e a identificação dos objetos de aprendizagem.

Essa padronização dos Objetos de Aprendizagem teve início com a criação do WG12, (LTSC, 2011). Esse por sua vez foi o responsável por criar o termo *Learning Object* na especificação LOM – *Learning Object Metadata*, que são os padrões de Metadados usados nos Objetos de Aprendizagem. Obrigando assim qualquer material educacional a respeitar esses padrões para que possa vir a ser considerado um Objeto de Aprendizagem.

Segundo Dutra e Tarouco (DUTRA e TAROUCO, 2006), os modelos SCORM e IMS

Learning Design, têm ganhado cada vez mais adeptos pelo mundo, devido principalmente à importância que os Objetos de Aprendizagem têm alcançado, além das alternativas que estes padrões oferecem ao criar esses artefatos.

O modelo SCORM possui um foco voltado principalmente para a interação individual que o aprendiz possui com o conteúdo do Objeto de Aprendizagem. Enquanto que o modelo IMS Learning Design, por sua vez, se dedica a padronizar e avaliar toda a atividade de aprendizagem.

3.1.1 SCORM

O *Sharable Content Object Reference Model* (SCORM) é um modelo que foi desenvolvido pela *Advanced Distributed Learning Initiative* (ADL). Ele nada mais é que um conjunto de especificações para a disponibilização de qualquer conteúdo ou serviços do tipo *e-learning*, ou seja, aprendizagem através da internet. Este conjunto de especificação possui normas para a agregação do conteúdo, modelos de sequenciamento e o ambiente de execução.

A principal proposta do modelo SCORM é definir um padrão de interação entre os conteúdos de aprendizagem e os sistemas de gestão de aprendizagem, independente da plataforma em que está sendo utilizado. Além disso, ele busca possibilitar a migração de Objetos de Aprendizagem que estejam armazenados em ambientes diferentes de forma simples, porém para que o Modelo SCORM possa ser migrado entre diferentes plataformas, o arquivo de metadados deve seguir um padrão pré-definido.

Segundo Gama (GAMA, 2007), a vantagem do uso do Modelo SCORM está centrada na utilização do SCO - *Shareable Content Object*. Um SCO é um arquivo Metadado, cuja extensão é XML, ele pode conter os Objetos de Aprendizagem propriamente ditos, testes, simulações de ambientes, textos, som, entre outros.

O grande diferencial para a utilização do Modelo SCORM no desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem é o seu foco na reusabilidade, acessibilidade, interoperabilidade e durabilidade.

3.1.2 IMS LEARNING DESIGN

O IMS Learning Design é um modelo para especificação de Objetos de Aprendizagem baseado no EML (*Educational Modeling Language*), que foi desenvolvido pela Universidade Aberta da Holanda (*OUNL - Open Universiteit Nederland*). O seu desenvolvimento teve início no ano de 1998, com a ideia de se criar uma modelagem que pudesse representar um Objeto de Aprendizagem em sua totalidade, ou seja, abrangendo não só o objeto e os conceitos, mas também os diversos processos nele envolvidos (KOPER, 2002).

O IMS Learning Design (IMS, 2004), foi originalmente criado após uma ampla avaliação e comparação das diversas abordagens pedagógicas existentes e suas atividades de aprendizagem, visando alcançar um meio termo entre aplicação pedagógica e um bom nível de generalização.

O IMS Learning Design dá suporte ao uso de diferentes abordagens de ensino-aprendizagem. Ele é baseado na ideia de que existem mais relações no processo de ensino-aprendizagem, do que somente a relação de um único aluno diretamente com o conteúdo, diferentemente do modelo SCORM. Ele parte do princípio de que existem diversos tipos de relação no processo de ensino-aprendizagem, a relação do aluno com o seu grupo de colegas, a relação do aluno com seu professor, a relação do aluno com as pessoas que dão suporte ao curso e também a relação do aluno com os recursos de aprendizagem.

3.2 COMPARATIVO SCORM - IMS LEARNING DESIGN

Os dois modelos contêm características semelhantes ou complementares, e ambos se utilizam padrões internacionais, tais como a própria IMS e a IEEE LTSC. Ambos fazem parte de consórcios que buscam a normalização e a compatibilidade de soluções. Os dois modelos utilizam-se da linguagem XML, desde o empacotamento das unidades de aprendizagem até a utilização de metadados.

O SCORM apesar de ser muito mais difundido e utilizado, no momento, é menos

abrangente, podendo com o tempo acabar cedendo espaço ao IMS Learning Design, que é pouco adotado, porém possui muito mais flexibilidade e abrangência.

A grande vantagem do SCORM é sua crescente adoção como especificação de objetos de aprendizagem. Diversas ferramentas de autoria e LMS oferecem suporte ao SCORM. Isto é resultado do grande esforço da ADL e do Departamento de Defesa norte-americano para consolidá-lo como modelo padrão. Outro fator provável é sua abrangência menor, focando mais no conteúdo do que no processo como um todo.

Já o modelo especificado pelo IMS Learning Design modela todo processo da unidade de aprendizagem, inclusive a abordagem pedagógica, e justamente por enxergar este processo como um todo, acaba proporcionando a construção de unidades de aprendizagem mais consistentes e coerentes.

Sua maior desvantagem é justamente a ausência de LMS (Sistemas Gerenciadores de Aprendizagem) e softwares de autoria que deem suporte ao modelo.

A tabela 1 apresentada abaixo contém algumas das principais diferenças entre os dois modelos analisados, e foi uma adaptação feita a partir do estudo *Objetos de Aprendizagem: Uma comparação entre SCORM e IMS Learning Design*, (DUTRA e TAROUÇO, 2006).

Tabela 1. Comparativo SCORM - IMS LEARNING DESIGN

	SCORM	IMS LEARNING DESIGN
Entidade responsável	ADL – Advanced Distributed Learning.	IMS – Global Learning Consortium.
Reusabilidade do conteúdo	Conteúdo totalmente reutilizável pelo mesmo LMS ou por outros compatíveis com SCORM.	Conteúdo totalmente reutilizável pelo mesmo LMS ou por outros compatíveis com o LD.
Interatividade entre o aluno e o conteúdo	Permite, dependendo da forma como o conteúdo foi projetado.	Permite, dependendo da forma como o conteúdo foi projetado.
Interação entre o aluno com	Não suportado.	Prevê os papéis dos

professor e outros alunos		participantes e o nível de interação.
Relação entre conteúdo e outras ferramentas do LMS	Não suportado.	As atividades de aprendizagem englobam os objetos e os serviços do LMS.

3.3 OBJETOS DE APRENDIZAGEM UTILIZANDO TÉCNICAS DE REALIDADE AUMENTADA

As simulações tem se destacado como excelentes Objetos de Aprendizagem, principalmente na área das engenharias, ou até das ciências exatas, (GUILLERMO ET AL., 2005). Segundo Kaufmann et al. (KAUFMANN ET AL, 2005), a principal vantagem do uso da Realidade Aumentada é que os alunos realmente enxergam objetos tridimensionais os quais até agora tinham que calcular e construir com os métodos tradicionais - principalmente papel e caneta.

Um exemplo de Objeto de Aprendizagem baseado em ambiente de Realidade Aumentada foi desenvolvido por estudantes da UFRGS. Ele proporciona ao estudante interatividade e visualização em 3D da interação entre campos magnéticos de pólos de nomes diferentes. Neste Objeto de Aprendizagem o aluno pode visualizar esta interação em 3D além de interagir com os campos magnéticos.

A Figura 16 apresenta uma visualização deste Objeto de Aprendizagem que serve de apoio no estudo dos campos magnéticos dos ímãs, (MACEDO, 2011).



Figura 16. Exemplo de Objeto de Aprendizagem

Como o Construct3D é um sistema colaborativo onde alunos podem interagir, ele é bastante utilizado para o desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem que utilizam técnicas de Realidade Aumentada. Sua principal aplicação é para o ensino de geometria, porém ele pode ser utilizado para diversas tarefas que envolvam matemática.

A Figura 17 mostra um exemplo de Objeto de Aprendizagem para calcular o menor plano de vôo de Viena, na Itália, para Sydney, na Austrália. (KAUFMANN, 2006).



Figura 17. Exemplo de Objeto de Aprendizagem utilizando o Construct3D.

Kaufmann (KAUFMANN, 2006), também apresenta outro exemplo de Objeto de Aprendizagem fazendo uso do software Construct3D, que serve para definir o centro gravitacional de um Tetraedro regular. Nele o aluno deve definir um centro gravitacional e girar a forma geométrica para analisar o seu comportamento. A Figura 18 ilustra o tetraedro com seu centro gravitacional definido corretamente.



Figura 18. Exemplo de Objeto de Aprendizagem

Mas as aplicações educacionais são produzidas também por brasileiros. A Figura 19 mostra um exemplo do software educacional SOL-RA, (KIRNER, 2012).



Figura 19. Exemplo de interação com o Sol-RA

Esse software simula o comportamento do Sistema Solar, porém, ele não é muito preciso, visto que ele apresenta imperfeições nas escalas e órbitas dos planetas. Ele foi desenvolvido com o auxílio do SACRA, ferramenta usada para desenvolvimento de aplicações em Realidade Aumentada.

Outro software educacional desenvolvido por brasileiros é o RA-Educa, que assim como SOL-RA teve a orientação do professor Carlos Kirner, e tem o mesmo funcionamento do Construct3D, ou seja, ele apresenta um ambiente colaborativo de aprendizagem que permite ao usuário configurar e a visualizar os sólidos geométricos mais comuns.

A apresentação de todos esses Objetos de Aprendizagem e softwares educacionais que

usam técnicas de realidade virtual e realidade aumentada, só demonstra que a Realidade Aumentada tem um elevado potencial para ensino e aprendizagem, devido ao fato de poder trazer elementos virtuais interativos para o ambiente do usuário. (KIRNER, 2006).

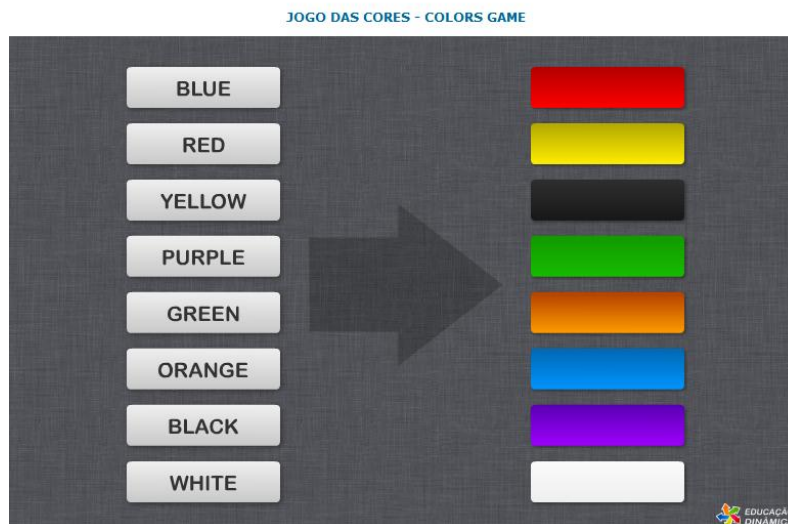


Figura 20. Colors Game (EDUCAÇÃO DIGITAL)

Na Figura 20 é apresentado um Objeto de Aprendizagem que possui um objetivo semelhante ao que é proposto neste trabalho. No Colors Game (EDUCAÇÃO DINÂMICA, 2012) o aprendiz deve relacionar as palavras e as cores. Porém, não há a fixação fonética das mesmas. Quando o aprendiz relaciona as cores corretamente é apresentada uma saudação demonstrando êxito na realização da tarefa.

4 OBJETO DE APRENDIZAGEM UTILIZANDO REALIDADE AUMENTADA

Nesse trabalho foi proposto e desenvolvido um Objeto de Aprendizagem destinado para aprendizes em fase de pré-alfabetização, tendo como objetivo principal fixar foneticamente algumas cores e quantidades na língua inglesa.

Este Objeto de Aprendizagem utilizou os conceitos de realidade virtual e aumentada discutidos no Capítulo 2, além de seguir os padrões do modelo SCORM, visto que ele será mais focado no conteúdo e não no processo como um todo. O arquivo de metadados deste objeto de aprendizagem pode ser visto no Anexo 1.

Basicamente o software contém dois módulos que apresentam formas de interação diferentes, o primeiro onde o aprendiz deverá acertar a cor e a quantidade de objetos visíveis no cenário, já o segundo ele deverá simplesmente relacionar a quantidade de objetos a um número. A finalidade desses desafios é conquistar a atenção do aprendiz, auxiliando assim a fixação fonética das cores e números em inglês.

Esse software utiliza o sistema de visão baseada em monitor, ou seja, quando for posicionado um marcador fiducial na frente de uma câmera será mostrado o objeto correspondente. O sistema de visão foi escolhido justamente para poder utilizar a biblioteca ARToolKit Plus.

O software terá interação com os ambientes tridimensionais através da utilização de interfaces multimodais discutidas anteriormente, ou seja, o usuário irá interagir com o ambiente com o auxílio de outros periféricos além dos tradicionais, como por exemplo, o mouse ou o teclado. Através de diferentes interfaces o aprendiz poderá responder aos desafios propostos, tentando acertar a cor e quantidade de objetos apresentados ou a quantidade, tudo isso de acordo com a modalidade selecionada.

Foram disponibilizadas aos usuários as seguintes funcionalidades:

- Uma interface desktop fácil e intuitiva, seguindo as heurísticas de usabilidade propostas por Nielsen (1994);
- Fornecer aos usuários todas as informações necessárias para a utilização do software e as tecnologias nele empregadas;
- Base de objetos virtuais já cadastrados, uma vez que o usuário não poderá cadastrar nenhum objeto novo, nem associá-lo a um marcador fiducial.
- Visualização dos ambientes e objetos desejados pelos usuários através do uso de sistema de marcadores fiduciais;
- Interação com os objetos virtuais através de interfaces multimodais.

4.1 FUNCIONALIDADES DO SOFTWARE

O usuário poderá utilizar diferentes interfaces para interagir com o software. Além da interação espacial (marcadores fiduciais), também será utilizada a interação baseada em agentes (comandos de voz), e a interação de controle físico (periféricos como mouse e teclado).

A interação espacial está presente na maioria das aplicações de realidade aumentada e será responsável pela apresentação e orientação dos objetos tridimensionais sobre o marcador fiducial.

A interface utilizada pelo software para a realização da interação baseada em agentes será uma interface de voz baseada em software, que teve como objetivo principal realizar a captura dos comandos emitida por voz através de um receptor, no caso um microfone; interpretar estes comandos e tratá-los corretamente juntamente com o ARToolKit Plus.

Outra forma de interação é a interação de controle físico, onde o usuário terá a opção de interagir com o software utilizando um mouse ou teclado.

Independente da forma de interação utilizada, o usuário terá as mesmas opções para interagir com a cena apresentada.

Essas ações são bem simples e serão utilizadas somente para fins de apresentação das interfaces multimodais, através das quais o usuário poderá responder aos desafios propostos visando concluí-los com sucesso, para poder avançar para o próximo desafio.

Na Figura 21 abaixo é mostrada a tela inicial do objeto de aprendizagem que o aluno visualizará quando abrir o mesmo. Nessa tela o usuário será instruído a optar por um dos dois modos de interação no sistema, e também tem a opção de visualizar a quantidade de acertos nos desafios.



Figura 21. Tela inicial do objeto de aprendizagem

Caso o usuário opte pelo primeiro módulo, clicando na metade esquerda da tela, ele será direcionado para a tela mostrada na Figura 22.

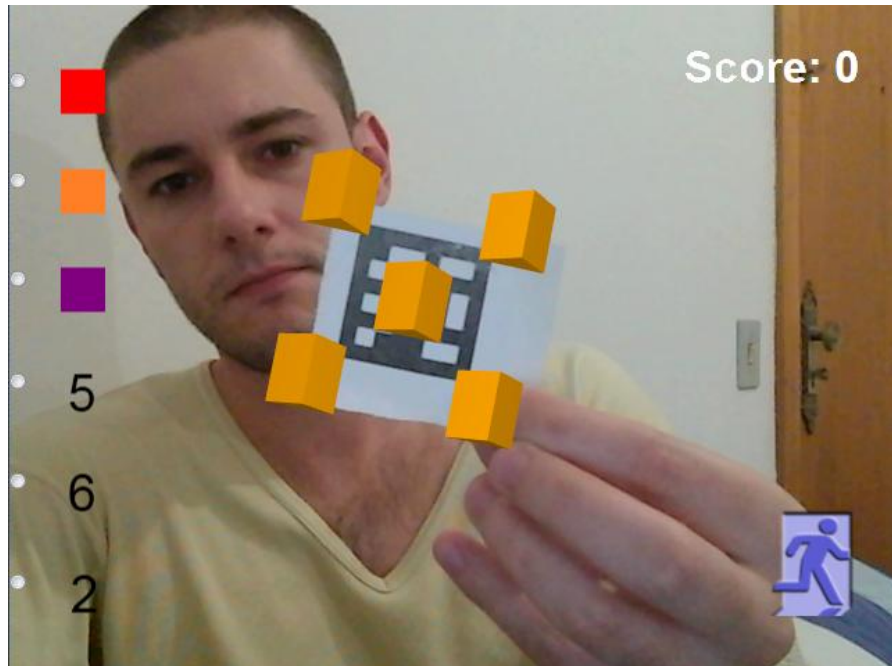


Figura 22. Desafio de cores e quantidades

Nessa tela ele terá a opção de interagir com o ambiente através de diferentes interfaces. Nela o usuário poderá gerar entradas para o sistema através de comandos de voz, ou alternando entre as opções no lado esquerdo da tela através do mouse.

Para que os objetos sejam apresentados no ambiente o usuário deverá posicionar o marcador fiducial na frente de uma *webcam*, somente assim ele poderá manipular os objetos e iniciar o desafio.

A cada opção selecionada será reproduzido a cor ou quantidade correspondente visando fixar foneticamente as palavras em inglês.

Após acertar tanto a cor quanto a quantidade de objetos será apresentada uma saudação sobre o mesmo marcador para o usuário como mostrado na Figura 23.

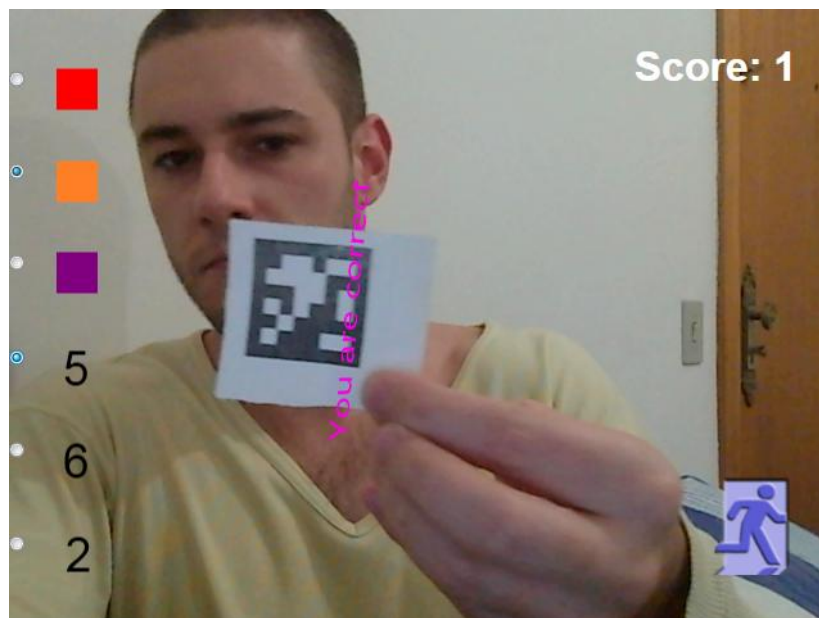


Figura 23. Desafio concluído com sucesso.

Mas não é só essa opção de desafio que compõe o objeto de aprendizagem. Na Figura 24 é mostrado outro módulo do sistema. Para entrar nesse modo o usuário deverá clicar na metade direita da tela inicial do objeto de aprendizagem.

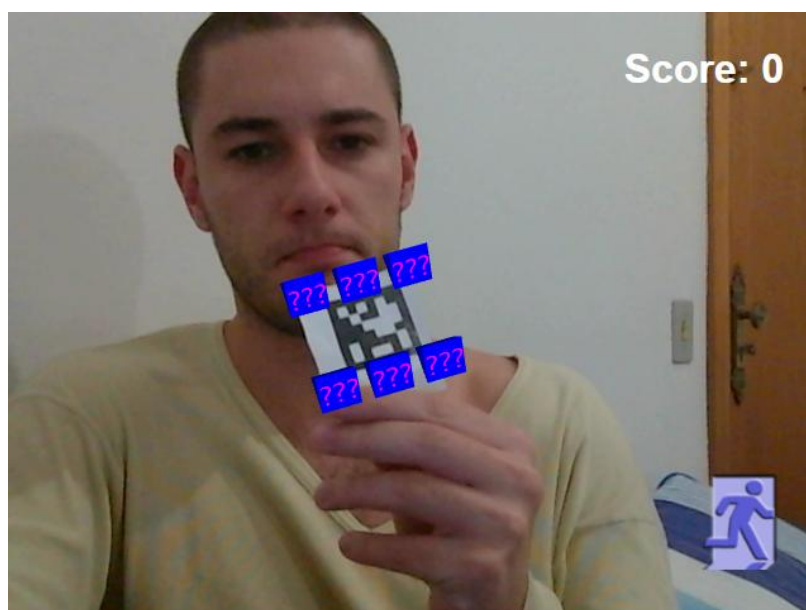


Figura 24. Desafio para relacionar quantidades

Diferente do primeiro módulo ele terá a opção de interagir com o ambiente através de uma única interface. Nela o usuário deverá associar a quantidade de objetos por meio do teclado.

Assim como no primeiro módulo para que os objetos sejam apresentados no ambiente o usuário deverá posicionar o marcador fiducial na frente de uma *webcam* para manipular os objetos e iniciar o desafio.

A cada tecla pressionada será reproduzida a quantidade correspondente visando fixar foneticamente as quantidades em inglês.

No momento em que o usuário acertar a quantidade correspondente será apresentada uma saudação sobre o mesmo marcador para o usuário como mostrado na Figura 25.

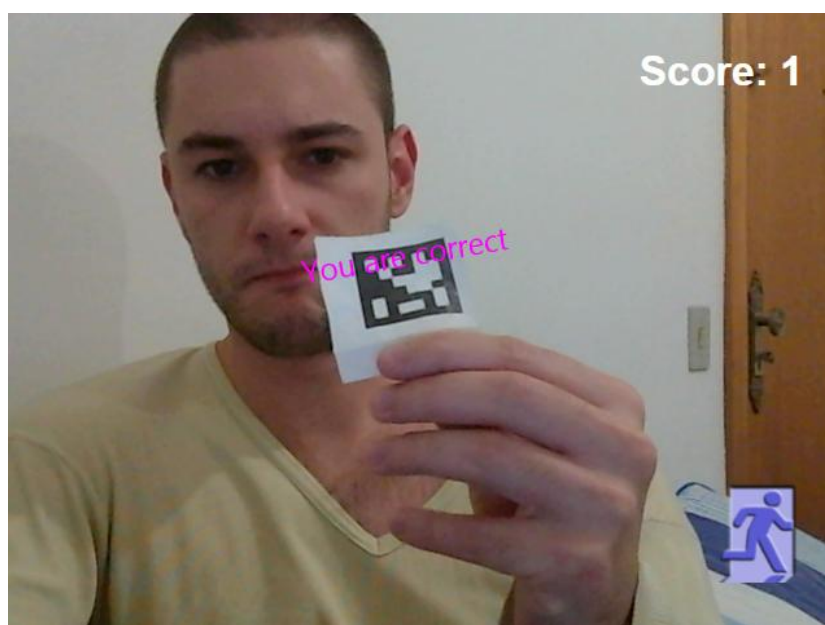


Figura 25. Desafio concluído com sucesso

Todas as funcionalidades do software estão descritas na tela de ajuda apresentada na Figura 26. Nela o usuário terá uma breve explicação das funcionalidades do sistema e a apresentação do desenvolvedor do software.

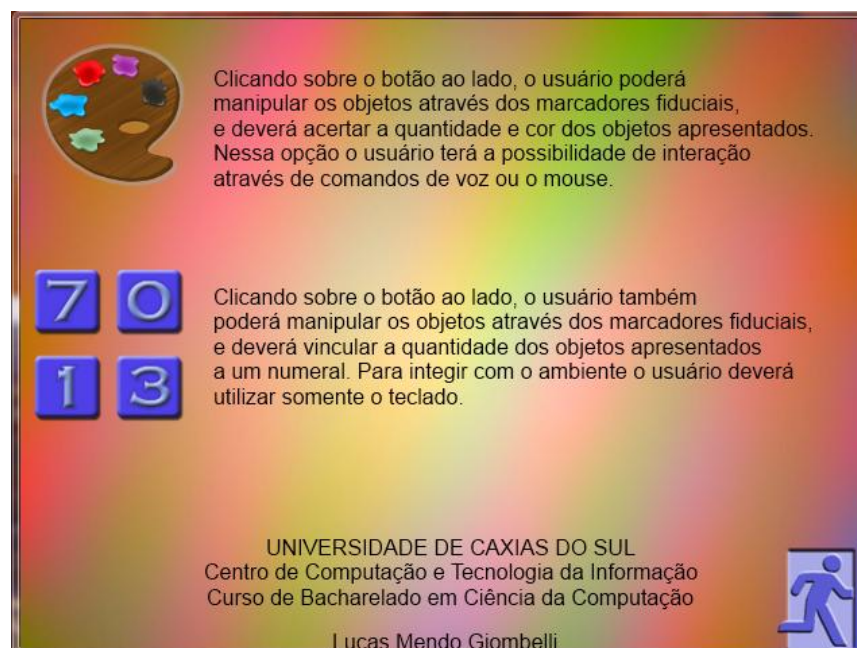


Figura 26. Tela de ajuda

Apesar de o software possuir uma abordagem comportamentalista, todas essas atividades foram projetadas a partir de um estudo sobre a Teoria da Epistemologia Genética de Piaget, para adequar o conteúdo apresentado a fase de desenvolvimento do público alvo. O primeiro módulo, por exemplo, visa estimular as crianças a associar quantidade a algarismos arábicos, além de suas respectivas cores. Já o segundo módulo tem como objetivo estimular a associação da quantidade a um algarismo arábico através do teclado.

Durante este estágio da aprendizagem, o estágio do pensamento pré-operacional, o aprendiz ainda não consegue conservar o número nem as quantidades, por isso as saudações tem um papel importante para tentar facilitar a associação correta das quantidades aos algarismos arábicos.

Enfim, o software promove o desenvolvimento de diversas habilidades do aprendiz como: a pronúncia em inglês; a compreensão do conteúdo apresentado; além da inclusão digital uma vez que o aprendiz terá que interagir diretamente com diferentes interfaces como *mouse*, teclado, *webcam*.

4.2 TECNOLOGIAS UTILIZADAS

Para o desenvolvimento do objeto de aprendizado descrito acima foram utilizadas as seguintes tecnologias:

- **Linguagem C#** é uma linguagem de alto nível, orientada a objetos que permite o desenvolvimento de softwares para os mais variados objetivos. Esta será a linguagem utilizada para desenvolver o software proposto devido às diversas bibliotecas a que o framework tem suporte, sua fácil utilização e vasta documentação.
- **System.Speech** é uma biblioteca do C# presente a partir do framework 4.0 que oferece suporte ao reconhecimento de voz, (MSDN, 2012).
- **ARToolKit Plus** é a biblioteca que é responsável pela apresentação dos objetos virtuais juntamente com o mundo real, através dela foi possível mostrar os objetos correspondentes ao marcador, além de ajustar a orientação do objeto com relação a câmera, (ARTOOLKIT PLUS, 2012).
- **Windows Presentation Foundation (WPF)** assim como o Windows Forms é um sistema de apresentação para construir aplicações *desktop* com experiências de usuário visualmente impressionantes, (MSDN, 2012). Utilizando essa tecnologia toda camada de negócios pode ser desenvolvida independentemente da camada de apresentação. A camada de apresentação nada mais é do que um arquivo XAML que pode ser substituído alterando completamente a sua tela de apresentação.

4.3 ARQUITETURA DO SOFTWARE

O sistema foi estruturado em dois módulos, cada um representando um caso de uso. O primeiro módulo consiste em acertar a cor e a quantidade dos objetos apresentados na tela, para isso o usuário deve responder ao desafio utilizando o mouse ou através de comandos de voz. Já o segundo módulo possui uma interação mais simples, nele o usuário deverá

relacionar a quantidade de objetos apresentados na tela a um numeral no teclado.

Para que a interação entre as diferentes modalidades de entrada de dados seja a mais natural possível foram utilizadas diferentes bibliotecas, cada uma delas responsável por uma pequena parte do sistema. E para que todas elas funcionem perfeitamente o sistema necessita que alguns requisitos sejam atendidos. Por utilizar o motor de reconhecimento de voz do Windows o software deve obrigatoriamente rodar em um sistema operacional Windows na língua inglesa, outro requisito que deve ser atendido é a necessidade da arquitetura do sistema ser 32 bits uma vez que a biblioteca ARToolkit Plus funcionar somente em sistemas operacionais com esta arquitetura.

4.3.1 CASOS DE USO

Em virtude de o sistema possuir dois módulos principais e o software não poder ser customizado foram desenvolvidos dois casos de uso que englobam todas as funcionalidades do mesmo.

Como o software será utilizado somente pelos alunos, foi criado somente um ator para detalhar esses casos de uso. O aluno é o usuário final do sistema, ou seja, é ele quem irá interagir diretamente com a aplicação.

Caso de uso	Relacionar cores e quantidades com as opções apresentadas
Ator	Usuário
Descrição	Esse caso representa o primeiro módulo do sistema, nele o usuário poderá manipular os objetos através dos marcadores fiduciais, e deverá acertar a quantidade e cor dos objetos apresentados. Para integrar com o ambiente o usuário deverá utilizar comandos de voz ou o mouse visando responder corretamente o que está sendo representado pelo marcador.

Caso de uso	Relacionar quantidades a números do teclado
-------------	---

Ator	Usuário
Descrição	Esse caso representa o segundo módulo do sistema, nele o usuário também poderá manipular os objetos através dos marcadores fiduciais, e deverá vincular a quantidade dos objetos apresentados um numeral. Para integrar com o ambiente o usuário deverá somente o teclado visando vincular corretamente a quantidade de objetos que está sendo representado pelo marcador.

A Figura 27 mostrada abaixo apresenta o diagrama de casos de uso, destacando o ator e os dois casos de uso específicos da aplicação.

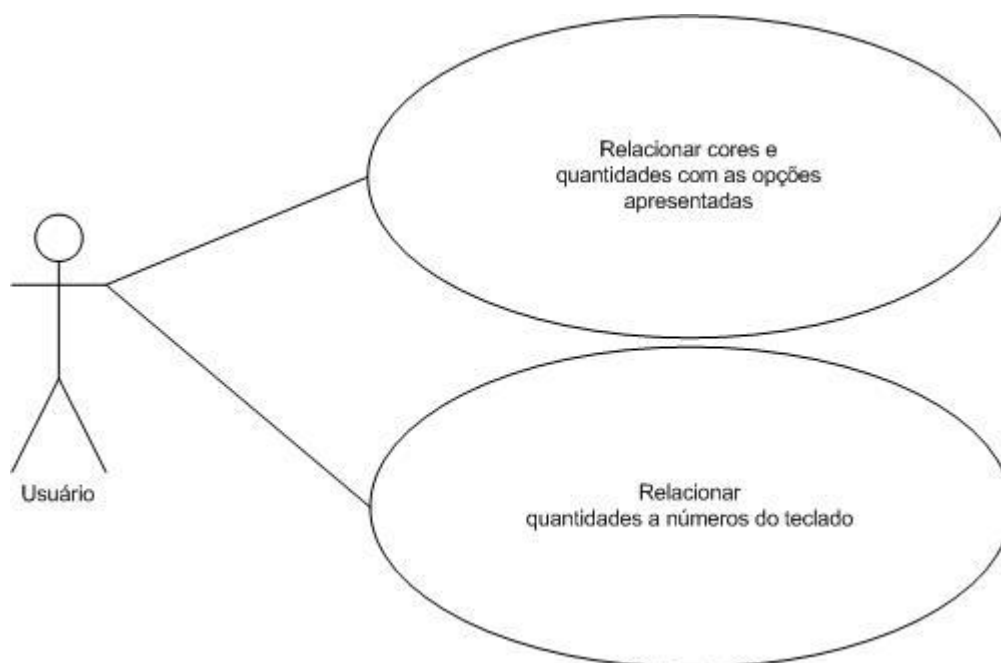


Figura 27. Diagrama de casos de uso

4.3.2 DIAGRAMA DE CLASSES

Na Figura 28 é apresentado o diagrama de classes resumido onde todas as classes

desenvolvidas para o software foram apresentadas, agrupadas nas seguintes camadas, a camada de apresentação, de negócios, e de dados. O detalhamento deste diagrama de classes está presente no Anexo 2.

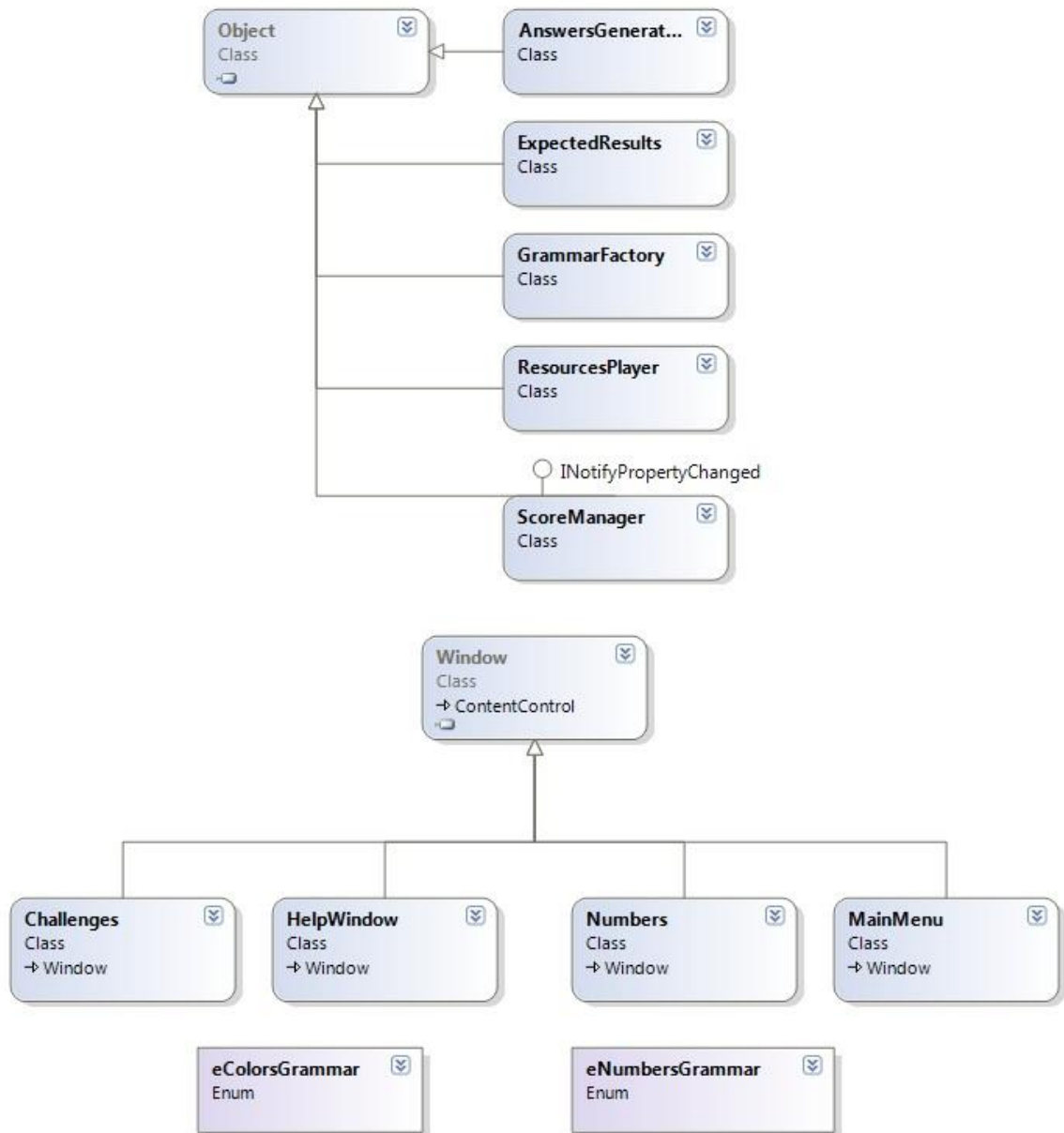


Figura 28. Diagrama de classes

Na camada de apresentação há três classes diferentes, a *MainMenu* que é a tela principal do software e que permite alternar entre as classes *Challenges* e *Numbers* que são as telas de apresentação de cada módulo do sistema, , além da tela de ajuda *HelpWindow*. Essas quatro classes herdam da classe *Window* que é a classe base para aplicações que utilizam a tecnologia WPF.

Na camada de negócios todas as classes herdam da classe *Object* do C#, essas classes são responsáveis por diferentes funções como controle do número de acertos, criação de resultados e alternativas de respostas, além de classes responsáveis pela execução das resources e carregamento da gramática utilizada pelo mecanismo de reconhecimento de voz.

A classe responsável pelo controle de acertos é o *ScoreManager*, esta classe utiliza o padrão de projeto *Singleton*³, e também implementa a interface *INotifyPropertyChanged*. Através dessa interface ela notifica a camada de apresentação cada vez que ocorre um acerto para que o placar seja atualizado.

A camada de dados possui duas classes com os dados que serão processados na camada de negócios. São elas os enumeradores *eColorsGrammar* e o *eNumbersGrammar*, encapsulando as cores e quantidades suportados pelo objeto de aprendizagem.

3 Singleton, padrão de projeto (Design Pattern), este padrão garante a existência de apenas uma instância de uma determinada classe.

5 VALIDAÇÃO DO SOFTWARE

Visando comprovar ser possível a utilização de interfaces multimodais em um software que utilize técnicas de realidade aumentada o software passou por um processo de validação juntamente com alguns professores de Inglês. A experiência de todos os professores com softwares educativos torna ainda mais importante o resultado alcançado pelo Objeto de Aprendizagem desenvolvido.

O instrumento de avaliação utilizado nesta etapa do desenvolvimento do software foi um formulário de avaliação baseado no artigo de Boff (BOFF, 2010), que propõe diretrizes para avaliação de Objetos de Aprendizagem considerando Aspectos Pedagógicos e Técnicos. Após o estudo deste artigo foram retiradas algumas perguntas direcionadas para softwares comportamentalistas, que é a categoria de aprendizagem que o mesmo se classifica.

Nessa etapa o software foi apresentado para a professora Cristina Pescador, docente do Programa de Línguas Estrangeiras da UCS, e para as professoras Poliana Martinazzo, Elisa Seerig, Cláudia Muraro Tonon todos docentes da Sociedade Brasileira de Cultura Inglesa S.A.

Num primeiro momento foi feita uma apresentação mais detalhada para a professora Cristina Pescador, e só depois ela pode explorar o software livremente. Após esse teste ela sugeriu algumas alterações tanto na interface quanto no mecanismo de reconhecimento de voz. Para que o mecanismo de reconhecimento de voz funcionasse de forma ideal foram feitas alterações significativas nesse mecanismo. Anteriormente o motor de reconhecimento era o mesmo da camada de apresentação do sistema operacional e acabava conflitando com os comandos do sistema, a partir dessa correção passou a ser utilizado uma nova instância desse motor, e ele passou a funcionar da forma esperada. Após as alterações solicitadas terem sido atendidas ela pode utilizar novamente o software, aprovando as alterações realizadas. E somente após essa segunda apresentação foi enviado a ela o formulário de avaliação.

Depois que todas essas alterações solicitadas pela professora Cristina Pescador foram atendidas foi feita uma apresentação para as professoras da Cultura Inglesa. Nela foram apresentadas todas as funcionalidades do software e somente uma professora explorou o mesmo, e assim como no teste realizado pela professora Cristina foi obtido êxito nesta validação. O teste realizado na Cultura Inglesa aconteceu sem problemas de execução do

software, devido às alterações realizadas anteriormente, que fizeram com que o mecanismo de reconhecimento de voz funcionasse perfeitamente, além de um refinamento na interface para torná-la mais amigável.

Após a apresentação do software, os professores responderam a um formulário de avaliação que foi utilizado para corroborar a utilização destas diferentes interfaces. O detalhamento desses formulários podem ser vistos no Anexo 3.

Analisando os formulários preenchidos pode-se concluir que a usabilidade do software foi aprovada pelos professores, que consideraram os recursos como a Realidade Aumentada, os sons apresentados um fator de estímulo a aprendizagem do conteúdo proposto. Todos os professores consideraram os recursos de animação bem empregados, assim como a utilização das diferentes interfaces para interação com o software.

Porém com a validação também surgiram alguns pontos que devem ser melhorados para a publicação do Objeto de Aprendizagem. Para que essa publicação ocorra, devem ser criados manuais de instalação, de usuário e um manual pedagógico ao professor. Só após a criação de todos esses manuais pode ser possível a real utilização do Objeto de Aprendizagem.

Uma professora da Cultura Inglesa acredita que o público alvo deveria ser crianças de 2 anos, visto que os alunos que eles atendem com idade a partir de 4 anos poderiam achar o conteúdo um pouco cansativo, uma vez que segundo ela os aprendizes já tem essas informações básicas desde muito cedo.

Todos os demais problemas de usabilidade levantados pelos professores avaliadores foram melhorados para atender as sugestões propostas, cumprindo assim com a proposta de uma etapa de validação de um software.

A etapa de testes foi muito importante para validar o software com usuários e planejar sua utilização em situações reais de aprendizagem. Esta fase é importante para garantir a qualidade do produto final. Ela teve tanta importância no processo de desenvolvimento como as demais etapas estudadas nas disciplinas de Engenharia de Software, como levantamento de requisitos, o projeto, e a implementação do software.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho apresentou uma pesquisa interdisciplinar sobre Realidade Aumentada e Objetos de Aprendizagem com o objetivo de fundamentar o desenvolvimento de um Objeto de Aprendizagem onde existem alguns desafios visando o ensino das cores e números em inglês.

Segundo Kirner (KIRNER, 2005), “o emprego de Realidade Aumentada em ambientes educacionais contribui de maneira significativa na percepção, interação e motivação dos usuários”. Sendo assim, essa pesquisa interdisciplinar auxiliou na proposta do Objeto de Aprendizagem que utiliza técnicas de Realidade Aumentada e interfaces multimodais, além de demonstrar ser possível incluir formas de interação multimodal em um software de Realidade Aumentada para aprendizagem.

A pesquisa sobre Realidade Virtual e Realidade Aumentada teve como objetivo embasar o desenvolvimento do software proposto no início do projeto. Para isso foram apresentados os principais conceitos da área, além das diversas possibilidades de interação disponíveis atualmente no mercado.

Foi realizada também uma pesquisa sobre Objetos de Aprendizagem, a fim de conceituar o que é um Objeto de Aprendizagem e apresentar os modelos de referência mais utilizados atualmente. Esse estudo serviu para auxiliar a definição do modelo de referência que será utilizado, visto que em se tratando de um Objeto de Aprendizagem ele deverá seguir alguns padrões mundialmente respeitados.

O software foi desenvolvido com o intuito de atender as heurísticas de usabilidade, proporcionando ao usuário uma fácil e agradável interação, facilitando assim o aprendizado do conteúdo proposto.

A principal contribuição deste trabalho se concentra na possibilidade da interação com diferentes interfaces. Com a utilização da interação através de comandos de voz o software se diferencia dos demais softwares de Realidade Aumentada que geralmente proporcionam somente interações tradicionais como mouse e teclado.

O software desenvolvido dispõe de uma interface simples e fácil de usar. Sua aceitação por parte dos especialistas (professores de Língua Inglesa) foi constatada através da etapa de

validação como foi descrito no Capítulo 5.

Porém, o software apresenta algumas limitações, todas elas relacionadas ao mecanismo de reconhecimento de voz, uma vez que o reconhecimento dessas palavras depende muito da pronúncia correta do usuário. Outra limitação que o reconhecimento de voz impõe, visto que é utilizado o mecanismo de reconhecimento do sistema operacional Windows, é o fato do idioma do mesmo ser o Inglês já que essa funcionalidade só está disponível para este idioma.

Com o desenvolvimento do trabalho foi possível visualizar que as tecnologias utilizadas no mesmo estão em constante aprimoramento, e por isso existe muito pouco material ou exemplos disponíveis.

A principal dificuldade para o desenvolvimento do trabalho esteve relacionado a Realidade Aumentada, depois de vários testes foi alterada a biblioteca responsável pela apresentação dos objetos virtuais no mundo real. Outro ponto que gerou dificuldades para o desenvolvimento, foi o reconhecimento de voz, que também sofreu grandes mudanças visando alcançar o resultado apresentado pela validação do software. Para que esse resultado fosse alcançado foi utilizada a biblioteca System.Speech, e através dela foi utilizado o mecanismo de reconhecimento de voz do sistema operacional para que os comandos fossem reconhecidos.

A partir desse estudo interdisciplinar realizado poderão ser desenvolvidos trabalhos futuros, como a inclusão de diferentes jogos educacionais ou até mesmo a adaptação de mais interfaces buscando agregar ainda mais valor a interação multimodal presente no mesmo. Outro fator que poderia ser explorado seria um aperfeiçoamento do que já foi desenvolvido para uma distribuição deste Objeto de Aprendizagem em escolas de inglês para auxiliar na fixação fonética do conteúdo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTOOLKIT – **ARToolKit Home Page**. Disponível em: <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>. Acesso em: 01 de Outubro de 2011.

AZUMA, R. T. et al. **Recent Advances in Augmented Reality**. IEEE Computer Graphics and Applications, v. 21, n. 6, 2001.

BILLINGHURST, Mark; KATO, Hirokazu; POUPYREV, Ivan. **The MagicBook – Moving Seamlessly Between Reality and Virtuality**. IEEE Computer Graphics and Applications, v.21, n3, 2001.

BOFF, Elisa; REATEGUI, Eliseo; FINCO, Mateus David - **Proposta de Diretrizes para Avaliação de Objetos de Aprendizagem Considerando Aspectos Pedagógicos e Técnicos**, Novas Tecnologias na Educação, V. 8 Nº 3, dezembro, 2010.

Broll, W., Lindt, I., Ohlenburg, J. Herbst, I., Wittkämper, M. and Novotny, T. (2005) **An Infrastructure for Realizing Custom-Tailored Augmented Reality User Interfaces**. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, v. 11, n. 6, p. 722-733.

BRUNER, Jerome - **Jerome Bruner and the process of education** Disponível em: <http://www.infed.org.uk/thinkers/bruner.htm>, Acesso em: 17 de Junho de 2012.

DUTRA, R. L. de Souza; TAROUCO, L. M. R. **Objetos de Aprendizagem: Uma comparação entre SCORM e IMS Learning Design**. Disponível em <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/13028/000581001.pdf?sequence=1>. Acesso em: 12 de Outubro de 2011.

EDUCAÇÃO DINÂMICA – **Educação Dinâmica – Jogos Educacionais**. Disponível em: <http://www.educacaodinamica.com.br/paginas/jogos.asp?id=Ingles>, Acesso em: 15 de Maio de 2012.

GARDNER, Howard - **Howard Gardner, multiple intelligences and education** Disponível em: <http://www.infed.org.uk/thinkers/gardner.htm>, Acesso em: 17 de Junho de 2012.

GUILLERMO, Oscar Eduardo Patrón; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach; ENDRES, Luiz Augusto Magalhães. **Desenvolvimento de Objetos Educacionais: Experimentos em Hidráulica**. RENOTE – Revista Novas Tecnologias na Educação, Porto

Alegre, v. 3 N°2, novembro, 2005.

GRANDI, J. G.; MACIEL, A.. **Computer Assisted Radiology and Surgery**: 24th International Congress and Exhibition, 2010, Genebra. CARS 2010 Proceedings: A suplement of IJCARS. Berlin/Heidelberg : Springer. v. 5. p. S437-S438.

IMS Global Learning Consortium Inc. Learning Design Specification Disponível em: <http://www.imsglobal.org/learningdesign/index.html>. Acesso em: 19 outubro de 2011.

IEEE Learning Technology Standards Committee (LTSC) (2000) “**Draft Standard for Learning Object Metadata**”, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. LTSC. (2000). Learning technology standards committee website. Disponível em: <http://ltsc.ieee.org/> Acesso em: 12 de outubro de 2011.

KAUFMANN, Hannes; PAPP, Marion. **Learning Objects For Education With Augmented Reality**. EDEN 2006 (European Distance and E-Learning Network) Conference, Vienna, Austria, 2006.

KAUFMANN, Hannes; SCHMALSTIEG, Dieter; WAGNER, Michael. **Construct3D: A Virtual Reality Application for Mathematics and Geometry Education**. 2000. Disponível em: http://www.ims.tuwien.ac.at/publication_detail.php?ims_id=45 Acesso em: 20 de agosto de 2011.

KIRNER, C.; ZORZAL, E. R. **Aplicações Educacionais em Ambientes Colaborativos Realidade Aumentada**. XVI SBIE2005 – Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, UFJF, Juiz de Fora, MG. 2005.

KIRNER, C – **Sistema Solar com Realidade Aumentada | Realidade Virtual**. Disponível em: <http://www.ckirner.com/sacra/aplica/sol-ra/>. Acesso em: 05 de março de 2012.

KOPER, R., **Educational Modelling Language: adding instructional design to existing specifications**. 2002, Open University of the Netherlands.

LTSC – **IEEE LTSC | WG12**. Disponível em: <http://ltsc.ieee.org/wg12>. Acesso em: 09 de novembro de 2011.

MACEDO, Suzana da Hora, et. Al. **Uma Proposta De Objeto De Aprendizagem Para Ensino Da Interação Dos Campos Magnéticos Entre Polos De Nomes Diferentes Usando Realidade Aumentada**, Revista Renote, v.9 n. 1, 2011.

MENDES, Rozi Mara; SOUZA, Vanessa Inácio; CAREGNATO, Sônia Elisa. **A propriedade intelectual na elaboração de objetos de aprendizagem**. In: CINFORM - Encontro Nacional de Ciência da Informação, 5, 2004. Disponível em:

http://dici.ibict.br/archive/00000578/01/propriedade_intelectual.pdf. Acesso em: 12 de novembro de 2011.

MILGRAM, P. et. al. **Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum**. Telem manipulator and Telepresence Technologies, SPIE, V.2351, 1994.

OPENGL – **Open GL - The Industry's Foundation for High Performance Graphics**. Disponível em: <http://www.opengl.org/>. Acesso em: 01 de outubro de 2011.

OVIATT, S. L. and COHEN P.R. **Multimodal Interfaces that Process What Comes Naturally**. Communications of the ACM, vl. 43, n. 3, 2000.

PACKER, R.; JORDAN, K.; **Multimidia: From Wagner to Virtual Reality**. W. W. Norton & Company, 2001.

S. FEINER ET AL., “**A Touring Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Environment**,” Proc. 1st Int’l Symp. Wearable Computers (ISWC ‘97), IEEE CS Press, Los Alamitos, Calif., 1997, pp. 74-81.

GOOGLE SKETCHUP – **GOOGLE SKETCHUP** – Disponível em <http://sketchup.google.com/>. Acesso em 12 de outubro de 2011.

PIAGET, J. - **A Epistemologia Genética**. Petrópolis: Vozes, 1971. 110p.

SKINNER, Burrhus Frederic - **Sobre o Behaviorismo**. São Paulo: Cultrix, 1974. pág. 7-11. Introdução.

SOSTERIC, Mike. HESEMEIER, Susan. **When is a Learning Object not an Object: A first step towards a theory of learning objects**. International Review of Research in Open and Distance Learning. Volume 3, Número 2. Outubro de 2002. Disponível em <http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/download/106/557>. Acesso em: 12 de outubro de 2011.

SPEECH – **DOWNLOAD DETAILS - MICROSOFT DOWNLOAD CENTER - SPEECH SOFTWARE DEVELOPMENT KIT 5.1**. Disponível em: <http://www.microsoft.com/download/en/details.aspx?displaylang=en&id=10121>. Acesso em: 09 de novembro de 2011.

TEICHRIEB, V.; KELNER, J.; TEIXEIRA, J. M.; SILVA, D. e MOURA, G. “**mivaDesk: Mobile Interactive Virtual Autonomous Desktop**”, Grupo de Pesquisa em Realidade Virtual e Multimídia, Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco. Relatório Técnico, 2006.

TEIXEIRA, J. M.; FARIAS, T.; PESSOA, SAULO; RODRIGUES, C. E.; COSTA, N.;

CANANÉA, I.; TEICHRIEB, V.; KELNER J. **GeFighters: Using Gestures on a Fighting Game.**

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada.** Belém-PA, Livro do Pré-Simpósio, VIII Symposium on Virtual Reality. Editora SBC – Sociedade Brasileira de Computação. 2006. Cap 02.

VICCARI, R.M.; GIRAFFA,L.M.M. **Sistemas Tutores Inteligentes: Abordagem Tradicional x Abordagem de Agentes.** XIII SBIA - Simpósio Brasileiro de Inteligência Artificial. Proceedings. Berlim: Springer Verlag,1996.

WILEY, D. A. **Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy.** 2000. Disponível em: <http://reusability.org/read/>. Acesso em: 12 de outubro de 2011.

WIKITUDE – **Wikitude World Browser.** Disponível em: http://www.wikitude.com/world_browser, Acesso em: 01 de outubro de 2011.

ZAUNER, JUERGEN; HALLER, MICHAEL; BRANDL, ALEXANDER; **Authoring of a Mixed Reality Furniture Assembly Instructor** - Upper Austria University of Applied Sciences (MTD) Werner Hartmann; Institute for Applied Knowledge Processing, San Diedgo, USA, 2002.

ZUFFO, M. K.; and de DEUS LOPES, R.; **“Ambientes de realidade virtual e realidade aumentada na preservação do patrimônio histórico”** in Computação gráfica: pesquisas e projetos rumo à Educação Patrimonial (workshop). Sao Paulo: DPH, 2008.

8 ANEXO

8.1 ANEXO 1

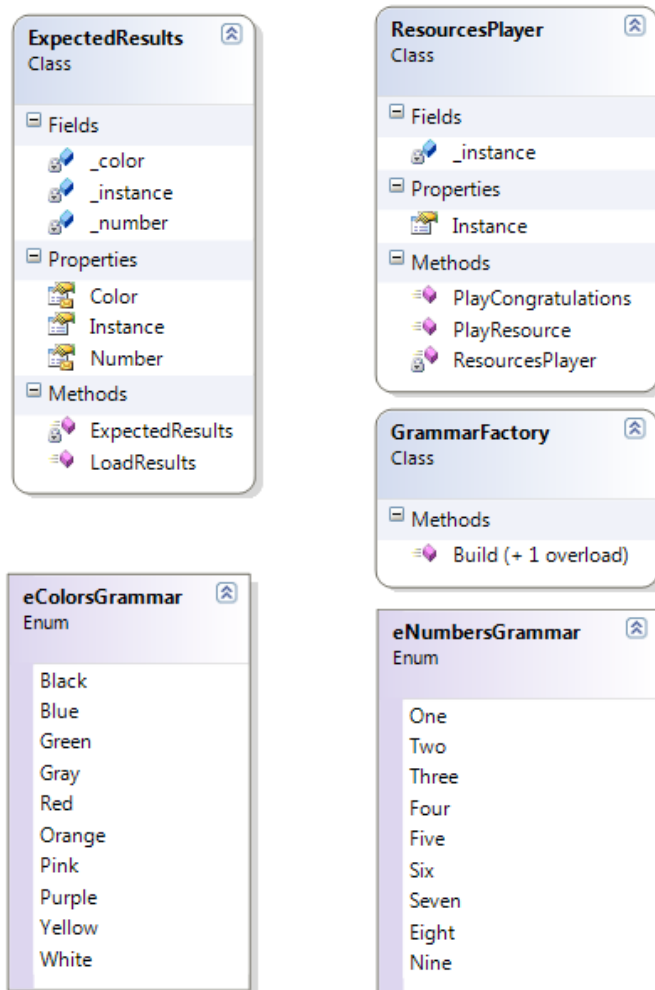
O Anexo 1 contém o arquivo de metadados para o objeto de aprendizagem desenvolvido neste trabalho.

CADASTRO DE OBJETOS EDUCACIONAIS	
Informações Gerais do Objeto	
Título	TCC.LMG
Idioma	Inglês
Descrição	Software com o objetivo principal de apresentar e fixar foneticamente as cores e quantidades em inglês utilizando interações multimodais (marcador fiducial, mouse, teclado, comandos de voz) e técnicas de realidade aumentada.
Palavra-chave	ARToolKit Plus, Interfaces Multimodais, Realidade Aumentada
Informações Técnicas Sobre o Objeto	
Tamanho (Mega bytes)	0,5
Formato	Aplicativo
Localização (URL)	Instalação local
Requisitos Técnicos Para Funcionalidade do Objeto	
Tipo da Tecnologia	Sistema Operacional
Nome da Tecnologia	MS-Windows, Idioma inglês, 32 bits.
Duração do Objeto	
Tempo de duração (hh/mm/ss)	Indeterminada
Ciclo de Vida do Objeto	
Versão	1.0
Status	Final
Contribuições Para o Objeto	
Tipo de contribuição	Lucas Mendo Giombelli(Criação, Implementação)

Entidade que contribuiu	Lucas Mendo Giombelli (Criação, Implementação), Elisa Boff (Criação) e Anne Lorandi Pagno (Designer Gráfico).
Data da contribuição	2012
Características Educacionais e Pedagógicas do Objeto	
Tipo de Interatividade	Ativo
Tipo de Recurso Educacional	Exercício, Experimento
Nível de Interatividade	Muito Alto
Usuário Final Esperado	Aluno
Ambiente de Utilização	Escola
Faixa Etária	Aprendizes em fase de pré-alfabetização
Descrição	Software comportamentalista que utiliza Realidade Aumentada para aprendizagem e possibilita interações multimodais (mouse, teclado, comandos de voz, marcador fiducial). Esse software possui atividades para crianças em fase de pré-alfabetização, para aprendizagem de quantidades e cores na língua inglesa. Apresenta atividades como associação da quantidade aos algarismos arábicos, ou associação de cores e quantidades a suas respectivas pronúncias.
Propriedade Intelectual do Objeto	
Requer Pagamento	Não
Possui Direito Autoral	Não
Condições de Uso do Objeto	Não há condição de uso.

8.2 ANEXO 2

O Anexo 2 contém um detalhamento do diagrama de classes apresentado na seção 4.3.2, nele são expostos todos os métodos, atributos e propriedades, além dos seus respectivos modificadores de acesso.



AnswersGenerator
Class

- Methods
 - GenerateArrayRandomIntegers
 - GenerateColor
 - GenerateColors
 - GenerateInteger (+ 1 overload)
 - GenerateNumbers
 - RandomSort

Numbers
Class
→ Window

- Fields
 - _assertNumber
 - _expectedNumber
 - _offsets
 - _timer
 - dShowHelper
 - lockObjectForDShowHelper
 - tracker
- Methods
 - AREnd
 - ARInit
 - close_MouseDown
 - CreateObject
 - CreateText
 - Instance_PropertyChanged
 - Numbers
 - OnBufferUpdated
 - OnPreviewKeyDown
 - RefreshResult
 - Reset
 - Timer_Elapsed
 - UpdateScore
 - VerifyResult
 - Window_Loaded

ScoreManager
Class

- Fields
 - _instance
 - _points
- Properties
 - Instance
 - Points
- Methods
 - IncreaseScore
 - InitializeScore
 - RaisePropertyChanged
 - ScoreManager
- Events
 - PropertyChanged

Challenges
Class
→ Window

Fields

- _assertColor
- _assertNumber
- _expectedColor
- _expectedNumber
- _grammar
- _offsets
- _speechRecognizer
- _timer
- dShowHelper
- lockObjectForDShowHelper
- reset
- tracker

Methods

- AREnd
- ARInit
- Challenges
- Close_MouseDown
- CreateObject
- CreateText
- GetColorImage
- GetNumberImage
- InitializeSpeechRecognizer
- Instance_PropertyChanged
- LoadAnswers
- OnBufferUpdated
- RbtColors_Checked
- RbtNumbers_Checked
- RefreshResult
- Reset
- SpeechReco_SpeechRecognized
- Timer_Elapsed
- UncheckRadioButtons
- UpdateScore
- VerifyResult
- Window_Loaded

MainMenu
Class
→ Window

Fields

- openHelpWindow

Methods

- CloseButton_MouseDown
- Grid_MouseDown
- HelpButton_MouseDown
- Instance_PropertyChanged
- MainMenu
- UpdateScore
- Window_Loaded

HelpWindow
Class
→ Window

Methods

- closeButton_MouseDown
- HelpWindow

8.3 ANEXO 3

O Anexo 3 contém todos os formulários preenchidos pelos professores que colaboraram com a etapa de validação do software desenvolvido.



UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
Centro de Computação e Tecnologia da Informação
Curso de Bacharelado em Ciência da Computação

Avaliação de Software Educativo

Avaliador(a): Cristina Maria Pescador

Objetivo do software: Para responder a questão de pesquisa, “*É possível incluir formas de interação multimodal em um software de Realidade Aumentada para aprendizagem?*”, foi desenvolvido um software com o objetivo principal de apresentar e fixar foneticamente as cores e quantidades em inglês utilizando interações multimodais (marcador fiducial, mouse, teclado, comandos de voz) e técnicas de realidade aumentada.

Você já teve alguma experiência com algum software educativo?

(x) Sim () Parcialmente () Não

Você já usou algum software educativo para esta finalidade?

Sim Parcialmente Não

Você utilizaria este software para auxiliar as suas aulas?

Sim Parcialmente Não

O conteúdo apresentado está adequado ao seu público alvo?

Sim Parcialmente Não

O software apresenta atividades variadas, variando os níveis de complexidade das tarefas?

Sim Parcialmente Não

Os recursos utilizados (Realidade aumentada, objetos 3D, som) no objeto de aprendizagem estimulam a aprendizagem e o interesse do aluno?

Sim Parcialmente Não

Foi possível interagir com o objeto de aprendizagem utilizando as diferentes interfaces (mouse, teclado, comandos de voz, marcadores fiduciais)?

Sim Parcialmente Não

Recursos de animação são bem empregados (complementam o conteúdo, e não apenas distraem o usuário e decoram o sistema)?

Sim Parcialmente Não

A linguagem apresentada é adequada? (Adequada ao público a que o software se destina, adequada ao tópico/conteúdo)

Sim Parcialmente Não

As convenções e símbolos utilizados para guiar o usuário na interface são usuais?

Sim Parcialmente Não

Os grafismos e layout de tela são bonitos, estimulando a utilização do software?

Sim Parcialmente Não

A apresentação de textos é adequada à leitura (tamanho da fonte, cor das fontes utilizadas)?

Sim Parcialmente Não

Utiliza recursos multimídia (textos, imagens, sons, filmes) para apresentar os assuntos?

Sim Parcialmente Não

O aluno consegue utilizar o software sem a interferência do professor?

Sim Parcialmente Não

O software dispõe de *helps* (ajuda) ou dicas?

Sim Parcialmente Não

As instruções do software são claras, indicando de maneira precisa o que deve ser realizado?

Sim Parcialmente Não

O software apresenta manual do usuário?

Sim Parcialmente Não

O software apresenta manual de instalação?

Sim Parcialmente Não

O software apresenta manual pedagógico ao professor?

Sim Parcialmente Não

Observações:

Visto que o público alvo desse software são crianças pequenas, sugiro aumentar a fonte (e talvez o campo) de visualização das respostas (nome das cores, por exemplo).



UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
Centro de Computação e Tecnologia da Informação
Curso de Bacharelado em Ciência da Computação

Avaliação de Software Educativo

Avaliador(a): Cláudia Muraro Tonon

Objetivo do software: Para responder a questão de pesquisa, “*É possível incluir formas de interação multimodal em um software de Realidade Aumentada para aprendizagem?*”, foi desenvolvido um software com o objetivo principal de apresentar e fixar foneticamente as cores e quantidades em inglês utilizando interações multimodais (marcador fiducial, mouse, teclado, comandos de voz) e técnicas de realidade aumentada.

Você já teve alguma experiência com algum software educativo?

(X) Sim () Parcialmente () Não

Você já usou algum software educativo para esta finalidade?

(X) Sim () Parcialmente () Não

Você utilizaria este software para auxiliar as suas aulas?

(X) Sim () Parcialmente () Não

O conteúdo apresentado está adequado ao seu público alvo?

Sim Parcialmente Não

O software apresenta atividades variadas, variando os níveis de complexidade das tarefas?

Sim Parcialmente Não

Os recursos utilizados (Realidade aumentada, objetos 3D, som) no objeto de aprendizagem estimulam a aprendizagem e o interesse do aluno?

Sim Parcialmente Não

Foi possível interagir com o objeto de aprendizagem utilizando as diferentes interfaces (mouse, teclado, comandos de voz, marcadores fiduciais)?

Sim Parcialmente Não

Recursos de animação são bem empregados (complementam o conteúdo, e não apenas distraem o usuário e decoram o sistema)?

Sim Parcialmente Não

A linguagem apresentada é adequada? (Adequada ao público a que o software se destina, adequada ao tópico/conteúdo)

Sim Parcialmente Não

As convenções e símbolos utilizados para guiar o usuário na interface são usuais?

Sim Parcialmente Não

Os grafismos e layout de tela são bonitos, estimulando a utilização do software?

Sim Parcialmente Não

A apresentação de textos é adequada à leitura (tamanho da fonte, cor das fontes utilizadas)?

Sim Parcialmente Não

Utiliza recursos multimídia (textos, imagens, sons, filmes) para apresentar os assuntos?

Sim Parcialmente Não

O aluno consegue utilizar o software sem a interferência do professor?

Sim Parcialmente Não

O software dispõe de *helps* (ajuda) ou dicas?

Sim Parcialmente Não

As instruções do software são claras, indicando de maneira precisa o que deve ser realizado?

Sim Parcialmente Não

O software apresenta manual do usuário?

Sim Parcialmente Não

O software apresenta manual de instalação?

Sim Parcialmente Não

O software apresenta manual pedagógico ao professor?

Sim Parcialmente Não

Observações:

Acredito que o software apresentado seja relevante para crianças de 2 anos, pois trabalhamos com crianças à partir de 4 anos, que achariam um pouco cansativo, uma vez que elas já têm essas informações básicas desde muito cedo.



UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
Centro de Computação e Tecnologia da Informação
Curso de Bacharelado em Ciência da Computação

Avaliação de Software Educativo

Avaliador(a): Elisa Seerig

Objetivo do software: Para responder a questão de pesquisa, “*É possível incluir formas de interação multimodal em um software de Realidade Aumentada para aprendizagem?*”, foi desenvolvido um software com o objetivo principal de apresentar e fixar foneticamente as cores e quantidades em inglês utilizando interações multimodais (marcador fiducial, mouse, teclado, comandos de voz) e técnicas de realidade aumentada.

Você já teve alguma experiência com algum software educativo?

(x) Sim () Parcialmente () Não

Você já usou algum software educativo para esta finalidade?

(x) Sim () Parcialmente () Não

Você utilizaria este software para auxiliar as suas aulas?

(x) Sim () Parcialmente () Não

O conteúdo apresentado está adequado ao seu público alvo?

Sim Parcialmente Não

O software apresenta atividades variadas, variando os níveis de complexidade das tarefas?

Sim Parcialmente Não

Os recursos utilizados (Realidade aumentada, objetos 3D, som) no objeto de aprendizagem estimulam a aprendizagem e o interesse do aluno?

Sim Parcialmente Não

Foi possível interagir com o objeto de aprendizagem utilizando as diferentes interfaces (mouse, teclado, comandos de voz, marcadores fiduciais)?

Sim Parcialmente Não

Recursos de animação são bem empregados (complementam o conteúdo, e não apenas distraem o usuário e decoram o sistema)?

Sim Parcialmente Não

A linguagem apresentada é adequada? (Adequada ao público a que o software se destina, adequada ao tópico/conteúdo)

Sim Parcialmente Não

As convenções e símbolos utilizados para guiar o usuário na interface são usuais?

Sim Parcialmente Não

Os grafismos e layout de tela são bonitos, estimulando a utilização do software?

Sim Parcialmente Não

A apresentação de textos é adequada à leitura (tamanho da fonte, cor das fontes utilizadas)?

Sim Parcialmente Não

Utiliza recursos multimídia (textos, imagens, sons, filmes) para apresentar os assuntos?

Sim Parcialmente Não

O aluno consegue utilizar o software sem a interferência do professor?

Sim Parcialmente Não

O software dispõe de *helps* (ajuda) ou dicas?

Sim Parcialmente Não

As instruções do software são claras, indicando de maneira precisa o que deve ser realizado?

Sim Parcialmente Não

O software apresenta manual do usuário?

Sim Parcialmente Não

O software apresenta manual de instalação?

Sim Parcialmente Não

O software apresenta manual pedagógico ao professor?

Sim Parcialmente Não

Observações:



UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
Centro de Computação e Tecnologia da Informação
Curso de Bacharelado em Ciência da Computação

Avaliação de Software Educativo

Avaliador(a): Poliana Martinazzo

Objetivo do software: Para responder a questão de pesquisa, “*É possível incluir formas de interação multimodal em um software de Realidade Aumentada para aprendizagem?*”, foi desenvolvido um software com o objetivo principal de apresentar e fixar foneticamente as cores e quantidades em inglês utilizando interações multimodais (marcador fiducial, mouse, teclado, comandos de voz) e técnicas de realidade aumentada.

Você já teve alguma experiência com algum software educativo?

Sim Parcialmente Não

Você já usou algum software educativo para esta finalidade?

Sim Parcialmente Não

Você utilizaria este software para auxiliar as suas aulas?

Sim Parcialmente Não

O conteúdo apresentado está adequado ao seu público alvo?

Sim Parcialmente Não

O software apresenta atividades variadas, variando os níveis de complexidade das tarefas?

Sim Parcialmente Não

Os recursos utilizados (Realidade aumentada, objetos 3D, som) no objeto de aprendizagem estimulam a aprendizagem e o interesse do aluno?

Sim Parcialmente Não

Foi possível interagir com o objeto de aprendizagem utilizando as diferentes interfaces (mouse, teclado, comandos de voz, marcadores fiduciais)?

Sim Parcialmente Não

Recursos de animação são bem empregados (complementam o conteúdo, e não apenas distraem o usuário e decoram o sistema)?

Sim Parcialmente Não

A linguagem apresentada é adequada? (Adequada ao público a que o software se destina, adequada ao tópico/conteúdo)

Sim Parcialmente Não

As convenções e símbolos utilizados para guiar o usuário na interface são usuais?

Sim Parcialmente Não

Os grafismos e layout de tela são bonitos, estimulando a utilização do software?

Sim Parcialmente Não

A apresentação de textos é adequada à leitura (tamanho da fonte, cor das fontes utilizadas)?

Sim Parcialmente Não

Utiliza recursos multimídia (textos, imagens, sons, filmes) para apresentar os assuntos?

Sim Parcialmente Não

O aluno consegue utilizar o software sem a interferência do professor?

Sim Parcialmente Não

O software dispõe de *helps* (ajuda) ou dicas?

Sim Parcialmente Não

As instruções do software são claras, indicando de maneira precisa o que deve ser realizado?

Sim Parcialmente Não

O software apresenta manual do usuário?

Sim Parcialmente Não

O software apresenta manual de instalação?

Sim Parcialmente Não

O software apresenta manual pedagógico ao professor?

Sim Parcialmente Não

Observações:

A ideia é bem interessante, entretanto é preciso avaliar a real utilização do software.

A aplicabilidade do software fica comprometida por necessitar de Windows em Inglês e webcam.