



UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
MESTRADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**SOFTWARE EDUCACIONAL POTENCIALIZADO COM REALIDADE
AUMENTADA PARA USO EM FÍSICA E MATEMÁTICA**

CLEBERSON EUGENIO FORTE

ORIENTADOR: PROF. DR. CLÁUDIO KIRNER

PIRACICABA, SP
2009



UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
MESTRADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**SOFTWARE EDUCACIONAL POTENCIALIZADO COM REALIDADE
AUMENTADA PARA USO EM FÍSICA E MATEMÁTICA**

CLEBERSON EUGENIO FORTE

ORIENTADOR: PROF. DR. CLÁUDIO KIRNER

Dissertação apresentada ao Mestrado em
Ciência da Computação, da Faculdade de
Ciências Exatas e da Natureza, da
Universidade Metodista de Piracicaba –
UNIMEP, como requisito para obtenção do
Título de Mestre em Ciência da Computação.

PIRACICABA, SP
2009

SOFTWARE EDUCACIONAL POTENCIALIZADO COM REALIDADE AUMENTADA PARA USO EM FÍSICA E MATEMÁTICA

AUTOR: CLEBERSON EUGENIO FORTE

ORIENTADOR: PROF. DR. CLÁUDIO KIRNER

Dissertação de Mestrado apresentada em 21 de dezembro de 2009 à Banca Examinadora constituída dos Professores:

Prof. Dr. Cláudio Kirner (orientador)
Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)

Prof^a. Dr^a. Tereza Gonçalves Kirner
Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)

Prof. Dr. Mikael Frank Rezende Junior
Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)

Aos

Meus pais, Georgina Helena Forte e

Wilson Forte (in memoriam)

Aos

Meus irmãos e

Aos

meus sobrinhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por ter me conduzido até aqui;

Aos meus amigos, pelo companheirismo e compreensão em minhas tribulações;

Aos professores e funcionários da UNIMEP, que tanto me incentivaram em minha caminhada, especialmente à Rosa, Dulce, Ricardo e ao Prof. José Luis Zem;

À CAPES, pela bolsa a mim concedida;

Aos professores do curso de mestrado, pelos ensinamentos transmitidos.

Um agradecimento especial ao professor Cláudio Kirner, meu orientador, que me apresentou a RA e os caminhos que, sem eu saber de antemão, me levaram ao encontro de mim mesmo através da satisfação que descobri na pesquisa e na tarefa de ensinar. Sou muito grato pelo incentivo, apoio, orientações, mas principalmente pelo exemplo transmitido e por ter acreditado que eu seria capaz.

Muitas outras pessoas contribuíram para que este trabalho pudesse ser realizado. Agradeço a todos os que, de algum modo, estiveram ligados e contribuíram, direta ou indiretamente, comigo e com este processo.

“Não há nada bom nem mau
a não ser estas duas coisas:
a sabedoria, que é um bem,
e a ignorância, que é um mal.”

Platão

RESUMO

A evolução tecnológica disponibilizou o computador, que se tornou uma ferramenta poderosa no processo de ensino e aprendizagem. Até agora, a maioria das aplicações educacionais vem utilizando a tecnologia de multimídia, mas existem outras tecnologias que podem aprimorar esse processo com características como: maior realismo, interações naturais e tangíveis, maior motivação, etc. A tecnologia de Realidade Aumentada destaca-se, nesse contexto, na medida em que potencializa o ambiente real do usuário com elementos visuais e auditivos, envolvendo informações, objetos virtuais tridimensionais estáticos e animados, sonorização espacial, etc. Esse ambiente aumentado pode funcionar como um laboratório virtual, permitindo a estudantes e professores desenvolverem e utilizarem experimentos nas mais variadas áreas. Assim, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um software educacional potencializado com Realidade Aumentada, voltado, na sua primeira versão, para aplicações de Física e Matemática. Além disso, o software foi testado por estudantes e professores, cujos dados permitiram sua análise sob diversos pontos de vista, incluindo a sua utilização em ambientes de ensino e aprendizagem.

PALAVRAS-CHAVE: Realidade Aumentada, Realidade Virtual, Software Educacional, Tecnologia e Educação.

INCREASE EDUCATIONAL SOFTWARE WITH AUGMENTED REALITY FOR USE IN PHYSICS AND MATHEMATICS

ABSTRACT

The technological evolution made available the computer, which is a powerful tool in the teaching and learning process. Nowadays, many educational applications are using the multimedia technology, but there are other technologies that can improve teaching and learning by using larger realism, natural and tangible interactions, larger motivation, etc.

The technology of Augmented Reality is outstanding, once it enriches the user's real environment with visual and hearing elements, involving information, static and animated three-dimensional virtual objects, spatial sound, etc. That user's environment can work as a virtual laboratory, allowing to students and teachers to develop and use experiments in many areas.

In this way, this work presents the development of educational software enriched with Augmented Reality, having, in its first version, applications of Physics and Mathematics. Besides, the software was tested by students and teachers, whose data allowed its analysis under several points of view, including its use in teaching and learning environments.

KEYWORDS: Augmented Reality, Virtual Reality, Educational Software, Technology and Education.

SUMÁRIO

RESUMO	VII
ABSTRACT	VIII
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	XIV
LISTA DE TABELAS E QUADROS	XV
1. INTRODUÇÃO	1
2. REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA	5
2.1 CONCEITUAÇÃO HISTÓRICA	6
2.2 REALIDADE VIRTUAL NO BRASIL	14
2.3 DEFINIÇÕES DE REALIDADE VIRTUAL	16
2.4 DISPOSITIVOS DE REALIDADE VIRTUAL	20
2.4.1 CAPACETES DE VISUALIZAÇÃO	21
2.4.2 DISPOSITIVOS PARA RECONHECIMENTO DE GESTOS	22
2.4.3 DISPOSITIVOS ACÚSTICOS	25
2.4.4 OUTROS DISPOSITIVOS SENSORIAIS	29
2.5 DEFINIÇÕES DE REALIDADE AUMENTADA	31
2.5.1 SISTEMA DE RA COM VISUALIZAÇÃO DIRETA	34
2.5.2 SISTEMA DE RA COM VISUALIZAÇÃO INDIRETA	35
2.6 FERRAMENTAS DE AUTORIA PARA SISTEMAS DE REALIDADE AUMENTADA	37
2.6.1 STUDIERSTUBE	37
2.6.2 ARTOOLKIT	38
2.6.3 OSGART	39
3. ARTOOLKIT	42
3.1. MARCADORES	43
3.2. RASTREAMENTO	45
3.3. ASPECTOS DA CODIFICAÇÃO E FUNCIONAMENTO DO ARTOOLKIT	47
3.4. APLICAÇÕES DESENVOLVIDAS COM O ARTOOLKIT E SUAS VERSÕES	55
3.5. SACRA	58
4. TECNOLOGIAS COMPUTACIONAIS APLICADAS À EDUCAÇÃO	63
4.1. MULTIMÍDIA	66
4.2. REALIDADE VIRTUAL	72
4.3. REALIDADE AUMENTADA	81
4.4. APLICAÇÕES DE REALIDADE AUMENTADA NO CONTEXTO EDUCACIONAL	85
4.4.1. CONSTRUCT3D	88
4.4.2. MAGICBOOK	90
4.4.3. PROJETO SICARA	92
4.4.3.1. LIRA	93
4.4.3.2. ARITMÉTICA	95
4.4.3.3. JOGO – TORRE DE HANOI	96
4.4.4. OUTRAS APLICAÇÕES	97

5. DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE EDUCACIONAL POTENCIALIZADO COM REALIDADE AUMENTADA.....	104
5.1. INTRODUÇÃO.....	104
5.2. METODOLOGIA.....	107
5.3. DESCRIÇÃO DA FERRAMENTA.....	109
5.3.1. VERSÃO INICIAL.....	110
5.3.2. VERSÃO FINAL.....	114
5.4. INTERFACE.....	115
5.5. INTERAÇÃO.....	119
5.5.1. APLICAÇÃO DE MATEMÁTICA.....	120
5.5.2. APLICAÇÃO DE FÍSICA.....	133
6. AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA.....	142
6.1. GRUPO DE ALUNOS.....	145
6.1.1. APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO PARA O GRUPO DE ALUNOS.....	148
6.2. GRUPO DE PROFESSORES.....	159
6.2.1. ASPECTOS TÉCNICOS.....	163
6.2.2. ASPECTOS PEDAGÓGICOS GERAIS.....	167
6.2.3. ASPECTOS ESPECÍFICOS AO TIPO DE PRODUTO.....	169
6.3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	172
7. CONCLUSÃO.....	176
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	180
ANEXOS.....	191
ANEXOS A - QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO - GRUPO DE ALUNOS.....	192
ANEXOS B - QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO - GRUPO DE PROFESSORES.....	195

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – IMAGEM DA DOCUMENTAÇÃO DA PATENTE DO SENSORAMA	8
FIGURA 2 – USUÁRIO INTERAGINDO COM O SENSORAMA	8
FIGURA 3 – IMAGEM DA DOCUMENTAÇÃO DE PATENTE DO HMD DE HEILIG	9
FIGURA 4 – VISTA EM PERSPECTIVA DO HMD DE HEILIG	10
FIGURA 5 – USUÁRIA INTERAGE COM O MUNDO VIRTUAL EM APLICAÇÃO DE RV	18
FIGURA 6 – OS TRÊS I'S DA RV: IMERSÃO, INTERAÇÃO E IMAGINAÇÃO	20
FIGURA 7 – HMD I-GLASSES I3PC	22
FIGURA 8 – DISPOSITIVO DE RECONHECIMENTO DE GESTOS DATAGLOVE	24
FIGURA 9 – POSIÇÃO DOS SENSORES DA 5DT DATA GLOVE 5	24
FIGURA 10 - DIAGRAMA DE FUNCIONAMENTO DA 5DT DATAGLOVE 5	25
FIGURA 11 - DISTINÇÃO ENTRE SOM ESTÉREO E SOM 3D	28
FIGURA 12 – SISTEMA DE RA COM VISUALIZAÇÃO DIRETA	35
FIGURA 13 – ESQUEMA REPRESENTATIVO DE SISTEMA DE RA COM VISUALIZAÇÃO INDIRETA.	36
FIGURA 14 – FUNCIONAMENTO DO STUDIERSTUBE	38
FIGURA 15 – OBJETOS DE VÍDEO IMPLEMENTADOS NO OSGART	40
FIGURA 16 – SOMBRA APLICADA À ESTÁTUA 3D	41
FIGURA 17 – MARCADOR UTILIZADO EM APLICAÇÕES DO ARTOOLKIT.	44
FIGURA 18 – OBJETO VIRTUAL SOBREPOSTO AO MARCADOR.	44
FIGURA 19 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DAS ETAPAS DO RASTREAMENTO DO ARTOOLKIT	47
FIGURA 20 – ILUSTRAÇÃO DO FUNCIONAMENTO GERAL DO CÓDIGO DA BIBLIOTECA ARTOOLKIT	49
FIGURA 21 – FUNÇÃO MAIN DO ARTOOLKIT.....	50
FIGURA 22 – CHAMADA DA FUNÇÃO ARVIDEOGETIMAGE DENTRO DA MAINLOOP DO ARTOOLKIT.	52
FIGURA 23 – CHAMADA DA FUNÇÃO ARDETECTMARKET DENTRO DA MAINLOOP DO ARTOOLKIT.	53
FIGURA 24 – CHAMADA DAS FUNÇÕES ARGETTRANSMAT E DRAW DENTRO DA MAINLOOP DO ARTOOLKIT.....	54
FIGURA 25 – CONTEÚDO DA FUNÇÃO CLEANUP.....	54
FIGURA 26 – SISTEMA DE APRENDIZAGEM DE ARITMÉTICA INTEGRANTE DO PROJETO SICARA	56
FIGURA 27 – APLICAÇÃO SR:MEETING USADA PARA REVISÃO DE PROJETOS	57
FIGURA 28 – CAPTURA DE TELA DA APLICAÇÃO DE RA USADA NA INFOGRAFIA DO JORNAL O ESTADO DE SÃO PAULO	58
FIGURA 29 – ESQUEMATIZAÇÃO DO USO DE REFERÊNCIA REMOTA	61
FIGURA 30 – AMBIENTES DO SECOND LIFE PARA EDUCAÇÃO	80
FIGURA 31 – CONTINUUM REAL-VIRTUAL PROPOSTO POR MILGRAM	85
FIGURA 32 – VISÃO GERAL DOS TRABALHOS PUBLICADOS NO WRVA 2008, SEGUNDO A ÁREA DE APLICAÇÃO.	87
FIGURA 33 – USUÁRIOS INTERAGEM COM OBJETO GEOMÉTRICO TRIDIMENSIONAL NA APLICAÇÃO CONSTRUCT3D	89

FIGURA 34 - USUÁRIO USANDO O MAGICBOOK PARA SE MOVER ENTRE A REALIDADE, RA E RV.....	91
FIGURA 35 – USUÁRIO INTERAGE COM O LIRA	95
FIGURA 36 – JOGO TORRE DE HANOI DISPONÍVEL ONLINE	97
FIGURA 37 - PESQUISADORA DEMONSTRANDO SEU PROTÓTIPO DE LIVRO ENRIQUECIDO COM RA	98
FIGURA 38 – APLICAÇÃO VSTARGD	100
FIGURA 39 – USUÁRIO RECONFIGURA O MARCADOR E O OBJETO VIRTUAL É MODIFICADO	100
FIGURA 40 – USUÁRIOS INTERAGINDO COM O JOGO	102
FIGURA 41 – DETALHE DO TABULEIRO E DADO ADAPTADO	102
FIGURA 42 – QUEBRA-CABEÇAS 3D	103
FIGURA 43 – JOGO DE PALAVRAS	103
FIGURA 44 – AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO BORLAND BUILDER C++ 6.	108
FIGURA 45 – ESTRUTURA DAS MENSAGENS INTERPRETADAS PELO SACRA.....	111
FIGURA 46 – ARQUITETURA INICIAL NECESSÁRIA PARA A EXECUÇÃO DE COMANDOS VIA REDE.	113
FIGURA 47 – ARQUITETURA FINAL APÓS AS MODIFICAÇÕES IMPLEMENTADAS PELO PROJETO.	114
FIGURA 48 – INTERFACE DA TELA INICIAL DO ARTUTOR.	116
FIGURA 49 – INTERFACE INICIAL DO ARTUTOR COM AS ÁREAS ESPECÍFICAS EM DESTAQUE.....	117
FIGURA 50 – INTERFACE DE APRESENTAÇÃO DOS CONTEÚDOS TEÓRICOS	119
FIGURA 51 – ESTRUTURA DE SELEÇÃO USADA PARA A SELEÇÃO E MONTAGEM DO ASSUNTO A SER ABORDADO NA ÁREA TEÓRICA.....	122
FIGURA 52 – INTERFACE TEÓRICA EXIBIDA DE ACORDO COM O TEMA SELECIONADO PELO USUÁRIO.	123
FIGURA 53 – CÓDIGO RESPONSÁVEL PELA CHAMADA DE ARQUIVO USADO PARA ANOTAÇÃO.	123
FIGURA 54 – AMBIENTE RESULTANTE DA CHAMADA DO APLICATIVO PARA ANOTAÇÃO.	124
FIGURA 55 – VISÃO GERAL DA INTERFACE COM A ÁREA DE EXERCÍCIO SENDO APRESENTADA.	124
FIGURA 56 – DETALHE SOBRE A ÁREA DE EXERCÍCIO.	125
FIGURA 57 – CODIFICAÇÃO DO OBJETO VIRTUAL PIRÂMIDE.	128
FIGURA 58 – CÓDIGO EM VRML RESULTANTE DA EXECUÇÃO DOS COMANDOS REPRESENTADOS NA FIGURA 57.	129
FIGURA 59 – MENSAGEM APRESENTADA QUANDO O USUÁRIO CLICA SOBRE O BOTÃO AVANÇAR.	129
FIGURA 60 – IMPLEMENTAÇÃO DA FÓRMULA PARA CALCULAR O VOLUME DA PIRÂMIDE.....	130
FIGURA 61 – AMBIENTE DE ACESSO AO SOFTWARE SACRA.....	130
FIGURA 62 – MARCADORES USADOS PARA A INTERAÇÃO COM OS OBJETOS VIRTUAIS NO ARTUTOR.	131
FIGURA 63 – (A) AMBIENTE COM A EXECUÇÃO DO MÓDULO DE RA; (B) USUÁRIO INSERE O MARCADOR MATEMÁTICA E INTERAGE COM O OBJETO ANTERIORMENTE CONFIGURADO; (C) RESOLUÇÃO DO EXERCÍCIO INCORRETA, MOSTRADO APÓS A INSERÇÃO DO MARCADOR CONTROLE EM CENA.	132

FIGURA 64 – TEMAS IMPLEMENTADOS NO ARTUTOR NA ÁREA DE MATEMÁTICA.	132
FIGURA 65 – INTERFACE DO ARTUTOR NO TEMA DE LANÇAMENTO OBLÍQUO.	134
FIGURA 66 – INTERFACE MOSTRANDO A TELA DE EXERCÍCIO DE LANÇAMENTO OBLÍQUO.	135
FIGURA 67 – TELA DE EXERCÍCIO DE LANÇAMENTO OBLÍQUO EM DESTAQUE.	136
FIGURA 68 – AMBIENTE COM A EXECUÇÃO DO MÓDULO DE RA NO EXERCÍCIO DE LANÇAMENTO OBLÍQUO.	137
FIGURA 69 – CODIFICAÇÃO DO BOTÃO CONECTAR.	137
FIGURA 70 – OBJETO VIRTUAL EXIBIDO NOS TEMAS DE FÍSICA.	138
FIGURA 71 – SEQÜÊNCIA DE IMAGENS DEMONSTRANDO O MOVIMENTO DO OBJETO VIRTUAL EM DECORRÊNCIA DO ENVIO DE MENSAGENS IMPLEMENTADO NO ARTUTOR.	139
FIGURA 72 – CODIFICAÇÃO DA MONTAGEM DE MENSAGENS E ENVIO VIA SOCKET.	140
FIGURA 73 – TEMAS IMPLEMENTADOS NO ARTUTOR NA ÁREA DE FÍSICA.	141
FIGURA 74 – DETALHE DA INTERFACE DO ARTUTOR SOBRE AS ÁREAS DE TEORIA E EXERCÍCIO DO TEMA ESFERA.	148
FIGURA 75 – OPINIÃO DOS ALUNOS QUANTO À POSSIBILIDADE DE USO DE COMPUTADORES COMO FERRAMENTAS PEDAGÓGICAS.	150
FIGURA 76 – AUTOCLASSIFICAÇÃO SOBRE O PERFIL DO USUÁRIO PARA COM O USO DO COMPUTADOR (ALUNOS).	151
FIGURA 77 – MANUTENÇÃO DE INTERESSE.	154
FIGURA 78 – FACILITAÇÃO DO APRENDIZADO.	154
FIGURA 79 – ADOÇÃO DO SOFTWARE PELAS ESCOLAS.	155
FIGURA 80 – CONCORDÂNCIA SOBRE A USABILIDADE DO ARTUTOR.	156
FIGURA 82 – PERFIL DOS PARTICIPANTES QUANTO À ATUAÇÃO PROFISSIONAL.	160
FIGURA 83 – EXPERIÊNCIA COM OUTROS SOFTWARES EDUCACIONAIS.	161
FIGURA 84 - AUTOCLASSIFICAÇÃO SOBRE O PERFIL DO USUÁRIO PARA COM O USO DO COMPUTADOR (PROFESSORES).	162
FIGURA 85 – CONCEITOS PODEM SER RELACIONADOS COM OUTRAS DISCIPLINAS. ...	169
FIGURA 86 – NÍVEIS DE CONCORDÂNCIA QUANTO À FACILIDADE DE APRENDIZADO E MANUTENÇÃO DO INTERESSE.	174

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARToolKIT	AUGMENTED REALITY TOOL KIT.
AS3D	ACTION SCRIPT 3D.
CAD	COMPUTER AIDED DESIGN (DESENHO ASSISTIDO POR COMPUTADOR).
CERV	COMISSÃO ESPECIAL DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA.
CRT	CATHODE RAY TUBE (MONITOR DE TUBO DE RAIOS CATÓDICOS).
CVE	COLLABORATIVE VIRTUAL ENVIRONMENTS (AMBIENTES VIRTUAIS COLABORATIVOS).
ENIAC	ELECTRICAL NUMERICAL INTEGRATOR AND CALCULATOR.
GPL	GENERAL PUBLIC LICENSE (LICENÇA PÚBLICA GERAL).
HITLAB	HUMAN INTERFACE TECHNOLOGY LAB (WASHINGTON).
HITLAB NZ	HUMAN INTERFACE TECHNOLOGY LAB (NOVA ZELÂNDIA).
HMD	HEAD-MOUNTED DISPLAY.
IEEE	INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS.
LCD	LIQUID CRYSTAL DISPLAY (MONITOR DE CRISTAL LÍQUIDO).
LIRA	LIVRO INTERATIVO COM REALIDADE AUMENTADA.
MS-DOS	MICROSOFT DISK OPERATING SYSTEM.
OSG	OPEN SCENE GRAPHICS.
RA	REALIDADE AUMENTADA.
REF	MARCADORES DE REFERÊNCIA.
RV	REALIDADE VIRTUAL.
SACRA	SISTEMA DE AUTORIA COLABORATIVA EM REALIDADE AUMENTADA.
SBC	SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO.
SICARA	SISTEMA COMPLEXO APRENDENTE COM REALIDADE AUMENTADA.
SVR	SYMPOSIUM ON VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY.
UFSCAR	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS.
UNIMEP	UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA.
VRML	VIRTUAL REALITY MODELING LANGUAGE.
VSTARGD	VISUALIZADOR DE SUPERFÍCIES TÓRICAS EM GEOMETRIA DESCRITIVA COM REALIDADE AUMENTADA.
WRVA	WORKSHOP DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA.
WVR	WORKSHOP ON VIRTUAL REALITY.

LISTA DE TABELAS E QUADROS

QUADRO 1 – CORRESPONDÊNCIA ENTRE OS PASSOS DE FUNCIONAMENTO E AS FUNÇÕES IMPLEMENTADAS NO ARTTOOLKIT.....	49
TABELA 1 – ESTÍMULOS RECEBIDOS POR UMA PESSOA EM FUNÇÃO DOS SENTIDOS . .	69
TABELA 2 – CAPACIDADE DE RETENÇÃO DA INFORMAÇÃO EM FUNÇÃO DAS FORMAS DE APRESENTAÇÃO	70
TABELA 3 – DADOS RETIDOS APÓS TRÊS HORAS	71
TABELA 4 – DADOS RETIDOS APÓS TRÊS DIAS	71
TABELA 5 – VISÃO GERAL DOS QUESTIONÁRIOS APLICADOS AOS GRUPOS PARTICIPANTES.....	144
TABELA 6 – ESCOLHA LIVRE DE ALTERNATIVAS QUE DESCREVEM A INTERAÇÃO DO USUÁRIO PARA COM O COMPUTADOR	152
TABELA 7 – AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DA SEÇÃO 2 DO QUESTIONÁRIO DO GRUPO DE ALUNOS.....	158
TABELA 8 – SEÇÃO DE QUESTÕES ACERCA DOS ASPECTOS TÉCNICOS DA FERRAMENTA.....	164
TABELA 9 – SEÇÃO DE QUESTÕES ACERCA DOS ASPECTOS PEDAGÓGICOS GERAIS.	168
TABELA 10 - SEÇÃO DE QUESTÕES ACERCA DOS ASPECTOS ESPECÍFICOS AO TIPO DE PRODUTO	171

1. INTRODUÇÃO

O panorama mundial atual nos apresenta um cenário no qual a palavra de ordem é: *preparar-se*. O conhecimento tem hoje um valor que extrapola os limites pessoais, quanto à satisfação em se aprender sobre determinado assunto, e se coloca como um limiar que pode definir os indivíduos, sociedades, empresas ou instituições em: dominantes ou dominados (GUERRA, 2000). Enquanto que aos primeiros é dedicada a sobrevivência, os segundos ficam com pouca autonomia e poder de barganha, entregues à sorte dos passos dos primeiros.

Não indiferentes a este cenário, filósofos, sociólogos, economistas, educadores e especialistas em recursos humanos reafirmam que essa sociedade em freqüente transição necessita de um novo modelo de educação. Conceitos como “educação continuada” traduzem, de certo modo, esta necessidade constante de preparação e se configuram como resposta às necessidades do nosso século, chamado de “século da informação” ou “era do conhecimento” (FILATRO, 2004).

Segundo Guerra (2000), o modelo de ensino tradicional, centrado na figura do professor – o responsável pela transmissão do conhecimento ao aluno -, apesar de estar cumprindo bem o seu papel, é pouco provável que forme profissionais aptos a responder a todos os desafios do novo cenário mundial. Para o autor, é preciso que os educadores cumpram muito mais que a tarefa de transmitir conhecimentos: é preciso ensinar aos alunos como aprender, para que estejam preparados para toda uma vida de aprendizagem.

Neste cenário, o uso de tecnologias que possam ampliar as capacidades intelectuais do homem se mostra como uma alternativa na busca por

dominar o conhecimento e facilitar o processo de ensinar a aprender e o computador e suas ferramentas diversas, são encarados como índice das possibilidades do emprego da tecnologia neste processo de educação (CHAVES, 2004),

É neste contexto que observamos o fato de que pensar na adoção de recursos tecnológicos como ferramentas facilitadoras do processo educacional pode ser encarado hoje como um consenso. Ao observarmos a questão sob um ponto de vista amplo, podemos inferir que a adoção de recursos tecnológicos em sala de aula não é algo novo, mas sim que grande parte das escolas sempre estiveram atentas às características suscitadas pelos comportamentos dos alunos e da sociedade em geral, a fim de que, de acordo com estes comportamentos, o processo educativo fosse melhorado. A adoção de tecnologias, então, pode ser entendida, sob este ponto de vista, como um processo natural, que busca na realidade do educando um *link* que traz para o ambiente escolar as ferramentas já adotadas por eles, dando às tecnologias finalidades distintas daquelas que lhes foram atribuídas inicialmente, ao mesmo tempo em que se apresentam respostas atuais e embasadas nas características apontadas pela própria sociedade para os problemas anteriormente expostos.

Diante deste panorama, cabe uma reflexão acerca de quais ferramentas serão empregadas, a fim de que o objetivo de facilitação do aprendizado e maximização da eficiência do processo de aquisição de conhecimento sejam alcançados. O que se pode afirmar é que o computador, por si só, não têm a capacidade de assegurar o sucesso da aprendizagem. Mas sim que oferece recursos e disponibiliza tecnologias que são potencialmente aptas para tal objetivo.

Diferentes tecnologias são empregadas na construção de ferramentas educacionais que se apresentam como alternativas concretas na proposta de cumprir com tais requisitos, desde as mais comuns, construídas com tecnologias mais acessíveis, como os CD-Roms com aplicações multimídia,

usados normalmente como reforçadores de aprendizado de maneira lúdica, até sistemas mais complexos, utilizando tecnologia imersiva em Realidade Virtual (TAROUCO *et al*, 2004); (WINN, 1993).

Uma tecnologia relativamente recente e que está sendo bastante estudada quanto a suas possibilidades de emprego no contexto educacional é a Realidade Aumentada. Esta tecnologia se mostra bastante promissora como uma interface moderna e intuitiva, que permite que o usuário manipule o computador de forma mais amigável e natural. As operações tangíveis de Realidade Aumentada, por exemplo, possibilitam que o usuário manipule objetos virtuais com as próprias mãos, ou por intermédio de um marcador (placa de papel com uma moldura desenhada), de forma semelhante à interação com objetos reais.

Características como possibilidade de maximização e manutenção do interesse do aluno para com o objeto de estudo, ampliação da autonomia do estudante quanto ao ritmo e seqüência desempenhados no processo de aprendizagem e possibilidade de representação e manipulação tangível do conceito a ser trabalhado, tudo isso atrelado a um custo baixo de desenvolvimento e implantação, são alguns dos fatores que contribuem para o emprego da Realidade Aumentada no ambiente educacional.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho consiste no desenvolvimento de um software educacional potencializado com Realidade Aumentada a ser empregado nas matérias de física e matemática. Como objetivos específicos, busca-se que o software desenvolvido possa ser efetivamente empregado no contexto educacional, de maneira simples, para que assim torne acessíveis as possibilidades inerentes ao uso desta tecnologia. Isto significa que, além das propriedades de um software educacional tradicional baseado em elementos de multimídia e em acesso local e pela Internet, o software deverá ter elementos inovadores que permitam ao usuário ações naturais, visualização tridimensional e simulação realista com interações em tempo real.

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos, além da introdução e conclusão, sendo eles: Realidade Virtual e Aumentada, que apresenta a fundamentação teórica sobre estas tecnologias, incluindo histórico, conceitos e exemplos de ferramentas de autoria; ARToolKit, que apresenta uma descrição mais aprofundada das principais características da biblioteca ARToolKit, mostrando aspectos relacionados ao seu funcionamento, desenvolvimento e exemplos de aplicações desenvolvidas com a ferramenta. Para terminar a fundamentação teórica do trabalho, o capítulo seguinte, Tecnologias Computacionais Aplicadas à Educação, apresenta uma discussão sobre as principais tecnologias empregadas neste contexto, mostrando alguns exemplos e focando sobre o emprego da Realidade Aumentada. O Capítulo seguinte descreve o desenvolvimento do software educacional potencializado com Realidade Aumentada; Por fim é apresentado o capítulo contendo a avaliação do software desenvolvido realizada por dois grupos de usuários (alunos e professores), mostrando os resultados da experimentação e as análises destes resultados, seguido pelas referências que embasam o desenvolvimento do projeto.

2. REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA

Há algumas poucas décadas, as pessoas pautavam a maioria de suas interações, seja no âmbito social ou no que diz respeito à interação com a tecnologia disponível, de maneira bastante próxima à natural. Os sistemas existentes previam que o usuário interagisse com as máquinas de maneira simples, apertando botões, girando-os e observando o que era esperado. Com o surgimento do computador eletrônico, em 1946, com o ENIAC, por exemplo, um novo paradigma foi apresentado e as ocasiões em que se necessitava de uma interação mais familiarizada com máquinas sofisticadas passaram a ser menos esporádicas (KIRNER; SISCOUTO, 2007). Era necessário, então, um aprendizado específico para uma nova interface de comunicação.

A evolução da tecnologia, do surgimento do ENIAC, até os dias de hoje, é um fato facilmente notado. A interface, baseada em cabos e lâmpadas dos primeiros computadores, deu lugar a interfaces gráficas, pautadas, inicialmente, por linhas de comando como no MS-DOS e, posteriormente, pelo conceito de janelas que se tornou bastante comum e presente em muitos dos sistemas operacionais mais usados da atualidade (KIRNER; SISCOUTO, 2007). Estas evoluções se deram, em grande parte, pelas pesquisas realizadas em diversas áreas da computação, como computação gráfica, arquitetura computacional e engenharia de software, que foram co-evoluindo e, em grande parte, motivando o desenvolvimento da tecnologia disponível.

É, neste contexto de evolução da tecnologia, que podemos situar o surgimento da Realidade Virtual (RV). Esta tecnologia não é, portanto, uma nova invenção. Pelo contrário, podemos apontar seu surgimento já há algumas

décadas. Abaixo, apresentamos uma abordagem geral do contexto histórico que nos ajuda a compreender a base conceitual desta tecnologia.

2.1 CONCEITUAÇÃO HISTÓRICA

A definição do ponto exato, que dita o início do desenvolvimento da tecnologia de RV, pode ser uma tarefa bastante difícil. Alguns autores como Sherman e Craig (2003), Antoniac (2005) e Ma e Choi (2007), que adotam a tentativa desta definição, divergem entre si quanto ao elemento motivador que tenha tido relevância neste contexto. Para Sherman e Craig, por exemplo, o marco inicial data de 1916, quando foi patenteado um capacete periscópico, que os autores chamam de primeiro *head-mounted display* (HMD) (SHERMAN; CRAIG, 2003). Para Antoniac, no entanto, traços desta tecnologia podem ser observados já em 1897, quando o psicólogo George Malcolm Stratton publica um estudo sobre o uso de lentes, as quais invertiam a posição da imagem observada. Para Antoniac, apesar de não haver qualquer introdução de objetos modelados nos experimentos de Stratton, estava ali o início do que, em 1966, seria proposto por Sutherland: os HMD's, tão usados em sistemas de realidade virtual (ANTONIAIC, 2005).

Apesar da definição do momento exato, o qual geraria o desenvolvimento desta tecnologia, permanecer nublada, a maioria dos autores concordam que a primeira ação que vai ao encontro à tecnologia, tal como hoje a compreendemos, se reporta ao final da década de 1950 e início de 1960, com a invenção do *Sensorama Simulator* por Morton Heilig (BURDEA; COIFFET, 2003) (SHERMAN; CRAIG, 2003) .

Na abordagem adotada por este trabalho, consideramos que os esforços realizados antes desta data, contribuíram para o desenvolvimento de uma forma de pensar, a qual culminaria na concretização dos conceitos através da realização de Heilig.

Heilig iniciou seu trabalho no Sensorama em 1957, tendo obtido sua patente, sob o número 3.050.870, em agosto de 1962. No documento de aprovação da patente de sua invenção, Heilig relata seu grande potencial de aplicabilidade, a fim de poder simular situações em que seja necessário o treinamento de indivíduos, sem colocá-los, por exemplo, em situações de risco real (HEILIG, 1962). No mesmo documento, o autor destaca os principais objetivos de sua invenção, sendo eles:

- Prover um aparelho para simular determinada experiência, através do desenvolvimento de sensações;
- Prover um aparelho capaz de simular, de maneira real, determinada experiência nos sentidos de um indivíduo;
- Prover um equipamento que possa ser usado por uma ou mais pessoas, para experienciar uma situação simulada;
- Prover um novo e melhorado equipamento, para atribuir realismo em uma situação de simulação.

A versão prematura de uma estação de trabalho de Realidade Virtual, assim como o Sensorama é chamado por Burdea e Coiffet (2003), já apresentava visualização em vídeo 3D, cor, som estéreo, aromas, efeitos de brisa e um assento vibratório (figuras 1 e 2). Com estes recursos, era possível simular, por exemplo, um passeio de motocicleta por determinada cidade (BURDEA; COIFFET, 2003); O usuário veria a cidade, através do sistema de vídeo, ouviria os barulhos característicos, como um carro passando ou pessoas conversando, sentiria o aroma da comida feita em determinado restaurante próximo, tudo isso

sentindo a brisa característica de quem está pilotando, e ainda sentindo a vibração e solavancos dos pneus da motocicleta em contato com o solo.

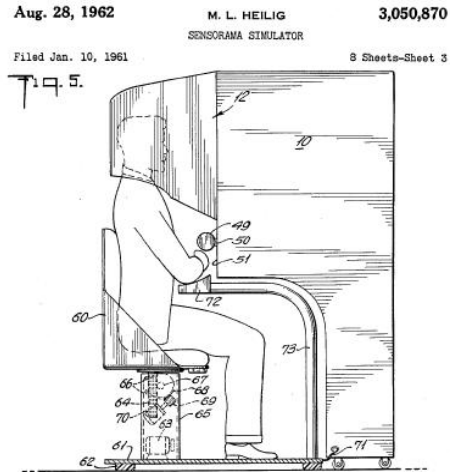


Figura 1 – Imagem da documentação da patente do Sensorama (HEILIG, 1962).



Figura 2 – Usuário interagindo com o Sensorama (MORTONHEILIG, 2009).

As contribuições de Heilig para a área de RV não se resumem na proposta do Sensorama. Alguns anos antes, em 1960, a patente número 2.955.156 também foi emitida em seu nome. O invento, denominado “*Stereoscopic-Television Apparatus for Individual Use*” (figuras 3 e 4), tem o conceito de um HMD com características muito próximas daquelas usadas até a atualidade na construção de HMD’s modernos.

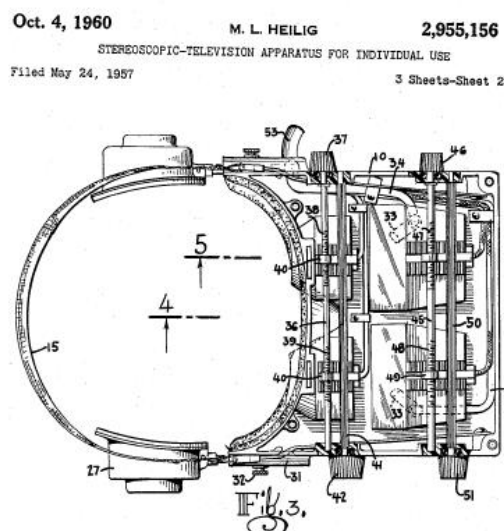


Figura 3 – Imagem da documentação de patente do HMD de Heilig (HEILIG, 1960).

Depois de Heilig, ainda na década de 1960, podemos destacar Ivan Sutherland que, em seu artigo “The Ultimate Display”, publicado em 1965, explana sobre o conceito de um mecanismo com o qual o usuário poderia interagir com objetos gerados por computador (SUTTERLAND, 1965). Sutherland destaca que esta interação, não necessita seguir as regras da física que regem o mundo real, possibilitando ao usuário sentir as forças resultantes de uma interação com objeto com massa negativa, por exemplo. O principal marco desta questão é que, Sutherland, prevê a possibilidade da criação de mecanismos capazes de dar ao

usuário o senso de toque, quando interagindo com objetos virtuais, conceito que, mais tarde, resulta na criação das luvas de interação para sistemas de RV.

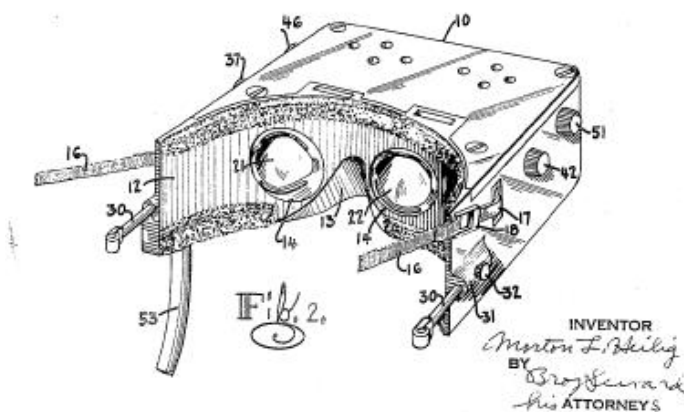


Figura 4 – Vista em perspectiva do HMD de Heilig (HEILIG, 1960).

O trabalho de Heilig, que previa a criação de um HMD, foi continuado por Sutherland o qual, em 1966, desenvolve um HMD que utiliza telas de tubos de raio catódico (CRT's), dispostas em frente aos olhos do usuário e apoiadas em suas orelhas para emitir as imagens (BURDEA; COIFFET, 2003).

Enquanto pesquisava os equipamentos para visualização, Sutherland observa que as imagens usadas nas cenas transmitidas nos sistemas de visualização poderiam ser geradas pelo computador, ao invés de se usar imagens captadas do mundo real. Tem-se aí um início do que, mais tarde, culminaria no desenvolvimento das modernas placas aceleradoras gráficas, bastante usadas em sistemas de RV da atualidade. Em 1973, Sutherland tem um gerador de cenas, a "*graphic scenes generator*", que tinha a capacidade de gerar cenas simples, construídas com algo em torno de 200 a 400 polígonos. Cada cena demorava cerca de 1/20 segundos para ser processada e exibida, permitindo

assim a geração de imagens animadas (SHERMAN; CRAIG, 2003) (BURDEA; COIFFET, 2003).

Na década entre 1970 a 1980, observa-se um crescente interesse, por parte das forças militares dos Estados Unidos, para com as novas tecnologias de simulação que estavam surgindo. Até então, como relatam Burdea e Coiffet (2003), os treinamentos dos militares eram realizados em simuladores construídos em hardware, ou seja, para que se pudesse treinar um piloto de avião, por exemplo, um simulador do avião era construído com peças e fuselagem parecidas com as quais o futuro piloto encontraria no avião de combate. Este fato trazia muitos gastos para as forças armadas, com a agravante de que, na compra de um novo modelo de avião, um novo simulador deveria ser construído e o antigo se tornava obsoleto. Se este processo pudesse ser realizado com o emprego de mais software que hardware, o trabalho poderia se tornaria menos árduo e mais barato.

Nesta década, o que se observa é um grande aporte financeiro, por parte destas instituições, e a dedicação de muitos profissionais para a construção de sistemas de simulação cada vez mais otimizados. Uma das agências que investiram bastante nesta tecnologia, além do setor militar, foi a NASA (*National Aeronautics and Space Agency*), a qual também precisava de simuladores que suprissem as necessidades de treinamentos de seus astronautas. Abaixo, podemos observar uma lista com algumas das principais contribuições para a área de RV desenvolvidas pelos pesquisadores da NASA:

- 1981 – É desenvolvido o primeiro HMD utilizando telas em cristal líquido (LCD's), chamado de VIVED (*Virtual Visual Environment Display*). A maioria dos HMD's modernos utilizam a mesma tecnologia (BURDEA; COIFFET, 2003).
- 1985 – Scott Fisher traz para os projetos desenvolvidos na NASA, um dispositivo sensorial em formato de luva (*dataglove*). (SHERMAN; CRAIG, 2003)

- 1988 – Scott Fisher e Elizabeth Wenzel criam um hardware capaz de manipular acima de quatro canais de som, usado para ambientação sonora 3D (BURDEA; COIFFET, 2003).

Nesta época, a tecnologia necessária para o desenvolvimento da área já era, de certa forma, conhecida por muitos pesquisadores. Diferentes iniciativas surgiam, a fim de que os aparelhos de simulação sensorial fossem melhorando e ficando mais fáceis de serem usados. Entramos no tempo da disseminação da tecnologia e suas possíveis aplicações, através da realização de eventos.

Em março de 1992, temos o primeiro evento realizado para acolher trabalhos que se utilizavam desta nova tecnologia, surpreendentemente não sendo realizado nos Estados Unidos, mas sim na França, na cidade de Montpellier. O nome desta conferência foi: *“Interfaces for Real and Virtual Worlds”* e, ali, alguns dos pesquisadores da área publicaram seus trabalhos (BURDEA; COIFFET, 2003).

Mais tarde, no mesmo ano (1992), os Estados Unidos realizavam sua primeira conferência, em San Diego, onde médicos, cientistas e engenheiros se encontraram para discutir as potencialidades de uso da Realidade Virtual, como uma ferramenta aplicada à medicina. No ano seguinte, em 1993, a IEEE organiza sua primeira conferência de Realidade Virtual, a *“Virtual Reality Annual International Symposium”*, realizada em Seattle (IEEE, 1993). A RV passa, então, a fazer parte da agenda de uma das principais comunidades científicas do mundo.

É neste contexto, no início dos anos 1990, com a crescente divulgação dos trabalhos realizados pela comunidade científica, que temos o marco inicial do conceito de Realidade Aumentada. De acordo com Antoniac (2005), o termo “Realidade Aumentada” foi citado, pela primeira vez, num artigo de Thomas Caudell e David Mizell (CAUDELL; MIZELL, 1992). Ambos eram funcionários da Boeing e pesquisavam uma maneira de fazer com que o trabalho

dos funcionários fosse facilitado e, assim, o rendimento da empresa maximizado. Como descrito no artigo supracitado, Caudell e Mizell observavam que o esforço para se montar uma aeronave vinha crescendo, cada vez mais, e a mão de obra tinha de ser constantemente atualizada, a fim de que o resultado final fosse alcançado adequadamente. Somado a isso, o setor de aviação utilizava-se de peças muito pequenas, algumas frágeis e em quantidades diminutas por aeronave, o que dificultava a substituição da mão de obra por sistemas de montagem baseados em robôs. Uma alternativa encontrada foi a utilização de “uma tecnologia usada para ‘aumentar’ o campo de visão do usuário com informações necessárias na realização de determinada tarefa”. Na decorrer do texto, os autores explicam que, por este motivo, se refeririam à tecnologia proposta como “realidade aumentada”.

Em 1994, Paul Milgram e Fumio Kishino publicam seu artigo “*A Taxonomi of Mixed Reality Visual Displays*” (MILGRAM; KISHINO, 1994), no qual discorrem sobre a percepção de que, alguns sistemas de Realidade Virtual, se diferenciavam da classificação inicial, na qual o usuário era imerso num ambiente e interagia com objetos programados. Os autores observam que, em alguns casos (como no supracitado de autoria de Caudell e Mizell), as aplicações se caracterizam por uma flexibilização na fronteira que define o mundo real e o virtual. Assim, é proposta uma taxonomia que foca sobre a chamada Realidade Misturada e aponta uma definição que engloba diferentes apresentações dentro de um *continuum* da virtualidade. É, neste *continuum*, que se localiza a Realidade Aumentada. Esta taxonomia é muito aceita, ainda nos dias atuais, para a definição de sistemas desenvolvidos com os pressupostos da Realidade Virtual.

Outro evento importante na disseminação da idéia da Realidade Aumentada (RA), foi a publicação do trabalho “*A Survey of Augmented Reality*”, em 1997, de autoria de Ronald Azuma (AZUMA, 1997). Este trabalho é considerado por Antoniac (2005) como a “pedra angular” para o desenvolvimento da tecnologia, pois serviu de base para o desenvolvimento de muitos outros

projetos. Como descrito por Azuma (1997), seu artigo provê um ponto de partida para qualquer um interessado em pesquisas, utilizando a RA. Além da definição de conceitos, o autor dá exemplos de aplicação e discorre sobre as necessidades de desenvolvimentos futuros para que a tecnologia se firmasse.

Um ano após o lançamento do artigo de Azuma, em 1998, ocorre o primeiro evento internacional sobre Realidade Aumentada. Trata-se do 1º *International Workshop on Augmented Reality*, realizado também pela IEEE (ANTONIAC, 2005).

A partir daí, também a RA tem seu desenvolvimento esperado, com a comunidade acadêmica trabalhando e divulgando seus resultados, em diferentes eventos, que vão surgindo no mundo.

2.2 REALIDADE VIRTUAL NO BRASIL

O início da década de 1990 marca o ponto de partida para a história da RV e RA no Brasil. Talvez influenciados pelo número crescente de eventos, que vão acontecendo no início desta década em outros países – os quais visavam a divulgação e o debate das novas tecnologias que estavam em pesquisa – é, neste período, que se registram os primeiros movimentos de grupos de pesquisadores, interessados nesta área de conhecimento em nosso país.

O primeiro pesquisador brasileiro a ter contato com a tecnologia foi o Prof. Dr. Cláudio Kirner que, estando nos EUA em 1992, pôde estudar e observar de perto o início do desenvolvimento da RV, até então desconhecida

também por grande parte dos americanos. Neste mesmo ano, um grupo de estudos em Realidade Virtual foi criado na Universidade de São Paulo. Em 1993, enquanto o Prof Cláudio Kirner realizava seus estudos de pesquisa em Realidade Virtual, em nível de Pós Doutorado na Universidade do Colorado, o primeiro artigo sobre o tema foi publicado aqui no Brasil: “Um Estudo sobre Técnicas Aplicadas à Realidade Virtual”, de autoria de A. C. Berg e orientação do Prof. A. Laschuck, aluno e professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (KIRNER, 2008a).

Nos anos de 1994 e 1995, o Brasil participa com a publicação de alguns artigos em eventos internacionais, com destaque para os nomes mais recorrentes na bibliografia consultada, como: Regina Araújo, Anatólio Laschuk, Liliane Machado, Márcio Pinho, Juliano Ipólito e Cláudio Kirner, entre outros.

Com sua chegada ao Brasil, Cláudio Kirner cria, em 1995, na Universidade Federal de São Carlos (UFScar), um grupo de Realidade Virtual (UFSCAR, 1995).

Em 1997, é realizado o primeiro evento nacional sobre o tema. Sediado na UFScar, o evento teve o nome de 1º Workshop de Realidade Virtual (WVR'97). Este evento deu origem ao que hoje conhecemos como *Symposium on Virtual and Augmented Reality* (SVR's), o principal evento de Realidade Virtual e Aumentada realizado no país e um dos mais antigos fora dos Estados Unidos (KIRNER, 2008a).

Atualmente, o país conta com uma Comissão Especial de Realidade Virtual (CERV), criada em 1999, e aprovada pela Sociedade Brasileira de Computação (SBC) em 2000. A importância deste fato se dá através do reconhecimento e formalização da existência de uma comunidade organizada e ativa na área de RV no país (CERV, 2009) (KIRNER, 2008a).

Além dos SVR's, que ocorrem anualmente, se realizam, também, desde 2004, os Workshops de Aplicações de Realidade Virtual e Aumentada

(WRVA's). O primeiro evento de âmbito internacional, e o segundo com abrangência nacional e forte vocação regional (CERV, 2009).

O que se observa, atualmente, é um crescente interesse, por parte da sociedade e dos veículos de comunicação, para com a tecnologia de RV e RA. A consolidação da tecnologia, através das inúmeras iniciativas de pesquisadores e empresas, que se dedicam a seu desenvolvimento, tanto no âmbito nacional quanto internacional, faz com que ela se torne gradativamente mais conhecida, bem como mais próxima da realidade da população em geral. Diferentes aplicações, envolvendo a tecnologia de RV e RA, foram desenvolvidas e outras continuam a sê-lo, buscando sua aplicação como ferramenta para o auxílio de diferentes necessidades sociais.

2.3 DEFINIÇÕES DE REALIDADE VIRTUAL

Através da conceituação histórica, podemos perceber que se justifica a questão, anteriormente colocada, de que a Realidade Virtual surge num contexto de evolução tecnológica. Segundo Sherman e Craig (2003), esta evolução ainda está em curso e se reflete, por exemplo, nas diversas definições encontradas para a tecnologia.

Para Burdea e Coiffet (2003), a RV é uma interface de alta tecnologia, que envolve simulação em tempo real e interação, através de múltiplos canais sensoriais. Estas modalidades sensoriais são: visual, auditiva, tátil, olfativa e gustativa.

Para Sherman e Craig (2003), a RV é um meio composto de simulações computacionais interativas, que compreendem a posição e as ações do participante e substituem ou potencializam a resposta para um ou mais de seus sentidos, dando a sensação de se estar, mentalmente, imerso ou presente em uma simulação (um mundo virtual).

Para Vince (2004), a RV pode ser entendida como uma forma de navegação e manipulação de ambientes 3D, elaborados por computador. O usuário pode navegar andando, correndo, ou até mesmo sobrevoando o ambiente virtual, e explorar pontos de vistas que seriam impossíveis no mundo real. Mas, o benefício real da RV, consiste na habilidade de tocar, animar, pegar e reposicionar o objeto virtual, além de criar novas configurações.

De acordo com Tori e Kirner (2006) a RV é uma interface avançada para aplicações computacionais, que permite ao usuário a movimentação (navegação) e a interação, em tempo real, em um ambiente tridimensional, podendo fazer uso de dispositivos multisensoriais, para atuação ou feedback.

Outra definição apresentada anteriormente por Kirner e Pinho no WVR'97 é a de que a Realidade Virtual pode ser compreendida como uma interface avançada para aplicações computacionais, onde o usuário pode navegar e interagir, em tempo real, em um ambiente tridimensional gerado por computador, usando dispositivos multisensoriais (KIRNER, PINHO; 1997).

O que se pode perceber é o fato recorrente dos autores definirem a RV como um sistema que apresenta a necessidade de permitir ao usuário a possibilidade de interagir com o ambiente virtual, e que a partir desta interação e dos *feedbacks* gerados pelo sistema, ele possa sentir-se imerso neste ambiente. A Interação e a Imersão formam, então, o par mais conhecido de requisitos para a configuração de um sistema de RV.

A possibilidade de interação e imersão se concretiza no sistema de RV, por exemplo, quando permite ao usuário interagir com o ambiente virtual, através de gestos e toques em objetos tridimensionais. Esta tarefa só é possível, graças à utilização de dispositivos de interação especiais, que proporcionam o funcionamento ideal de um sistema de RV. Na figura 5, podemos observar uma usuária interagindo com o mundo programado de uma aplicação em RV através dos dispositivos especiais.



Figura 5 – Usuária interage com o mundo virtual em aplicação de RV (UNIMEP, 2006).

Em sistemas como o representado pela figura 5, o objeto virtual é processado pelo computador e exibido pelo sistema de visualização adotado (neste caso, o capacete de visualização). Neste ponto temos o usuário inserido num ambiente virtual e, para onde ele olhe, só verá partes do mundo virtual (imersão). Se necessário, o usuário poderá, por exemplo, tocar no objeto, e este pode responder ao toque com uma deformação ou com a emissão de som. Esta característica só é possível, graças à utilização das luvas como dispositivo de interação, que permitem traçar a posição das mãos do usuário e detectar uma colisão com o objeto virtual, a fim de deformá-lo. Neste ponto, temos caracterizado

a interação, na qual o mundo virtual se adapta e interage, de acordo com os estímulos do usuário.

Burdea e Coiffet (2003) introduzem mais um requisito para os sistemas de RV. Para os autores, além de interação e imersão, para que o sistema de RV possa ser eficaz, é necessário “um terceiro i”, sendo ele a imaginação. A introdução deste requisito se justifica pela necessidade de que, para que um sistema de RV seja eficaz, invariavelmente, ele terá de ser usado por um usuário para suprir determinada necessidade. A imaginação do usuário seria uma medida importante para se deixar sentir-se imerso no ambiente virtual, e assim passar a interagir com o ambiente programado. A imaginação é referida ainda pelos autores, como a capacidade da mente em perceber coisas não existentes. Na figura 6, temos uma representação do triângulo, proposto pelos autores, que sumariza esta questão.

Assim como explicam os autores, um triângulo pode ser “visto” no centro da imagem, apesar de que, ali não está desenhado nenhum triângulo, mas sim três semicírculos, que representam os três requisitos de um sistema de RV. Ao conseguirmos “ver” um triângulo ao centro da imagem estamos usando nosso poder de imaginação, mesmo fator necessário para que uma aplicação em RV obtenha sucesso no segmento a que se propõe.

Como visto, a utilização de dispositivos especiais de interação é essencial para que um sistema de RV possa suprir suas necessidades fundamentais, explicitadas pelos requisitos apresentados. Na seção seguinte, estes dispositivos serão mais bem explicados. Espera-se, assim, poder ter uma visão geral do estado da arte, no que diz respeito ao desenvolvimento da tecnologia, quanto a seus aparatos tecnológicos.

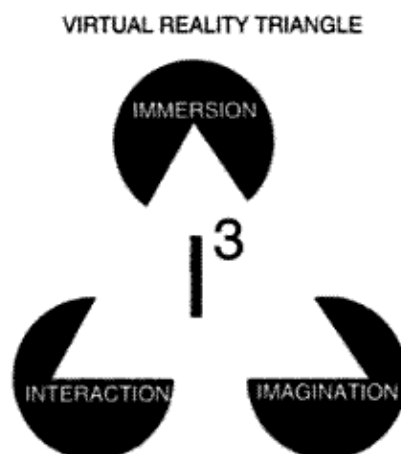


Figura 6 – Os três I's da RV: imersão, interação e imaginação (BURDEA, 1993 apud BURDEA; COIFFET, 2003).

2.4 DISPOSITIVOS DE REALIDADE VIRTUAL

Existem diferentes dispositivos empregados em sistemas de RV. A seguir, apresentamos um apanhado das principais ferramentas, abordando o contexto de sua origem e desenvolvimento atual.

2.4.1 CAPACETES DE VISUALIZAÇÃO

Como visto anteriormente (nas figuras 3 e 4), a patente do primeiro capacete de visualização ou *Head-Mounted Display*, HMD, como é mais conhecido, data de 1960. Naquela época, Heilig propunha o desenvolvimento de um aparelho, que permitiria a simulação de situações através de exibição de imagens em frente aos olhos do usuário (HEILIG, 1960). Na verdade, a proposta de Heilig ia além, com orifícios para a introdução de aromas e a possibilidade de uso de sistema de som, através de fones posicionados sobre a orelha do usuário. Temos, nesta época, a primeira concepção de um HMD para o uso em sistemas de RV.

Mais tarde, Sutterland lança uma versão dos HMD's construídos com telas de tubo de raio catódico em miniatura, a mesma tecnologia usada nos televisores da época (CRT's) (BURDEA; COIFFET, 2003). O aparato desenvolvido por Sutterland, já apresentava a possibilidade de criação de mundos imersivos, apresentando imagens estereoscópicas em dois monitores instalados frente aos olhos do usuário. A tecnologia da época não permitia que os inventos fossem tão robustos quanto os aparelhos que hoje encontramos, tendo esta versão de Sutterland como principal dificuldade o fato de ser bastante pesado.

Mais à frente, em 1981, apresentou-se a versão do HMD que deixava os antigos monitores CRT's, e passava a utilizar monitores em cristal líquido (LCD's), como meio de exibição das imagens (BURDEA; COIFFET, 2003). Este fato, atrelado à adoção de sistemas de rastreamento mais modernos, fez com que o aparelho ficasse bem mais acessível no que diz respeito à sua usabilidade.

Atualmente, ainda existem versões de capacetes que utilizam as duas tecnologias para a exibição de imagens, no entanto, são mais comuns os que utilizam a tecnologia de LCD.

Na figura 7 é apresentado um modelo de HMD vendido atualmente (ABSOLUT, 2009). Este modelo utiliza a tecnologia LCD e têm sistema de rastreamento da cabeça embutido, além de sistema de som, que são usados para complementar a interação do usuário com o ambiente virtual.



Figura 7 – HMD i-Glasses i3pc (ABSOLUT, 2009).

2.4.2 DISPOSITIVOS PARA RECONHECIMENTO DE GESTOS.

Os sistemas de reconhecimento de dados de entrada mais comuns, como os teclados e mouses, ou até mesmo os mais específicos, como os *tablets* ou *trackballs*, têm, de maneira geral, suas vantagens específicas atreladas à simplicidade do produto, tamanho compacto e operação simples. Segundo

Bordea e Coiffet (2003), suas características limitam a liberdade de movimento das mãos do usuário para uma pequena área próxima à mesa. Dessa maneira, o movimento natural das mãos do usuário é sacrificado e a interação com o mundo virtual é menos intuitiva.

Alternativamente ao uso destes tipos de sistemas, existem as chamadas “*gesture interfaces*” (BURDEA; COIFFET, 2003) ou interfaces de reconhecimento de gestos, os quais são dispositivos que captam a posição dos dedos (ou da mão) do usuário, em tempo real, a fim de através do reconhecimento de gestos, prover um método natural de interação do usuário para com o mundo virtual.

A primeira luva que possibilitava o reconhecimento de gestos, foi a DataGlove (figura 8). Desenvolvida pela *VPL Inc*, a primeira empresa a vender produtos de Realidade Virtual (VPL, 1987 apud BURDEA; COIFFET, 2003), seus sensores de fibra ótica possibilitavam ao computador mensurar os movimentos dos dedos do usuário e, desse modo, a interação era possível.

Um exemplo de luva, vendida na atualidade, é a 5DT Data Glove (5DT, 2009). Produzida pela *Fifth Dimension Technologies*, esta luva se destaca por possuir um sensor de fibra ótica para cada dedo, além de um sensor de inclinação, disposto próximo ao punho do usuário, para reconhecer a orientação não só dos dedos, mas também da mão como um todo. A figura 9 mostra uma representação da luva, evidenciando os sensores de cada dedo e o sensor de inclinação.

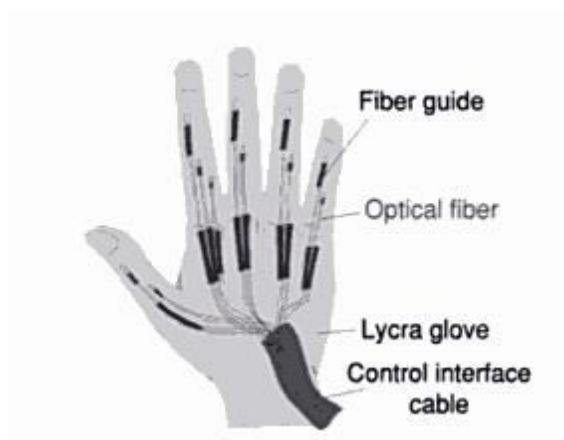


Figura 8 – Dispositivo de reconhecimento de gestos DataGlove (BURDEA; COIFFET, 2003).

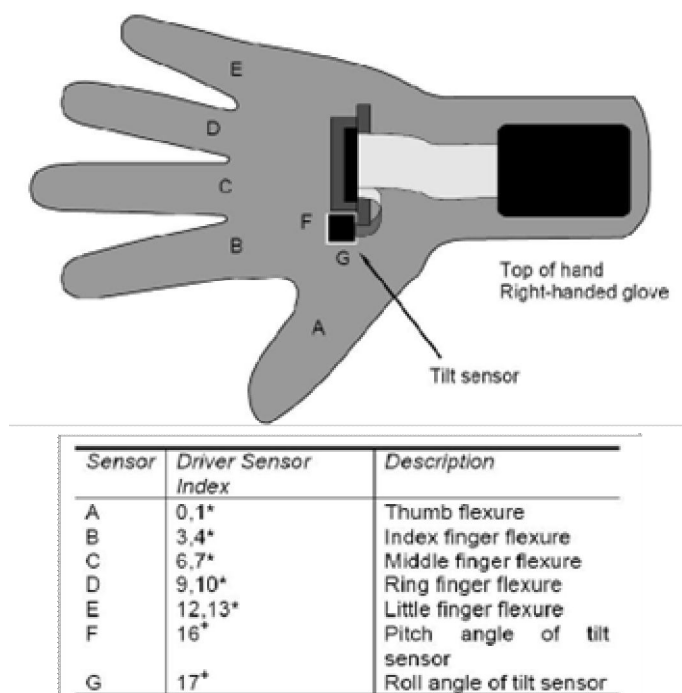


Figura 9 – Posição dos sensores da 5DT Data Glove 5 (5DT, 2004).

Os sensores usados pela *5DT Data Glove 5*, são bastante similares aos usados pela primeira *DataGlove* criada pela VPL. Os

desenvolvimentos na área de engenharia, e a notada miniaturização dos componentes necessários para o desenvolvimento do dispositivo, permitiram o encolhimento das interfaces eletrônicas para o tamanho de uma pequena caixa, a qual é posicionada sobre o punho do usuário. Outro desenvolvimento tecnológico bastante importante, e aproveitado pela empresa na elaboração deste produto, foi a possibilidade de comunicação sem fio entre o receptor, acoplado ao computador, e a luva, que transmite os dados para este receptor. Uma visão geral do sistema da luva pode ser observada no diagrama apresentado pela figura 10.

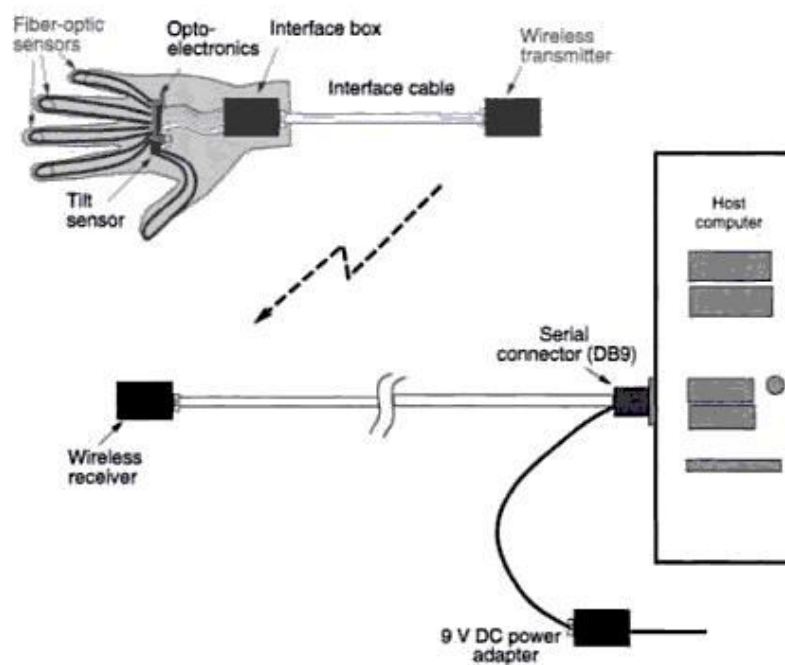


Figura 10 - Diagrama de funcionamento da 5DT DataGlove 5 (BURDEA; COIFFET, 2003).

2.4.3 DISPOSITIVOS ACÚSTICOS

A importância do som, como recurso para envolvimento e transmissão de informação, pode ser facilmente notada quando percebemos, por exemplo, o quanto a presença do rádio, uma mídia totalmente dependente do som para se concretizar, ainda é marcante em nossa sociedade, mesmo que concorrendo com a farta disponibilidade de outras mídias (BAUMWORCEL, 2002). Ainda que em novas roupagens e novos métodos de captação, armazenamento e transmissão, característicos de nossos tempos, a importância do áudio também é sustentada pela sua expressiva presença em mídias modernas, como as digitais. Estas considerações podem nos apontar o fato de que, em aplicações que utilizam conceitos de RV, o uso desta mídia também se mostra bastante importante.

Para Burdea e Coiffet (2003), os dispositivos sonoros são interfaces computacionais que provêm *feedbacks* sonoros para os usuários, quando estes interagem com o mundo virtual. Estes dispositivos são expressivamente mais baratos que os dispositivos visuais, um fato que pode ser explorado para a criação de sistemas de RV otimizados. Normalmente, o uso de dispositivos que agregam sons com alta qualidade nestes sistemas, contribuem, inclusive, para a criação de experiências bastante satisfatórias, mesmo quando a qualidade da apresentação visual da aplicação desenvolvida é deficiente (SHERMAN; CRAIG, 2003).

Consideremos determinada aplicação, onde é apresentada uma bola quicando em uma sala 3D. Esta aplicação é apresentada em uma tela, disposta à frente do observador. Nesta ocasião, ao observar o movimento da bola, o usuário terá a tendência de imaginar o som que ela faz, mesmo que este som não esteja na aplicação. Quando o som é adicionado, a qualidade da interação, imersão e percepção do mundo 3D, pelo usuário, é incrementada (SHERMAN; CRAIG, 2003). Neste caso, para que o objetivo de incremento de qualidade da

aplicação fosse alcançado, bastaria que se colocasse um som monaural (mono), já que a bola seria sempre desenhada à frente do usuário, mostrada pela tela de projeção (BURDEA; COIFFET, 2003).

Consideremos agora outro cenário, onde o usuário é imerso na sala 3D (através da utilização de dispositivos visuais, como os HMD's). Ali, lhe é apresentada uma bola que continua quicando. Eventualmente, a bola pode ser rebatida pelas paredes virtuais, passando hora para frente, hora para traz e hora para os lados deste usuário. Neste cenário, um som monaural seria insuficiente, pois o que se deseja é que o usuário, além de ouvir o som característico, possa se localizar ou localizar os objetos 3D através do som emitido. Desta maneira, um sistema sonoro binaural, constituído por um som que é transmitido para os ouvidos do usuário, com ligeiras diferenças entre um ouvido e outro, seria mais indicado, assemelhando-se, assim, ao que acontece de fato no mundo real (BURDEA; COIFFET, 2003).

Em ambientes de Realidade Virtual, que prevêem alto grau de imersão, são necessários sistemas que permitam as mesmas características das apresentadas no segundo cenário visto. Estes sistemas possibilitam a criação dos chamados sons virtuais ou som 3D (BURDEA; COIFFET, 2003). Burdea e Coiffet (2003) ressaltam ainda que, som estéreo e som 3D não são a mesma coisa. Na figura 11, temos uma representação que sumariza o conceito de som 3D, em comparação com som estéreo.

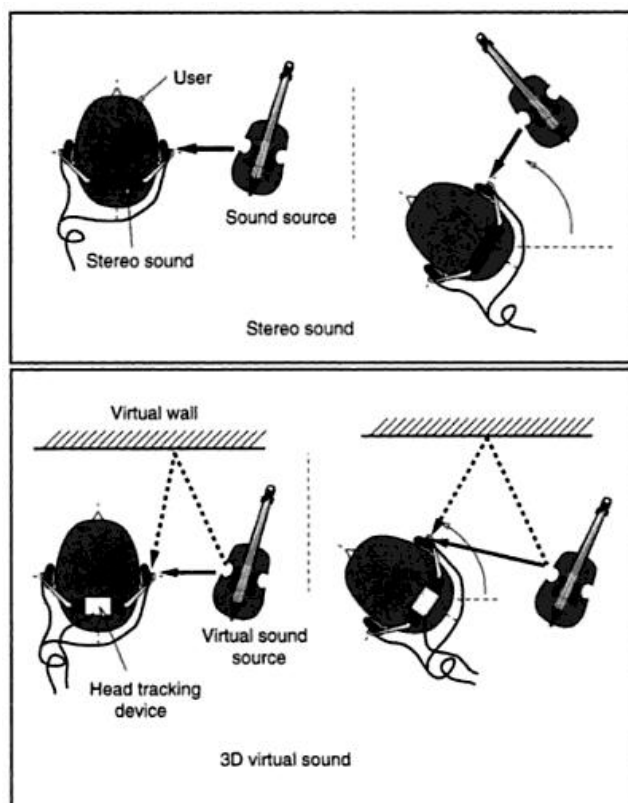


Figura 11 - Distinção entre som estéreo e som 3D (BURDEA; COIFFET, 2003).

Como é possível observar na figura 11, na utilização de um sistema sonoro com a capacidade de *feedback* em som estéreo, quando o usuário se locomove no ambiente virtual, a fonte sonora (na figura representada por um violino) se desloca junto com o usuário, fazendo com que a percepção espacial do mundo 3D seja dificultada. Por outro lado, quando o usuário se movimenta pelo mundo virtual em uma aplicação implementada com sistema de som 3D, a fonte sonora pode não acompanhar o seu ouvido, mas sim ficar estacionada, tal como acontece no mundo real. Quando nos distanciamos de uma fonte sonora, o som percebido vai se alterando, para que assim tenhamos a possibilidade de perceber este distanciamento e, a partir dele, nos localizarmos em nosso ambiente.

Os sistemas sonoros podem ser implementados através da utilização de dispositivos como alto-falantes, posicionados em determinados pontos no mundo real, ou, mais comumente, através de fones de ouvido acoplados ou não aos HMD's.

2.4.4 OUTROS DISPOSITIVOS SENSORIAIS

Além dos dispositivos acima citados, existem outros que não figuram entre os mais comumente usados na maioria dos sistemas de RV desenvolvidos, mas, sim, servem para algumas aplicações específicas. Dentre eles, podemos citar:

- Dispositivos para simulação de locomoção, como o *CirculaFloor* (IWATA, 2004) ou o *CyberCarpet* (LUCA; MATTONE; GIORDIANO, 2006) que, basicamente, possibilitam ao usuário se locomover no mundo virtual de maneira natural, através de passos, tal como o faria estando no ambiente real.
- Dispositivos táteis, os quais se diferenciam das luvas anteriormente citadas, por possuírem, além da característica de reconhecimento da posição da mão do usuário no mundo virtual, a possibilidade de *feedback's* como vibração ou alteração térmica (SHERMAN; CRAIG, 2003).

De maneira geral, podemos entender o uso dos dispositivos sensoriais como atores que cumprem com duas funções principais: “iludir” o usuário, fazendo com que ele se sinta totalmente imerso, ou seja, simulando aspectos no ambiente virtual que serão captados ou transmitidos pelos dispositivos especiais, a fim de que o usuário passe a acreditar que, de fato, vivencia uma experiência real, ainda que esteja num ambiente totalmente simulado (virtual), e propiciar a interação deste usuário com o ambiente virtual, fazendo com que este reconheça os comandos do usuário e responda a seus estímulos em tempo real. Dessa maneira, serão cumpridos os dois requisitos principais, citados anteriormente (imersão e interação), propiciando, também, o cumprimento do terceiro requisito (imaginação), defendido por Burdea e Coifet (2003).

A tecnologia, porém, não deixa de evoluir, sendo que, diversas pesquisas na área de RV, vem sendo conduzidas a fim de que, até as descobertas mais modernas possam ser refinadas e readaptadas a novas necessidades. Neste contexto, pode ser entendido como natural o surgimento, na década de 1990, da Realidade Aumentada (KIRNER; TORI, 2004) e se justifica sua compreensão como uma evolução natural da tecnologia de RV.

Apesar de bastante inovadora e de vasto potencial de aplicabilidade, a RV tem se mostrado um tanto quanto inacessível para a maioria do grande público. A necessidade de dispositivos específicos, além de um sistema de processamento bastante robusto, a torna uma tecnologia de acesso restrito pelo seu custo final elevado. A Realidade Aumentada (RA), no entanto, vem sendo considerada uma possibilidade concreta de vir a ser a próxima geração de interface popular (KIRNER; TORI, 2004). Isso se dá pela própria característica da tecnologia, que preza pela interação do usuário com os objetos virtuais sem, no entanto, a necessidade de que o usuário seja totalmente transportado para o mundo virtual, mas o contrário: o usuário permanece no mundo real, que é enriquecido com objetos virtuais.

2.5 DEFINIÇÕES DE REALIDADE AUMENTADA

Como visto anteriormente, podemos entender o surgimento da RA a partir da utilização dos conceitos de RV, em necessidade específica. Quando Caudell e Mizell (1992) aplicaram os conceitos de RV no auxílio à montagem de aviões, perceberam que as modificações realizadas no sistema alteravam os paradigmas iniciais de uma aplicação em RV. Perceberam, também, que, ao inserirem objetos virtuais no campo de visão do usuário, a partir do uso de HMD's, fazendo com que o real e o virtual coexistissem na visualização da aplicação, de forma que os objetos virtuais viessem a incrementar as informações observadas pelo usuário, estavam, na verdade, desenvolvendo uma aplicação do que chamaram de Realidade Aumentada. Para os autores, a RA era definida a partir das tecnologias que usavam para a implementação do sistema: “O acesso a esta tecnologia é habilitado pelo uso de *head mounted display (see-thru)*, combinado com um sensor de posição da cabeça e sistema de registro da área de trabalho. Esta tecnologia é usada para ‘aumentar’ a área de visão do usuário, com informações necessárias à performance de determinado trabalho; Por isso, nos referimos a esta tecnologia como ‘realidade aumentada’” (CAUDELL; MIZELL, 1992).

Assim como acontece no que diz respeito à RV, existem distintas definições que são dadas, a fim de se sintetizar o conceito de Realidade Aumentada. Dessa forma, diversos autores a estabelecem de diferentes maneiras.

Milgram (1994), um dos primeiros a definir o termo, afirma que a RA é a mistura de mundos reais e virtuais, em algum ponto da

realidade/virtualidade contínua, que conecta ambientes completamente reais a ambientes completamente virtuais.

Para Azuma (1997), a RA é uma variação da RV, com a diferença de que, no caso da RV, o usuário é completamente imerso no ambiente virtual. Enquanto imerso, o usuário não pode ver o mundo real à sua volta. Em contraste, a RA permite ao usuário ver o mundo real, com objetos virtuais sobrepostos ou combinados ao mundo real. Assim, a RA deve suplementar a realidade, ao invés de substituí-la completamente.

Para Insley (2003), a RA é uma melhoria do mundo real com textos, imagens e objetos virtuais, gerados por computador. O mundo virtual pode variar na complexidade, desde objetos simples como textos, sons e imagens, até objetos virtuais complexos com aparência de objetos reais.

Sherman e Craig (2003) definem a RA como um tipo de Realidade Virtual, na qual objetos sintéticos (virtuais) são desenhados nos objetos reais ou sobrepostos a eles. Os autores ressaltam ainda que, esta tecnologia é usada, normalmente, para fazer com que informações imperceptíveis se tornem perceptíveis aos usuários.

Ma e Choi (2007), por sua vez, definem a Realidade Aumentada a partir da comparação com a Realidade virtual. Para os autores, a primeira diferença é o nível de imersão, maior em RV pelo fato do usuário ter de ser totalmente transportado para o ambiente virtual, enquanto, na RA, o ambiente real é que é incrementado por objetos virtuais. Outra diferença apontada é no grau de liberdade de movimentos. Enquanto na RV, o usuário experimenta o mundo virtual normalmente limitando-se ao espaço de uma sala, onde os aparelhos necessários para a simulação estão instalados, na RA, o mesmo pode ter maior liberdade de locomoção e movimentação, proporcionadas pela própria característica da tecnologia, de poder utilizar menos dispositivos especiais.

Para Kirner e Kirner (2007), a RA é definida pela inserção de objetos virtuais no ambiente físico e mostrada ao usuário, em tempo real, com o apoio de algum dispositivo tecnológico, usando a interface do ambiente real, adaptada para visualizar e manipular os objetos reais e virtuais.

Vale ressaltar, ainda, uma observação de Azuma (1997) sobre as necessidades que um sistema deve suprir para que possa ser denominado como um sistema de Realidade Aumentada. Para o autor, estes sistemas são aqueles que apresentam as seguintes características:

- Combina real e virtual;
- Possibilita interatividade em tempo real;
- Apresenta registro espacial 3D.

Apesar das diversas definições, numa análise mais ampla, observamos que todos os autores têm em comum o consenso de que a RA trata do mundo real como ponto de partida para uma experiência, a qual leva o usuário a experimentar o mundo virtual. A interface tem aí a sua maior diferença em relação à Realidade Virtual. Enquanto a RV tem, como premissa, a necessidade de levar o usuário ao ambiente virtual e fazer com que, ali, ele interaja com os objetos programados e passe a perceber este mundo virtual como seu próprio mundo, a Realidade Aumentada prevê que não seja retirada do usuário a consciência de que ele está em seu ambiente real, mas traz para ali (o ambiente real), os objetos tridimensionais necessários para que a interação ocorra.

Observando-se este fato e, de acordo com a definição de um sistema de RA apresentado por Azuma (1997), podemos inferir que a concretização de um sistema de RA é possível com a utilização de dispositivos simples. Um sistema de RA pode ser completamente configurado, fazendo-se uso de apenas um computador, uma *webcam* e marcadores, além dos softwares específicos, não sendo necessário, obrigatoriamente, o emprego de dispositivos

especiais. Abaixo, apresentamos uma definição dos dois tipos mais comuns de sistemas implementados com RA.

2.5.1 SISTEMA DE RA COM VISUALIZAÇÃO DIRETA

Estes sistemas dizem respeito àqueles implementados com a característica de permitir, ao usuário, a visualização dos objetos virtuais sobre o ambiente real, através de visualização direta, o que pode ser obtido por meio dos dispositivos como os HMDs, que fornecem a visualização combinada das cenas diretamente no espaço alvo de atuação da aplicação (TORI; KIRNER, 2006).

A principal vantagem destes sistemas é o grau de imersão alcançado, pois o usuário terá sempre o *feedback* do objeto virtual sendo desenhado em frente aos seus olhos, quando olhar para determinado ponto, previamente conhecido pelo sistema. Por outro lado, o uso destes dispositivos de visualização - que podem ser *Optical see through* ou *vídeo see-through* (AZUMA, 1997) -, além de encarecerem a aplicação, a tornam, por conseguinte, menos atrativa para grande parcela da população.

Na figura 12, temos uma representação de usuária interagindo em sistema de RA, desenvolvido com visualização direta.

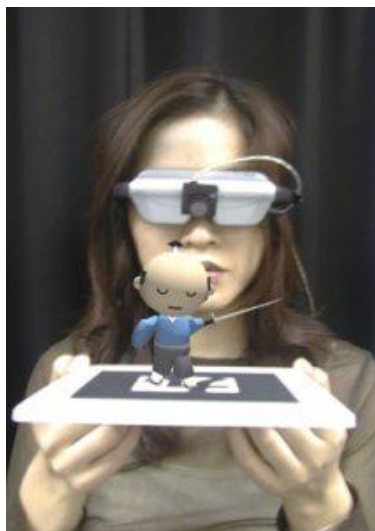


Figura 12 – Sistema de RA com visualização direta (ARTOOLKIT, 2009).

2.5.2 SISTEMA DE RA COM VISUALIZAÇÃO INDIRETA

Os sistemas implementados com visão indireta, ou baseados em monitor, como também são conhecidos, são aqueles que permitem ao usuário interagir com o objeto virtual sem, no entanto, que este seja desenhado em seu campo de visão, tal como acontece no sistema com visualização direta. Por não utilizar dispositivos especiais de visualização, neste sistema, o usuário precisa olhar para a tela, onde o objeto está sendo mostrado, para que possa observá-lo.

Na figura 13, temos um esquema que representa a configuração de um sistema com visualização indireta.

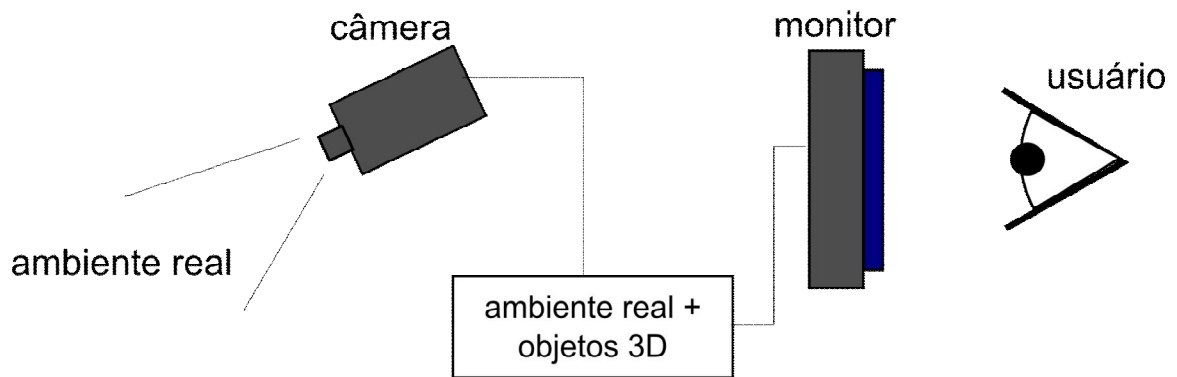


Figura 13 – Esquema representativo de sistema de RA com visualização indireta.

É bastante comum o uso de sistema de visualização indireta em aplicações de RA. Desta maneira, o sistema se torna ainda mais acessível, pois, por não utilizar dispositivos especiais, apresenta um barateamento significativo em seu custo final.

A principal desvantagem, porém, está no fato de apresentar baixo (ou nenhum) grau de imersão, visto que o usuário só terá interação com os objetos 3D, quando estiver olhando para a tela onde o ambiente real, captado por uma *webcam*, é apresentado “aumentado” por objetos virtuais. Se o usuário olhar para o lado, já não verá mais a aplicação de RA, perdendo a característica de imersão.

2.6 FERRAMENTAS DE AUTORIA PARA SISTEMAS DE REALIDADE AUMENTADA

Existem diversas ferramentas para o desenvolvimento de aplicações de RA. Nas seções a seguir, serão apresentados três exemplos destas ferramentas: o Studierstube, o ARToolKit e o osgART.

2.6.1 STUDIERSTUBE

O desenvolvimento do Studierstube começou na *Vienna University of Technology*, em 1996. A partir de 2004, entretanto, a *Graz University of Technology* passou a sediar as principais atividades de investigação e desenvolvimento de aplicativos com a plataforma (STUDIERSTUBE, 2009).

O principal objetivo do Studierstube é fornecer uma metáfora para interface de usuário 3D, tão poderosa quanto a metáfora do desktop para 2D (SCHMALSTIEG, 2002), viabilizando aos usuários uma interface de aplicações, a qual permita a manipulação de dados complexos em três dimensões.

No núcleo do sistema do Studierstube, a Realidade Aumentada Colaborativa é utilizada para embutir a imagem, gerada por computador, no ambiente do mundo real. Esse sistema possibilita tanto a colaboração face a face quanto remota, entre os usuários, além de lhes oferecer diferentes pontos de vista

(SANTIN, 2008). A Figura 14 mostra dois usuários trabalhando face a face em aplicativo desenvolvido com o Studierstube.

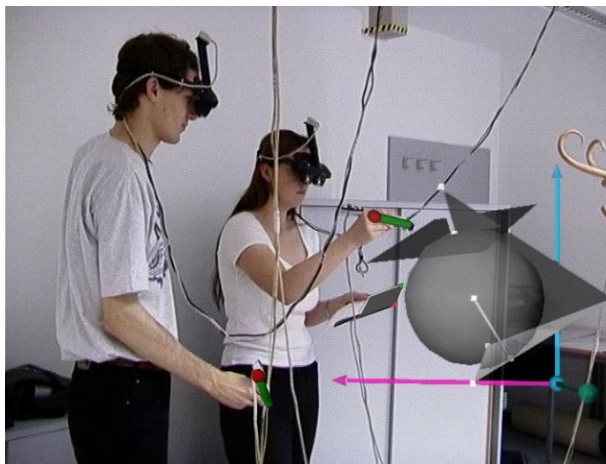


Figura 14 – Funcionamento do Studierstube (SCHMALSTIEG, 2002).

2.6.2 ARToolKIT

O ARToolKit é uma biblioteca de desenvolvimento de aplicações de RA, bastante popular dentre os pesquisadores da área (ARTOOLKIT, 2009). Isto acontece pelo fato da biblioteca fornecer soluções de rastreamento 3D, em tempo real, com baixo custo computacional (LEPETIT; FUA, 2005). Além disso, o ARToolKit é amplamente utilizado por ser distribuído, livremente, para fins não comerciais, incentivando a liberdade para os usuários executarem, estudarem e modificarem os códigos disponíveis na biblioteca, de acordo com as suas necessidades (SANTIN, 2008).

O rastreamento óptico oferecido pelo ARToolkit possibilita extrair, de forma rápida, a posição e orientação de padrões marcadores, apenas com o uso de um computador e uma *webcam*, apresentando-se como uma alternativa bastante promissora, no que diz respeito à potencialidade de desenvolvimento de aplicações com baixo custo. O capítulo 3 enfocará esta biblioteca, apresentando-a em detalhes.

2.6.3 OsgART

O *osgART* é uma biblioteca C++, que possibilita simplificar o desenvolvimento de aplicações em RA por meio da combinação das funcionalidades conhecidas de rastreamento, provenientes da biblioteca ARToolKit, com a biblioteca de renderização *OpenSceneGraphics* (OSG) (ARTOOLWORKS, 2009). A principal vantagem desta junção de funcionalidades se observa pela qualidade incrementada dos objetos 3D, suportados por esta biblioteca. Além disso, o *osgART* apresenta três outras principais características interessantes, apresentadas a seguir:

- **Objetos de vídeo** – Esta funcionalidade se traduz na possibilidade de criação de objetos, formados por arquivos de vídeo, provenientes de uma câmera ao vivo, de um arquivo de vídeo ou de um fluxo de vídeo em rede. Os vídeos podem ser apresentados, a partir de diferentes configurações, como *VideoLayer*, *VideoBackGround* e *VideoForeinground*, entre outras. A figura 15 apresenta exemplos de objetos de vídeo desenvolvidos com o *osgART*.



Figura 15 – Objetos de vídeo implementados no osgART (ARTOOLWORKS, 2009).

- Registro Espacial – A renderização dos objetos 3D, quando em aplicações desenvolvidas com o OsgART, é de responsabilidade da biblioteca OSG. O registro espacial, entretanto, fica sob a responsabilidade do ARToolKit. O ARToolKit provê as matrizes de transformação para cada marcador, reconhecido no quadro obtido da câmera, e o OSG usa os nós de transformação para posicionar o objeto 3D na cena (SEMENTILLE; BREGA; GIOVANINI, 2008). Nesta funcionalidade, é destacada a capacidade do software em permitir que as duas bibliotecas trabalhem juntas, dando cada uma o melhor de si para a aplicação desenvolvida.
- Registro Visual – O osgART implementa funções que se relacionam com a disparidade fotométrica entre o conteúdo real da cena e os objetos virtuais apresentados. Neste contexto, destacam-se três grandes problemáticas: a necessidade de oclusão, de criação de sombra e de detecção da luz natural do ambiente real que inferirá no ambiente virtual. A versão atual do osgART oferece solução para a problemática da renderização de sombras, denominado *PlaneARShadowRenderer*. Nesta solução, os objetos virtuais, geralmente, estão assentados sobre uma superfície plana, onde a condição de iluminação necessita ser aplicada. O renderizador computa os parâmetros de iluminação inseridos, e usa um plano semi-transparente para

a representação de sombra. A figura 16 mostra uma aplicação, onde é inserida sombra a um objeto virtual.



Figura 16 – Sombra aplicada à estátua 3D (ARTOOLWORKS, 2009).

Desenvolvido pela empresa ARTOOLWORKS (2009), o osgART pode ser adquirido em duas versões: *Standard* e *Professional*. A versão *Standard* é licenciada sob *General Public License* (GPL), o que significa que o software pode ser compartilhado e usado livremente para pesquisa e o desenvolvimento de aplicações não comerciais. A versão *Professional*, entretanto, é voltada a empresas que desejem vender aplicativos baseados nesta tecnologia.

3. ARToolKit

A primeira versão do ARToolKit (*Augmented Reality Tool Kit*), foi desenvolvida pelo professor Hirokazu Kato, em 1999, no HITLab (*Human Interface Technology Laboratory*), sediado na Universidade de Washington (HITLAB, 2009) (ARTOOLKIT, 2009).

Diversas pessoas, desta data em diante, contribuíram para que o software se tornasse mais robusto e mais adequado às necessidades que foram surgindo, com especial destaque para as contribuições das pesquisas continuadas pelo HITLab da Universidade de Washington, pelo HITLab NZ da Universidade de Canterbury, Nova Zelândia (HITLABNZ, 2009), e pela empresa ARToolworks, sediada em Seattle (ARTOOLWORKS, 2009). Atualmente, pode-se encontrar diferentes versões do ARToolKit para diversos sistemas operacionais, além de outros softwares, os quais se inspiram em sua configuração.

O ARToolKit é uma biblioteca de código livre, implementada em linguagem C e C++, que permite o desenvolvimento de aplicações de RA, baseadas em técnicas visão computacional (KATO *et al*, 2002).

De maneira geral, podemos entender o funcionamento do ARToolKit como um processo, que parte do rastreamento e reconhecimento de marcadores tangíveis, através de técnicas de visão computacional, para posicionar e exibir objetos virtuais sobre estes marcadores. Como resultado, tem-se a sobreposição de um objeto virtual sobre o objeto real (marcador). A mescla dos dois ambientes (real e virtual) pode ser exibida, ao usuário, através de sistema de visualização direta ou indireta.

Os marcadores são, portanto, parte importante da aplicação de Realidade Aumentada implementada com o ARToolKit, pois, a partir deles, é que será possível a obtenção da sobreposição de objetos virtuais sobre o ambiente real.

3.1. MARCADORES

Um marcador nada mais é do que uma imagem, com características específicas, impressa sobre papel comum (figura 17). Tais características consistem em uma borda grossa na cor preta com uma imagem em seu centro (KATO *et al*, 2002). Pode-se usar qualquer símbolo para identificação das placas, obtendo-se melhores resultados quando usados símbolos assimétricos, para ajudar no processo de orientação do objeto virtual em relação às bordas do marcador (KATO *et al*, 2002).

Usualmente os marcadores são afixados em alguma superfície rígida, tal como um pedaço de papelão, da mesma forma como utilizado no marcador exibido pela figura 17. Este fato se dá para que seu manuseio seja fácil, além de facilitar, também, o processo de identificação do marcador pelo software (CONSULARO *et al*, 2004).

Quando executado, o ARToolKit pode identificar o marcador, o qual é apresentado à webcam, e imprime sobre este marcador um objeto virtual, tal como apresentado na figura 18. O objeto virtual é sobreposto ao marcador de forma que, quando usuário movimentar o marcador, o objeto é movido junto, dando a impressão de que ambos estão colados ou fazem parte de uma só estrutura.

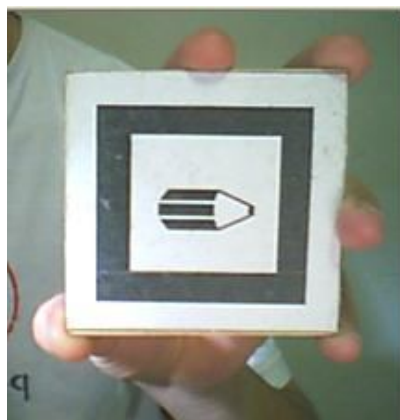


Figura 17 – Marcador utilizado em aplicações do ARToolKit.



Figura 18 – Objeto virtual sobreposto ao marcador.

3.2. RASTREAMENTO

Um dos maiores desafios encontrados no desenvolvimento de aplicações em Realidade Aumentada, está na necessidade de rastreamento do ponto de vista do usuário. A fim de conhecer sob que ponto de vista desenhar o objeto virtual, a aplicação precisa conhecer o ponto de vista em que o usuário está olhando no mundo real (ARTOOLKIT, 2009).

O ARToolKit usa algoritmos de visão computacional para resolver este problema. As bibliotecas de rastreamento de vídeo do ARToolKit calculam a posição e a orientação da câmera real, em relação ao marcador físico, em tempo real (KATO; BILLINGHURST, 1999). O processo de rastreamento do ARToolKit pode ser descrito (ARTOOLKIT, 2009) através de seis passos, apresentados a seguir:

1. A câmera captura o vídeo do ambiente real e o envia para o computador;
2. O software, instalado no computador, procura em cada um dos *frames* do vídeo enviado, por regiões em forma de quadrados (esta etapa é chamada de busca por marcadores);
3. Se a região procurada é encontrada, o software usa algumas funções matemáticas para calcular a posição da câmera relativa ao marcador, no qual está impressa a região quadrada;
4. Uma vez que a posição da câmera é conhecida, um objeto 3D é desenhado sob a mesma posição;
5. O objeto é posicionado sobre o marcador, na posição e orientação corretas;
6. O resultado final é exibido, com o objeto virtual sobreposto ao marcador.

Na etapa 2, a imagem capturada pela câmera de vídeo é binarizada, ou seja, os *pixels* são configurados como pretos, caso seu valor esteja abaixo de determinado limiar, ou como brancos, se o mesmo estiver acima deste limiar. Em seguida, o ARToolKit procura e extrai regiões que podem ser ajustadas dentro de quatro linhas, como quadrados. Daí o fato dos marcadores obedecerem a este padrão (SEMENTILLE; BREGA; GIOVANINI, 2008).

Na terceira etapa, são calculadas a posição e a orientação do marcador, anteriormente reconhecido, em relação à câmera. A partir da geração destes valores, é obtida uma matriz 3x4, denominada “matriz transformação”. Esta matriz é usada para calcular a posição das coordenadas da câmera virtual. Se as coordenadas virtuais e reais da câmera forem iguais, o modelo de computação gráfica pode ser desenhado, precisamente, sobre o marcador real (CONSULARO *et al*, 2004).

Na quarta etapa, o software procura identificar o marcador, procurando pelo símbolo que está no interior do quadrado, anteriormente reconhecido. Estas imagens são comparadas às imagens previamente armazenadas no sistema.

Na quinta etapa, o software, sabendo qual é o objeto virtual que se deve exibir (o objeto virtual está associado ao símbolo no interior do marcador, reconhecido na etapa anterior) e, tendo a matriz de transformação adquirida na etapa 3, usa esta matriz para alinhar o objeto 3D a seu marcador correspondente.

Por fim, na etapa 6, o objeto virtual é renderizado no *frame* de vídeo, aparecendo sobre o marcador. Esta exibição, como comentado anteriormente, pode ser feita a partir de dispositivos especiais de visualização, como os HMD's (visualização direta) ou, de modo menos imersivo, através da tela do computador (visualização indireta).

A figura 19 sumariza as etapas do processo de rastreamento implementado no ARToolKit.

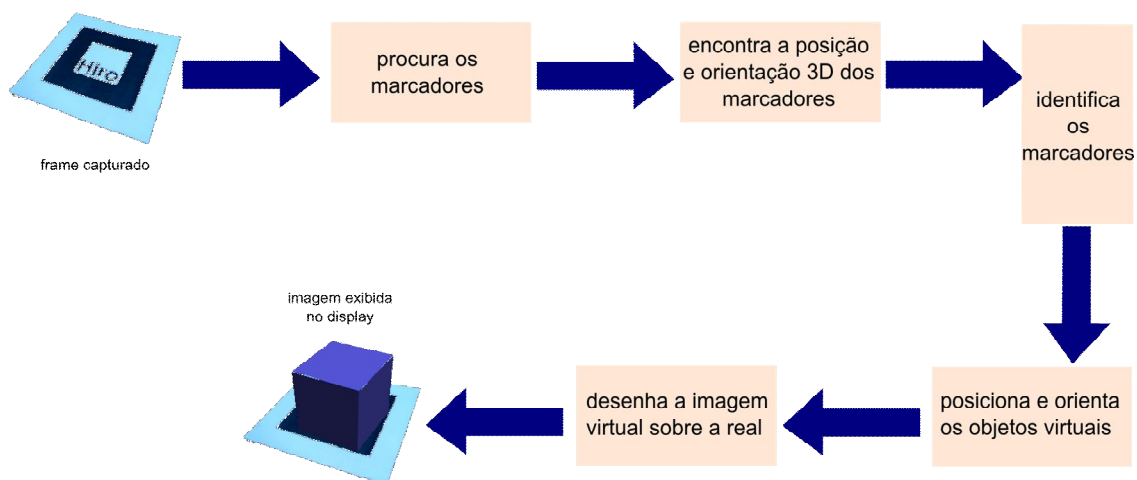


Figura 19 – Representação esquemática das etapas do rastreamento do ARToolKit

3.3. ASPECTOS DA CODIFICAÇÃO E FUNCIONAMENTO DO ARTOOLKIT

A biblioteca ARToolKit é de código livre, o que significa que há a possibilidade de alterá-la, a fim de que se adapte às necessidades de cada aplicação. Para que se possa realizar alguma alteração em seu código, é interessante que se conheça, antes, como esta biblioteca é estruturada, bem como seus princípios básicos de funcionamento.

De maneira geral, pode-se dizer, ao observar a estrutura da codificação do ARToolKit, que seu funcionamento se divide em seis passos:

1. Inicializa a captura de vídeo e lê os arquivos de cadastramento do marcador e os parâmetros da câmera;
2. Captura um *frame* de vídeo;
3. Detecta e identifica os marcadores presentes no *frame*;
4. Calcula a transformação da câmera relativa ao marcador detectado;
5. Desenha os objetos virtuais no marcador;
6. Encerra a captura de vídeo.

Apesar de semelhantes, esta estrutura não é a mesma descrita anteriormente, como os seis passos do rastreamento implementado no ARToolkit. Na verdade, as etapas de rastreamento estão contidas nesta descrição, que se amplia ao abraçar também aspectos de inicialização e finalização da aplicação.

Ao observarmos o código do ARToolkit em funcionamento, conseguimos afirmar que ele se baseia num grande *loop*, o qual, depois de inicializado (passo 1), repete os passos de 2 a 5, descritos acima, até que se encerre a aplicação (passo 6). A figura 20 apresenta uma perspectiva ilustrada do funcionamento do ARToolkit, onde se observa o *loop* central e os dois comandos de extremidade.

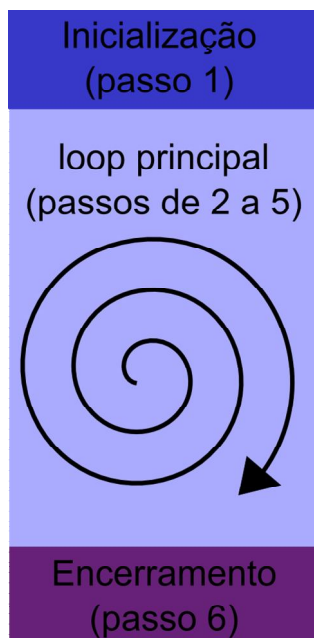


Figura 20 – Ilustração do funcionamento geral do código da biblioteca ARToolKit

Os passos descritos acima, trazem uma perspectiva geral da análise do algoritmo do ARToolKit, no momento em que ele está em funcionamento. Quando codificados, estes passos são implementados na forma de funções. O quadro 1, traz uma visão geral da correspondência entre os passos de execução do código do ARToolKit, e suas respectivas funções.

Quadro 1 – Correspondência entre os passos de funcionamento e as funções implementadas no ARToolKit.

Passo de funcionamento	Função correspondente
1. Inicializa	init
2. Captura <i>frame</i>	arVideoGetImage (chamado pela mainLoop)
3. Detecta marcador	arDetectMarker (chamado pela mainLoop)

4. Calcula parâmetros da câmera	arGetTransMat (chamado pela mainLoop)
5. Desenha objeto virtual	draw (chamado pela mainLoop)
6. Fecha a captura de vídeo	cleanup

As funções descritas no quadro 1, estão arranjadas no ARToolKit, de maneira que suas chamadas partem da função principal da biblioteca. Assim como em qualquer programa escrito em C / C++, o ARToolKit apresenta uma função principal, chamada **main** (figura 21). É, a partir desta função, que se inicia a execução do programa.

```
int main()
{
    init();

    arVideoCapStart();

    argMainLoop( NULL, keyEvent, mainLoop );
}
```

Figura 21 – Função main do ARToolKit

Na figura 21, podemos observar o conteúdo da função principal do ARToolKit. Nota-se que este conteúdo é resumido na chamada de outras funções. Abaixo, são descritos os comandos implementados nesta função principal, evidenciando seus principais aspectos de programação e, no caso em que couber, evidenciando-se a relação destas funções com o processo de rastreamento, descrito no tópico 3.2 deste trabalho. Assim, espera-se poder compreender, de

maneira mais completa, os aspectos da codificação do software ARToolkit, ao mesmo tempo em que se contribui com o entendimento do funcionamento da biblioteca, de uma forma geral.

Na primeira linha da função principal, depois da abertura de chave (figura 21), percebemos a existência do comando ***init ()***; Esta função contém o código para iniciar a captura de vídeo e, ainda, para ler os parâmetros iniciais da aplicação (os marcadores que serão usados na aplicação e seus objetos virtuais correspondentes, bem como as configurações da janela de vídeo e parâmetros da câmera sendo usada).

Na segunda linha da função principal, apresentada pela figura 21, vemos o comando ***arVideoCapStart ()***. Este comando é responsável pelo início da captura de vídeo em tempo real (habilita a câmera).

O principal comando da função ***main*** do ARToolkit está em sua terceira linha. Ainda na figura 21, pode-se perceber que a função ***argMainLoop*** é chamada, iniciando o *loop* principal do programa, e associando as funções: ***KeyEvent***, responsável por cuidar dos comandos de teclado (como exemplo, o *esc*, responsável por fechar a aplicação e outros que possam ser desenvolvidos, para responder às necessidades específicas de cada aplicação) e a função ***mainLoop***, que comandará o *loop* principal do programa, responsável por sua renderização gráfica.

É na função ***mainLoop***, onde a maioria das chamadas de funções da biblioteca ARToolkit são feitas. Nesta função, se encontram todas as outras responsáveis pelos passos correspondentes de 2 a 5, descritos anteriormente no quadro 1. É aqui também, portanto, que estão implementadas as funções relativas às funcionalidades características do rastreamento do ARToolkit (descritas anteriormente na seção 3.2). A seguir, serão apresentadas as funções chamadas pela função ***mainloop*** acompanhadas de uma explanação sobre suas

características e contribuições no processo de rastreamento implementado na biblioteca.

O início da função **mainloop** se dá com a chamada da função **arVideoGetImage** (figura 22), responsável pela captura de um *frame* da imagem gerada pela webcam. O *frame* é então mostrado na tela e, em seguida, começa o trabalho da função **arDetectMarker**. A função **arVideoGetImage** tem correlação direta com o passo 1 do processo de rastreamento do ARToolkit, o qual descreve a captura de imagem da webcam e envio para o computador.

```
/* main loop */
static void mainLoop(void)
{
    ARUint8      *dataPtr;
    ARMarkerInfo *marker_info;
    int          marker_num;
    int          j, k;

    /* grab a vide frame */
    if( (dataPtr = (ARUint8 *)arVideoGetImage()) == NULL ) {
        arUtilSleep(2);
        return;
    }
    if( count == 0 ) arUtilTimerReset();
    count++;

    argDrawMode2D();
    argDispImage( dataPtr, 0,0 );
}
```

Figura 22 – Chamada da função arVideoGetImage dentro da mainloop do ARToolkit.

A função **arDetectMarker** (figura 23) é usada para procurar por regiões quadradas no *frame* captado pela função anterior, e identificar os marcadores com os padrões corretos. Esta função implementa o conceito de

busca por marcadores, descrito no passo 2 do processo de rastreamento do ARToolkit.

```
/* detect the markers in the video frame */  
if( arDetectMarker(dataPtr, thresh, &marker_info, &marker_num) < 0 ) {  
    cleanup();  
    exit(0);  
}
```

Figura 23 – Chamada da função arDetectMarket dentro da mainloop do ARToolkit.

Com a imagem já sendo mostrada e, tendo sido analisada, é o momento de se identificar a matriz de transformação entre o marcador exibido e a câmera. A posição e a orientação da câmera em relação ao marcador, é contida numa matriz 3X4 e, todo o processamento desta etapa, é dado pelos códigos da função **arGetTransMat** (figura 24). Esta função implementa o conceito descrito no passo 3 das etapas de rastreamento.

Finalizando as funções chamadas pela **mainLoop**, temos a função **draw** (figura 24), que é responsável pelo desenho dos objetos virtuais sobre os marcadores, de acordo com a posição do mesmo, repassada pela matriz gerada pela função anterior. A função **draw** implementa os conceitos descritos pelos passos 4, 5 e 6 das etapas de rastreamento, os quais tratam da orientação do objeto 3D, de acordo com a matriz gerada, o posicionamento do objeto sobre o marcador e a exibição do resultado.

```

/* get the transformation between the marker and the real camera */
arGetTransMat(&marker_info[k], patt_center, patt_width, patt_trans);

draw();

```

Figura 24 – Chamada das funções arGetTransMat e draw dentro da mainloop do ARToolkit.

Quando se deseja encerrar a execução do programa, o usuário pode, por exemplo, pressionar a tecla *esc* de seu teclado, ou mesmo clicar sobre o ícone “fechar” da tela de execução da aplicação. Neste momento, a função ***cleanup*** é chamada (figura 25). Esta função é responsável por finalizar o processamento de vídeo e desconectar o dispositivo de vídeo, liberando-o para outras aplicações. Isto acontece quando se chama as rotinas ***arVideoCapStop ()***, ***arVideoClose ()*** e ***argCleanup ()*** (CONSULARO *et al*, 2004).

```

/* cleanup function called when program exits */
static void cleanup(void)
{
    arVideoCapStop();
    arVideoClose();
    argCleanup();
}

```

Figura 25 – Conteúdo da função Cleanup.

O software ARToolkit é disponibilizado em diferentes versões, para os sistemas operacionais Windows, Linux, SGI e MacOS X. O *download* do software pode ser realizado, gratuitamente, assim como estão disponíveis também as documentações sobre instalação, configuração e programação, referentes às versões mais recentes e algumas das versões mais antigas (ARTOOLKIT, 2009).

3.4. APLICAÇÕES DESENVOLVIDAS COM O ARTTOOLKIT E SUAS VERSÕES

Por ser um software largamente utilizado por diferentes grupos de pesquisas ao redor do mundo, a quantidade de aplicações desenvolvidas com o ARTToolkit é, como seria de se esperar, diretamente proporcional. Esta popularidade do software na comunidade acadêmica pode ser aferida, por exemplo, quando observamos a quantidade de trabalhos publicados nos últimos eventos sobre a área de aplicações em RV e RA, os quais o utilizam de alguma maneira. Observa-se que o software ARTToolkit, ou suas versões em linguagens específicas, se fazem presente em boa parte dos trabalhos apresentados (WRVA, 2008).

Outra característica que se pode observar, a respeito do ARTToolkit, é quanto a sua versatilidade. São desenvolvidas aplicações para diversas áreas de conhecimento e aplicação social, com acentuado destaque para aplicações nas áreas de entretenimento e educação, que envolvam atividades colaborativas (BILLINGHURST; KATO, 2002).

Um dos exemplos de aplicações desenvolvidas com a tecnologia proveniente do software é o **MagicBook** (BILLINGHURST; KATO; POUPYREV 2001). Esta aplicação, ganhadora do prêmio *Discover Awards*, em 2001, na categoria inovação (DISCOVER, 2001), introduz o conceito de um livro enriquecido com RA. A aplicação permite, ao usuário, a visualização de objetos tridimensionais sobre as páginas do livro. É interessante notar, também, que o MagicBook não se limita à simples visualização e manipulação de objetos como numa aplicação comum de RA. Ele vai além disso, ao permitir que o usuário passe

da visualização do objeto a uma navegação imersiva através do uso de dispositivos especiais (BILLINGHURST; KATO; POUPYREV 2001).

Ainda na área de aplicações voltadas à educação podemos citar o projeto SICARA (figura 26), desenvolvido na Universidade Metodista de Piracicaba, sob a coordenação do Prof Cláudio Kirner, que tem por objetivo o desenvolvimento de cenários de aprendizagem enriquecidos com RA (KIRNER, 2008b). Neste projeto, além de um livro enriquecido com RA, o LIRA (AKAGUI; KIRNER, 2004), foram propostos outros objetos de aprendizagem, como um sistema de aritmética e um jogo, implementado com o conceito da Torre de Hanói (KIRNER, 2008b).

Tanto o MagicBook quanto o Projeto SICARA serão discutidos em detalhes mais à frente.

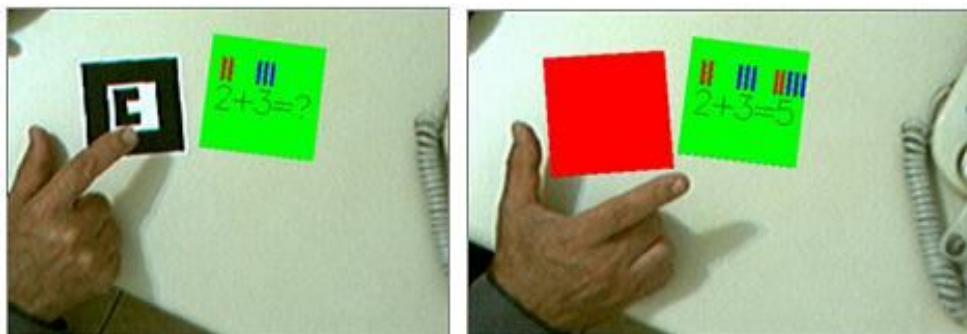


Figura 26 – Sistema de aprendizagem de Aritmética integrante do projeto SICARA (KIRNER, 2008b).

Um exemplo de aplicação comercial desenvolvido com a tecnologia, é o **SR:Meeting** (figura 27), o primeiro sistema de RA, disponível comercialmente, desenvolvido para a revisão de projetos de maneira colaborativa (ARTOOLKIT, 2009). A aplicação permite que usuários, os quais estão num mesmo local e/ou em locais remotos, possam avaliar e interagir com determinado

projeto, representado como um objeto virtual. Cada observador vê o objeto apresentado sobre seu próprio ponto de vista, assim como acontece quando diferentes pessoas olham para determinado objeto real (SR, 2009).



Figura 27 – Aplicação SR:Meeting usada para revisão de projetos (SR, 2009).

Atualmente, diversas aplicações vem sendo desenvolvidas com versões específicas do ARToolKit, como é o caso do FLARToolKit (SAQOOSHA, 2009), uma versão do ARToolKit implementada em Flash, e que usa objetos desenvolvidos na linguagem AS3D. Esta versão foi adotada por grande número de agências de publicidade, para o desenvolvimento de anúncios, os quais usam a RA como conceito de mídia interativa. Tal fato é facilitado, já que o FLARToolKit permite a execução de aplicações em RA, sem que o usuário tenha de instalar nenhum software específico em seu computador. No Brasil, a tecnologia passou a ser usada, também, como ferramenta para grandes veículos de informação, que exploram a capacidade de transmissão de informação, por meio do uso de modelos virtuais em 3D, como foi o caso do jornal *O Estado de São Paulo* (figura 28), ao usar o FLARToolKit na elaboração de infografia para complementar o conteúdo do jornal impresso (NETTO, 2009) (RODA, 2009).



Figura 28 – Captura de tela da aplicação de RA usada na infografia do jornal O Estado de São Paulo (RODA, 2009).

Além do FLARToolKit, existem outras versões que tem como base o funcionamento do ARToolKit. Este é o caso, por exemplo, da JARToolKit, uma versão implementada em linguagem Java, que tem como proposta facilitar o acesso de artistas e programadores de linguagens de mais alto nível - como a Java - aos recursos disponíveis pelo ARToolKit; Esta versão, possibilita que os programadores desta linguagem usem as funcionalidades das ferramentas de RA, disponíveis para a implementação de seus trabalhos, bem como possibilita o incremento do número de usuários, uma vez que a linguagem de alto nível seria mais acessível (GEIGER *et al*, 2002).

3.5. SACRA

Além de versões do ARToolKit, como as citadas anteriormente, temos a ocorrência de criação de softwares independentes, que são

desenvolvidos, levando-se em conta as características do ARToolKit, mas atribuindo a este diversas alterações. Este é o caso, por exemplo, do software osgART, anteriormente abordado na seção 2.6.3 deste trabalho. Um outro exemplo de software desenvolvido nestes moldes é o SACRA.

O SACRA - Sistema de Autoria Colaborativa em Realidade Aumentada - permite a autoria de aplicações em RA. Ele dá, aos participantes, a possibilidade de interagirem com estas aplicações através de colaboração face a face ou remota.

O seu desenvolvimento, que se deu em 2008 na Universidade Metodista de Piracicaba, foi realizado com base na biblioteca ARToolKit, em suas versões 2.65 e 2.72.1, ambas com suporte a VRML, e nos módulos do NetARToolKit (OLIVEIRA; CALONEGO, 2006), para a interação remota entre os usuários. Como ressalta Santin, autor da aplicação, a opção pelo ARToolKit se deu devido a características como, por exemplo, facilidade de programação e possibilidade de utilização de dispositivos de baixo custo, basicamente *webcam* e computador (SANTIN, 2008).

A implementação do SACRA, baseia-se no desenvolvimento de novas possibilidades de interação com os objetos virtuais, proporcionadas pelos comportamentos de determinados marcadores. O comportamento dos marcadores está associado aos possíveis estados que o sistema de rastreamento permite identificar. As variações e, possivelmente, a combinação dos estados referentes ao comportamento dos marcadores, possibilitaram a criação de uma nova categoria, denominada marcadores de ações (SANTIN, 2008).

Os marcadores de ações são aqueles que viabilizam o acesso a formas de interação com os objetos virtuais. Estas interações se traduzem em operações realizadas com algum fim, nas quais os objetos virtuais obedecem a alguma característica de ação representada pelo marcador. As operações são conhecidas como seleção, ação e liberação.

Para realizar alguma interação com o objeto virtual, primeiramente, o usuário necessita selecionar qual será o objeto alvo da ação. Uma forma para selecionar o objeto virtual, consiste na verificação da proximidade entre o marcador de ação e os objetos disponíveis na cena. A ação a ser efetuada sobre o objeto virtual é desempenhada através dos marcadores de ação. A função desses marcadores consiste em oferecer os recursos necessários para o usuário realizar a tarefa desejada. A liberação realiza as atividades inversas à seleção. Esse mecanismo finaliza uma determinada atuação do usuário sobre o objeto virtual, possibilitando que o usuário execute novas tarefas no ambiente (SANTIN, 2008).

Além dos marcadores de ações, existem no SACRA aqueles que não têm uma ação definida. Estes marcadores são chamados de marcadores de referência (REF). Os REF's permitem que o usuário interaja com pontos no espaço, cadastrados no sistema. Cada REF pode ter diversos pontos, os quais referenciam um ou mais objetos virtuais. A implementação do REF permitiu estender a capacidade de interação do sistema, visto que o referencial de objetos virtuais, no mundo real, deixou de ser exclusivamente o marcador, passando a mesclar com pontos cadastrados (SANTIN, 2008).

As referências podem ser de dois tipos: local ou remota. A referência local permite a elaboração e visualização de um ambiente virtual no ambiente local. Já a referência remota consiste numa área comum entre dois usuários, ou mais, que utilizam uma área comum, via comunicação em rede. Esta característica permite a configuração e visualização de ambientes virtuais, remotamente.

A implementação destas novas funcionalidades se traduz, de maneira prática, na oferta de possibilidades bastante interessantes. Uma destas possibilidades é a da criação de aplicações, as quais suportam a atividade colaborativa remota entre os participantes. A figura 29 demonstra a esquematização do uso da referência remota. No esquema, cada nó adiciona um

objeto virtual, que é distribuído para os outros nós participantes do trabalho colaborativo.

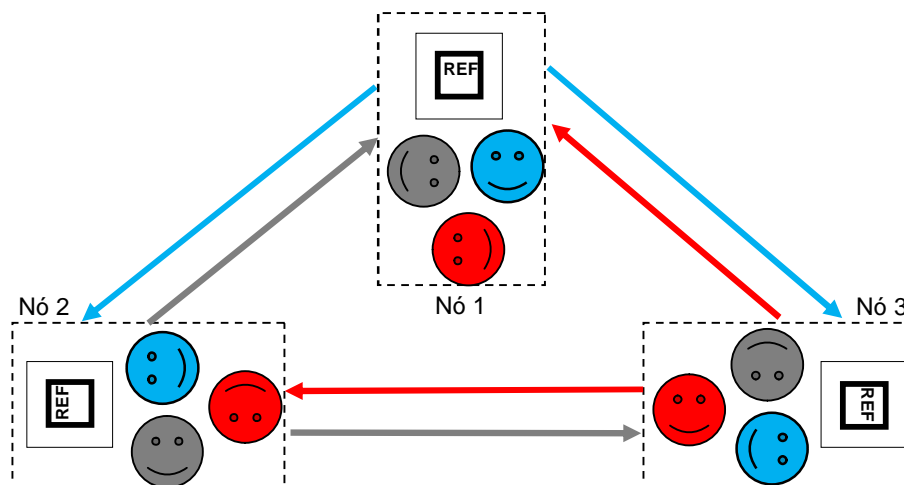


Figura 29 – Esquema do uso de referência remota (SANTIN, 2008).

Segundo Santin (2008), o trabalho colaborativo remoto é viável, neste ambiente, através do emprego de técnicas de cooperação, coordenação e comunicação. As técnicas de cooperação permitem que múltiplos usuários trabalhem na elaboração de mundos virtuais em comum. Dessa maneira, é disponibilizado um espaço compartilhado entre os usuários, para a elaboração da autoria colaborativa. O espaço compartilhado emprega técnicas de coordenação, que restringem as ações dos usuários sobre determinados objetos virtuais, possibilitando controlar o desenvolvimento das tarefas.

A troca de informações entre os participantes é fundamental para a coordenação do trabalho colaborativo. Para esta tarefa, o sistema utiliza tecnologias de comunicação existentes, como os *chats* ou sistemas vídeo-conferência.

A visualização das alterações do ambiente virtual, realizadas no processo de colaboração usando o SACRA, baseia-se no redesenho da cena virtual. Como visto anteriormente, o ARToolKit apresenta um *loop* principal, o qual redesenha, continuamente, o objeto 3D sobre o marcador, segundo os parâmetros identificados. Alterações foram feitas na função responsável pelo desenho do objeto virtual sobre o marcador, a fim de que se pudesse obter uma sensação de animação através do redesenho do objeto virtual com parâmetros alterados a cada iteração do *loop* do programa.

4. TECNOLOGIAS COMPUTACIONAIS APLICADAS À EDUCAÇÃO

O conceito de tecnologia, tomado de maneira ampla, pode ser concebido como qualquer artefato, método ou técnica criado pelo homem para tornar seu trabalho mais leve, sua locomoção e comunicação mais fáceis, ou simplesmente sua vida mais agradável e divertida (CHAVES, 2004). Neste sentido, o próprio conceito de tecnologia não é nada novo, entretanto, atualmente quando o termo usado é “tecnologia na educação”, é normal que entendamos o termo como o emprego do computador em ambientes educacionais. Esta correlação direta pode ser compreendida quando observamos o fato de que o computador traz em si a possibilidade de uso de todas as outras mídias anteriormente encontradas dispersas em diferentes veículos.

Quando uma pessoa prefere ler noticiários *online*, assistir a vídeos hospedados em determinados *sites* ou ouvir a uma dentre muitas rádios disponíveis na *internet*, ela utiliza o computador como um instrumento que congrega a possibilidade de acesso a diferentes mídias. Este comportamento comum pode justificar a naturalidade da adoção do computador como ícone de tecnologia nos ambientes educativos atuais e, em certa medida, ilustra a questão levantada anteriormente neste trabalho, na qual observamos a atenção dos ambientes educacionais para com os hábitos da sociedade, a fim de que eles possam apontar quais ferramentas poderiam servir de apoio ao processo educativo.

Inicialmente, o computador não fora desenvolvido para que pudesse suprir as demandas dos processos educativos pelos quais seria posteriormente adotado. Em seus primórdios, a máquina fora apresentada como um importante auxiliar na realização de cálculos complexos. É neste contexto que

se enquadra a finalidade do primeiro computador do Brasil, adquirido pelo Estado de São Paulo, em 1957, um UNIVAC-120 que era usado para os cálculos de consumo de água da capital do estado (UEM, 2009).

A popularização do computador não foi uma ocorrência repentina. Antes que as máquinas pudessem se tornar comuns à grande parte dos lares e empresas, como hoje se observa, sua utilização era restrita a grandes empresas, universidades e órgãos públicos, que tinham a possibilidade (e necessidade) de recorrer aos poderes de processamento de informação do computador apesar dos custos envolvidos.

Com o desenvolvimento obtido na área computacional e eletrônica, hoje existem facilidades e versatilidades que permitem aos computadores serem utilizados em outras tarefas, bem diferentes daquelas envolvendo apenas cálculos complexos. Um dos mais claros exemplos do crescimento da utilização do computador é dado pela própria área de educação, onde, desvencilhando-se do estigma de máquina de calcular, o computador busca fundamentar-se como um novo meio de acesso ao conhecimento (GUERRA, 2000).

Chaves (2004) ressalta o fato de que nem todas as tecnologias inventadas pelo homem são relevantes para a educação. Algumas apenas estendem sua força física, seus músculos. Outras apenas lhe permitem mover-se pelo espaço mais rapidamente e/ou com menor esforço. Segundo o autor, nenhuma dessas tecnologias é altamente relevante para a educação. As tecnologias que amplificam os poderes sensoriais do homem, contudo, o são. O mesmo é verdade das tecnologias que estendem a sua capacidade de se comunicar com outras pessoas, mas acima de tudo, pode-se dizer o mesmo das tecnologias, disponíveis hoje, que aumentam os seus poderes intelectuais: sua capacidade de adquirir, organizar, armazenar, analisar, relacionar, integrar, aplicar e transmitir informação (CHAVES, 2004).

Particularmente, quando tratamos de temas mais abstratos ou distantes temporal ou fisicamente do aluno, o uso de recursos mais ricos que a simples explicação é quase que imprescindível para a conquista de um bom resultado de compreensão. Para isso, costuma-se lançar mão de fotografias, desenhos, sons, vídeos, ou seja, recursos tecnológicos normalmente congregados pelo computador, que possam dar ao educando a possibilidade de compreensão do assunto estudado de maneira mais ampla, não apenas a partir da explanação de conceitos, mas através da visualização e interação com estes temas. O que se espera com atitudes semelhantes é de fato a possibilidade de, como elencado por Chaves (2004), aumentar os poderes intelectuais dos estudantes.

Alguns recursos ofertados pelas tecnologias computacionais se mostram com bastante potencial no que tange à efetivação do contexto anteriormente apresentado. A configuração de atividades educativas que tenham, com o uso da tecnologia, a possibilidade de efetivo incremento nos poderes intelectuais dos estudantes, se mostram, usualmente, uma tarefa que lança mão de alguns recursos que, além de viáveis no que diz respeito ao emprego em ambientes educacionais, se mostram capazes de contribuir para a facilitação do processo de implementação destas atividades (GUERRA, 2000).

Nas seções a seguir nos debruçamos sobre algumas destas tecnologias, evidenciando seus principais conceitos e exemplos de utilização já implementados.

4.1. MULTIMÍDIA

Consideremos a título de ilustração, uma pessoa que, estando em uma viagem de férias, deseja comunicar à sua família, em sua cidade natal, sobre como foram os últimos acontecimentos de sua viagem. Existem diversas possibilidades que permitem ao turista se comunicar com seus familiares. Consideremos um primeiro cenário no qual o viajante escreve uma carta relatando o que se deseja. Ao receberem a carta, seus familiares podem ver as palavras escritas sobre o papel e, ao lerem seu conteúdo, tomam conhecimento do que ali está relatado.

O viajante, porém, num segundo cenário, pode escolher telefonar para seus familiares. Neste caso, os familiares tomam conhecimento do que se passou na viagem através do que ouvem.

Se compararmos as formas de comunicação apresentadas nos dois cenários, poderemos inferir que existem diferenças entre elas no que tange à efetividade da comunicação. No primeiro cenário, os familiares estão distantes do emissor da mensagem, e a troca de informações entre os pares é mais lenta que no segundo cenário. Ao telefone, o viajante pode interagir com os familiares em tempo real e lhes esclarecer alguma eventual dúvida.

Outros cenários ainda são possíveis, como por exemplo, o envio de uma fotografia do lugar onde o viajante visitou em determinado momento, ou, ainda, o envio de um vídeo mostrando como foi determinado passeio. Nestes últimos cenários temos uma complementação da comunicação, permitindo aos receptores uma melhor representação daquilo que é vivenciado pelo viajante.

Como podemos notar, quanto mais informações, em diferentes meios (mídias), o emissor transmitir, melhor será a compreensão daquilo que está

sendo exposto. Neste contexto se insere a importância da multimídia como uma tecnologia que, aplicada à educação, possibilita a configuração de sistemas capazes de dar ao usuário a possibilidade de contato com o conteúdo exposto a partir de diferentes mídias.

O desenvolvimento dos computadores, beneficiados pelo acelerado desenvolvimento de novos equipamentos de hardware e software, possibilitou a introdução da multimídia no mundo da informática, permitindo transformar o computador, outrora uma máquina cuja interface se expressava basicamente por meio de caracteres desenhados na tela, em uma máquina com a comunicação muito mais próxima do mundo real, um mundo multimídia por natureza (GUERRA, 2000).

Segundo Marshall (1999), a tecnologia multimídia pode ser entendida como a integração, controlada por computador, de textos, gráficos, imagens, vídeo, animações, áudio e outras mídias, que possam representar, armazenar, transmitir e processar informações de forma digital. Bhatnager, Mehta e Mitra (2002) também definem a multimídia em função da importância do computador como instrumento agregador de mídias. Para os autores, a definição de multimídia se dá pela combinação de texto, gráficos animados ou estáticos, som e animação que são apresentados por um computador. O computador é, então, um elemento intrínseco da multimídia e tem a função de agregar, gerar ou transmitir as diferentes mídias citadas.

Paula Filho (2000) define os sistemas multimídia como todos os programas e sistemas em que a comunicação entre homem e computador se dá através de múltiplos meios de representação da informação. Além disso, o autor expõe a necessidade de que para que uma aplicação multimídia possa ser caracterizada como tal, ela deve possibilitar o acesso não-linear a seus conteúdos e apresentar interatividade.

Estas características são ressaltadas, também, por Guerra (2000), ao evidenciar que, quando comparada com as mídias tradicionais como televisão, jornal, livro e revista, além de agrupar a informação em um número maior de formatos, a multimídia via computador possibilita pelo menos duas outras vantagens: a interatividade, descrita como a capacidade que o programa tem de responder a estímulos e ações do usuário, e a capacidade de atuar em harmonia com o hipertexto, possibilitando que informações com diferentes formatos sejam acessadas de forma não linear.

O Grupo de Pesquisa de Realidade Virtual e Multimídia da Universidade Federal do Pernambuco (UFPE, 2004), apresenta um panorama sobre a importância do uso de recursos multimídia na capacidade de captação e retenção de informações segundo os estímulos recebidos pelo ser humano. O estudo considera uma pessoa desprovida de necessidades especiais, pois para este público, a distribuição dos resultados seria diferente, considerando-se cada uma das necessidades distintas. Na tabela 1, abaixo reproduzida, os autores apresentam a distribuição dos estímulos que um ser humano recebe em condições normais durante a interação com o ambiente em que se insere. Na tabela 2, é evidenciada a relação entre a forma de apresentação de determinado conteúdo e a capacidade de retenção do mesmo. Nas tabelas 3 e 4, são apresentadas as capacidades de retenção da informação em função de determinado tempo.

Tabela 1 – Estímulos recebidos por uma pessoa em função dos sentidos (UFPE, 2004).

Sentido	Porcentagem
Gosto	1 %
Tato	1,5%
Olfato	3,5%
Audição	11%
Visão	83%

De acordo com os dados apresentados nas tabelas podemos facilmente notar o quanto somos suscetíveis aos estímulos recebidos através da visão e audição. A evidência de tais sentidos reafirma a importância da elegibilidade destes, quando nos propomos a trabalhar com o desenvolvimento de aplicações que tenham por objetivo a transmissão de informações para a criação do conhecimento. Na tabela 2, temos a confirmação de que a capacidade de retenção da informação, quando apresentada se fazendo uso de recursos audiovisuais, atrelados a uma didática que contemple a interação dos alunos para com o assunto estudado de maneira crítica e colaborativa, é incrementada significativamente.

Tabela 2 – Capacidade de retenção da informação em função das formas de apresentação (UFPE, 2004)

Forma de apresentação	Capacidade de retenção
Leitura	10%
Narração	20%
Vídeo sem som	30%
Vídeo com som	50%
Debate	70%
Debate e prática	90%

Uma das maneiras mais recorrentes de se confirmar a eficácia de determinado método é a aferição da capacidade de retenção do conteúdo apresentado em função do tempo. Neste contexto busca-se saber se determinada técnica, quando aplicada com base em determinado assunto, é suficientemente adequada e melhor do que as técnicas vigentes, no que tange a facilidade de assimilação do conteúdo e/ou capacidade de fixação deste conteúdo, mesmo com o decorrer do tempo. Neste sentido, através das tabelas 3 e 4, podemos verificar a eficácia dos meios audiovisuais multimídia quando comparada às técnicas que empregam apenas uma mídia para a transmissão da informação.

Tabela 3 – Dados retidos após três horas (UFPE, 2004).

Forma de apresentação	Capacidade de retenção
Somente oral	70%
Somente visual	72%
Oral e Visual	85%

Tabela 4 – Dados retidos após três dias (UFPE, 2004).

Forma de apresentação	Capacidade de retenção
Somente oral	10%
Somente visual	22%
Oral e visual	65%

Dados como estes ilustram a positividade do emprego da multimídia como recurso tecnológico empregado na educação, fato já apontado há algum tempo por diferentes autores, tais como Masuero e Gonzáles (1998), que defendiam o fato de que uma ferramenta multimídia bem empregada pode se mostrar superior aos recursos visuais de explanação tradicionalmente empregados em sala de aula.

Para Pereira (1999), a multimídia possibilita uma linguagem lúdica, onde o ato de divertir está intimamente vinculado à atividade de informar e educar. Além disso, o fato de melhorar o interesse e a atenção do aluno faz com que a multimídia promova uma melhor retenção da informação.

Guerra (2000), afirma que a multimídia é um recurso que parece ter uma vocação natural para a educação. Segundo o autor, sua introdução no ambiente escolar vem transformando as formas de aquisição do conhecimento. Uma interface multimídia bem projetada pode enriquecer o ambiente de aprendizagem e permitir que o aluno participe da construção do seu conhecimento.

Entre as aplicações multimídia mais utilizadas em ambiente escolar podemos destacar os jogos educacionais, normalmente distribuídos em CD-Rom's e que tem a intenção de servirem como ferramentas que divertem enquanto motivam, facilitam o aprendizado e aumentam a capacidade de retenção do que foi ensinado, exercitando as funções mentais e intelectuais do jogador (TAROUCO *et al*, 2004).

4.2. REALIDADE VIRTUAL

No capítulo 2 deste trabalho, discutimos as definições acerca da Realidade Virtual e Realidade Aumentada sob os pontos de vista histórico e tecnológico que nos auxiliam a compreender os conceitos relacionados a estas tecnologias.

Nesta seção o que se deseja é a discussão do uso da RV como ferramenta aplicada à educação. Assim, consideramos as definições já anteriormente apresentadas e, com base nelas, nos dedicamos à discussão proposta.

É bastante comum que sonhemos com possibilidades distintas das quais estamos acostumados a ter em mãos. Ao serem perguntados sobre “o que vão ser quando crescer”, as crianças costumam evidenciar estas possibilidades latentes e que mostram, usualmente, um sonho ou um encantamento inicial por algumas áreas muitas vezes surpreendentes. Respostas como: “quero ser um astronauta”, ou então, “um pirata”, ou ainda, “um médico”, não são tão incomuns; Independentemente das respostas obtidas, temos um cenário onde a criança exercita a sua imaginação e, com as informações que tem em mãos acerca das possibilidades que lhes são dadas, compõem tal resposta. O sonho inicial é, muitas vezes, frustrado pela realidade em que se insere esta criança e que, em alguns casos, torna o sonho de se tornar um médico tão distante quanto o de ser um pirata.

O que se pode perceber, também, é que a medida em que o tempo age, deixamos de lado tais convicções e as substituímos por realidades mais concretas. Perguntas como: “e se eu pudesse ir à lua?”, ou então, “e se eu pudesse estar num navio pirata?”, deixam de nos acompanhar e são substituídas por outros anseios.

A RV pode, neste contexto, servir como uma possibilidade de realimentação interior, a medida em que permite ao usuário responder a tais indagações e o fazer experienciar os modelos de realidade antes existentes apenas em sua imaginação. Assim como afirma Pinho (1996), a potencialidade da RV está exatamente no fato de permitir que exploremos alguns ambientes, processos ou objetos, não através de livros, fotos, filmes ou aulas, mas através da manipulação e análise virtual do próprio alvo do estudo (PINHO, 1996).

É sob esta luz, que a RV se insere no processo educativo, tentando dar ao aluno possibilidades de aprendizado distintas daquelas comumente encontradas em processos comuns. Estas possibilidades se traduzem, basicamente, na ampliação e potencialização das formas de interação do aluno para com o objeto de estudo.

Segundo Winn (1993), nós conhecemos nosso mundo e o ambiente que nos cerca de duas maneiras: a primeira, através de interações em primeira pessoa, e a segunda, a partir de descrições deste mundo feitas por terceiros.

Pinho (1996), também ressalta esta possibilidade de divisão da maneira que conhecemos o mundo em duas linhas, e evidencia que, nas experiências em primeira pessoa, o indivíduo conhece o mundo como resultado de suas interações diárias com ele. “Este tipo de conhecimento é direto, subjetivo e inconsciente, ou seja, não sabemos ou não temos claro que estamos aprendendo alguma coisa”. Na segunda forma, conhecemos o mundo como ele nos é descrito por alguém. “Este conhecimento é objetivo, consciente e explícito, ou seja, sempre sabemos quando estamos adquirindo-o, pois ele nos é ensinado por alguém”.

Como exemplo, tomemos uma situação hipotética na qual uma criança é instruída pelos pais para que não coloque o dedo na tomada de casa, pois se o fizer receberá um choque e este choque não lhe fará bem. A criança, sendo instruída, saberá que não deve mexer naquele espaço e que ela terá alguma consequência negativa em virtude do descumprimento do que lhe foi orientado. Esta criança obteve uma informação através da transmissão dos conhecimentos de seus pais. Este cenário ilustra uma experiência de aprendizado em terceira pessoa. Se, no entanto, a criança, ainda curiosa, resolvesse conferir aquilo que lhe foi descrito e colocasse o dedo na tomada, eventualmente receberia um choque, e teria a experiência negativa, antes descrita por seus pais, confirmada. Provavelmente, a criança não mais teria a necessidade de conferir a teoria, visto que a experiência se mostrara realmente negativa. Neste cenário temos um exemplo de aprendizado em primeira pessoa.

Experiências em primeira pessoa são naturais, privadas e predominam em nosso dia-a-dia na interação com o mundo. Nesta visão, a interação com o computador é uma experiência em terceira pessoa. Apesar de podermos manejar o mouse e o teclado com um nível de habilidade tal que se

torne automático, as informações apresentadas pela máquina sempre requerem uma reflexão antes de respondermos a elas novamente. Quando uma informação surge, é como se alguém estivesse contando para nós (WINN, 1993); (PINHO, 1996).

A idéia de imersão na RV, discutida anteriormente no capítulo 2, é exatamente buscar uma forma de permitir a interação com uma informação armazenada no computador através de uma experiência em primeira pessoa, onde o usuário não tenha que criar metáforas para relacionar o dado da tela com o real, mas sim, possa explorar o dado como se ele de fato existisse. Para Winn (1993), quando isso acontece, nossas experiências no mundo virtual podem ter exatamente a mesma qualidade que nossas experiências no mundo real. O conhecimento adquirido por ele é direto, pessoal, subjetivo e inconsciente; Em outras palavras, em primeira pessoa (WINN, 1993).

Segundo Winn (1993), de acordo com a teoria do construtivismo, a construção do conhecimento advém de experiências em primeira pessoa. Estas experiências, por serem pessoais e subjetivas, podem nunca ser completamente compartilhadas. A RV imersiva permite a experiência em primeira pessoa ao remover a interface que age como uma barreira entre o participante e o computador; Neste aspecto, a tecnologia de RV é única ao permitir que o participante tenha uma experiência pessoal com o ambiente programado.

Uma característica desta tecnologia que interessa à educação é o fato de adequar-se a diferentes formas de aprender, ou seja, adequar-se a cada estilo cognitivo. Para cada estilo, pode-se usar a Realidade Virtual de uma forma diferente (BARILLI, 2007). Para pessoas com problemas no entendimento de equações, teorias e princípios, a RV pode ser usada para materializar estas informações (PINHO, 1996). Em matemática, por exemplo, podemos utilizar a RV para representar visualmente os planos formados por determinada equação, e dar ao aluno a possibilidade de interagir com esta, a fim de facilitar o entendimento de conceitos muitas vezes abstratos.

Para aqueles que são visuais e não verbais, e preferem gráficos e imagens à explicações e fórmulas, a RV novamente é útil, principalmente em função de seu aspecto altamente visual. Em física, por exemplo, uma aplicação de RV pode dar ao aluno a possibilidade de visualizar conceitos como os de queda livre, entre outros, a fim de que a partir da experiência com o ambiente, ele possa compreender, na prática, o que seria explicado através de fórmulas e deduções simbólicas (BARILLI, 2007).

Para pessoas que preferem aprender pela exploração ao invés da dedução, a RV pode permitir a análise detalhada, muitas vezes impossível por outros meios. No entanto, para aqueles que aprendem melhor de forma ativa, interagindo com o ambiente, ao invés de um aprendizado reflexivo, ponderado e introspectivo, a RV pode criar ambientes altamente interativos, permitindo a manipulação direta com um ambiente que responda às ações do usuário (PINHO, 1996); (BARILLI, 2007).

Outras características são evidenciadas por Pantelidis (1995), no que se refere ao uso da RV aplicada à educação. A autora expõe diversas razões que justificariam e que são motivadoras para a adoção da RV como ferramenta aplicada a este contexto. Dentre elas destacam-se:

- Maior poder de ilustração adquirido pelo uso da tecnologia de RV, em comparação com outras mídias;
- Maior motivação dos usuários;
- Pode encorajar a colaboração entre os usuários;
- Permite que pessoas deficientes realizem tarefas que de outra forma não seriam possíveis;
- Permite que o aprendiz desenvolva o trabalho no seu próprio ritmo;

- Permite que haja interação, e desta forma estimula a participação ativa do estudante;
- Provê experiências com novas tecnologias atualmente em uso.

Cabe ressaltar, ainda, a posição defendida por Winn (1993) quanto aos atributos específicos desta tecnologia que deveriam ser explorados quando de sua aplicação na área de educação. Ao defender que a RV permite ao processo educativo alcançar a mesma qualidade das experiências em primeira pessoa, o autor ressalta, também, quais seriam as principais contribuições desta relação. Para ele, por se tratar de um ambiente totalmente digital, a RV permite ao participante, três formas de construção do conhecimento que não poderiam jamais ser oferecidas no mundo real, mas se mostram como importantes fatores quando aplicados ao ambiente educacional. As três características elencadas são denominadas como: “tamanho”, “transdução” e “reificação”.

No que se refere à característica relacionada ao “tamanho”, o autor evidencia que a imersão nos mundos virtuais permite mudanças radicais no tamanho relativo entre o participante e os objetos virtuais. No mundo virtual é possível aproximar-se ou afastar-se infinitamente de determinado objeto. No que diz respeito à educação, esta característica tem grandes aplicações, por exemplo, quando é permitido ao aluno aproximar-se de uma parede de tal forma que adentre em sua estrutura e possa, a partir daí, observar o arranjo dos tijolos e estruturas tubulares usadas em sua construção. Sendo necessário, o aluno poderia se aproximar ainda mais do objeto de estudo e passar a interagir com os átomos que compõem os elementos integrantes da parede.

Noutra mão, o aluno pode fazer uso da possibilidade de distanciamento infinito, a fim de poder visualizar o arranjo existente entre a sala em que inicialmente se encontra, com seu bairro, cidade, estado, país, continente, tudo a partir de uma interação em primeira pessoa. Possibilidades impossíveis aos sistemas tradicionais.

No que se refere à característica de “transdução”, o autor ressalta a capacidade que o sistema de RV possui de tornar presente ao usuário informações antes imperceptíveis. Neste contexto, seria possível ao estudante a interação com o mundo virtual, a fim de que as informações que não nos costumam ser possíveis compreender, nos sejam evidenciadas. Para que tal fato seja possível, o sistema usa os hardwares específicos (transdutores) tal como os óculos HMD e os fones de ouvido.

O que é importante para educação, no que se refere a este contexto, é exatamente a possibilidade de experienciar o mundo a partir de outros pontos de vista. Como exemplo, pode-se citar uma aplicação na matéria de física, na qual o aluno, fazendo uso de HMD, pode interagir com o mundo virtual observando-o sob outras faixas de luz, tal como a ultravioleta ou a infravermelha, possibilidade remota no que diz respeito às alternativas que temos sem nos valermos de tais tecnologias.

A terceira característica ressaltada por Winn (1993), trata da “reificação”. Esta característica ressalta a capacidade do sistema de RV em transformar um conceito abstrato em realidade concreta. O autor sublinha que as características que tornam possíveis a alteração de tamanho e transdução dão aos estudantes experiências em primeira pessoa que não seriam possíveis de outra maneira; “algumas destas experiências resultam de simulações de aspectos de eventos e objetos reais, tais como átomos ou luzes. Outros, resultam de representações de objetos e eventos que não tem formas físicas, tais como expressões algébricas”, é exatamente na segunda possibilidade que se delinea a característica de “reificação”.

Os principais centros de pesquisa a respeito do emprego da tecnologia de RV na educação, são os Human Interface Labs (HITLAB, 2009) (HITLABNZ, 2009), que mantém pesquisas com o objetivo geral de determinar se, e como, os ambientes virtuais imersivos podem contribuir para o incremento da

compreensão quando comparado com técnicas de ensino que não fazem uso das tecnologias imersivas.

A principal crítica ao uso desta tecnologia aplicada à educação fica em torno das mesmas características apresentadas anteriormente neste trabalho, a respeito da não popularização da tecnologia de RV. O custo oneroso para produção, implementação e manutenção do sistema ainda são barreiras a se transpor.

Alternativamente aos sistemas de RV imersivos surgem os sistemas de RV não imersivos que se configuram normalmente como sistemas de simulação. Neste contexto, destaca Barilli (2007), temos o *Second Life* como maior representante do uso desta tecnologia aplicada à educação e, ao mesmo tempo, como uma alternativa de acesso à tecnologia de RV mais barata.

O *Second Life* (figura 30), é um ambiente virtual e tridimensional que simula em alguns aspectos a vida real e social do ser humano. Pode ser entendido como um “ambiente paralelo”, no qual o indivíduo prolonga sua vida real através da expansão de sua rede de convívio em um ambiente virtual (BARILLI, 2007).

No que se refere a ambientes educativos, as aplicações do *Second Life* têm sido utilizadas para expandir a interação entre as comunidades de aprendizagem, onde os estudantes participam de eventos acadêmicos. Neste ambiente é possível interagir com professores e colegas a partir da interação proporcionada por um avatar (personagem que representa o usuário no ambiente modelado e permite a exploração dos recursos do ambiente virtual). Apesar de mais acessíveis, estes sistemas são criticados por Winn (1993), pois deixariam de oferecer exatamente o maior ganho que se pode esperar quando do uso de sistemas de RV aplicados à educação: a capacidade de tornar possíveis as experiências em primeira pessoa.



Figura 30 – Ambientes do Second Life para educação (BARILLI, 2007).

Para Barilli, no entanto, a defesa de ambientes como o *Second Life* se dá a partir de uma delimitação de suas capacidades. Segundo a autora, sistemas como este têm sido entendidos como Ambientes Virtuais Colaborativos (CVEs – *Collaborative Virtual Environments*). Nestes ambientes, os participantes encontram-se simultaneamente presentes em um mundo que simula o real, ou até mesmo o imaginário, podendo interagir entre si ou com elementos em tempo real. A comunicação, geralmente, é realizada através de uma ferramenta de bate-papo (chat) ou na forma de áudio ou videoconferência. Para a autora, os CVEs são interessantes para a educação porque fomentam a percepção mútua, a noção de compartilhamento e cooperação e, principalmente, o convívio social dentro de um cunho educativo – pressuposto do sócio construtivismo (BARILLI, 2007).

4.3. REALIDADE AUMENTADA

Como já discutido anteriormente neste mesmo trabalho, apesar de bastante inovadora e de vasto potencial de aplicabilidade, a RV tem se mostrado um tanto quanto inacessível para a maioria do grande público. O emprego de sistemas de simulação de vida, tal como o *Second Life*, apesar de interessante e, sob alguns aspectos, contribuir para a ampliação das capacidades de comunicação aluno-professor, por exemplo, deixam de oferecer grande parte dos atributos relativos à tecnologia de RV.

Nesta seção nos debruçamos sobre o uso da tecnologia de RA aplicada à educação. Consideramos aqui os conceitos já discutidos no capítulo 2 deste trabalho e nos focamos em apresentar os principais conceitos relacionados ao uso desta tecnologia quando aplicada à educação, assim como, posteriormente, a apresentar e discutir algumas das principais aplicações implementadas neste contexto.

Podemos considerar, que a RA já nasce uma tecnologia intrinsecamente ligada à área da educação. Como vimos, em seu surgimento, os autores Caudell e Mizell (1992) observavam que o esforço para se montar uma aeronave vinha crescendo cada vez mais, e a mão de obra tinha de ser constantemente atualizada, a fim de que o resultado final fosse alcançado adequadamente. Uma alternativa encontrada a fim de diminuir os encargos financeiros relacionados a este processo, foi a utilização de “uma tecnologia usada para ‘aumentar’ o campo de visão do usuário com informações necessárias na realização de determinada tarefa”. Este cenário nos permite afirmar que desde seu surgimento, a RA tem ligação com processos de instrução, de fazer compreender e de tornar mais fácil o processo de aprendizado e realização de determinada tarefa.

Não é incomum que encontremos exemplos de artigos que usam as características atribuídas a sistemas de RV imersiva para justificar o emprego da RA não imersiva em determinados trabalhos, tal como encontrado em Luz *et al* (2008). O que se observa, no entanto, é que a correlação entre os benefícios advindos de ambas as tecnologias não é direta. Em outras palavras, o uso da tecnologia de RA não tem os mesmos efeitos que o uso da tecnologia de RV. Ainda que se assemelhem no que diz respeito ao fato de que podem se mostrar de grande valia para o ambiente em que são aplicadas, as justificativas que alicerçam o emprego das tecnologias devem ser distintas.

A principal diferença entre o emprego de uma ou outra tecnologia versa exatamente sobre o aspecto mais caro da tecnologia de RV. Enquanto nesta opção os participantes têm a possibilidade de tomarem parte de uma experiência em primeira pessoa, evidenciada pela flexibilização da fronteira entre humano-computador, em aplicações que se baseiam em RA não imersiva, tais características não se aplicam.

Por se tratar de uma aplicação que normalmente utiliza sistema de visualização indireta, a RA não imersiva não provê a flexibilização da fronteira existente entre o usuário e o computador; Tal característica diminui a sensação de imersão e, conseqüentemente, a possibilidade de se atingir a potencialidade de aplicação que permite a experimentação dos conceitos em primeira pessoa.

Posto isso, podemos considerar que a RA tem características próprias que a justifica como uma tecnologia a ser aplicada no processo educacional. Billinghamst (2002) evidencia o fato de que, ao contrário da RV imersiva, a interface de RA permite ao usuário ver o mundo real ao mesmo tempo em que imagens virtuais são alocadas sobre este mundo. A partir desta observação são feitas as considerações que defendem o uso da RA.

Para o autor, a tecnologia de RA se apresenta madura o bastante, a ponto de poder ser empregada a uma grande variedade de aplicações. A

educação, porém, seria uma área para a qual esta tecnologia se apresentaria especialmente valiosa. Para Billinghamurst (2002), a experiência educacional ofertada pela RA é diferente das possíveis a partir do emprego de outras tecnologias computacionais, principalmente por, com o uso de RA, ser possível o desenvolvimento de aplicações que apresentem três principais características: suporte à interação direta entre ambientes real e virtual; Uso de interfaces tangíveis para a manipulação de objetos; Possibilidade de proporcionar uma transição gradual entre a realidade e a virtualidade.

A primeira característica trata da interação que a aplicação desenvolvida em RA proporciona em relação a outras possibilidades de emprego de tecnologias computacionais. O autor evidencia o consenso do fato de que a interação entre os estudantes é de grande valia para o processo de aprendizado. Segundo Billinghamurst (2002), os estudantes trabalham melhor se estão focados em um ambiente de trabalho comum. Quando os estudantes estão trabalhando ao redor de uma mesa, por exemplo, o espaço entre eles é usado para compartilhar sinais de comunicação através do olhar, gestos e comportamentos não-verbais. No entanto, esta característica é difícil de se conseguir nos sistemas mais comuns de uso do computador como suporte à educação. Os participantes da atividade, trabalhando em computadores separados, ainda que dispostos lado-a-lado, não têm o mesmo rendimento que teriam se estivessem trabalhando em volta de uma única máquina.

O autor observa, ainda, que mesmo quando o grupo interage com uma aplicação em um único computador, o padrão de comunicação entre os participantes é diferente do que se observa em eventos sem o uso do computador. Este fato se dá, pois quando os participantes interagem em frente ao computador, eles ainda estão dispostos lado a lado e sua atenção é focada no espaço do monitor. Neste caso, o espaço de trabalho é parte do espaço do monitor e é separado do espaço de intercomunicação pessoal. Em interfaces desenvolvidas com RA, os participantes podem ser alocados ao redor de uma mesa e vêem uns

aos outros ao mesmo tempo em que vêem o objeto virtual. Este ambiente resulta em uma possibilidade de comportamentos de interação mais similares à colaboração natural face-a-face do que a conseguida através da implementação de atividades baseadas em monitor de computador (KIYOKAWA *et al*, 2002).

A segunda característica da RA ressaltada pelo autor trata das interfaces tangíveis que são usadas como metáfora para a manipulação dos objetos virtuais. Conforme salientado pelo autor, o processo educacional se utiliza comumente de objetos físicos para dar significado a conceitos abstratos. Na RA, há uma relação bastante íntima entre os objetos físicos e virtuais. Os objetos físicos podem ser enriquecidos de maneiras normalmente impossíveis, tais como através da sobreposição de informações adicionais atreladas a estes objetos.

As aplicações de RA que se utilizam desta característica são implementadas levando-se em conta sua capacidade de usar objetos físicos para manipular as informações virtuais de uma maneira intuitiva. Nestas aplicações, pessoas sem grande conhecimento de computação podem ter uma experiência de interação bastante rica, pois não há mouse ou teclado para serem operados. Esta propriedade habilita a todos, desde os educandos mais jovens, a terem contato e autonomia com a tecnologia e, assim, participarem de uma rica experiência educacional (BILLINGHURST, 2002).

A terceira característica sublinhada pelo autor trata da possibilidade oferecida pela tecnologia de RA de se construir aplicações que transitem gradualmente entre as possibilidades de interfaces computacionais.

No capítulo 2 deste trabalho, foi citada uma definição dada por Milgram (1994), onde ele aponta a RA em um lugar definido dentro de um *continuum* real-virtual. O mesmo conceito é trazido por Billinghurst para definir o contexto em que se insere a defesa da terceira característica da RA, útil para a área da educação. Neste contexto, o autor reafirma que, segundo Milgram, a interface do computador pode ser alocada em um *continuum* de acordo com o

quanto o mundo do usuário é criado pelo computador (figura 31). Movendo-se da esquerda para a direita, a quantidade de imagens virtuais, geradas pelo computador, aumenta e a conexão com a realidade diminui. A tecnologia de RA pode ser, segundo o autor, usada para transpor gradativamente o usuário ao longo deste *continuum* (BILLINGHURST, 2002). Uma implementação prática deste conceito será evidenciada adiante, quando discorrermos sobre o MagicBook (BILLINGHURST; KATO; POUPYREV, 2001).



Figura 31 – Continuum real-virtual proposto por Milgram (1994). Extraído de (BUCCIOLI; ZORZAL; KIRNER, 2006).

4.4. APLICAÇÕES DE REALIDADE AUMENTADA NO CONTEXTO EDUCACIONAL

Ao percorrermos as tecnologias computacionais apresentadas, pudemos perceber o quanto cada uma delas tem características bastante significativas no que diz respeito ao seu emprego aliado ao processo educativo. Numa visão geral, poderíamos afirmar que, dentre elas, a RA tem especial

potencialidade neste contexto, pois pode englobar as características da tecnologia multimídia, ao transmitir informações em diferentes formatos, como áudio, objetos 3D e textos, ao mesmo tempo em que dá ao ambiente educacional possibilidades próprias que se assemelham em efetividade às características da RV, tal como o fator de interação natural com o ambiente virtual através dos objetos tangíveis. Este fato, atrelado a uma característica bastante incisiva quando nos propomos à ampliação do acesso a recursos tecnológicos - o valor final, que para o desenvolvimento de uma aplicação em RA se mostra bastante competitivo -, nos permite acreditar em seu potencial e nos habilita a um estudo mais focado em aplicações para o ambiente educacional que já se utilizaram desta.

Desde os experimentos de Caudell e Mizzel, quanto à utilização da RA no processo de treinamento de funcionários, até os dias de hoje, diversas pesquisas tem se focado, ao redor do mundo, no estudo das contribuições que possam haver no emprego da RA no contexto educacional. No Brasil, este cenário não é diferente. Uma visão geral da efervescência desta área no país pode ser obtida ao se observar os dados referentes a um evento específico da área (figura 32).

Considerando-se os dados do 5º Workshop de Realidade Virtual e Aumentada (WRVA, 2008), temos que, dos 41 artigos e pôsteres apresentados no evento, 14 têm uma ligação direta com o desenvolvimento de aplicações ou análise de propostas de uso da RA na educação.

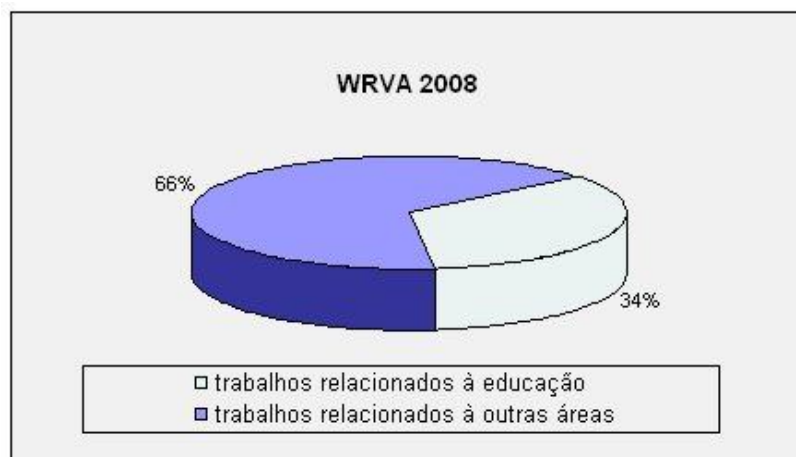


Figura 32 – Visão geral dos trabalhos publicados no WRVA 2008, segundo a área de aplicação.

Como pode ser observado no gráfico (figura 32), 34% dos trabalhos publicados no evento tem a área de educação como objeto de suas pesquisas. De maneira geral, isso pode indicar que, aproximadamente uma a cada três pesquisas realizadas no país, naquele ano, e que foram submetidas e aprovadas para a apresentação no evento, se ocupavam deste assunto. Este fato nos reafirma a questão de que a pesquisa de RA aplicada à educação se apresenta bastante atual, além de que a comunidade acadêmica têm mostrado ainda bastante interesse em analisar as reais contribuições desta tecnologia quando aplicada na realidade nacional.

A seguir, são apresentadas algumas das principais aplicações desenvolvidas no mundo, e que serviram (e ainda servem) como inspiração para o desenvolvimento de outros projetos; Posteriormente, apresentamos algumas aplicações desenvolvidas no Brasil e que também se consolidam como exemplos de elevado valor potencial.

4.4.1. CONSTRUCT3D

Desenvolvido na *Vienna University of Technology*, usando o Studierstube, ferramenta de autoria para sistemas de RA já discutida no capítulo 2 deste trabalho, o Construct3D é uma aplicação que se destina ao ensino de geometria que pode ser aplicada ao ensino médio e ensino superior (KAUFMANN; SCHMALSTIEG; WAGNER, 2000). A ferramenta permite a construção de objetos geométricos tridimensionais, permitindo também a colaboração entre os participantes de determinada aplicação.

A principal vantagem do uso de RA para a construção de objetos geométricos, é que os alunos realmente podem ver e interagir com os objetos tridimensionais que, de outra maneira, teriam que ser calculados e construídos com os métodos tradicionais (principalmente caneta e papel) (KAUFMANN, 2004). O Construct3D oferece funções para a construção de pontos no espaço, construção de primitivas geométricas bidimensionais e objetos geométricos tridimensionais. Ele fornece funcionalidade para operações geométricas planares e espaciais sobre os objetos modelados, permite realizar medições sobre os mesmos e configurar as características de estruturação dos elementos que compõem cada objeto (KAUFMANN, 2004).

O Construct3D promove e apóia o comportamento exploratório através de geometrias dinâmicas. Isto significa que todas as entidades geométricas podem ser continuamente modificadas pelo usuário e as entidades dependentes destes objetos modificados manterão as suas relações geométricas. Por exemplo, movendo-se um ponto disposto sobre a superfície de uma esfera resulta-se numa mudança do raio desta esfera (KAUFMANN, 2004).

Os participantes interagem com a aplicação construindo, modificando e analisando os objetos virtuais, fazendo uso de óculos HMD para a visualização e outros dispositivos específicos para a manipulação destes objetos (figura 33) (KAUFMANN; SCHMALSTIEG; WAGNER, 2000).

Segundo as pesquisas realizadas, os autores observam que o uso do Construct3D se mostra bastante promissor no que se propõe, e sublinham o fato de que a aplicação não foi criada para ser um modelador 3D profissional, mas sim uma ferramenta de construção 3D, sem animação, num ambiente de RA imersivo e com propósitos educacionais. Os estudantes, trabalhando diretamente no espaço 3D, podem compreender problemas e relações espaciais melhor e mais rápido que nos métodos tradicionais. Assim como afirmam os autores, o Construct3D não têm a intenção de substituir o ensino tradicional ou o baseado em CAD, mas sim somar-se a estes (KAUFMANN *et al*, 2005).

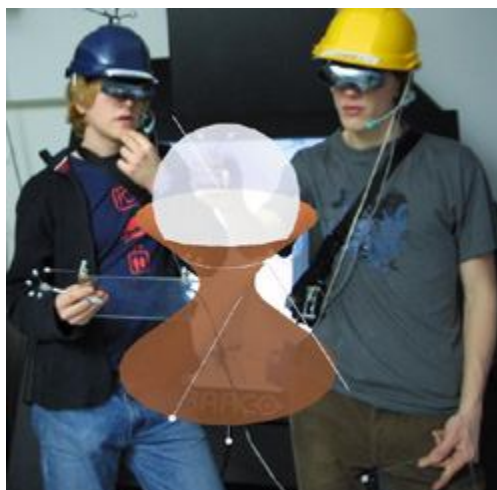


Figura 33 – Usuários interagem com objeto geométrico tridimensional na aplicação Construct3D (TUWIEN, 2009).

4.4.2. MAGICBOOK

Como exposto anteriormente, uma das características da RA que a torna uma tecnologia significativa para aplicações no contexto educacional, diz respeito à capacidade de se configurar como uma interface de transição gradual entre o ambiente real e o ambiente totalmente virtual (RV). Esta possibilidade é materializada pelo MagicBook, no qual um livro real é usado como objeto tangível para a interface de RA. Diversos usuários podem ler o livro normalmente, assim como acontece com qualquer livro comum, entretanto, quando estes usuários olham para as páginas do livro através de um dispositivo especial, conhecido como *handheld display*, eles podem ver uma cena virtual, composta pelos personagens da estória, construídos tridimensionalmente e sobrepostos à página do livro real (figura 34) (BILLINGHURST; KATO, 2002). Assim, os usuários podem ver a cena de RA sob qualquer ângulo, movendo-se ao redor do livro ou simplesmente movimentando o livro.

Os usuários podem alterar as cenas virtuais apresentadas simplesmente alterando-se a página do livro que está sendo exibida. Quando eles vêem uma cena que gostam em particular, eles podem adentrar às cenas e experienciar as histórias através de um ambiente imersivo, caracterizando-se numa aplicação em RV. Neste modo de visão, os usuários podem se mover livremente através da cena e interagirem com os personagens exibidos. Deste modo, os usuários podem ter uma experiência de todo o *continuum* real-virtual (BILLINGHURST, 2002).

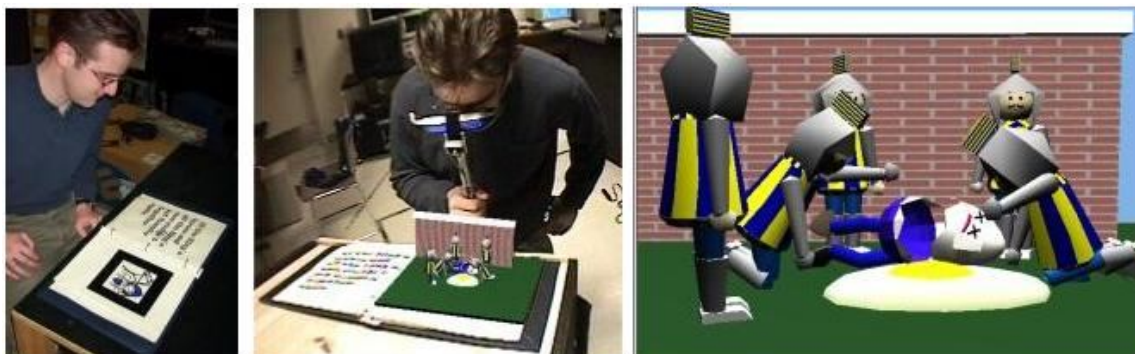


Figura 34 - Usuário usando o MagicBook para se mover entre a realidade, RA e RV (BILLINGHURST, 2002).

As características oferecidas pelo MagicBook o tornaram uma das mais conhecidas aplicações de RA no contexto educacional. Diferentes artigos a citam como fonte buscada para o desenvolvimento de diversas outras aplicações. O que se observa é que o usuário, interagindo com a história em um livro enriquecido com a RA, tem maior interesse e dispõe de mais atenção para com o conteúdo exibido. Esta característica é encarada como de muita valia quando pensamos no desenvolvimento de uma aplicação para o contexto educacional. Por estes motivos o conceito de livro virtual foi bastante empregado por diversas pesquisas e também no Brasil.

Como se pode notar, porém, o Construct3D, assim como o MagicBook, não se apresentam como alternativas absolutamente acessíveis. Ambos recorrem a sistemas de visualização específicos, que podem dar ao usuário a sensação de imersão nas aplicações desenvolvidas, mas que, também, os tornam mais caros.

Para uma realidade mais próxima da qual estamos inseridos, uma adaptação nestas aplicações poderia se mostrar significativa, principalmente no que diz respeito à busca da não necessidade de dispositivos especiais para que a interação entre o usuário e o ambiente de RA pudesse ocorrer. Nas seções a seguir abordamos algumas iniciativas que tem este viés.

4.4.3. PROJETO SICARA

O projeto SICARA (Sistema Complexo Aprendente com Realidade Aumentada), desenvolvido na UNIMEP sob a coordenação do Prof. Dr. Cláudio Kirner, tem como objetivo geral, a construção de diversas ferramentas de aprendizagem que, enriquecidas com RA, enfatizam a integração do aprendizado lúdico com o formal.

O autor se baseia na característica da interação com os objetos tangíveis, proporcionada pela tecnologia de RA, para defender o desenvolvimento dos aplicativos integrantes do projeto. Para ele, o uso do mouse, por exemplo, requer controle motor e certo grau de abstração, exigindo a movimentação do dispositivo na mesa para obter-se a movimentação do cursor no monitor, além do acionamento de seus botões com funções específicas. No entanto, a movimentação de uma pázinha, como aquela que as crianças usam para pegar areia, ou a manipulação de pequenos blocos de madeira, são atividades corriqueiras das crianças (KIRNER, 2008b).

Nesse sentido, observou-se que a movimentação de objetos reais, como pás e blocos em uma área bem delimitada na frente de uma webcam, poderia ser mostrada no monitor, movimentando objetos virtuais coloridos, animados e sonorizados, e assim, atraindo a atenção das crianças. Isto pode ser conseguido com a utilização da RA em um ambiente formado simplesmente por um microcomputador com uma webcam conectada, executando uma aplicação desenvolvida com um software aberto e gratuito (KIRNER, 2008b).

Diferente das aplicações até aqui relatadas, o projeto SICARA previa o desenvolvimento de aplicações de baixo custo que pudessem ser facilmente empregadas em diferentes ambientes educacionais. Para tal, a RA não imersiva foi elencada como a mais indicada, pois assim o custo final da implementação se tornaria mais acessível. No projeto foram desenvolvidas três aplicações, sendo elas: um livro enriquecido com RA, chamado de LIRA; um sistema de aprendizado de matemática, chamado de Aritmética; e um jogo em RA, a Torre de Hanói.

Em comum, além do objetivo geral e do requisito de serem acessíveis ao grande público, temos o fato de que as três aplicações foram implementadas com o ARToolKit, ferramenta já apresentada no capítulo 3 deste trabalho.

4.4.3.1. LIRA

O projeto do Livro Interativo com Realidade Aumentada (figura 35), se inspira no MagicBook ao propor um livro que é enriquecido com objetos virtuais, a fim de tornar o processo de leitura e compreensão dos conteúdos mais dinâmicos, motivadores e facilitados.

Em suas diversas versões, o LIRA foi sendo refinado, a fim de permitir que, além dos objetos virtuais com animações, o usuário pudesse receber uma maior quantidade de informação ao exibir o marcador impresso nas páginas do livro para a webcam. Em sua última versão, o LIRA apresenta, também, a

possibilidade de *feedback* sonoro, além da exibição dos objetos virtuais animados. Este fato permitiu ao trabalho alcançar novos públicos e passou-se a pesquisar sua aplicação em ambientes de educação especial.

Assim como explica Ferraz (2006), um dos autores relacionados a uma das versões do livro, o projeto vem com a proposta de ajudar no processo de veiculação da educação, tanto para usuários portadores de necessidades especiais, quanto para o leitor sem essas necessidades. O processo acontece por meio da reunião das informações difundida através de vários meios: O visual, com textos, imagens e animações, e o sonoro, com a narração e apresentação de ruídos característicos.

Reunindo todos os processos, é possível utilizar o mesmo material para diferentes usuários, sendo estes portadores de necessidades especiais ou não, e deixando com que as informações sejam manipuladas pelos próprios usuários, permitindo-os chegar sempre que quiserem ao ponto de maior interesse.

Assim como explica Kirner (2008b), ao colocar o livro em frente a uma webcam, o usuário verá as ilustrações 3D animadas e sonorizadas sobre a imagem do livro que aparece no monitor. Quando o usuário manipular o livro, as ilustrações 3D irão juntas. Além disso, usa-se uma placa que, ao ser colocada no ambiente, faz a mudança da ilustração 3D e a troca do som (placa controle). Há um potencial de aplicação educacional muito grande de uso desse livro potencializado com RA, tanto para pessoas não portadoras de necessidades especiais, quanto para portadores. O deficiente auditivo pode usar o livro, explorando seus aspectos visuais, enquanto o deficiente visual pode usá-lo, explorando os sons associados, incluindo ruídos, músicas e voz (texto falado e locução) (KIRNER, 2008b).



Figura 35 – Usuário interage com o LIRA (KIRNER, 2008b).

4.4.3.2. ARITMÉTICA

O sistema de aprendizagem de aritmética (como ilustrado anteriormente na figura 26), envolvendo as quatro operações, foi desenvolvido mediante adaptação do software ARToolKit, para funcionar com placas de exemplos de operações, além de uma placa de controle de seqüência e acionamento de som.

O objetivo do sistema é permitir que crianças, em fase de pré-alfabetização ou em fase de alfabetização, possam ver e ouvir alguns exemplos de operações aritméticas básicas, no sentido de aprimorar a aprendizagem. O sistema pode ser configurado para disponibilizar outros exemplos, de forma que professores possam ajustá-lo, de acordo com suas necessidades (KIRNER, 2008b).

Este sistema se apresenta como uma relevante aplicação para o ensino de matemática, no que diz respeito ao emprego da tecnologia de RA neste contexto, e pode ser baixado gratuitamente no site do projeto. Segundo Kirner (2008b), novas versões da aplicação estão em andamento e, em breve, poderão ser disponibilizadas ao público.

4.4.3.3. JOGO – TORRE DE HANOI

A terceira aplicação integrante do Projeto SICARA defende o uso do jogo/desafio da Torre de Hanói, como mote para o desenvolvimento de atividades que auxiliem no aprendizado de recursividade em disciplinas de Ciência da Computação, por exemplo, além de servir como tema de estudos em realidade virtual e aumentada, em função de suas características de interação (KIRNER, 2008b).

O problema da Torre de Hanói envolve um ambiente formado por uma base, contendo 3 pinos, onde, em um deles, há uma pilha de discos furados no meio e de diâmetros diferentes, ordenados de forma que o disco maior esteja em baixo e o menor esteja em cima, formando assim uma torre. O desafio consiste na transferência da torre de um pino a outro, obedecendo as seguintes restrições:

- a) Só é possível movimentar-se um disco por vez para qualquer pino;
- b) Um disco maior nunca poderá ser colocado sobre um menor;

c) A solução deverá ser encontrada com o menor número de passos possível.

Segundo o autor, a aplicação envolvendo a solução do jogo com o uso de RA ainda não está disponível para *download*, entretanto existe uma aplicação que pode ser acessada *online* e que permite ao usuário experimentar parte da interatividade a ser oferecida com o jogo, a partir da interação proporcionada por uma aplicação desenvolvida na linguagem VRML (figura 36).

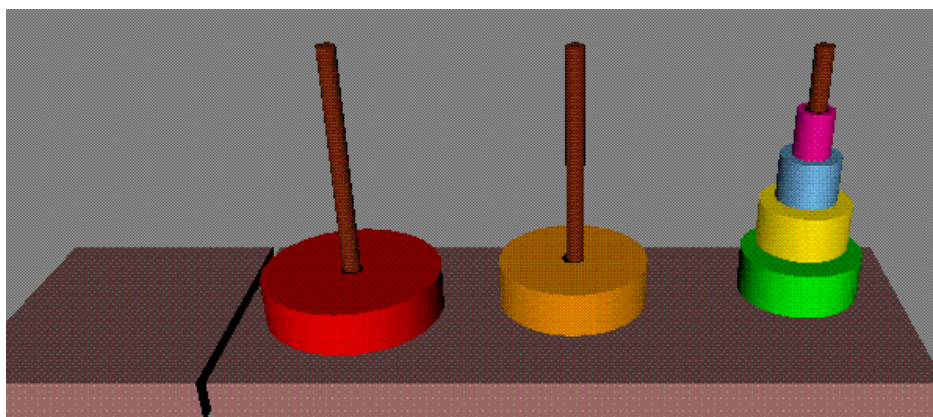


Figura 36 – Jogo Torre de Hanoi disponível online (KIRNER, 2008b).

4.4.4. OUTRAS APLICAÇÕES

Além dos trabalhos já abordados, diversas outras iniciativas foram desenvolvidas no Brasil com o intuito de contribuir para o avanço nas pesquisas relacionadas ao uso da RA no contexto educacional. Nesta seção, ainda que sem a intenção de listar todos os trabalhos desenvolvidos neste sentido, ressaltamos

alguns que também se destacaram por suas abordagens ou pela contribuição prática/conceitual para o desenvolvimento da área.

Neste contexto, destacam-se, por exemplo, algumas pesquisas desenvolvidas na Universidade Federal do Rio de Janeiro, através de seu Grupo de Realidade Virtual Aplicada, onde desenvolveram algumas aplicações que se destinam ao ensino infantil, como o Livro Infantil com uso de Realidade Aumentada (figura 37), uma aplicação inspirada no LIRA, mas aplicada especificamente a contação de histórias infantis (NOGUEIRA; GOMES; CUNHA, 2006). Assim como o LIRA, este livro virtual difere do MagicBook por não necessitar de hardwares específicos para seu funcionamento, baseado em RA não imersiva.



Figura 37 - Pesquisadora demonstrando seu protótipo de livro enriquecido com RA (LIMA; CUNHA; HAGUENAUER, 2008).

Outro exemplo a se ressaltar, desenvolvido pelo mesmo grupo de pesquisas, é a aplicação que se debruça sobre o uso da Realidade Virtual no ensino da Geometria Descritiva, levando-os a desenvolver O VSTARGD - Visualizador de Superfícies Tóricas em Geometria Descritiva com o uso de

Realidade Aumentada (figura 38). Conforme explicam os autores, no VSTARGD pode-se escolher entre vinte e uma opções diferentes de modos de visualização dos objetos, sendo que três são animadas com movimento, que permitem ao usuário ver com detalhes o resultado de diferentes cortes num toro aberto, incluindo a visualização do teorema da seção bitangente (LIMA; CUNHA; HAGUENAUER, 2008).

Como resultados, os autores explicam que a experimentação desses diferentes modos de visualização complementar, permite o desenvolvimento da chamada Inteligência Espacial, categoria entendida pelos autores como fundamental para o domínio da Geometria Descritiva (LIMA; CUNHA; HAGUENAUER, 2008). O aplicativo permite, ainda, a manipulação de diferentes objetos a escolha do usuário, assim como da perspectiva de projeção dos mesmos.

Ainda no que se refere às aplicações relacionadas à área de matemática, destaca-se, também, a proposta desenvolvida na Universidade Federal do Pará, que propõe o uso de marcadores reconfiguráveis (MEIGUINS; ALMEIDA; OIKAWA, 2006). Tais marcadores, utilizados pela biblioteca ARToolKit, podem ter seus elementos alterados pelo usuário ao mudar sua configuração, seguindo uma legenda, e conseqüentemente, os modelos virtuais também se alteram em tempo real. Sua primeira aplicação foi para o ensino da Geometria Espacial (figura 39).

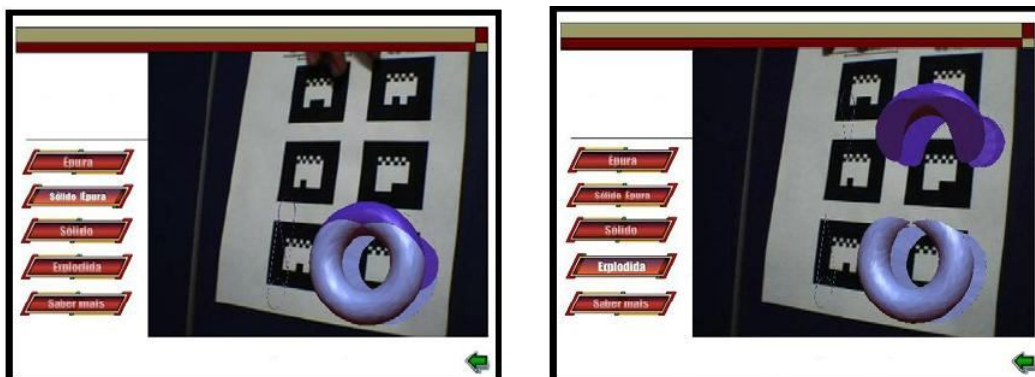


Figura 38 – Aplicação VSTARGD (LIMA; CUNHA; HAGUENAUER, 2008).

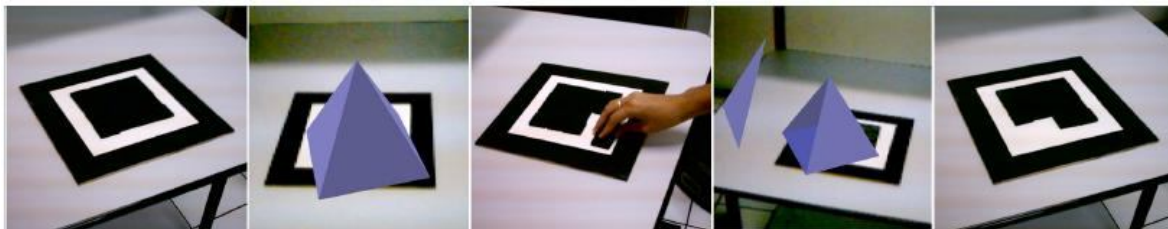


Figura 39 – Usuário reconfigura o marcador e o objeto virtual é modificado (MEIGUINS; ALMEIDA; OIKAWA, 2006).

No que diz respeito a jogos pedagógicos, há diversas aplicações que têm a proposta de, através do uso da RA, enriquecer e dar ao professor uma ferramenta a mais no que diz respeito ao processo de ensinar. Neste contexto, destacam-se diversas iniciativas, tal como o Jogo Pedagógico Enriquecido com Realidade Aumentada (figuras 40 e 41) (FORTE; DAINESE; KIRNER, 2005). Este trabalho explora a RA através de sua aplicação a um jogo de tabuleiro adaptado, procurando-se mostrar que é possível construir ambientes favoráveis para que usuários com deficiência auditiva ou visual, e usuários não deficientes, possam interagir uns com os outros em condições normais. Segundo os autores, isso contribui para a inclusão social dos deficientes e a universalização das interações, além de permitir-lhes um incentivo extra em relação ao aprendizado, através do incremento do ambiente real com os objetos virtuais.

A proposta do jogo é uma mistura entre os jogos tradicionais de tabuleiro com os recursos de RA aplicados através do programa ARToolkit. O jogo é composto por um tabuleiro, um dado especial para cegos, pequenos carros que percorrem as casas, placas e os elementos computacionais necessários para a aplicação da RA. Seu objetivo é, através de lançamento de dado, ir avançando no tabuleiro com o carrinho tangível, obedecendo ao que lhe é indicado pelos objetos virtuais (no caso do deficiente auditivo, que pode ler e interpretar os comandos dados pelo computador através da visão), e também por estímulos sonoros (para o jogador deficiente visual, que terá a possibilidade de cumprir corretamente com suas tarefas no jogo respeitando o que a narração lhe indica). O usuário que chega primeiro ao final do tabuleiro (final da estrada na qual o carrinho se desloca) é o ganhador.

Assim como explicam os autores, o propósito desse trabalho é apresentar a Realidade Aumentada como uma ferramenta eficaz no trato de jogos educacionais envolvendo pessoas com deficiência auditiva, visual ou para àquelas não portadoras de nenhuma deficiência. Mais do que isso, o jogo descrito tem a capacidade de integrar pessoas com realidades físicas e comportamentais diferentes num único ambiente, reforçando a idéia de cidadania, além de incluí-los socialmente. Se para o usuário corriqueiro o jogo pode oferecer recursos didáticos extras e motivadores, como a interação através da manipulação de objetos virtuais, para os deficientes visual e auditivo o jogo certamente pode estimular e reforçar o aprendizado através dos retornos visuais e sonoros (FORTE; DAINESE; KIRNER, 2005).



Figura 40 – Usuários interagindo com o jogo (OLIVEIRA; FORTE; KIRNER, 2006).



Figura 41 – Detalhe do tabuleiro e dado adaptado (OLIVEIRA; FORTE; KIRNER, 2006).

Outros jogos educacionais aplicados à educação são apresentados por ZORZAL *et al* (2006). Em seu artigo, os autores destacam a implementação de algumas aplicações, tais como o de quebra-cabeças 3D, que têm a proposta de ser utilizado tanto para o entretenimento quanto para outros fins, como desenvolvimento de raciocínio espacial e treinamento (figura 42);

Apresentam, também, o Jogo de Palavras, que propõe ao usuário a junção de letras para formar palavras. Estando a palavra correta, o sistema resulta em imagem 3D referente ao que está escrito (figura 43).

Para os autores, os jogos com RA têm um potencial muito grande de desenvolvimento, que ainda não foi profundamente explorado. Os jogos com Realidade Aumentada permitem que os usuários tenham uma visão enriquecida e ampliada do ambiente. Ao lidar com os objetos virtuais tridimensionais sobrepostos no cenário, o jogador estimula sua capacidade de percepção e raciocínio espacial (ZORZAL *et al*, 2006).



Figura 42 – Quebra-cabeças 3D (ZORZAL et al, 2006).



Figura 43 – Jogo de Palavras (ZORZAL et al, 2006).

5. DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE EDUCACIONAL POTENCIALIZADO COM REALIDADE AUMENTADA

5.1. INTRODUÇÃO

Nos capítulos anteriores, foram abordados diferentes assuntos que nos permitiram ter uma visão abrangente sobre temas de diversas áreas, tais como: RV, RA, ferramentas de autoria e as inter-relações destes temas com o processo educacional. Quando relacionados, estes assuntos podem se configurar numa área de pesquisa que se ocupa do estudo, desenvolvimento e análise de aplicações e/ou técnicas computacionais que possam ser empregadas em ambientes de ensino, a fim de melhorá-lo ou torná-lo mais atraente sob algum ponto de vista. É neste contexto que se insere a proposta desta dissertação, ao discutirmos sobre o desenvolvimento de uma aplicação educacional enriquecida com RA, chamada no decorrer do trabalho como ARTutor.

No panorama exposto no capítulo 4, nos foram apresentadas diferentes aplicações desenvolvidas com o mesmo propósito, configurando-se nos trabalhos relacionados a este. O que pudemos perceber é que a discussão, que anteriormente se colocava acerca do emprego ou não de recursos tecnológicos como ferramentas para auxílio à aprendizagem, já não tem mais sentido. Este questionamento deu lugar, nos dias de hoje, à certeza de que a relação educação-tecnologia pode ser benéfica para ambas as áreas envolvidas. A indagação que se mostra atual diz respeito às práticas efetivas para que a potencialidade inicialmente benéfica desta relação se transforme numa realidade. O ARTutor se

insere neste contexto, como uma proposta para a realização destas potencialidades.

Quando discorremos sobre as aplicações desenvolvidas com RA aplicadas no contexto educacional, ainda recordando o que foi visto no capítulo 4, podemos perceber o quão versátil esta tecnologia se mostra e que o emprego desta pode ser dado de diferentes maneiras. Podemos perceber que existem aplicações desenvolvidas com a capacidade de visualização direta, aplicações que se configuram numa possibilidade de transição entre o mundo real e RV e, também, aplicações que utilizam a tecnologia no desenvolvimento de aplicações com visualização indireta. Estas últimas se apresentam com acentuada relevância para nosso contexto, visto que ampliam as possibilidades de real aplicação do software no ambiente proposto.

Sob o ponto de vista da real aplicabilidade do sistema, o desenvolvimento do ARTutor se deu com a preocupação de que o processo de adoção desta ferramenta fosse facilitado. O ARTutor tem como compromisso a facilitação do acesso aos recursos provindos da RA. O que se observa é que grande parte das aplicações desenvolvidas utilizando essa tecnologia requer certo domínio sobre informática, pois normalmente necessita-se de configurações e tratamentos de exceções diversas. No ARTutor, o educador tem a possibilidade de desenvolver suas tarefas pedagógicas sem que lhe seja atribuído sobrecarga de trabalho e o aluno tem a possibilidade de interagir com uma tecnologia que lhe oferece alto grau de interação com o conteúdo abordado.

A fim de que o processo de instalação do software seja o mais simplificado possível, é disponibilizado um instalador, que permite ao professor empregá-lo efetivamente, sem que lhe seja exigido se preocupar com questões específicas inerentes ao processo de instalação.

A versão apresentada traz a possibilidade de interação com temas relacionados à matemática e física, especificamente tratando de assuntos

relacionados a sólidos geométricos e cinemática. A escolha destas disciplinas se deu em consonância com os trabalhos correlatos, que abordam, em sua maioria, temas sobre o ensino de matemática, e também em consonância com a teoria defendida por Fiolhais (2000) a respeito da estreita relação que se deve fomentar entre as duas matérias.

Para Fiolhais, a física e a matemática são matérias que mantêm uma relação de grande proximidade. Para o autor, pode-se afirmar inclusive que ambas mantêm uma relação de interdependência. Fiolhais defende o convívio muito de perto das duas matérias, pois acredita que “neste convívio, grande parte das ciências básicas, que são a pedra angular de todas as ciências naturais e de todas as ciências de engenharia, têm sido cultivadas”. Para o autor, é inconcebível um curso em que as matérias sejam estanques em seus próprios mundos. A interconexão dos assuntos deve ser aproveitada e os educandos que se destinam ao estudo de uma ou outra devem, invariavelmente, conhecer tanto tópicos de sua disciplina escolhida quanto da outra (FIOLHAIS, 2000).

Sob a luz deste contexto, pode-se acreditar que o desenvolvimento de uma ferramenta que una os benefícios até aqui discutidos acerca do uso da RA em processos educacionais com a possibilidade de relacionamento entre as matérias de física e matemática, proporcionando o aprendizado nos contextos da explanação e interação com o conteúdo possa ser de grande relevância tanto para a área de RA, pelo conhecimento adquirido a partir de seu emprego neste ambiente aplicado, como para a área de educação, por contar com uma ferramenta com tais propósitos.

Deste modo, o ARTutor se configura numa ferramenta potencialmente efetiva, no que diz respeito à possibilidade de apresentação ou revisão teórica sobre o assunto tratado, atrelado a uma prática e interação com tais temas realizados a partir da interação com os objetos virtuais nos exercícios propostos.

5.2. METODOLOGIA

O desenvolvimento da aplicação foi realizado utilizando-se dos seguintes materiais:

- Microcomputador pessoal com sistema operacional Windows XP Professional, versão 2002, atualizado com o service pack 2. Processador AMD Turion 64 Mobile e 1GB de memória RAM;
- Webcam integrada Acer OrbiCam 0.3C megapixel CMOS;
- Sistema de Autoria Colaborativa em Realidade Aumentada (SACRA);
- Ambiente de programação Borland C++ Builder;
- Software Install Creator;
- Linguagens de programação C/C++ e VRML.

O ARTutor foi desenvolvido utilizando a linguagem C/C++ com o ambiente de programação Borland C++ Builder 6.

De acordo com Manzano (2003), a empresa Borland, em meados da década de 80, apresentou o seu primeiro compilador para a linguagem C, chamado de Turbo C. Em 1990, lançou o Turbo C++, um compilador que incorpora o desenvolvimento da linguagem C para a sua sucessora, a C++. Segundo o autor, o ambiente de programação Borland C++ Builder tem se

mostrado uma ferramenta bastante poderosa e amplamente adotada, desbancando as outras duas ferramentas anteriormente lançadas. A parte visual do ambiente é baseada na mesma estrutura visual do ambiente de programação Delphi e tem como grande diferencial a facilidade de uso. A figura 44 apresenta a interface do ambiente de desenvolvimento adotado.

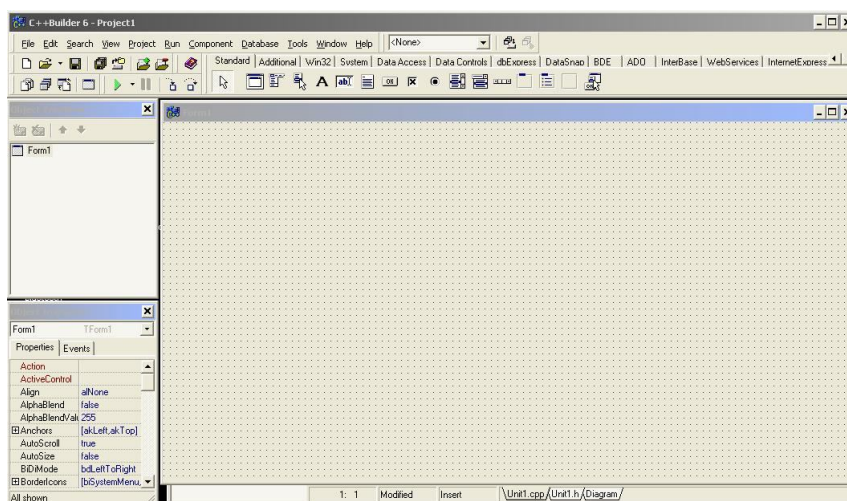


Figura 44 – Ambiente de desenvolvimento Borland Builder C++ 6.

A opção pela linguagem C/C++ e pelo ambiente de desenvolvimento Borland Builder C++ se deu por possibilitar agilidade no desenvolvimento da aplicação, principalmente devido ao fato de que parte dos componentes necessários para o desenvolvimento do ARTutor encontram-se disponíveis no Borland Builder de maneira bastante intuitiva.

Além da linguagem de programação e do ambiente de desenvolvimento, a implementação do ARTutor foi realizada com auxílio do software SACRA, devido a características como facilidade de programação e utilização de dispositivos de baixo custo, usando basicamente uma webcam e um computador para que se possibilite a interação com o ambiente de RA.

O software SACRA, já abordado no capítulo 3 deste trabalho, em sua versão original, permite a comunicação em rede para a realização de trabalhos colaborativos pautados em atividades que envolvam a RA. O presente trabalho explora a característica de possibilidade de comunicação em rede presente nesta ferramenta ao desenvolver um programa de computador que também apresenta a possibilidade de transmitir dados para o SACRA.

Para a criação do instalador, responsável por facilitar a distribuição e potencializar uso do software desenvolvido foi utilizado o Install Creator.

Após o desenvolvimento do software, o Google Docs, especificamente a sua ferramenta Forms, foi usado para a criação de formulários *online* empregados na avaliação da ferramenta.

Todos os materiais descritos foram disponibilizados à pesquisa pela Universidade em seus laboratórios de informática específicos do programa de pós-graduação em Ciência da Computação, nos laboratórios de uso geral da instituição ou são disponíveis livremente na *internet*.

5.3. DESCRIÇÃO DA FERRAMENTA

Perseguindo os pressupostos apresentados, de permitir com que a aplicação seja facilmente empregada em ambiente educacional e que a tecnologia de RA seja usada para enriquecer a experiência de aprendizado, sem que haja sobrecarga de trabalho para o professor ou dificuldades inerentes ao não

acesso da ferramenta devido a limitações orçamentárias, optamos pelo desenvolvimento de uma aplicação que, utilizando o software SACRA como motor para o gerenciamento das aplicações em RA, apresentasse uma interface mais amigável e um processo de interação facilitado.

Desta maneira, foram realizadas algumas modificações no que diz respeito à modelagem inicialmente apresentada pelo SACRA quanto à sua capacidade de tratamento de dados adquiridos via rede. Esta característica apresentada pelo software serviu como base para o desenvolvimento de nossa proposta.

5.3.1. VERSÃO INICIAL

Como apresentado no capítulo 3, o SACRA apresenta a possibilidade de interação com o sistema de RA de duas maneiras: a partir de marcadores de ações, que têm cada um deles, uma ação definida dentro do sistema, ou através dos marcadores de referência, que não têm papéis definidos, mas que podem sofrer as ações designadas pelos marcadores de ações. As referências podem ser de dois tipos: local ou remota. A referência local permite a elaboração e visualização de um ambiente virtual local. Já a referência remota consiste numa área comum entre dois usuários ou mais, que a utilizam, via comunicação em rede. Esta característica permite a configuração e visualização remota de ambientes virtuais.

O sistema SACRA possui um padrão de mensagens, a serem trocadas pela rede, que deve ser seguido para que os comandos sejam

corretamente interpretados. Esse padrão contempla o envio de uma mensagem no formato de um grande vetor com até 4096 caracteres. Na figura 45, é apresentado um esquema que representa uma mensagem.

Na primeira camada, observa-se o conceito geral da mensagem; Ali podemos perceber que, dos 4096 caracteres possíveis de serem usados na configuração da mensagem, 10 são reservados para a área de cabeçalho e o restante para a área de comando propriamente dito.

Na segunda camada, uma descrição detalhada do significado de cada campo é apresentada; Ali, se observa que o cabeçalho da mensagem deve conter o número total de caracteres usados na configuração do comando a ser transmitido (N), seguido por espaços em branco (Br), que são usados para delimitar a área do cabeçalho ($Br=10- \text{length}(N)$).

Por fim, é apresentada a terceira camada, na qual é representada uma mensagem tal como ela pode ser interpretada pelo SACRA.

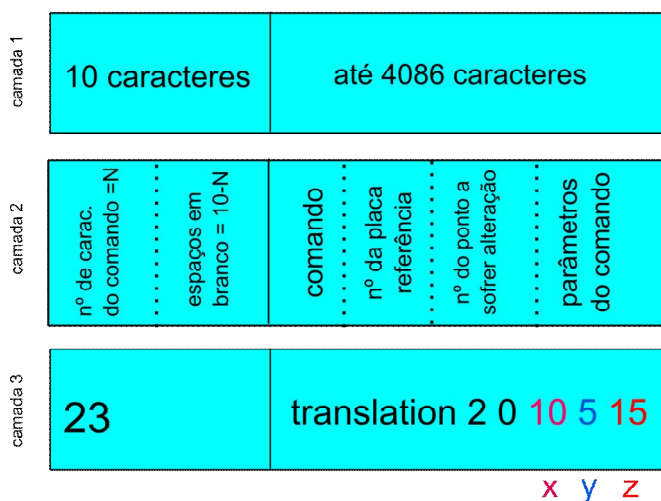


Figura 45 – Estrutura das mensagens interpretadas pelo SACRA

Ao receber uma mensagem tal como a apresentada pela figura 45, o SACRA interpreta que o objeto virtual cadastrado no ponto 0 (zero) da placa de referência 2 (dois), deve sofrer uma translação, alterando-se as coordenadas referentes ao local onde o objeto virtual é apresentado (x , y , z). Através desta característica, é possível fazer com que um ponto cadastrado na placa de referência remota seja alterado por parâmetros recebidos pelo SACRA através da rede. Esta característica, quando observada sob o ponto de vista de uma possível aplicação para o ambiente educacional, se traduz, por exemplo, numa possibilidade de simulação de movimentos com o uso de objetos virtuais. Estes movimentos obedecem à regra estabelecida pelas mensagens recebidas pelo SACRA.

O que se percebeu é que esta característica poderia ser explorada, a fim de que novas aplicações fossem desenvolvidas. Inicialmente, o que se pode perceber é que se o SACRA recebesse parâmetros que simulassem movimentos realizados por um corpo no mundo real, quando abandonado em queda livre, por exemplo, o ponto cadastrado na referência remota se comportaria tal como este objeto abandonado no mundo real. Esta possibilidade foi explorada no desenvolvimento do módulo de física do ARTutor.

A arquitetura prevista pelo SACRA previa que as mensagens recebidas deveriam ser criadas por um software externo, aqui chamado de manipulador de equações. Os dados de entrada para este software eram tratados, a fim de que se pudesse, a partir deles e, por meio das equações contidas no software, serem gerados os comandos interpretados pelo SACRA. Esses comandos eram gravados em um arquivo de texto, que posteriormente eram lidos por um outro software, aqui chamado de gerador de posições, que tinha a incumbência de ler linha a linha os comandos gravados no arquivo de texto e preparar as mensagens de acordo com a estrutura apresentada na figura 45.

Depois de preparadas, as mensagens eram enviadas para o sistema SACRA, também pelo software gerador de posições, a partir de uma

conexão via socket. Ao serem recebidas, o SACRA interpretava estas mensagens e executava o que lhe era indicado, renderizando as imagens virtuais de acordo com os novos parâmetros. Na figura 46, temos uma visão geral da arquitetura aqui descrita.

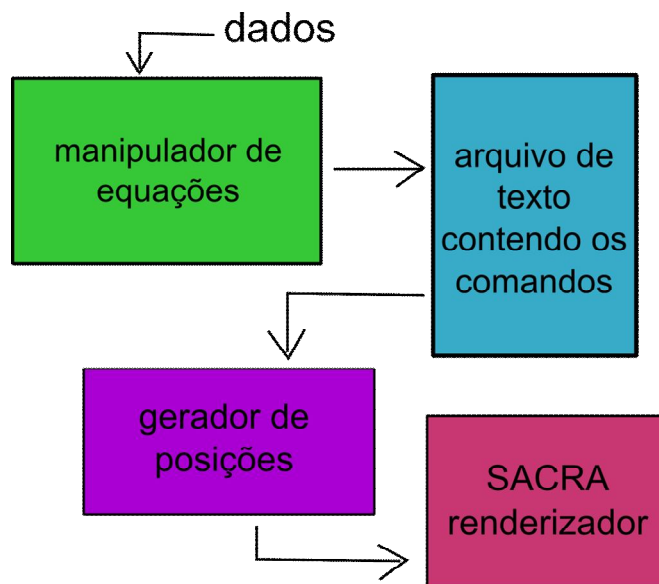


Figura 46 – Arquitetura inicial necessária para a execução de comandos via rede.

O que se percebeu é que esta versão, utilizando texto pré-montado, apesar de funcionar corretamente e cumprir com o que era necessário até então, apresentava um processo de interação demasiadamente complexo, principalmente pela necessidade de interação com diferentes softwares para que se pudesse cumprir com determinada atividade. No que diz respeito ao desenvolvimento de uma aplicação para ser empregada no ambiente educacional e por pessoas nem sempre familiarizadas com a interação com o computador em si, tal arquitetura se mostrava inviável. Assim, uma alteração neste processo foi apresentada através da proposta do ARTutor.

5.3.2. VERSÃO FINAL

De maneira geral, a alteração realizada na estrutura necessária para a comunicação via rede contempla a simplificação da arquitetura, através da não utilização de processos e programas intermediários entre o manipulador de equações e o SACRA. Desta maneira, o ARTutor inclui as capacidades, antes distribuídas no programa manipulador de equações e no gerador de posições, sem a utilização do arquivo de texto como repositório dos comandos gerados. Na figura 47, é apresentada uma representação do cenário estabelecido.

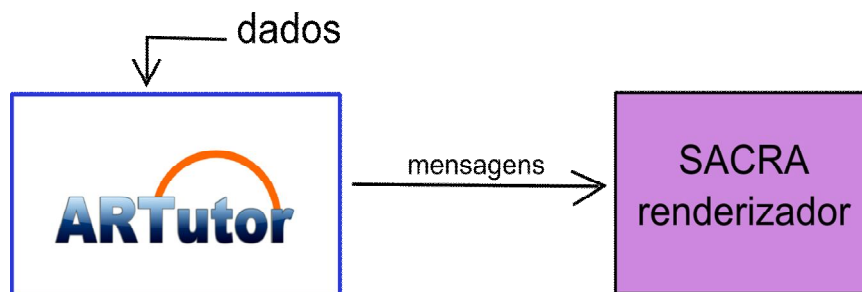


Figura 47 – Arquitetura final após as modificações implementadas pelo projeto.

Para que tal arquitetura se tornasse viável, foi necessário que o desenvolvimento do ARTutor contemplasse a entrada de dados do usuário, o tratamento destes dados de acordo com as equações contidas no ARTutor, a montagem das mensagens a serem enviadas pela rede e o envio das mensagens propriamente dito, utilizando-se de conexão via socket em tempo de execução.

Além desta arquitetura, empregada caso a opção pela interação com o software se dê através dos temas relacionados à física, existe também a possibilidade de interação com os temas de matemática, implementados sem a utilização de envio de mensagens via rede. Neste caso o ARTutor manipula arquivos contendo os códigos VRML de objetos virtuais correspondentes ao tema tratado em questão. Esta atividade é realizada de maneira que o arquivo, contendo os códigos em VRML dentro do SACRA, sejam acessados pelo ARTutor e atualizados com as informações referentes ao objeto virtual representando um sólido geométrico, de acordo com os dados oferecidos pelo usuário e com base nas equações específicas que dizem respeito à atividade.

5.4. INTERFACE

Uma peça chave, para que o ARTutor pudesse cumprir com a sua característica inicialmente colocada, de servir como uma ferramenta realmente aplicável no contexto educacional, é a configuração de um ambiente com interface amigável que apresente ao usuário as possibilidades de interação com o software e com os dispositivos de RA de maneira transparente, sem que lhe seja exigido qualquer esforço diferente do que já se costuma exigir em outros programas usados costumeiramente. A figura 48 apresenta a interface inicial exibida pelo ARTutor, quando o usuário acessa o aplicativo.

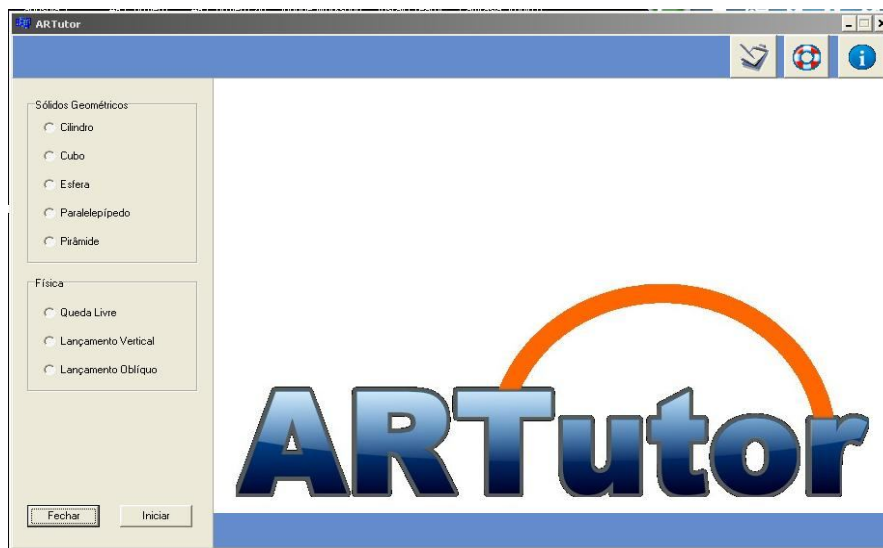


Figura 48 – Interface da tela inicial do ARTutor.

A intenção principal é que esta interface ajude a tornar o processo de interação com o software o mais simples possível, com elementos e cores agrupando as informações de forma que o processo de interação se concretize de maneira intuitiva. Como pode ser observado, na tela inicial são apresentados os módulos de Matemática (figura 49, área 1) e Física (figura 49, área 2), com os respectivos temas possíveis de serem tratados. Além destes, observamos os botões de interação “Fechar” (figura 49, área 3), responsável por encerrar a aplicação, caso seja necessário, e o botão “Iniciar” (figura 49, área 4), responsável por dar início ao processo de interação com o software de acordo com o tema escolhido. Cabe ainda observar a ocorrência dos botões “Anotação” (figura 49, área 5), responsável por dar ao usuário a possibilidade de, a qualquer momento que desejar, anotar algum dado que julgar necessário, o botão “Ajuda” (figura 49, área 6), que apresenta ao usuário algumas informações a respeito do funcionamento do software e a maneira de interação com ele, principalmente focando a interação com os objetos virtuais, muitas vezes não dominada pelos usuários, e o botão “Informações” (figura 49, área 7), responsável por apresentar

ao usuário as informações a respeito do desenvolvimento, versão do software e contato com os desenvolvedores.

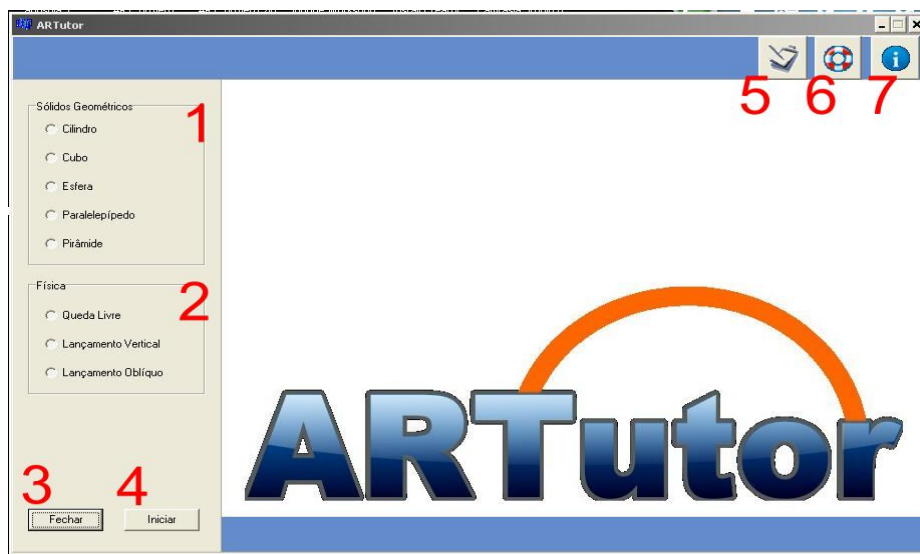


Figura 49 – Interface inicial do ARTutor com as áreas específicas em destaque.

Na medida em que o usuário interage com o software, informações complementares vão sendo apresentadas gradualmente, a fim de possibilitar uma construção gradual do conhecimento em contraponto à simples demonstração da informação. Ao selecionar algum tema a ser tratado durante a atividade e acionar o botão “Iniciar” (figura 49, área 4), o software apresenta um resumo teórico relacionado ao assunto selecionado (figura 50). Neste resumo são evidenciadas algumas características sobre o assunto escolhido, trazendo sempre informações interessante e/ou relevantes para o processo de compreensão do assunto estudado, como pode ser observado na seção “Vale a Pena Saber” (figura 50, área 1); Além disso, são apresentadas as fórmulas mais recorrentes, quando o assunto estudado é abordado em exames tal como o vestibular ou provas de aferição de conhecimento diversos, como pode ser observado na seção

“Fórmulas” (figura 50, área 2); Cabe ainda destacar a ocorrência de figuras ilustrativas relativas ao conceito abordado, que ajudam a ilustrar e compreender o que é indicado nas fórmulas; Além das figuras ilustrativas, há a ocorrência de uma representação real que emprega o assunto estudado. Na figura 50, por exemplo, o assunto estudado é o sólido geométrico Cubo e a figura de exemplo traz um cubo-mágico, brinquedo comum que tem a mesma forma apresentada pelo objeto de estudo.

A interface desenvolvida pretende apresentar as informações de maneira bastante clara e de fácil compreensão. O que se pode observar, ainda na figura 50, é a existência do botão “Exercício” (figura 50, área 3) e do botão “Voltar” (figura 50, área 4). Esses botões reafirmam a característica do software de apresentar as informações de maneira descomplicada e de forma gradativa. Depois de ter estudado/relembrado as bases teóricas a respeito do assunto selecionado, o usuário tem a possibilidade de colocar em prática o conhecimento adquirido através da resolução de exercício ou então tem a possibilidade de voltar à área inicial e escolher outro assunto.

Estas características apresentadas têm inspiração na questão relatada por Pinho (1996) sobre a necessidade de se oferecer um ambiente de formação no qual o educando tenha a possibilidade de aprender, através da interação com o assunto estudado, a partir de um processo em terceira pessoa (exibição do conteúdo teórico) e da prática em primeira pessoa (resolução dos exercícios de maneira interativa).

Na seção seguinte, é apresentada uma visão geral da interação proporcionada pelo software, desde sua inicialização até a execução final do exercício.

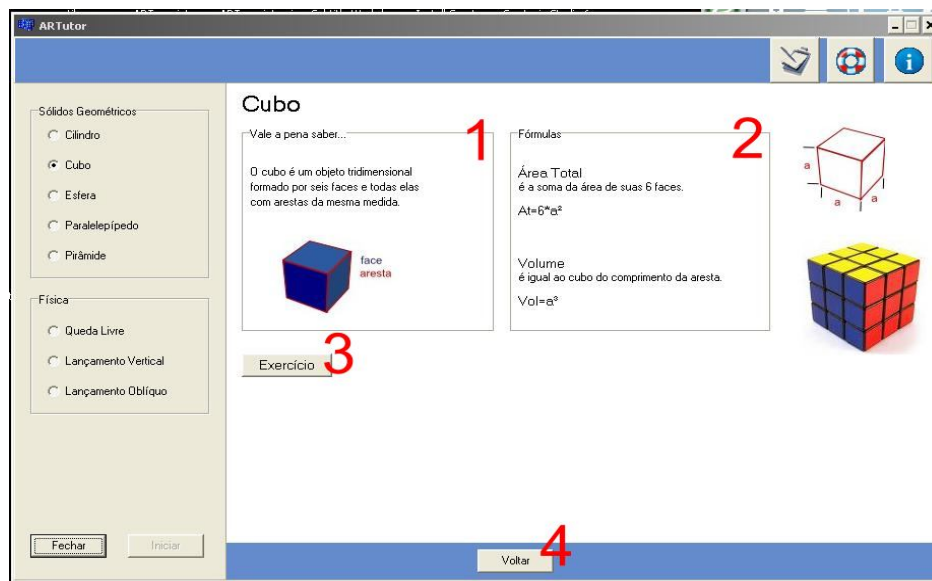


Figura 50 – Interface de apresentação dos conteúdos teóricos

5.5. INTERAÇÃO

O software desenvolvido apresenta um processo de interação bastante simplificado, possibilitado através do uso de mouse e teclado, enquanto a interação se limita à interface do ARTutor, e também através de marcadores com interações tangíveis, usados para a manipulação dos objetos virtuais. A título de ilustração, adotemos um exemplo, no qual o usuário fará uso do ARTutor através de assuntos dos módulos de matemática e física. À medida em que o usuário interage com as funcionalidades do software, são explicitadas estas funcionalidades e as características de sua implementação.

Depois de ter acessado o aplicativo, através de duplo-clique com o mouse em ícone gerado na área de trabalho do computador no qual foi realizado o

processo de instalação, o usuário terá a visualização da interface inicial do ARTutor (figura 48). Neste ponto, ele deverá selecionar o assunto a ser tratado no decorrer de sua interação. Como exemplo, adotemos inicialmente que o usuário estará realizando uma tarefa acerca do sólido geométrico Pirâmide Quadrangular.

5.5.1. APLICAÇÃO DE MATEMÁTICA

A interface do ARTutor dispõe de dois conjuntos de listas, nas quais são apresentadas as opções para que o usuário selecione os assuntos a serem tratados (figura 49, áreas 1 e 2). Cada conjunto se refere a uma área do conhecimento (matemática e física). Clicando sobre o tema escolhido (no caso, o assunto Pirâmide), a opção referente será selecionada. Não é possível selecionar mais de um tema ao mesmo tempo. Tendo selecionado o tema a ser tratado, o usuário poderá clicar sobre o botão “Iniciar” (figura 49, área 4) e a interface contendo a abordagem teórica a respeito do assunto será apresentada.

O processo de seleção dos assuntos a serem tratados, e a exibição dos conteúdos teóricos, são implementados no Borland C++ Builder, através de uma estrutura de seleção. Na figura 51, é apresentada a codificação simplificada da estrutura responsável por este processo. O código é executado quando o usuário clica sobre o botão “Iniciar”. Ao realizar esta ação, o ARTutor analisa qual assunto foi escolhido, buscando-se pelo item da lista de assuntos qual está selecionado (Checked). Ao encontrar uma opção selecionada, as informações são atribuídas aos espaços de escrita correspondentes à página de apresentação teórica. Na figura 51, podemos observar que a opção relacionada à pirâmide apresenta o código responsável por este tratamento. O processo é o

mesmo para todos os outros assuntos possíveis de serem selecionados. Os códigos foram suprimidos por serem bastante semelhantes. Cabe destacar a última análise realizada pela estrutura que, no caso de não detectar nenhuma seleção, exibirá uma mensagem ao usuário, indicando a necessidade desta tarefa.

Ao realizar esta ação, será exibida para o usuário a interface de conteúdo teórico, tal como se observa na figura 52. Ao ter contato com a área teórica sobre o assunto selecionado, o usuário poderá, por algum motivo, optar por fazer uma anotação a respeito do assunto que está sendo estudado. Para isso, se desejar realizar esta anotação no próprio computador, bastará que ele clique sobre o botão correspondente (figura 49 área 5) e uma página de anotações será exibida. A implementação dessa funcionalidade se deu a partir da chamada de arquivos, cujo código está representado na figura 53. Basicamente, ao executar a função correspondente a este comando, o Borland C++ Builder abre o notepad (bloco de notas), um utilitário existente no ambiente Windows, que cumpre a tarefa de servir como um local para anotações. O ambiente resultante da execução do código representado na figura 53 é mostrado na figura 54. A tarefa de anotação poderá ser realizada a qualquer momento, não se limitando à interface de apresentação do conteúdo teórico.

Depois da interação com a área de conteúdo teórico, o usuário poderá acessar a página correspondente ao exercício prático acerca do assunto tratado. Para isso, basta clicar sobre o botão “Exercício” (figura 50, área 3). Ao realizar esta tarefa, uma nova estrutura de seleção, similar a apresentada pela figura 51 será executada, a fim de que, de acordo com o assunto selecionado pelo usuário, a tela de exercícios seja exibida. Na figura 55, apresentamos a interface resultante da execução deste processo e, na figura 56, um destaque sobre a área de exercício.


```

void __fastcall TForm1::Button2Click(TObject *Sender)
{
if(esc_queda->Checked)
{ ... }
else if (esc_vertical->Checked)
{ ... }
else if(projetil->Checked)
{ ... }
else if(CUBO->Checked)
{ ... }
else if(Piramide->Checked)
{
Label3->Visible=1;
Label3->Caption="Pirâmide Quadrangular";
GroupBox2->Visible=1;
GroupBox1->Visible=1;
Label9->Caption="A Pirâmide Quadrangular é um objeto ";
Label10->Caption="tridimensional formado por 5 faces, sendo";
Label11->Caption="4 triângulos e uma base em formato quadrangular.";
Image13->Visible=1;
Image14->Visible=1;
Image15->Visible=1;
Label14->Caption="é a soma da área de seus lados com a área da base.";
Label16->Caption="At=4(Alado)+a²";
Label15->Caption="é um terço do produto da área da base pela altura.";
Label17->Caption="Vol=(a²H)/3";
}
else if(Paralele->Checked)
{ ... }
else if (Esfera->Checked)
{ ... }
else if(Cilindro->Checked)
{ ... }
else
{ //mostra mensagem ao usuário
ShowMessage(L"Você precisa escolher uma atividade antes de iniciar.");
... }
}

```

Figura 51 – Estrutura de seleção usada para a seleção e montagem do assunto a ser abordado na área teórica.

Assim como pode ser observado na figura 56, o exercício apresentado tem sempre uma relação direta entre o assunto tratado e alguma questão real. No caso do exercício da Pirâmide, é pedido que o usuário descubra as medidas de uma pirâmide que um construtor deverá construir, mas que use

apenas 12m^3 de material, volume máximo disponível para a obra. Neste contexto, espera-se que o usuário utilize o ARTutor para reforçar o aprendizado teórico, onde foram apresentadas as fórmulas necessárias para o desenvolvimento desta tarefa.

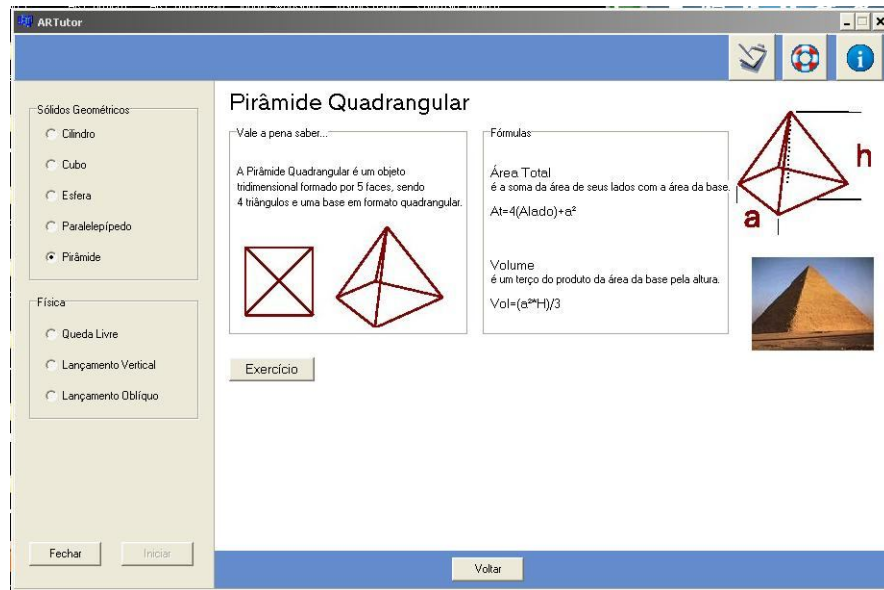


Figura 52 – Interface teórica exibida de acordo com o tema selecionado pelo usuário.

```
void __fastcall TForm1::SpeedButton1Click(TObject *Sender)
{
    WinExec("notepad.exe", SW_NORMAL); //chamada de arquivo externo
}
```

Figura 53 – Código responsável pela chamada de arquivo usado para anotação.

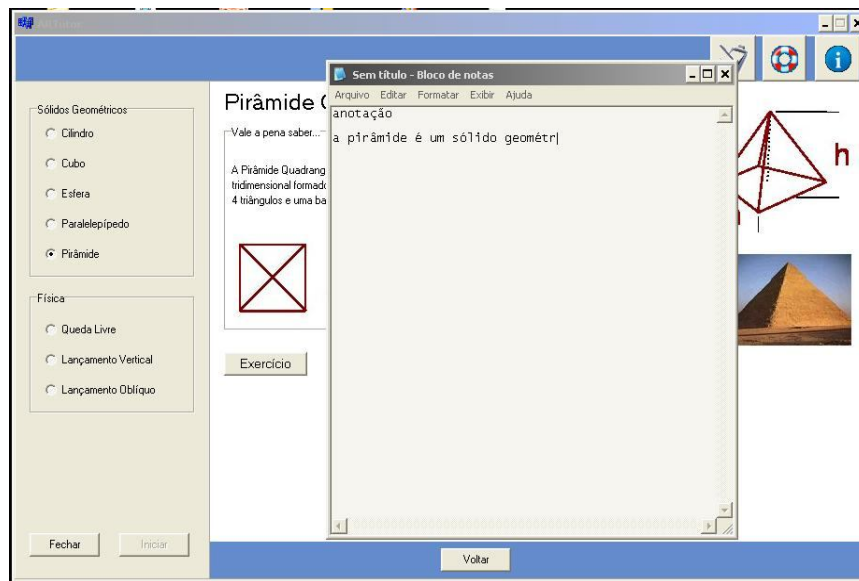


Figura 54 – Ambiente resultante da chamada do aplicativo para anotação.

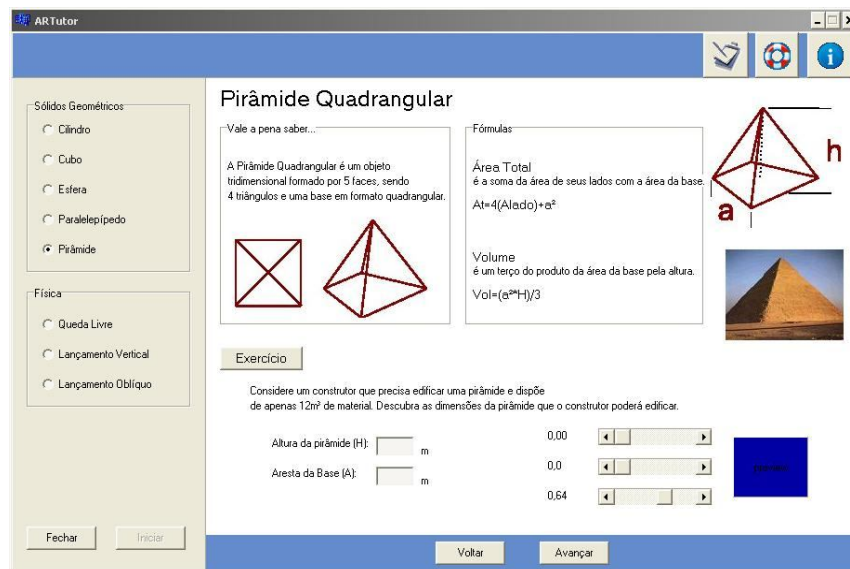


Figura 55 – Visão geral da interface com a área de exercício sendo apresentada.

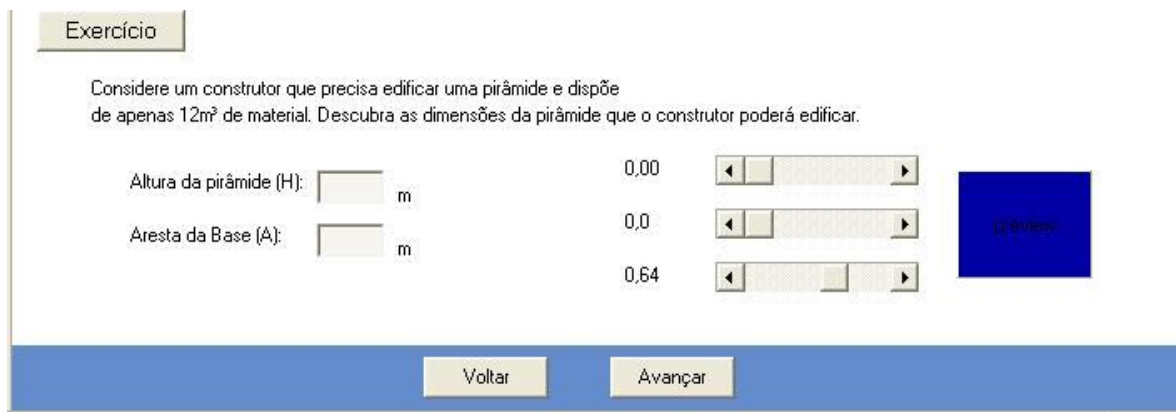


Figura 56 – Detalhe sobre a área de exercício.

Além de entrar com os valores correspondentes às medidas da altura e da aresta da base da pirâmide, como é pedido no exercício, o usuário pode customizar o objeto virtual que representará a pirâmide na resolução do exercício, através da alteração de sua cor. Ao lado direito da área de exercício (figura 56), temos três controles deslizantes que podem ser graduados, a fim de que a cor seja customizada. Uma prévia da cor escolhida é mostrada na área quadrada, chamada de *Preview*. Além desta exibição da cor resultante, o ARTutor exibe a quantidade de cada cor utilizada para a sua formação, no formato RGB. Esta característica pode ser observada na figura 56, na qual temos uma cor azul sendo formada e os valores correspondentes a esta cor são exibidos à esquerda dos controles deslizantes. No caso do exemplo: 0.00 é referente à cor vermelha, 0.0 é referente à cor verde e 0.64 é referente à cor azul. Estes valores são normalizados entre 0 e 1 e podem ser usados para fins interdisciplinares, ao usar o ARTutor para a compreensão da formação da cor em meios digitais, por exemplo.

Tendo entrado com os valores das medidas pedidas pelo exercício e customizado a cor do objeto virtual, o usuário poderá clicar sobre o botão “Avançar”. Este botão só é habilitado, quando a área de exercícios está sendo exibida e é responsável por gerar o código VRML, de acordo com os parâmetros

informados pelo usuário, além de ser responsável pela execução do software SACRA. A implementação dessas tarefas foi realizada com o uso de manipulação de arquivos.

De maneira geral, o que ocorre é que, executando algum dos módulos relacionados à matemática, o ARTutor acessa os arquivos que contém objetos virtuais contido no SACRA e os altera, de acordo com os dados de entrada inseridos pelo usuário. Essa alteração se traduz na reescrita do código em VRML que representa o objeto sendo criado. Na figura 57, temos um recorte desta estrutura usada para a modelagem do objeto pirâmide. Na figura 58, temos o arquivo VRML resultante da execução deste código.

Para o usuário, esta execução é totalmente transparente, sendo exibida, ao clicar no botão “Avançar”, apenas uma mensagem informando que o objeto virtual foi gerado com sucesso, assim como pode ser observado na figura 59.

Neste exemplo, o usuário digitou o valor 3, referente à altura da pirâmide a ser gerada e o valor 2, referente à medida da aresta da base desta pirâmide. Estes valores e os valores referentes às definições das cores são guardados em variáveis e usados posteriormente no processo de construção do objeto 3D. Cabe ressaltar ainda, que estes dados serão usados também para a análise do resultado do exercício.

Quando o usuário acessa a área de visualização dos resultados, no módulo de matemática, ele interage com o ambiente de RA, através da exibição de um marcador para a webcam. Quando exibido, o ambiente mostra inicialmente o objeto virtual que o sistema acabou de gerar, com a cor customizada pelo usuário e com as medidas de acordo com as indicadas também pelo usuário.

Para saber se a resolução está correta, o usuário insere na cena captada pela webcam também a placa controle e, assim, o objeto anteriormente

mostrado é substituído por uma frase, indicando se a resolução do exercício está correta ou não. Para que o sistema possa programar estas frases, é necessário que sejam feitas alguns cálculos e, de acordo com o resultado destes, a frase a ser exibida na verificação do resultado é gerada.

Os cálculos realizados se constituem na aplicação das fórmulas mostradas na área teórica, a fim de que se observe se os valores indicados pelo usuário satisfazem ou não ao que lhe é pedido na área de exercícios. No caso do exercício em questão, da pirâmide, o processamento realizado é mostrado na figura 60.

Tendo o resultado referente à questão apresentada na área de exercício contido na variável *resp*, o processo que se segue resume-se numa análise que verifica se este valor é igual ou não ao que é pedido no exercício. No caso deste nosso exemplo, o usuário é solicitado a construir uma pirâmide virtual que tenha o volume igual à 12m^3 . Assim, através de uma estrutura de seleção simples, a questão é validada. Se o resultado for verdadeiro, o programa acessará o arquivo de um outro objeto virtual contido no SACRA e o alterará, gravando uma mensagem indicando que o resultado está correto. Caso contrário, ocorre o mesmo acesso, porém gravando-se uma mensagem indicando que o resultado está incorreto.

Para o usuário, depois de exibida a mensagem mostrada na figura 59 e tendo ele clicado sobre o botão OK mostrado também na caixa da mensagem que pode ser observada na mesma figura, automaticamente será exibido o arquivo que contém o software de RA (figura 61). O próximo passo é clicar sobre o executável SACRA.exe. Ao realizar tal operação, o SACRA será iniciado.

Cabe ressaltar o fato de que, para que o ambiente funcione corretamente, é necessário que se tenha uma webcam instalada e funcionando corretamente. Além disso, serão necessários três marcadores, mostrados pela

figura 62, sendo que dois deles serão usados para a interação com os objetos de matemática e um usado para interação com os objetos da área de física.

```

else if(Piramide->Checked)
{
    fprintf(pa, "#VRML V2.0 utf8 \n");
    fprintf(pa, "Shape { \n");
    fprintf(pa, "geometry IndexedFaceSet { \n");
    fprintf(pa, "coord Coordinate { point [-%1.2f -%1.2f 0, %1.2f -%1.2f 0, %1.2f %1.2f 0, -%1.2f %1.2f
0, 0 0 %1.2f ] } \n", base, base, base, base, base, base, base, base, h);
    fprintf(pa, "coordIndex [0 1 4 -1, 1 2 4 -1, 2 3 4 -1, 3 0 4 -1, 0 1 2 3] \n");
    fprintf(pa, "solid FALSE \n ccw TRUE \n convex TRUE \n");
    fprintf(pa, " } \n");
    fprintf(pa, "appearance Appearance { \n");
    fprintf(pa, "material Material { \n");
    fprintf(pa, "diffuseColor %f %f %f \n", r, g, b);
    fprintf(pa, " } } \n");

    //imprime base e altura
    fprintf(pa, "Transform (");
    fprintf(pa, "translation %1.2f 0 0 \n", base);
    fprintf(pa, " children [ \n");
    fprintf(pa, "Shape { \n");
    fprintf(pa, "geometry Text {\n");
    fprintf(pa, "string [\"aresta base= %1.2f m\"]\n", base);
    fprintf(pa, " } ] ] \n");

    fprintf(pa, "Transform (");
    fprintf(pa, "translation %1.2f 0.7 0 \n", base);
    fprintf(pa, " children [ \n");
    fprintf(pa, "Shape { \n");
    fprintf(pa, "geometry Text {\n");
    fprintf(pa, "string [\"altura= %1.2f m\"]\n", h);
    fprintf(pa, " } ] ] \n");
}

```

Figura 57 – Codificação do objeto virtual pirâmide.

```

objeto1.wrl - Bloco de notas
Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda
#VRML V2.0 utf8
Shape {
  geometry IndexedFaceset {
    coord Coordinate { point [-2.00 -2.00 0, 2.00 -2.00
    coordIndex [0 1 4 -1, 1 2 4 -1, 2 3 4 -1, 3 0 4 -1,
    solid FALSE
      CCW TRUE
      convex TRUE
    }
  }
  appearance Appearance {
    material Material {
      diffuseColor 0.000000 0.000000 0.640000
    }
  }
  Transform {translation 2.00 0 0
    children [
    shape {
      geometry Text {
        string ["aresta base= 2.00 m"]
      }
    }
  ]
  Transform {translation 2.00 0.7 0
    children [
    shape {
      geometry Text {
        string ["altura= 3.00 m"]
      }
    }
  ]
}

```

Figura 58 – Código em VRML resultante da execução dos comandos representados na figura 57.

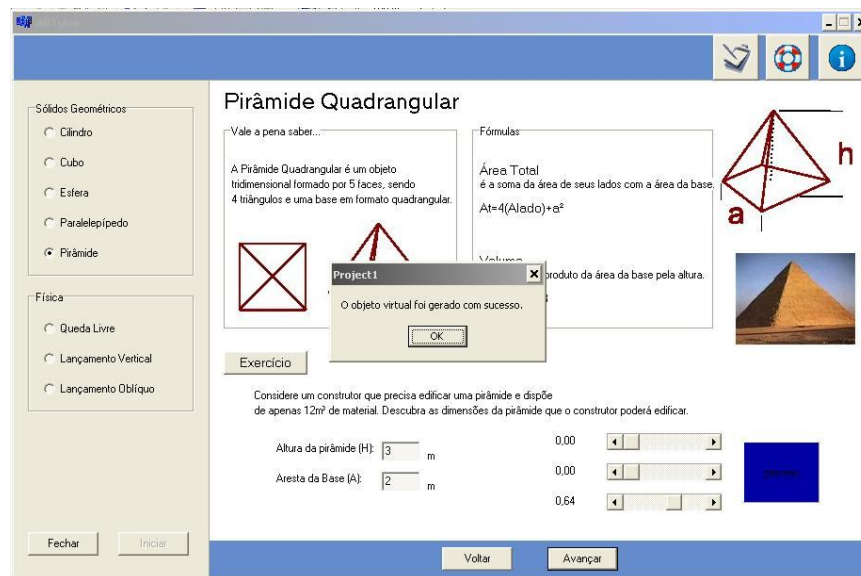


Figura 59 – Mensagem apresentada quando o usuário clica sobre o botão Avançar.


```

base=StrToFloat(Edit4->Text); //base recebe o valor da aresta da base digitado pelo usuário
h=StrToFloat(Edit3->Text); //h recebe a altura
aux=(base*base); //aux recebe o calculo da área da base
resp=((aux*h)/3); //resp recebe o valor do volume

```

Figura 60 – Implementação da fórmula para calcular o volume da pirâmide.

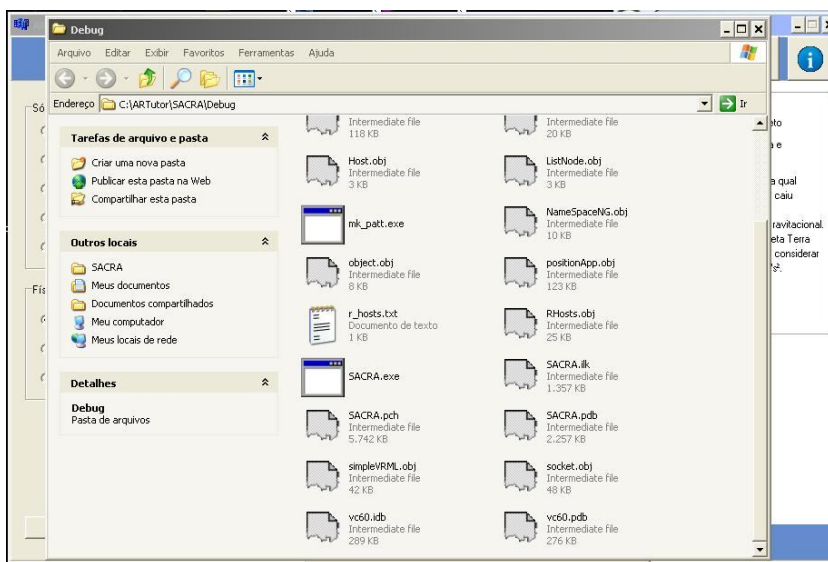


Figura 61 – Ambiente de acesso ao software SACRA.

Estando com a webcam instalada corretamente, o software de RA poderá ser habilitado e a imagem do ambiente real será mostrada na tela do computador. Neste momento, o usuário poderá exibir para a webcam o marcador responsável pela interação com os objetos de matemática e perceberá que o objeto virtual mostrado será aquele por ele configurado.

Por se tratar de um sistema de RA que utiliza visualização indireta, o usuário poderá interagir com o ambiente de RA, observando-o através da tela do computador. Quando desejar, o usuário poderá inserir, no ambiente captado pela webcam, também a placa controle e observará que o objeto virtual anteriormente

mostrado será trocado por uma frase contendo a correção de seu exercício. A figura 63 apresenta uma seqüência de imagens demonstrando este ambiente.

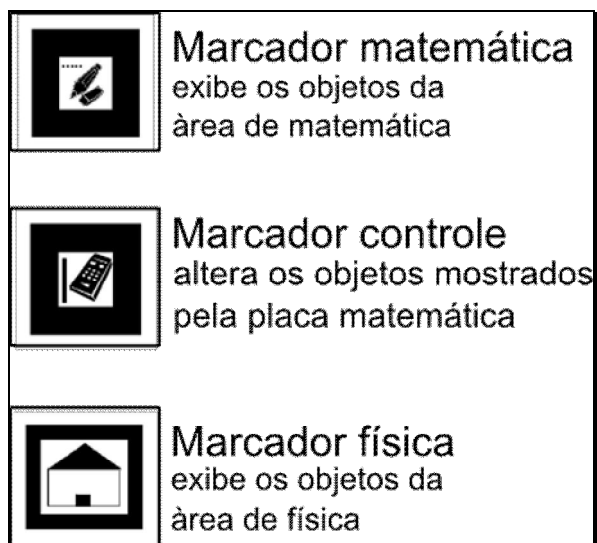


Figura 62 – Marcadores usados para a interação com os objetos virtuais no ARTutor.

Caso deseje, o usuário pode retornar e refazer o exercício, bastando para isso apenas fechar a tela na qual o objeto virtual é exibido e re-inserir os valores pedidos no exercício em questão. O processo de montagem dos objetos virtuais será refeito e um novo objeto, com os novos parâmetros será exibido.

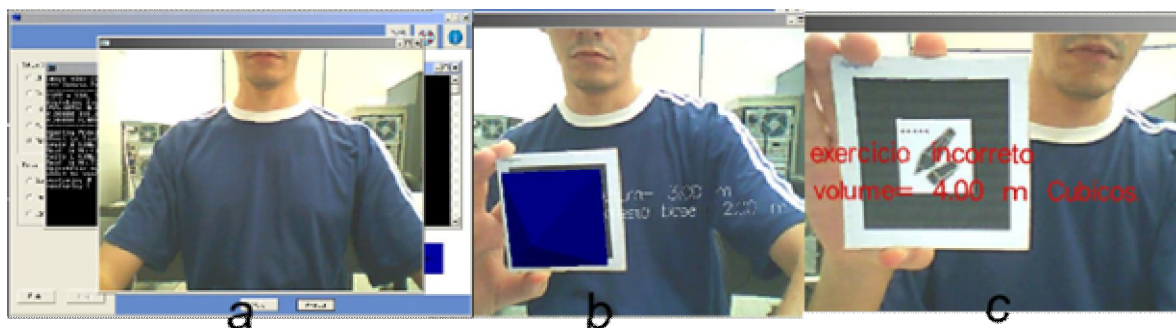


Figura 63 – (a) Ambiente com a execução do módulo de RA; (b) Usuário insere o marcador Matemática e interage com o objeto anteriormente configurado; (c) Resolução do exercício incorreta, mostrado após a inserção do marcador Controle em cena.

Existem cinco possibilidades de interação com os objetos virtuais dentro do tema Sólidos Geométricos da área de matemática, evidenciados na figura 64. O processo descrito aqui para a interação com o objeto Pirâmide quadrangular se repete para todas as outras opções deste contexto.

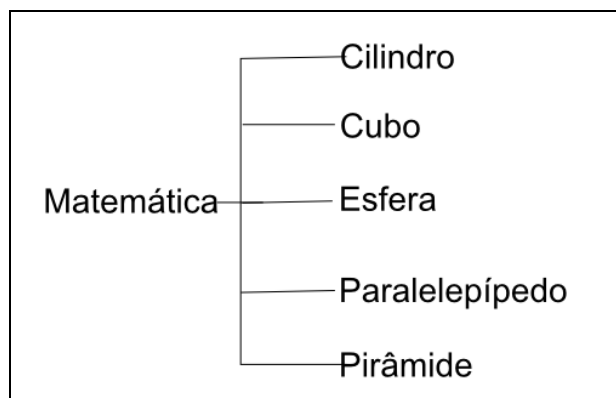


Figura 64 – Temas implementados no ARTutor na área de matemática.

5.5.2. APLICAÇÃO DE FÍSICA

Se, ao invés de um tema relacionado à área de matemática, o usuário, por algum motivo, fosse estimulado a trabalhar com algum dos temas da área de física, o processo de interação seria um pouco distinto do apresentado. Para efeito de ilustração, adotemos que o usuário desejará interagir com o ARTutor a partir do tema de lançamento oblíquo.

Os processos iniciais são idênticos. Com o acesso à interface inicial do ARTutor, o usuário deverá selecionar o assunto de seu interesse e clicar sobre o botão Iniciar, a fim de que a interface com o conteúdo teórico do tema seja apresentado. Neste momento, temos a primeira distinção entre as matérias abordadas. Nas áreas teóricas de física, é usada uma maior quantidade de texto para que os processos sejam explicados. Os textos se preocupam inicialmente em definir o assunto estudado, apresentar um exemplo onde seja feito o uso de tais conceitos e, por fim, ajudado por uma imagem ilustrativa, pormenorizar o conteúdo conceitual sobre o tema. Além destes elementos, é destacada uma área com as principais fórmulas relacionadas ao tema (figura 65).

Assim como na área de matemática, ao terminar de revisar os assuntos teóricos apresentados, o usuário poderá praticar os conceitos abordados, bastando para isso clicar sobre o botão “Exercício”. Diferentemente do que acontece com os temas relacionados à área de matemática, quando o usuário clicar sobre o botão “Exercício”, estando interagindo com algum dos temas da área de física, uma nova janela será exibida (figura 66), mostrando as informações acerca do exercício, além do processo de comunicação entre o ARTutor e o SACRA via rede. A figura 67 apresenta esta janela de exercícios em destaque.

No caso do exercício abordado, o usuário é convidado a fazer experimentos, a fim de que descubra com quais velocidades e ângulos o objeto alcança uma distância maior que oitenta metros. Para isso, a interface de exercícios permite que o usuário entre com os valores de ângulo de lançamento e velocidade inicial do lançamento do objeto. Através destas informações, o ARTutor calcula a trajetória que o objeto tridimensional deverá cumprir no ambiente de RA e exibe o valor referente ao alcance máximo na área reservada dentro da tela de exercícios.



Figura 65 – Interface do ARTutor no tema de lançamento oblíquo.

Ao ser exibida a interface de exercício, o aluno poderá, então, manipular os valores ali dispostos, de acordo com o que lhe for pedido, configurando um ângulo de lançamento e uma velocidade inicial. Esta tarefa é implementada no ARTutor de maneira bastante simples, utilizando-se de variáveis globais que têm seus valores atualizados de acordo com o botão clicado. O valor atual desta variável será mostrado para o usuário, na interface de exercício, como sendo os valores referentes ao ângulo e à velocidade.

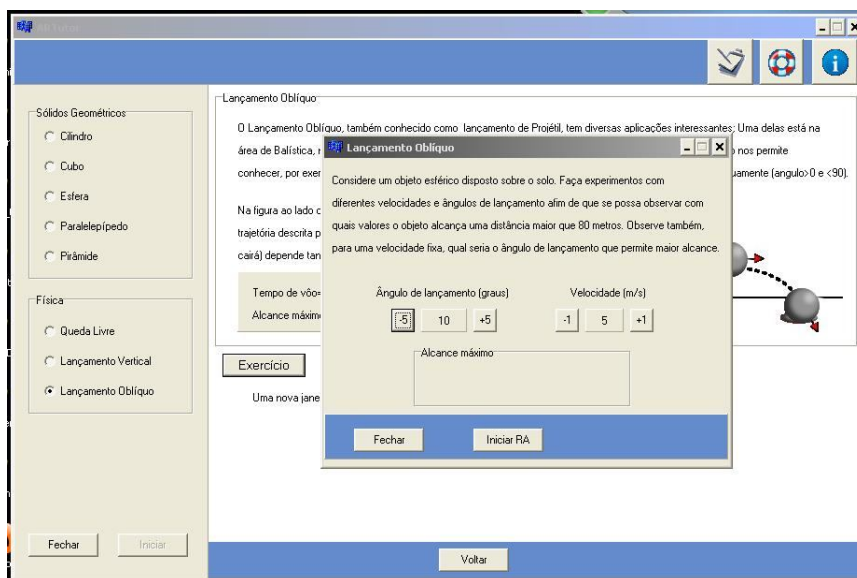


Figura 66 – Interface mostrando a tela de exercício de lançamento oblíquo.

Ao configurar os valores desejados, o usuário poderá iniciar o SACRA, a fim de que a interação com os objetos virtuais seja possível. Para tanto, ele deverá clicar no botão “Iniciar RA”. Ao realizar esta tarefa, o programa será exibido, assim como mostrado na figura 61. Da mesma maneira que acontecia no módulo de matemática, anteriormente apresentado, o usuário deverá acessar o executável SACRA.exe e o ambiente de RA será iniciado (figura 68).

Ao ser exibida a imagem da webcam, um novo botão será habilitado na interface de exercício, com o nome “Conectar”. Este botão tem a funcionalidade de conectar o cliente (ARTutor) ao servidor (SACRA). A codificação desta tarefa é mostrada na figura 69. O que se pode perceber é que esta tarefa simplesmente torna o componente de socket implementado no ARTutor ativo e, assim, ele poderá acessar a porta de comunicação e o IP do computador que hospeda o SACRA.

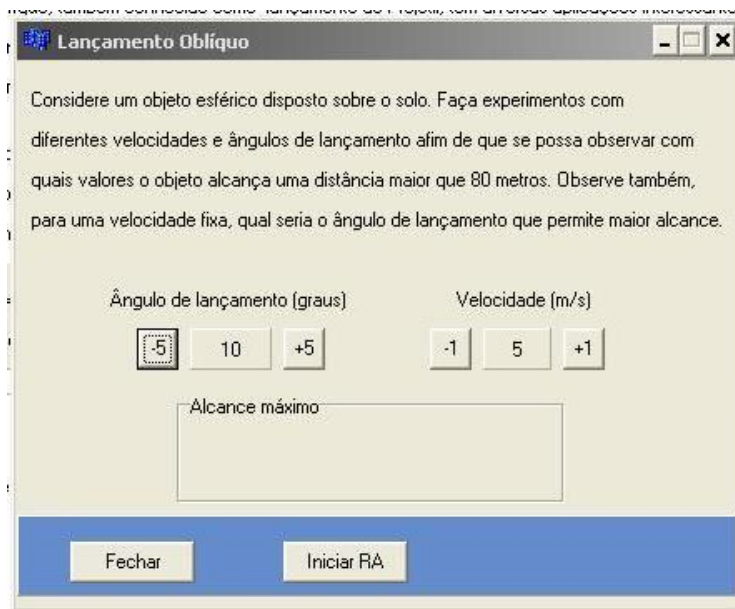


Figura 67 – Tela de exercício de lançamento oblíquo em destaque.

Ao criar a conexão entre os softwares, o botão “Conectar” será escondido ($visible=false$) e o botão “Animar” será exibido em seu lugar. Ao exibir o marcador relacionado à matéria de física para a área captada pela webcam, o usuário verá um objeto virtual esférico disposto sobre uma base verde (figura 70). Ao clicar sobre o botão “Animar”, a esfera virtual será animada, deslocando-se no ambiente de RA de acordo com os parâmetros configurados inicialmente pelo usuário (figura 71). Ao final do movimento, o sistema exibirá o alcance máximo do objeto virtual diante das variáveis propostas. A trajetória do objeto, no caso do exercício de lançamento oblíquo aqui evidenciado, é descrito por uma parábola. As coordenadas deste movimento são geradas de acordo com as variáveis fornecidas pelo usuário e enviadas para o SACRA através das mensagens montadas pelo ARTutor.

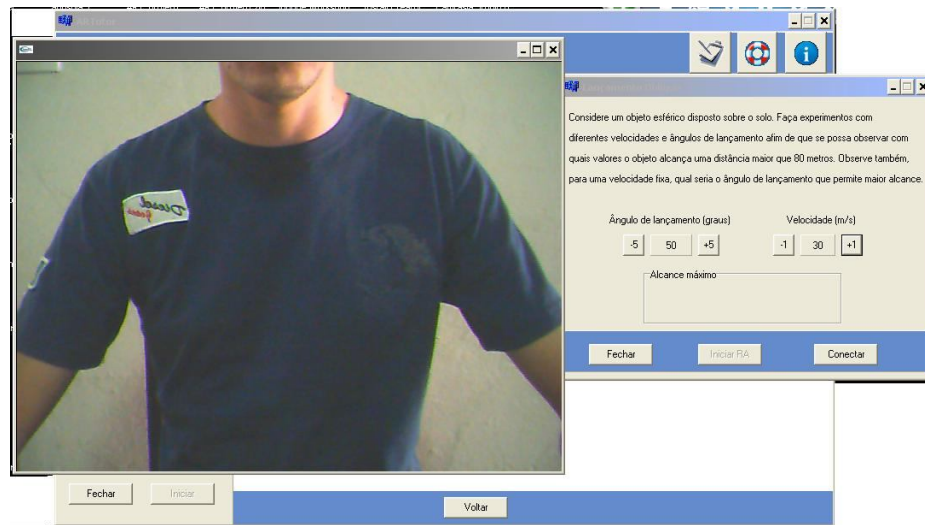


Figura 68 – Ambiente com a execução do módulo de RA no exercício de lançamento oblíquo.

```
void __fastcall TForm7::Button7Click(TObject *Sender)
{
//conecta com o servidor SACRA
ClientSocket1->Active=true;

//habilita botão animar e desabilita o conectar
Button8->Visible=1;
Button7->Visible=0;
}
```

Figura 69 – Codificação do botão Conectar.

Para o usuário, todo este processo é bastante transparente, porém quando o botão “Animar” for acionado, o ARTutor executará diversas tarefas necessárias para concretizar o objetivo descrito anteriormente na seção 5.2.2, que ressaltava a necessidade de simplificação da interação com o SACRA através do envio de informações em rede caracterizada pelo uso do ARTutor. A figura 72 apresenta os comandos executados quando o botão “Animar” é acionado.

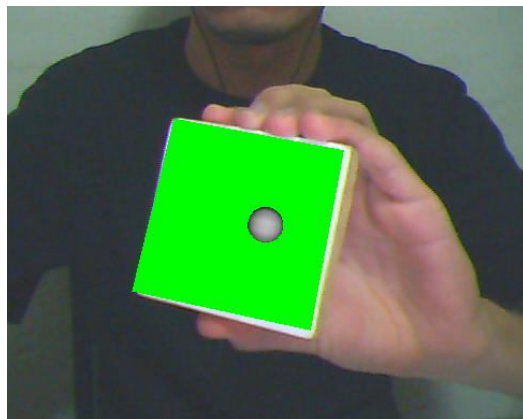


Figura 70 – Objeto virtual exibido nos temas de Física.

Numa análise rápida, podemos perceber que o código mostrado na figura 72 engloba grande parte do processo de comunicação entre os softwares. Quando esses códigos forem executados, serão realizados os cálculos necessários para a criação das mensagens, contendo as coordenadas referentes à parábola a ser descrita pelo objeto virtual. Com base nesses resultados, uma estrutura de repetição será acionada, permitindo que as mensagens sejam enviadas para o SACRA em tempo de execução, sem a necessidade do uso de texto pré-montado, como era anteriormente, fato evidenciado na seção 5.3.1. Cabe ressaltar que a versão aqui tratada implementa o envio de 15 mensagens via rede para cada exercício (estrutura de repetição *for*, que pode ser observada na figura 67), o que se traduz em 15 comandos de translação, contendo os valores (x,y,z) a serem interpretados e processados pelo SACRA a fim de que seja alcançada a sensação de movimento do objeto virtual, característica das aplicações da área de física.

Existem três possibilidades de interação com os objetos virtuais dentro da área de física, evidenciados na figura 73. O processo descrito aqui para a interação com o tema de Lançamento Oblíquo se repete para todas as outras opções deste contexto, salvo as exceções quanto ao processo de codificação das

coordenadas que farão parte da mensagem a ser transmitida para o SACRA, que seguem, em cada tema, o padrão do movimento a que se refere.

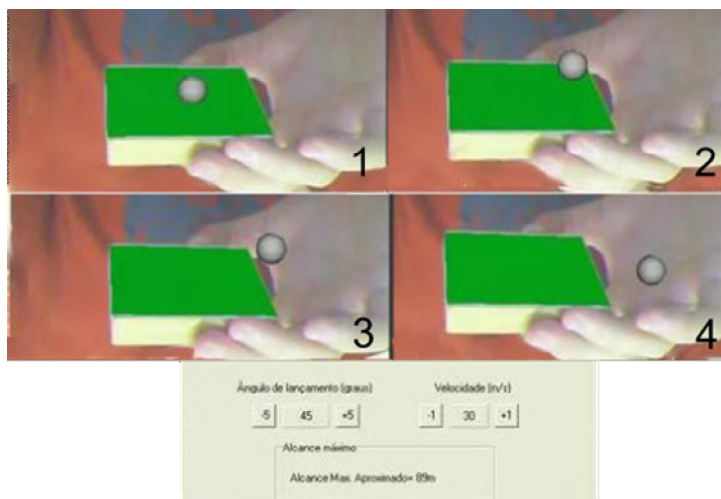


Figura 71 – Sequência de imagens demonstrando o movimento do objeto virtual em decorrência do envio de mensagens implementado no ARTutor.

Na proposta atual, o software desenvolvido funciona através de conexão local, ou seja, as mensagens enviadas pelo ARTutor chegam até o SACRA, em execução na mesma máquina. O socket, implementado no ARTutor, enviará mensagens para a porta 1202 do computador, que é a mesma porta na qual o SACRA, como servidor, estará apto a recebê-las. A característica de comunicação local é uma peculiaridade e um uso específico da capacidade de comunicação em rede proposta pelo SACRA.

```

void __fastcall TForm7::Button8Click(TObject *Sender)
{
//código executado quando botão Animar é acionado

float angulo=0, veloc=0, x=0, y=0;
float t=0, t2, t3, j, resp;
int tamanho=0;

//atribuição dos valores iniciais
angulo=StrToFloat(Panel2->Caption);
veloc=StrToFloat(Panel3->Caption);

angulo=DegToRad(angulo); //transformando o angulo em radianos

//calcula alcance máximo
resp=Floor(((veloc*veloc)*sin(2*angulo))/10);

//calcula o tempo total de voo
t=2*((veloc*sin(angulo))/10);

//tempo de cada passo, para um padrão de 15 passos.
t2=t/15;

//auxiliar para a soma posterior
t3=t2;

for (j=0; j<=14;j++) //for com 15 passos
{
// calcula os pontos x e y usados na mensagem para redesenho da cena em RA
x=veloc*cos(angulo)*t2;
y=(veloc*sin(angulo)*t2)-((10*pow(t2,2))/2);

t2=t2+t3; //incrementa o tempo

//imprime os pontos num edit apenas para facilitar na hora de montar a mensagem
Edit2->Text=Edit2->Text sprintf("%.2f",x);
Edit3->Text=Edit3->Text sprintf("%.2f",y);

//monta a mensagem a ser enviada para o SACRA
mensagem_z2="translation 2 0 0 "+ Edit2->Text+" "+Edit3->Text;
Edit1->Text=mensagem_z2;
Application->ProcessMessages();
tamanho=Edit1->Text.Length();
mensagem2=IntToStr(tamanho)+" "+mensagem_z2;

ClientSocket1->Active=true; //ativa o socket
ClientSocket1->Socket->SendText(mensagem2); //manda a mensagem montada
Sleep(150); //espera 150 milissegundos
ClientSocket1->Close(); //fecha a conexão
ClientSocket1->Active=false; //desativa o socket
}

//imprime o resultado do alcance máximo calculado anteriormente
Label7->Caption="Alcance Max. Aproximado= "+ FloatToStr(resp)+ "m";
}

```

Figura 72 – Codificação da montagem de mensagens e envio via socket.

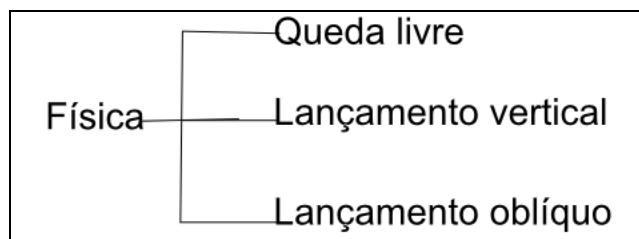


Figura 73 – Temas implementados no ARTutor na área de física.

No início deste capítulo, foi ressaltada a necessidade de que os temas de RV, RA e educação fossem relacionados, a fim de que, deste modo, se pudesse vislumbrar uma possibilidade real de que as tecnologias fossem empregadas de maneira eficaz nos ambientes de ensino; Com estes objetivos se justifica o desenvolvimento do ARTutor. Numa visão geral, depois de discorrermos os pormenores que envolveram este processo de desenvolvimento, pode-se observar que a versão final do software se apresenta bastante adequada para aquilo que se propõe. A comunicação direta implementada entre o ARTutor e o SACRA, e a conseqüente diminuição da complexidade de interação proporcionada ao usuário final, são questões a se destacar, e que podem ser observadas como pontos relevantes na contribuição para a criação de um modelo de software educacional que faça uso da tecnologia de RA.

6. AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA

A validação do software educacional potencializado com RA (ARTutor), deu-se a partir da aplicação de questionário para dois grupos de participantes: professores e alunos. Os questionários aplicados para ambos os grupos podem ser consultados na seção de anexos; a seção Anexos A contém os questionários aplicados ao grupo de alunos, enquanto a seção Anexos B apresenta a relação de questões aplicadas ao grupo de professores.

A abordagem adotada nesta avaliação, leva em conta o fato de que o ARTutor foi desenvolvido visando, tanto a sua adoção por parte dos professores, quanto a necessidade de maximização do interesse do aluno para com o objeto de estudo. Tais características nos levaram a optar por uma metodologia que propiciasse a coleta de informações, em decorrência da interação com o software, a ser realizada pelos professores e alunos.

De maneira geral, o que se quer observar, através da análise dos resultados obtidos, é a eficiência do software em relação aos aspectos vinculados à sua execução, principalmente no que respeita a sua usabilidade, funcionalidade e potencial empregabilidade no ambiente educacional. Para tanto, o procedimento de avaliação, realizado no dia 10 de outubro de 2009, compreendeu professores e alunos.

Para ambas as avaliações, foram utilizadas as instalações de uma Faculdade da cidade de Piracicaba, a qual demonstrou interesse em auxiliar no processo de avaliação do software, ao mesmo tempo em que possibilitava a seus alunos conhecerem a tecnologia adotada e o processo de funcionamento da ferramenta.

Foram considerados pertencentes ao grupo dos professores, os participantes que tinham experiência nesta função, seja no Ensino Fundamental, Médio ou Superior. Neste grupo, também foram incluídos os estudantes universitários de Licenciatura nas áreas de Exatas ou Pedagogia.

No que se refere aos alunos, foram examinados aqueles que não tinham qualquer ligação com as áreas citadas no parágrafo anterior, não trabalhavam como professores e apenas os que estavam cursando da sexta série do Ensino Fundamental em diante.

Na semana que precedeu o dia da avaliação, foram colocados cartazes nos murais dispostos nos corredores da Faculdade, divulgando o local e a hora da realização da atividade para que os interessados em participar da validação do software se inscrevessem. Nestes cartazes, foi avisado que a avaliação seria realizada, e que as informações, geradas em decorrência deste processo, seriam disponibilizadas aos participantes.

Nesta mesma semana, foram afixados convites com o mesmo texto dos cartazes supracitados, para os jovens que cursavam o Ensino Médio numa Escola Estadual de um bairro da cidade de Piracicaba.

A avaliação contou com quatro participantes, os quais se enquadravam no perfil do grupo de alunos, e com dezessete participantes, que se incluíam na composição do grupo de professores.

Por se tratarem de grupos distintos, tanto numericamente quanto em relação à abordagem que se desejava focar, optamos por uma análise individualizada dos resultados. Nesse sentido, foram elaborados dois questionários distintos: um para o grupo de alunos e outro para o de professores. Ambos utilizam a escala de *Likert* de 5 pontos que, por meio de afirmações apresentadas ao usuário, mede o grau de concordância do respondente em relação às mesmas. Este tem a possibilidade de escolher, entre cinco opções, aquela que melhor demonstre seu grau de concordância com o que lhe é exposto.

Além de algumas afirmativas, havia espaços de texto, onde os participantes poderiam expressar com mais liberdade suas opiniões.

Ambos os modelos de questionário apresentavam tanto a possibilidade de coleta de informações a respeito do perfil dos respondentes, quanto as suas impressões sobre a interação com o software. As principais diferenças, entretanto, estão no fato de que o questionário dos alunos apresentava uma linguagem mais informal, para facilitar a compreensão das perguntas, e a quantidade de questões expostas era menor.

Na tabela 5, mostra-se uma visão geral da configuração dos questionários aplicados para ambos os grupos, evidenciando-se os principais aspectos analisados e suas respectivas quantidades de questões:

Tabela 5 – Visão geral dos questionários aplicados aos grupos participantes.

	Questões para o grupo de alunos	Questões para o grupo de professores
Aspectos pedagógicos gerais	2	8
Aspectos tecnológicos e de aplicabilidade	1	8
Aspectos específicos quanto ao tipo do produto	2	8
Perfil do usuário	5	5
total	10	29

Para a análise dos resultados, foram utilizadas duas abordagens: na primeira, qualitativa, as opiniões coletadas através dos espaços de texto livre são consideradas. Neste caso, nos preocupamos com as informações que o usuário pôde transmitir acerca da sua relação com o *software* e com os assuntos tratados de maneira mais independente, o que se traduziu em possíveis dicas

para melhorias do sistema. Na segunda abordagem, levamos em conta as respostas às afirmações da escala de *Likert* e atribuímos valores a estas variáveis (BUSSAB; MORETTIN, 2003), a fim de que pudéssemos apreciá-las quantitativamente, com a intenção de mensurar o grau de concordância dos participantes no que se refere à pesquisa realizada.

Nas seções a seguir, são apresentados os processos de avaliação e os resultados obtidos por meio da coleta de resultados para cada um dos grupos.

6.1. GRUPO DE ALUNOS

O processo de validação do software pelo grupo de alunos, composto por quatro membros, ocorreu da seguinte maneira: tendo o software já instalado nas máquinas, os participantes foram convidados a se sentar, cada qual em um computador. Foi explicado aos participantes o que é uma pesquisa de Mestrado, qual foi o trabalho desenvolvido (ARTutor) e o que é Realidade Aumentada. Em seguida, eles souberam que, a qualquer momento, poderiam deixar a sala sem qualquer constrangimento e agradecemos a presença de todos. Depois desta introdução, passamos para uma atividade prática.

Fez-se um sorteio com um dos temas implementados no ARTutor e o eleito foi o de esfera. Assim, primeiramente simulando o que poderia ser realizado em classe, o autor desta dissertação, na posição de pesquisador, instigou os alunos para que conversassem sobre o tema sorteado. Nesta conversa inicial, todos falaram o que se lembravam a respeito do assunto.

Num segundo momento, eles foram levados a dizer qual o volume aproximado de uma laranja. Explicou-se que consideraríamos a laranja como se fosse, de fato, esférica, e que o raio da mesma seria de 2 cm. A resposta, com a qual o grupo concordou, foi de que o volume é aproximadamente similar ao da capacidade de um copo pequeno.

Apesar de o esperado ser que o grupo fosse capaz de dizer a fórmula necessária para o cálculo do volume de uma esfera, a resposta obtida pode nos apontar alguns caminhos interessantes, tais como: para os alunos, pode ser mais fácil entender algum conceito se ele está, explicitamente, relacionado a outros elementos reais e mais próximos do seu cotidiano.

Diante do exposto, os participantes foram motivados a se aprofundar um pouco mais na definição deste conceito, além de serem informados de que, para ajudá-los, usaríamos uma ferramenta desenvolvida utilizando-se da tecnologia de RA, chamada ARTutor.

No telão, foi mostrado aos participantes o ícone na área de trabalho que, quando clicado, poderia dar acesso ao programa em questão. Pediu-se que eles consultassem o ARTutor e lessem o que o software trazia de informações a respeito do sólido geométrico abordado (esfera). Note-se que não lhes foi explicado, passo a passo, como eles fariam para que estas informações fossem exibidas, a fim de que fosse possível perceber alguma eventual dificuldade. Todos os participantes conseguiram acessar a área teórica sobre o assunto sem dificuldades.

Após alguns minutos, foi perguntado aos participantes o que o software tinha lhes mostrado com relação à informação teórica e, depois disso, conversamos sobre as demais informações que eles haviam obtido.

No próximo passo, eles foram motivados a solucionar o exercício prático apresentado. Acessaram a área de exercício e leram o que lhes era pedido. A figura 74 apresenta as áreas de teoria e o exercício relativo ao tema

abordado. Em resumo, o participante deveria construir uma esfera com, aproximadamente, $33,5 \text{ mm}^3$ de volume.

Explicou-se que a cor do objeto virtual poderia ser customizada e que, depois de preencher o valor do raio da esfera, como pedido no exercício, os participantes deveriam clicar sobre o botão “Avançar” e acessar o software SACRA, clicando no executável SACRA.exe. Completada esta tarefa, teriam a possibilidade de exibir o marcador “Matemática” para a *webcam*, a fim de que fosse possível visualizar e interagir com o objeto, por eles configurado, e também conferir o resultado de seu exercício, inserindo-se o marcador “Controle” na cena captada pela *webcam*. Estas explicações foram dadas no telão disponível na sala e os alunos as acompanharam, antes de realizarem suas tarefas.

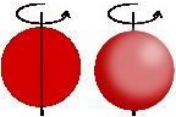
Não houve problemas quanto à interação com o software, pois todos os alunos conseguiram configurar um objeto virtual e vê-lo no monitor. Entretanto, o que se observou é que eles não fizeram contas, anteriormente, para descobrir o raio do objeto a ser visualizado no software de RA. Ao invés disso, recorreram à técnica de tentativa e erro para chegarem à resposta correta, a qual considerava o raio igual a 2 mm.

Este fato pode ser encarado como uma decorrência do entusiasmo dos participantes para com o novo software. A observação desta atividade nos permitiu identificar tal fato, o que não foi visto como algo potencialmente negativo.

Esfera

Vale a pena saber...

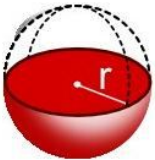

A esfera é um objeto tridimensional gerada pela superfície de revolução de um círculo em torno de seu eixo central.



Fórmulas:

Área Total
é a área de toda a superfície da esfera
 $A_t = 4\pi R^2$

Volume
é a terça parte de $4\pi R^3$
 $Vol = (4\pi R^3)/3$

Exercício

Considere uma torneira que, por falta de manutenção, fica gotejando a uma frequência de aproximadamente 33,5 mm³ por gota. Construa uma esfera com o mesmo volume.

Raio da esfera (R): mm

0,0

0,77

0,79

preview

Figura 74 – Detalhe da interface do ARTutor sobre as áreas de teoria e exercício do tema Esfera.

Depois de interagirem com o software em todas as suas funcionalidades, os participantes foram convidados a responder ao questionário.

6.1.1. APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO PARA O GRUPO DE ALUNOS

O questionário aplicado para o grupo de alunos contou com duas seções. Assim como pode ser observado no Anexo A, na primeira seção eram apresentadas cinco questões objetivas para a identificação dos participantes, a fim de que fosse possível traçar seu perfil. A segunda seção apresentava outras cinco questões, no formato proposto pela escala de *Likert* de 5 pontos. Ainda que

contando com uma quantidade diminuta de participantes que se enquadravam no grupo de alunos, cremos ser possível, com os dados coletados, a realização de uma avaliação qualitativa com certo grau de significado e relevância em relação aos temas abordados.

Quanto à formação dos participantes, a análise da primeira seção do questionário nos permitiu observar que o grupo de alunos era composto por três estudantes do Ensino Fundamental e de um estudante do Ensino Médio.

No que concerne à experiência destes alunos para com as atividades desenvolvidas na sala de informática em suas escolas, observou-se que dois dos alunos afirmaram já ter usado o computador nas mesmas, como ferramenta para a compreensão de algum assunto que estava sendo estudado. Apenas um deles disse que não havia utilizado o computador, pois isso não era comum em sua escola, enquanto outro falou que não o havia usado, apesar de existir esta possibilidade onde ele estudava, uma vez que alguns computadores estavam disponíveis na sala de Informática.

Independentemente da experiência ou não do aluno para com as atividades que poderiam ser realizadas nas salas de Informática, lhes foi perguntado como avaliavam o uso do computador como uma ferramenta para auxiliar na compreensão das matérias estudadas em classe. As respostas a esta questão estão resumidas no gráfico apresentado na figura 75.

O que se pôde perceber foi que a expectativa dos estudantes que participaram da pesquisa, sobre o uso de ferramentas computacionais na facilitação do aprendizado de temas comumente trabalhados em sala de aula, é bastante grande. Os resultados mostraram, ainda, seu alto grau de receptividade para com projetos que englobam o uso destas ferramentas como parte do processo de aprendizado.

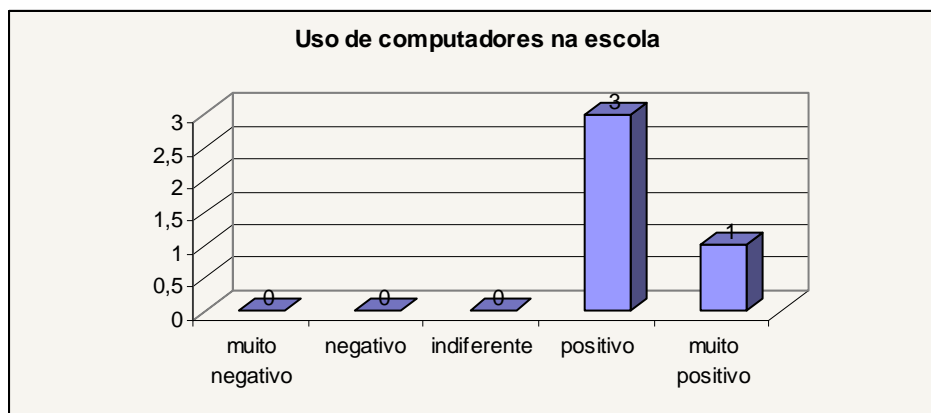


Figura 75 – Opinião dos alunos quanto à possibilidade de uso de computadores como ferramentas pedagógicas

Por fim, foram realizadas outras duas questões que tinham como objetivo a determinação do grau de desenvoltura destes alunos para com o uso computador, a fim de que pudéssemos classificá-los de acordo com esta característica, caso necessário. Na figura 76, é possível observar os resultados disso, levando-se em conta que os alunos foram estimulados a se enquadrar em um dos perfis apresentados. Foram elaboradas quatro alternativas, nas quais explicitamos algumas afirmativas a respeito do uso do computador. Os alunos tinham de assinalar aquela que melhor traduzisse o seu próprio perfil.

Notou-se que, a maioria dos participantes, declarou melhor se enquadrar no perfil que ressalta um uso frequente do computador para a elaboração de tarefas diversas e mais complexas, não se limitando, exclusivamente, ao uso das ferramentas de comunicação.

É preciso atentar para o usuário que declarou ter um perfil diferente. Apesar de parecerem respostas antagônicas, na verdade, esta última tentou retratar as pessoas que, não tendo acesso contínuo ao computador, por algum motivo, ainda assim sabem fazer uso da máquina e de suas ferramentas em seus diversos trabalhos.

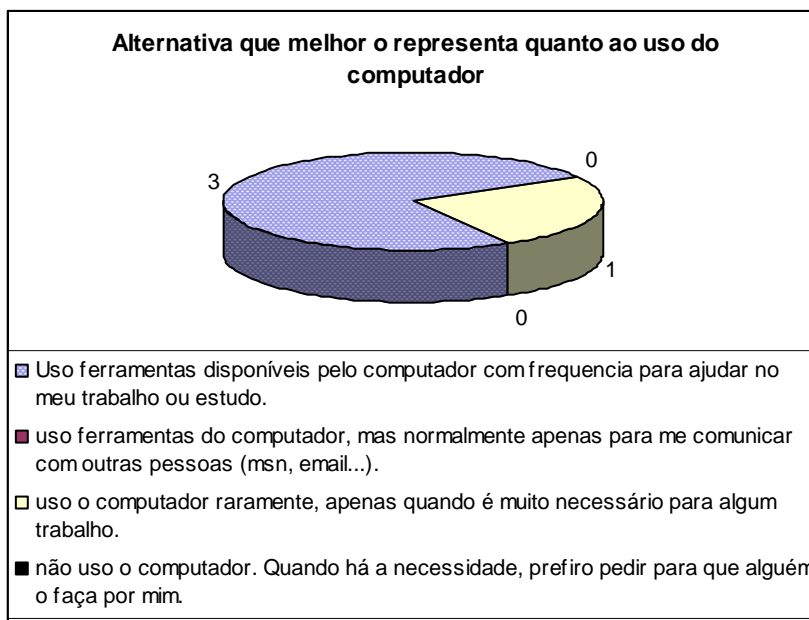


Figura 76 – Autoclassificação sobre o perfil do usuário para com o uso do computador (alunos).

Uma análise mais cuidadosa sobre a questão nos permite crer que, a falta de concordância para com as afirmações que evidenciam um perfil que ressalta o não uso do computador, pode apontar para o mesmo caminho evidenciado pela questão retratada na figura 75. Nela, todos os participantes declararam achar positivo, ou muito positivo, o emprego dos recursos computacionais em sala de aula.

Na última questão da seção 1, foi solicitado que os participantes assinalassem quantas alternativas quisessem, ainda a respeito de seu modo de interação com o computador. Os resultados são apresentados na tabela 6.

Nesta questão, consideramos que as duas primeiras alternativas referem-se a um perfil de usuário básico, o qual interage com as ferramentas mais comuns disponíveis em aplicativos no computador ou na *Internet*. As duas alternativas seguintes mostram um conhecimento intermediário, de usuários que vão além das ferramentas mais comuns e usam o computador também para a

reprodução e/ou expressão de suas idéias, por meio do uso de ferramentas mais avançadas. Finalmente, as duas últimas questões caracterizam um perfil especializado, de pessoas com alto grau de conhecimento e desenvoltura para com as ferramentas computacionais.

Como se pode observar, todos os usuários assinalaram as três primeiras alternativas. Elas referem-se, para as finalidades desta pesquisa, a um perfil de usuário com um nível intermediário de conhecimento no que tange aos assuntos relacionados à Informática. Assim como era esperado, nenhum dos participantes assinalou as alternativas referentes ao nível avançado de conhecimento.

Tabela 6 – Escolha livre de alternativas que descrevem a interação do usuário para com o computador

Sei usar as ferramentas básicas (Word, power point...)	4
Sei navegar na internet e acessar sites como Orkut, além de me comunicar pelo MSN.	4
Sei descarregar uma foto em meu computador e enviá-la em anexo por email.	4
Consigo fazer retoques em fotografias e editar pequenos vídeos com ferramentas no computador.	2
Sei identificar alguns componentes do computador e trocá-los, se for preciso.	0
Consigo desenvolver alguns softwares simples ou fazer sites com alguma linguagem de programação.	0

De um modo geral, podemos concluir, com os resultados obtidos nesta seção, que o grupo de alunos participantes da pesquisa mostrou-se homogêneo quanto à experiência e desenvoltura, no que se refere à interação com o computador e suas ferramentas. Notou-se, ainda, que trabalhávamos com um grupo bastante receptivo às novas tecnologias, uma característica que ficou evidente em virtude do próprio perfil dos estudantes. Esta característica poderia nos apontar uma tendência a avaliações positivas no que diz respeito, não só aos

aspectos de usabilidade, como também aos de interação com o software, abordados na seção seguinte.

Devido a tais aspectos, bem como ao número reduzido de pessoas, optou-se por uma análise individualizada das questões apresentadas na seção subsequente, sem um recorte com base em perguntas que poderiam se mostrar relevantes num outro cenário, tal como segundo o perfil de interação.

A seção 2 começava com uma afirmativa evidenciando, de forma bastante simples, os motivos pelos quais as questões seriam apresentadas. Nela, foi exposto que queríamos saber as impressões dos alunos sobre seu contato com o software ARTutor. As questões focavam exatamente no problema de como o usuário avaliava este projeto e suas aspirações em relação às possibilidades de uso do software.

Nas duas primeiras perguntas, procurou-se coletar as opiniões acerca dos aspectos pedagógicos, inerentes ao processo de interação com o software. Nesse sentido, foi pedido para os usuários assinalarem a alternativa que melhor representasse seu grau de concordância com as seguintes afirmativas: “usar este *software* pode tornar o aprendizado do assunto mais interessante” e “é mais fácil aprender se usarmos este *software* ou outros parecidos”. Os resultados destas questões estão resumidos nas figuras 77 e 78.

Assim como apontado pelo perfil dos participantes, a sua receptividade para com o software foi bastante grande. A maioria dos alunos respondeu que o ARTutor os auxilia no processo de aprendizado, fazendo com que eles mantenham interesse pelo assunto tratado e facilitando a compreensão dos temas.

A questão seguinte era: “As escolas deveriam disponibilizar este *software* para que os alunos pudessem usá-lo?”. As respostas à mesma estão resumidas no gráfico apresentado na figura 79.

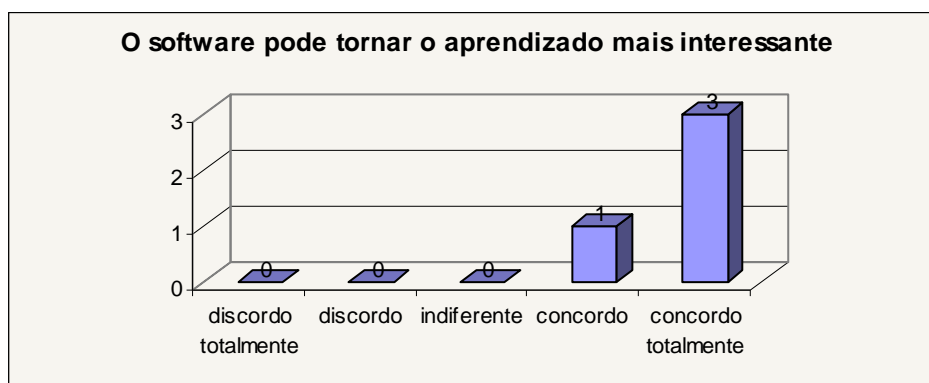


Figura 77 – Manutenção de interesse.

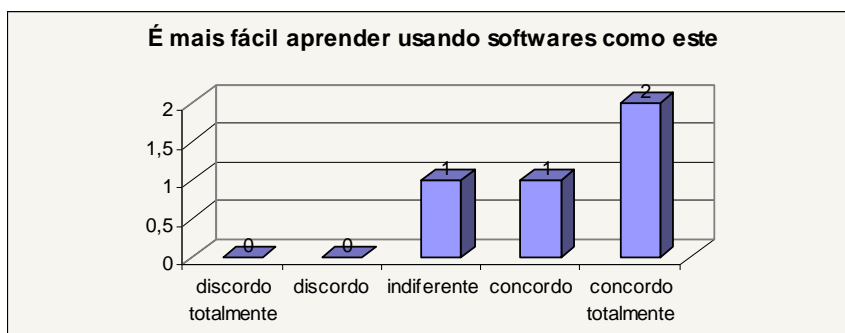


Figura 78 – Facilitação do aprendizado.

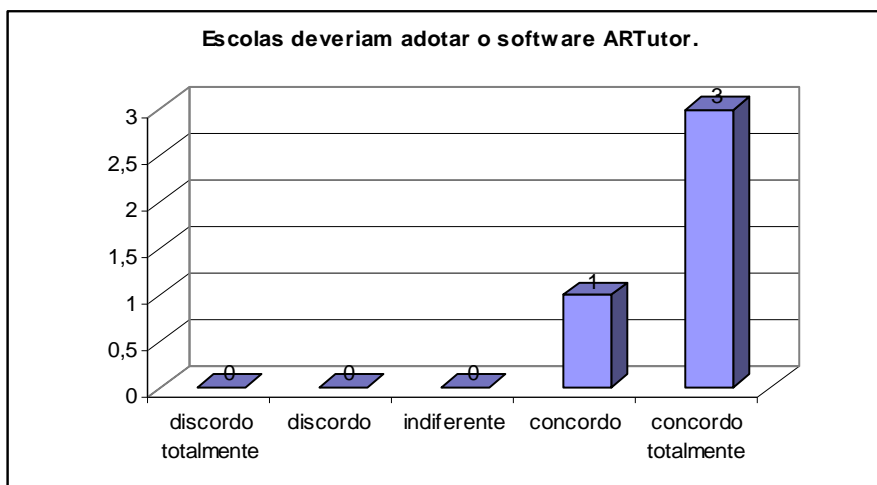


Figura 79 – Adoção do software pelas escolas.

A questão retratada pela figura 79 tinha a intenção de que o participante pensasse no uso do software de maneira mais abrangente, por outras pessoas que não, necessariamente, eles mesmos. O que se percebeu foi que, para os respondentes, as características observadas no software mostram-se suficientemente adequadas para que ele seja empregado para uso comum no ambiente escolar.

As duas últimas perguntas tinham a intenção de que o usuário analisasse alguns aspectos da usabilidade do ARTutor, com especial atenção para a facilidade de uso do software. Para isso, optou-se pelo emprego de um enunciado neutro, o qual apenas indicasse o assunto que o usuário deveria avaliar, porém sem afirmar, de antemão, a positividade ou não da usabilidade do software. Desta maneira, foi exposto: “O uso do ARTutor pode ser considerado como:”. As respostas a esta questão estão sintetizadas no gráfico apresentado na figura 80.



Figura 80 – Concordância sobre a facilidade de uso do ARTutor.

A última questão apresentada trazia a seguinte afirmativa: “De maneira geral, considerando suas possibilidades de uso e possíveis contribuições para a área de educação, o ARTutor é um *software* positivamente avaliado”. As respostas a esta afirmativa estão resumidas no gráfico mostrado na figura 81.

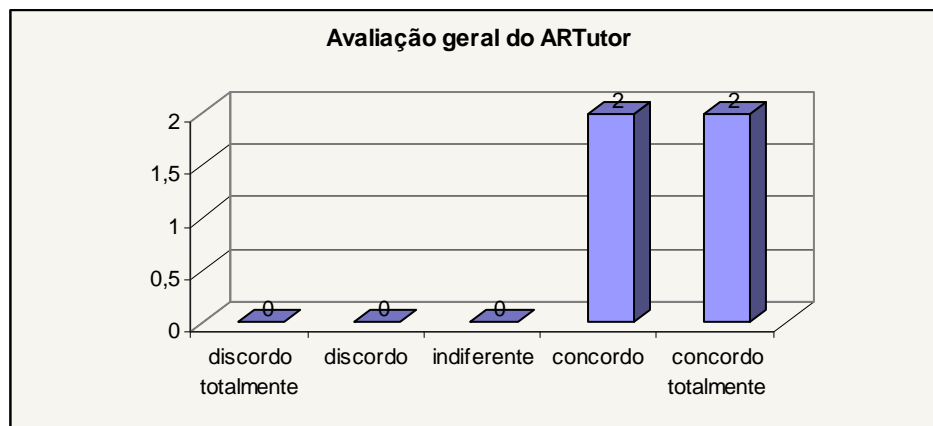


Figura 81 – Avaliação geral sobre a positividade do ARTutor.

Uma característica que torna o uso da escala de *Likert* particularmente interessante reside no fato de ser possível que os dados sejam analisados tanto qualitativamente, como feito até aqui, quanto quantitativamente. É normal que esta última análise seja realizada, para que se possa aferir, com mais precisão, o grau de concordância relativo a cada questão ou grupo de questões (SILVA, 2008). Para esta tarefa, utilizamos os seguintes pesos para cada um dos pontos da escala: Discordo totalmente/muito difícil (1); Discordo/difícil (2); Indiferente/mais ou menos (3); Concordo/fácil (4); Concordo totalmente/muito fácil (5).

Na tabela 7, apresentamos a análise quantitativa da seção 2, respondida pelo grupo de alunos com suas respectivas médias ponderadas por questão e a média geral da seção. Chega-se à média ponderada através do uso da fórmula: $MP = (\sum \text{peso} * \text{quantidade de resposta} / \text{total de participantes})$. Os resultados maiores que 3 são considerados concordantes (ou positivos), os resultados menores que 3 são considerados discordantes (ou negativos) e os resultados iguais a 3 são considerados indiferentes.

Assim como já apontava a avaliação qualitativa, todas as questões respondidas foram bem vistas pelos usuários. O que se observou foi que, a tendência à aceitação do software proposto, como já identificado na análise de perfil dos participantes, se manteve. Notou-se, com base nos dados da tabela 7, que todas as questões tiveram um índice de média ponderada acima de 4, o que pode significar que o software apresenta índices concordantes (ou índices positivos).

Tabela 7 – Avaliação quantitativa da seção 2 do questionário do grupo de alunos.

	discordo / totalmente / muito difícil	discordo / difícil	indiferente / mais ou menos	concordo / fácil	concordo / totalmente / muito fácil	Média Ponderada
pesos	1	2	3	4	5	MP
1 – Usar este software pode tornar o aprendizado do assunto mais interessante.	0	0	0	1	3	4,75
2 – É mais fácil aprender se usarmos este software ou outros parecidos.	0	0	1	1	2	4,25
3 – As escolas deveriam disponibilizar este software para que os alunos pudessem usá-lo para auxílio no aprendizado.	0	0	0	1	3	4,75
4 - Uso do ARTutor pode ser considerado como:	0	0	0	2	2	4,50
5 - De maneira geral, considerando suas possibilidades de uso e possíveis contribuições para a área de educação, o ARTutor é um software positivamente avaliado	0	0	0	2	2	4,50
média geral						4,55

O que a análise quantitativa nos apresenta de novo é a possibilidade da análise do conjunto geral de questões. Aqui, analisamos o da seção 2, aplicada aos participantes do grupo de alunos. Como já foi dito antes, esta seção se iniciava com uma afirmativa que deixava claro o objetivo das perguntas a serem apresentadas. O que se pôde observar é que, o índice de concordância quanto ao conjunto de respostas, dado pela média geral da seção, também foi bastante satisfatório (4,55). Assim, pode-se afirmar que as impressões gerais dos participantes da pesquisa, para com o software desenvolvido, são satisfatórias.

6.2. GRUPO DE PROFESSORES

O processo de validação do software para o grupo de professores se deu de maneira similar ao de alunos, com exceção de que, para eles, foi exigido que o software não estivesse instalado no computador, a fim de que pudessem realizar esta tarefa e, assim, verificar a funcionalidade do mesmo. Os dezessete participantes foram dispostos cada qual em um computador, e motivados a interagirem com o software, assim como aconteceu no grupo de alunos. Mas, desta vez, foram realizadas duas atividades: uma sobre um tema de Matemática e outra sobre um tema de Física. Os temas sorteados foram o de Cubo, na área de Matemática, e o de lançamento vertical, na área de Física.

Foram apresentados aos participantes o software implementado (ARTutor), com suas funcionalidades e possibilidades de uso, além do objetivo da pesquisa desenvolvida. Em acréscimo, lhes foi explicado o significado de Realidade Aumentada. Os participantes foram avisados de que, a qualquer momento, poderiam deixar a sala sem qualquer constrangimento e também agradecemos a presença de todos.

Tal como pode ser observado na seção de Anexos B, os questionários aplicados ao grupo de professores eram compostos por quatro seções, nas quais foram abordados os temas: seção 1 – Aspectos técnicos, seção 2 – Aspectos pedagógicos gerais, seção 3 – Aspectos específicos do tipo de produto, seção 4 – Identificação.

Todos os participantes do grupo estavam cursando o ensino superior: onze dos dezessete participantes eram da área de Exatas, especificamente dos cursos de Matemática, Física ou Química, quatro eram da

área de Educação e dois eram de outras áreas. A figura 82 resume os resultados da atuação profissional dos participantes.



Figura 82 – Perfil dos participantes quanto à atuação profissional.

No que respeita à experiência dos participantes quanto ao uso de outros softwares educacionais, perguntou-se a eles: “Você já utilizou algum *software* educacional como apoio para algum tema que aprendeu em sala de aula?”. Treze deles responderam que sim e apenas quatro disseram que não. Neste cenário, temos que 76% dos participantes já tinham usado outros softwares com o propósito de servir como ferramentas de auxílio à educação. Para estas treze pessoas que já tinham usado algum software educacional, foi perguntado: “Caso a resposta da pergunta anterior seja positiva, responda: como você avalia o uso do *software* educacional quando teve contato com o mesmo como aluno?” As respostas estão resumidas na figura 83.

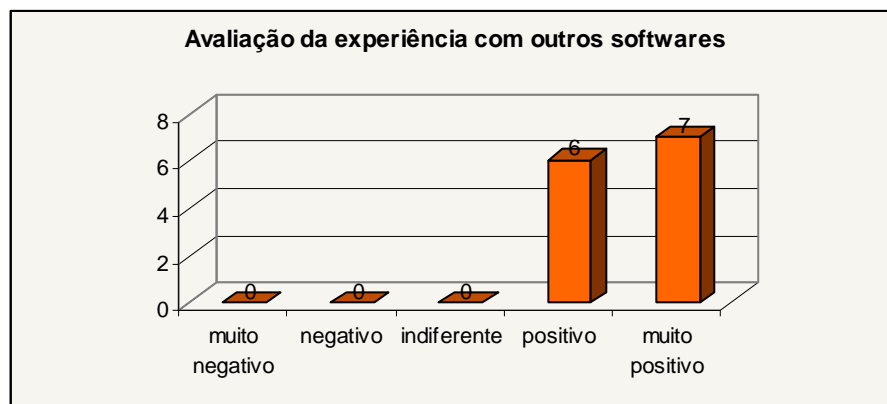


Figura 83 – Experiência com outros softwares educacionais.

Assim como foi feito com o grupo de alunos, no questionário de identificação do grupo de professores foi introduzida uma questão em que era solicitado aos participantes que se situassem em um dos perfis apresentados. Elaboramos quatro alternativas, nas quais inserimos algumas afirmativas a respeito do uso do computador. Os participantes tinham que assinalar aquela que melhor traduzisse o seu próprio perfil. Na figura 84, é possível observar os resultados desta questão.

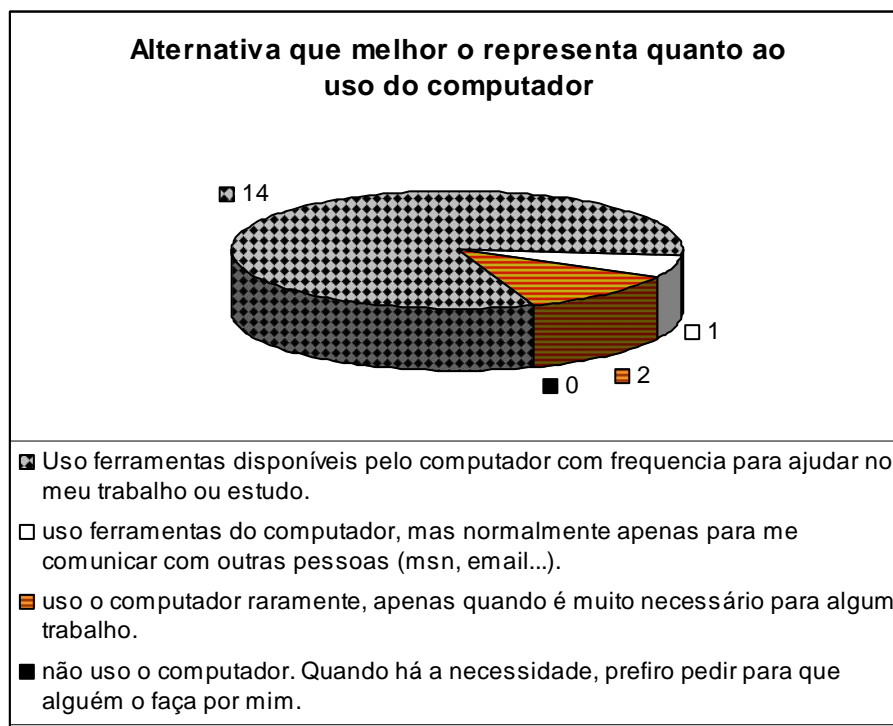


Figura 84 - Autoclassificação sobre o perfil do usuário para com o uso do computador (professores).

O que se pôde observar com relação a esta pergunta foi o fato de que, assim como no grupo de alunos, no de professores a maioria declarou ter um perfil mais próximo do representado pela alternativa que ressalta um uso frequente do computador para tarefas diversas e mais complexas, não se limitando ao uso de ferramentas de comunicação.

Para o grupo de professores, devido ao volume de dados apresentados, optamos pelo foco na análise quantitativa. Nas seções a seguir, apresentamos cada uma das três primeiras seções do questionário com suas respectivas tabelas quantitativas.

6.2.1. ASPECTOS TÉCNICOS

Na primeira seção de questões mostradas para o grupo de professores, foi explicitado que o objetivo da mesma era a coleta de opiniões a respeito dos processos de instalação e interação com o software, sob o ponto de vista de seus aspectos técnicos, bem como do desempenho e da execução das funções devidas.

Para isso, foram apresentadas sete afirmativas, de acordo com a escala de *Likert* de 5 pontos, e uma área de texto livre, no qual a opinião do usuário era colhida de maneira mais abrangente. Na tabela 8, apresentamos a análise quantitativa desta seção, respondida pelo grupo de professores com suas respectivas médias ponderadas por questão e a média geral da seção.

Notou-se que, de uma maneira geral, todas as questões satisfizeram a expectativa de se manterem acima do limite da indiferença (média = 3). Entretanto, numa análise mais minuciosa, percebemos uma disparidade entre a tendência das médias das questões apresentadas, se as confrontarmos com duas das sete questões.

A questão 2, que obteve o valor de 3,94 para a média ponderada, tem ligação direta com a questão 1, cuja média foi maior. Na questão 1, avaliamos a usabilidade do software, perguntando aos participantes a respeito do processo de sua instalação. Neste questionamento, os usuários mostraram que julgaram o processo de instalação suficientemente simples.

Tabela 8 – Seção de questões acerca dos aspectos técnicos da ferramenta

	não concordo veementemente	não concordo	indiferente	concordo	concordo plenamente	Média Ponderada
pesos	1	2	3	4	5	MP
1 - O processo de instalação é fácil e intuitivo.	0	0	0	10	7	4,41
2 - O processo de instalação permite que pessoas sem grande conhecimento em computação instalem o software.	0	2	2	8	5	3,94
3 - As informações mostradas no processo de instalação são suficientes para que você possa acompanhá-lo sem problemas.	0	0	0	11	6	4,35
4 - Você seria capaz de instalar o software novamente em outro computador se fosse necessário.	0	0	2	8	7	4,29
5 - Quando as funções são ativadas, executam o que deveriam. (Ex: clicando-se sobre o botão “exercício”, o que aparece é um exercício)	0	0	0	11	6	4,35
6 - As funções disponíveis são suficientes para realizar as tarefas para as quais o software se propõe.	0	0	0	13	4	4,24
7 - O comportamento do software esteve isento de falhas durante sua utilização. (Exemplos de falhas: travamento da máquina, etc.)	0	6	0	7	4	3,53
Média geral						4,16

Ainda quanto à questão 2, a mesma abordagem foi feita, porém esperava-se que os participantes pensassem na utilização do software por outras pessoas que não eles mesmos. Neste cenário, houve uma diminuição do grau de concordância, o que pode nos apontar para o fato de que, a experiência dos participantes com a instalação do software, apesar de simples, pode ser dificultada

caso a atividade seja reaplicada. As questões 3 e 4, que voltaram a ter uma média mais elevada, corroboraram esta hipótese, uma vez que voltaram a tratar de aspectos pessoais, enfocando a atuação do participante e não de outros.

A questão 7 obteve o menor índice do grupo (MP= 3,53). Este fato pode ter sido provocado pela impressão de não funcionamento do software, em alguns momentos. Por se tratar de um sistema que utiliza técnicas de visão computacional para a geração do ambiente de RA, assim como já foi explicado no capítulo 3, o SACRA – ou qualquer outro software com as mesmas características –, pode apresentar certas dificuldades para a exibição deste conjunto, dependendo das características do ambiente real no qual se está fazendo uso do sistema. Os problemas com a sua iluminação são os mais comuns. Na avaliação, alguns usuários relataram dificuldades em conseguir com que o objeto virtual fosse exibido. Todos os que tiveram a mesma dificuldade, foram orientados a alterar a posição da *webcam*, a fim de que o problema da iluminação fosse resolvido.

Outro fator determinante para tal questão foi que, em alguns computadores, na atividade de Física, a animação do objeto virtual não se comportou da maneira esperada. Por se tratar de uma sala com computadores heterogêneos, nos mais antigos, o processamento e a exibição da execução da tarefa não foram satisfatórios. No entanto, este ambiente, apesar de ter influenciado na avaliação do aspecto do software, se mostrou interessante, pois pudemos atentar para possíveis dificuldades com relação à instalação e uso do ARTutor, em computadores com configurações diferentes.

Apesar destes fatores, tivemos uma média geral, dada para este conjunto de questões, bastante satisfatória. Ao observarmos o cenário sob este ponto de vista temos que, quanto aos aspectos técnicos da ferramenta, chegou-se a um índice de concordância em relação ao software (avaliação positiva).

Assim como colocado anteriormente, além das questões

apresentadas na análise quantitativa, os participantes foram estimulados a escrever comentários no espaço de texto livre. A participação nesta questão não era obrigatória, mas alguns participantes demonstraram interesse em contribuir com as avaliações. Abaixo, são apresentados seus comentários quanto aos aspectos abordados nesta seção.

1. “Poderia, após o preenchimento dos dados, aparecer direto a tela da câmera”
2. “Alguns usuários leigos são, sim, capazes de fazer instalações. Mas, para isso, não basta apenas a ajuda do software – a qual está bem fácil e simplificada –, mas também a vontade e o conhecimento básico do usuário. Alguns erros ocorrem devido ao SO que está sendo executado, uma vez que, em muitos computadores, faltam atualizações de bibliotecas e até mesmo o *drive* da *webcam* não é muito aceito por todas as DLL. No entanto, o *software* está em perfeito funcionamento”.
3. “Foi bom, mas teve um erro no *PC*”.

As opiniões expressas na área de preenchimento livre estão de acordo com os assuntos discutidos com base na análise quantitativa da seção, e são de grande valia, principalmente, para o refinamento da proposta e a elaboração de futuras contribuições para o projeto.

6.2.2. ASPECTOS PEDAGÓGICOS GERAIS

Na segunda seção de questões apresentadas ao grupo de professores, foi explicitado que o objetivo da mesma era a coleta de opiniões sobre a experiência de interação com o ARTutor e em relação às características pedagógicas que pudessem ser percebidas. Para isso, foram apresentadas oito afirmativas de acordo com a escala de *Likert* de 5 pontos. Na tabela 9, mostramos a análise quantitativa desta seção, com suas respectivas médias ponderadas por questão e a média geral da seção.

Como é possível perceber, também nesta seção todas as médias ponderadas tiveram um resultado superior ao índice de indiferença. Este fato nos permite acreditar que, também quanto aos aspectos pedagógicos abordados pelas afirmativas, o software se mostrou suficientemente adequado.

Cabe uma observação sobre a afirmativa 8, a qual obteve o menor índice (3,88). A questão era a respeito da possibilidade de relacionamento entre os temas tratados no software, durante a interação por ele proporcionada, o que é visto como uma qualidade possível de ser alcançada por ferramentas usadas para o enriquecimento do processo educativo. Isso pode ser observado como um requisito valioso e um fator influente para a adoção ou não de um determinado software por parte dos educadores.

O índice dado pela média ponderada, atribuída a esta afirmativa, apesar de distante do índice de indiferença, pode apontar para uma dificuldade dos participantes em decodificar o significado da questão. Quando fazemos um recorte no grupo de participantes e observamos apenas as respostas dos participantes que declararam já atuar como professores, observamos um outro cenário, o qual está resumido na figura 85.

Tabela 9 – Seção de questões acerca dos aspectos pedagógicos gerais.

	não concordo veementemente	não concordo	indiferente	concordo	concordo plenamente	Média Ponderada
pesos	1	2	3	4	5	MP
1 - O software oferece situações e recursos que justificam sua utilização.	0	0	0	12	5	4,29
2 - O software pode ser utilizado para despertar o interesse do usuário pelo assunto.	0	0	0	11	6	4,35
3 - O software pode ser utilizado como uma revisão e/ou reforço para um assunto já trabalhado.	0	0	0	10	7	4,41
4 - As informações apresentadas sobre os temas são úteis e ajudam a gravar/entender o assunto tratado.	0	0	0	12	5	4,29
5 – O software é fácil de ser usado.	0	0	0	11	6	4,35
6 - As representações das funções da interface (ícones, menus, botões...) são fáceis de serem reconhecidas/entendidas.	0	0	2	10	5	4,18
7 - A forma de abordagem dos conceitos permite que o usuário os compreenda de forma adequada.	0	0	0	14	3	4,18
8 - Os conceitos trabalhados pelo software (ou através do software) podem ser relacionados com conceitos de outras disciplinas.	0	2	2	9	4	3,88
Média geral						4,24

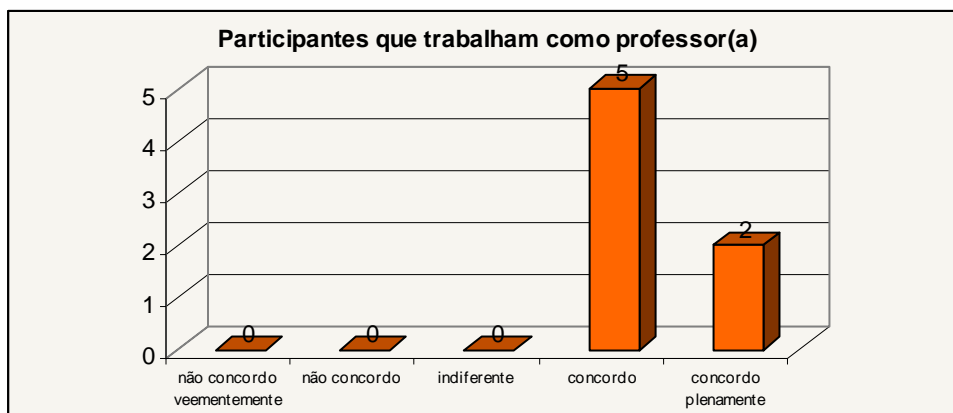


Figura 85 – Conceitos podem ser relacionados com outras disciplinas.

Levando-se em consideração apenas as respostas dos usuários com experiência de ensino, observamos que temos um quadro no qual a questão é mais bem avaliada (MP= 4,28). Este fato corrobora a hipótese, anteriormente colocada, acerca do motivo pelo qual a média desta afirmativa foi a mais baixa.

Por outro lado, este cenário pode nos apontar, também, para a necessidade de revisão da forma como as possibilidades de relações entre os temas tratados são apresentadas no software, a fim de que se tornem mais evidentes.

6.2.3. ASPECTOS ESPECÍFICOS AO TIPO DE PRODUTO

Na terceira seção de questões apresentadas ao grupo de professores, explicou-se que o objetivo da mesma era a coleta de suas opiniões

acerca da experiência de interação com as tecnologias específicas trazidas pelo software. Além disso, foi pedido ainda que eles relatassem suas percepções quanto às potencialidades destas tecnologias, quando relacionadas ao seu emprego no contexto educacional. Para isso, lhes foram apresentadas sete afirmativas, de acordo com a escala de *Liker* de 5 pontos, além de uma área de texto livre, na qual sua opinião poderia ser verificada de uma maneira mais abrangente.

Na tabela 10, apresentamos a análise quantitativa desta seção, respondida pelo grupo de professores, com suas respectivas médias ponderadas por questão e a média geral da seção.

Como se pode perceber, esta seção foi a que obteve os melhores índices, quando comparados aos valores atribuídos às médias gerais. Este cenário pode nos indicar que, de fato, a tecnologia de RA, quando aplicada ao contexto educacional, tem a possibilidade, não só de auxiliar no processo de aprendizado do assunto a que se destina, mas também de ajudar na manutenção do interesse do usuário para com o objeto de estudo. A tecnologia se mostrou bastante atraente e, com base nos dados apresentados na sétima afirmativa da tabela 9, podemos até afirmar que há uma grande esperança dos participantes para com ela, quanto às suas futuras contribuições.

Tabela 10 - Seção de questões acerca dos aspectos específicos ao tipo de produto

	não concordo veementemente	não concordo	indiferente	concordo	concordo plenamente	Média Ponderada
pesos	1	2	3	4	5	MP
1 – O uso da Realidade Aumentada fez o software se tornar mais atrativo.	0	0	0	10	7	4,41
2 – O uso da Realidade Aumentada ajuda a manter o interesse na atividade.	0	0	0	9	8	4,47
3 – A interação com os objetos virtuais é positiva e enriquece a atividade.	0	0	0	11	6	4,35
4 – Softwares educacionais (como o ARTutor) ajudam a enriquecer o processo educacional e podem torná-lo mais atraente para o aluno.	0	0	0	8	9	4,53
5 – O software permite que o aluno sinta-se desafiado em solucionar as questões e interagir com os conteúdos criados	0	0	0	12	5	4,29
6 - Ferramentas de auxílio á educação podem facilitar o trabalho de ensino/aprendizagem de determinado assunto.	0	0	0	11	6	4,35
7 – Como você avalia o software ARTutor de maneira geral, considerando suas possíveis contribuições e possibilidades de uso em sala de aula?	0	0	0	3	14	4,82
Média geral						4,46

As informações prestadas na área de texto livre também refletiram este posicionamento, como pode ser observado nas transcrições abaixo:

1. “Positivo: atrai a atenção do usuário, já que ele terá que posicionar a placa no lugar certo. Negativo: a iluminação tem que estar adequada ao uso”;
2. “A maneira aumentada como estão expostas as formas geométricas,

baseadas em realidades "virtuais", instiga, sim, o interesse e a interação com o computador e o *software*, o qual fica parecendo um brinquedo. Assim, você aprende se divertindo com a imagem na sua mão, o que lhe dá a impressão de tê-la em sua mão, e visualizada de maneira 3D, o que hoje é novidade para muitos”;

3. “Muito positivo!!! Importante *software* para o professor”;
4. “O *software* é bastante bom para a aplicação na educação, pois faz com que o aluno interaja com o ambiente virtual e sua atenção fica focada no assunto tratado. Um problema que ocorreu foi que, na parte de Física, o *software* travou e não funcionou. Talvez seja por causa da limitação tecnológica da máquina (computador) em que o *software* foi instalado”.

6.3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com a realização deste processo de avaliação do *software* proposto, pudemos esclarecer algumas questões que, anteriormente, eram encaradas apenas como possibilidades.

Os resultados apresentados durante o capítulo, não só mostraram-se bastante aceitáveis, como também apontaram para o fato de o ARTutor satisfazer às necessidades básicas, a fim de que seja empregado no contexto educacional.

Quanto à validade dos resultados, podemos observar que tanto

para o grupo de alunos quanto para o grupo de professores, os índices de satisfação gerais se encontram todos acima do índice de indiferença. Além disso, algumas questões respondidas por ambos os grupos podem ser evidenciadas para que, assim, possamos ter uma visão mais abrangente da opinião de todos os usuários do *software* proposto.

Este é o caso das questões 1 e 2 da tabela 7, que apresentam as respostas do grupo de alunos, com as respostas das questões 2, da tabela 9, e 1 e 2, da tabela 10, as quais mostram as respostas dos participantes do grupo de professores sobre afirmativas com a mesma temática: facilidade de aprendizado e manutenção de interesse. A figura 86 resume as informações a esse respeito, apresentando as médias ponderadas obtidas por estas questões.

O que se pode observar é que, em todas as respostas, os níveis obtidos estão bastante acima do nível de indiferença. Uma das características mais importantes, referentes ao uso que se pode fazer da RA nos softwares educativos, é exatamente, a possibilidade de permitir que o educando, ao utilizá-la, tenha maior interesse em relação à atividade como um todo e que, a partir disso, o processo de aprendizado torne-se mais fácil. Esta era uma das metas do desenvolvimento do ARTutor e, tanto para os alunos quanto para os professores participantes do processo de avaliação, este software cumpre adequadamente esta função.

No que concerne aos aspectos de usabilidade avaliados, os resultados mostraram que o ARTutor é intuitivo e apresenta um elevado grau de facilidade de interação. Quanto aos aspectos técnicos, porém, temos um cenário, indicado principalmente pelas opiniões expressas nas áreas de texto livre, que nos mostra uma possível necessidade de refinamento do software. A opinião número 1 da seção de aspectos técnicos (seção 6.2.1), por exemplo, aponta para a insatisfação do usuário em ter que acessar o executável SACRA.exe. Nos trabalhos futuros, poderá se avaliar a possibilidade de a ferramenta acessar automaticamente o executável, tornando ainda mais transparente para o usuário a

utilização do sistema de autoria (SACRA).

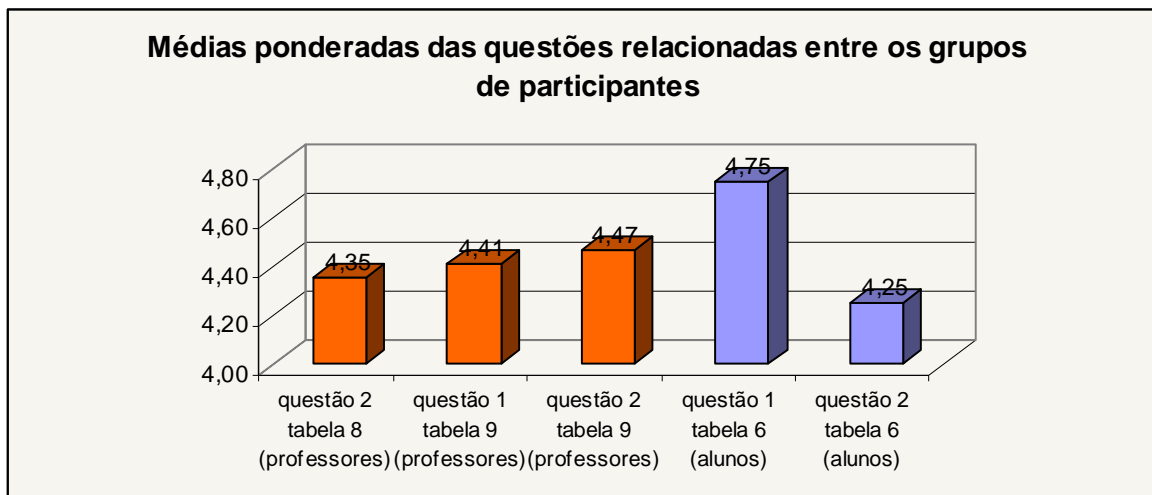


Figura 86 – Níveis de concordância quanto à facilidade de aprendizado e manutenção do interesse.

Esta opinião vem corroborar, também, o caminho adotado por este projeto, que optou pelo desenvolvimento de uma interface gráfica amigável, a fim de facilitar a interação do usuário para com o sistema de RA. Observou-se que a interface apresentada mostra-se mais atraente e pedagogicamente mais viável do que o uso do software de RA, cabalmente.

As opiniões números 2 e 3, da seção 6.2.1, e a número 4, da seção 6.2.3, nos apontam para a necessidade de revisão e de atenção também quanto ao processo de conexão desenvolvido entre o ARTutor e o SACRA. Apesar de o hardware utilizado, poder ter influenciado, numa análise mais minuciosa, pode-se apontar esta mesma questão como um gargalo no processo de ampla aceitação do software. Nos trabalhos futuros, poder-se-á avaliar a possibilidade de desenvolvimento de uma nova maneira de comunicação via rede, enviando-se uma mensagem mais simples, a qual poderia ser decodificada e

remontada no próprio SACRA, por exemplo.

Por fim, cabe ressaltar que o viés lúdico da educação proposta pela ferramenta, a partir da interação com o conteúdo apresentado em 3D, foi notada pelos participantes do processo de validação (opinião 2 da seção 6.2.3). Tal fato reafirma nossas intenções iniciais e nos permite concluir que, os resultados obtidos, são de grande valia para este projeto e para a sua continuidade, pois reforçam nossos principais propósitos, além de nos apontar alguns dos caminhos a serem percorridos em busca de uma maior excelência. Sob um olhar mais amplo, os resultados obtidos são de grande valia também para outros projetos, que podem, com base neles, partir do pressuposto de que sim, a tecnologia de RA tem elevado potencial de aplicabilidade na educação, por diferentes motivos e, a partir daí, desenvolverem suas próprias contribuições para a reafirmação do conceito.

7. CONCLUSÃO

Conforme constatado por Guerra (2000), a inserção de uma inovação tecnológica em qualquer organização exige discussões cuidadosas em torno de seus pontos fortes e fracos, do seu impacto na cultura existente e das suas reais possibilidades na promoção das mudanças desejadas. Portanto, considerando que a presença do computador é inevitável, a discussão em torno da sua utilização é muito bem-vinda. No caso da educação, torna-se obrigatória.

Neste contexto, este trabalho, propõe o desenvolvimento de uma ferramenta educacional enriquecida com Realidade Aumentada, com a intenção de que, além da geração da ferramenta propriamente dita, pudéssemos constatar as reais possibilidades de contribuição desta tecnologia quanto à sua aplicação no processo educativo.

O que se pode observar é que existem diversas iniciativas que propõem o emprego da Realidade Aumentada como ferramenta facilitadora ao processo de educação, - assim como exposto no capítulo 4 deste trabalho - porém a maioria das ferramentas desenvolvidas, apesar de alcançarem com seus objetivos nos contextos em que se propõem atuar, apresentam características que se mostram inversamente proporcionais ao objetivo de que sejam, de fato, empregáveis nos ambientes de ensino, principalmente quando observadas as características destes ambientes em nosso país. Dentre estas características, duas se destacam: ou a aplicação utiliza dispositivos específicos para que a interação com o ambiente de RA seja possível, ou a aplicação, apesar de não prever o uso de dispositivos especiais, apresenta um processo de instalação, configuração e usabilidade contra-intuitivos.

A ferramenta implementada neste trabalho apresenta uma possibilidade real de emprego da tecnologia de RA em ambientes educacionais ao oferecer o acesso a esta tecnologia de maneira eficiente, intuitiva e sem a utilização de dispositivos especiais. Tais características tentam preencher as lacunas deixadas por outros trabalhos que se preocupam com esta temática e enfrenta o desafio de se apresentar como uma ferramenta que oferece ao professor a possibilidade de acréscimo de recursos tecnológicos atuais em suas aulas, sem que, para isso, lhe seja atribuído grande excesso de trabalho, ao mesmo tempo em que dá ao aluno a possibilidade de contato com recursos de alta tecnologia que lhe sirvam como parceiros no processo de facilitação do aprendizado. A realização deste trabalho apresenta, portanto, contribuições que podem ser encaradas como multidisciplinares.

No que tange à área de pesquisa em Realidade Virtual e Aumentada, contribuiu-se com o estudo realizado e com o conhecimento agregado proveniente do desenvolvimento da ferramenta. Como ponto central pode se destacar os resultados obtidos na avaliação da ferramenta (capítulo 6), que apontam, de maneira geral, o elevado potencial da tecnologia quando aplicada ao desenvolvimento de ferramentas educacionais. O que se pode acrescentar para a área, a partir das observações apresentadas, é a certeza de que o público tem uma grande aceitação para com a tecnologia e que existe um vasto mercado a ser explorado quanto ao oferecimento de ferramentas otimizadas, podendo ser encarada não só como a próxima geração popular de interface computacional (KIRNER; TORI, 2004), mas também como o próximo recurso tecnológico a ser empregado em larga escala para a construção de ferramentas de auxílio à educação (e outras áreas), lugar hoje ocupado pela tecnologia multimídia.

Para a área de educação, o que se pode observar é que a tecnologia de RA se apresenta madura o bastante, sendo capaz de oferecer características como alto grau de manutenção do interesse e facilitação da

compreensão dos conceitos estudados a partir da possibilidade de interação direta com seus objetos representativos. O aspecto lúdico intrínseco da utilização desta tecnologia também é um fator a se destacar.

Como extensão deste trabalho, vislumbra-se uma série de possibilidades que visam melhorar ou acrescentar novas funcionalidades ao software desenvolvido, a fim de que se possa ampliar ainda mais seu escopo de atuação, destacando-se:

- Novos exemplos de Física e Matemática, com elementos mais realistas e/ou complexos, como o lançamento de projéteis com a consideração da resistência do ar.
- Novos módulos, com temas diversos aos que foram apresentados, podem ser criados; Observou-se, no decorrer do desenvolvimento do software, que temas de outras áreas, tais como os da biologia ou geografia, também podem se valer da tecnologia de RA como facilitador no processo de ensino-aprendizagem.
- Assim como apontado no processo de avaliação da ferramenta, a interação disponível pelo ARTutor pode ser melhorada, a fim de que, por exemplo, o acesso ao executável SACRA.exe se torne ainda mais transparente para o usuário e que o processo de envio de mensagens via rede seja alterado.
- O software pode evoluir, ainda, para um ambiente virtual de aprendizagem, no qual se permita, através do desenvolvimento ou adoção de ferramentas já disponíveis, a colaboração, comunicação e coordenação entre os participantes, a fim de que sejam disponibilizadas também para os alunos de educação à distância as benesses observadas.

- Realizar o processo de avaliação da ferramenta com um grupo mais amplo de alunos, preferencialmente no ambiente escolar ao qual estão acostumados, a fim de que se possa verificar com maior clareza e confirmar ou não os aspectos apontados pela avaliação realizada neste trabalho.

Por fim, a realização deste trabalho apresenta resultados relevantes que contribuem, principalmente, ainda que em grau de amplitude modesto, para a construção de uma realidade na qual se tornará possível a transformação definitiva do computador e dos recursos tecnológicos dele provenientes em instrumentos comuns e parceiros do professor e do aluno em suas respectivas funções: ensinar e aprender.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

5DT. **Data Glove Ultra Series User's Manual**. Out 2004. Disponível em: <http://www.5dt.com/downloads/dataglove/ultra/5DT%20Data%20Glove%20Ultra%20-%20Manual.pdf> Acesso em: jun 2009.

5DT. **Fifth Dimension Technologies**. Disponível em: <<http://www.5dt.com/>> Acesso em: jun 2009.

ABSOLUT TECHNOLOGIES. **Visualizações Inteligentes em Realidade Virtual**. <www.abs-tech.com > acesso em mar. 2009.

AKAGUI, Daniela ; KIRNER, C. **LIRA - Livro Interativo com Realidade Aumentada**. In: 7th Symposium on Virtual Reality, 2004, São Paulo. Proceedings of 7th Symposium on Virtual Reality - SVR'2004. São Paulo : Editora SENAC, 2004. v. 1. p. 394-394.

ANTONIAC, Peter. **Augmented Reality Based User Interfaces for Mobile Applications and Services**. Oulu, Finlândia: University of Oulu, 2005. 181p. Faculdade de Ciências

ARTOOLKIT. **Human Interface Technology Laboratory**. Disponível em: <<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>> Acesso em: mar. 2009.

ARTOOLWORKS. **osgART: ARToolKit + OpenSceneGraph**. Disponível em: <http://www.artoolworks.com/osgART_-_Home.html>. Acesso em: jan. 2009.

AZUMA, Ronald. **A Survey of Augmented Reality**. In: Presence: Teleoperators and Virtual Environments. 1997.

BARILLI, Elomar C. V. Castilho. **Aplicação de Métodos e Técnicas de Realidade Virtual para Apoiar Processos Educativos a Distância que Exijam o Desenvolvimento de Habilidades Motoras**. Rio de Janeiro: UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007. 263p. Tese – Doutorado em Ciências em Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia.

BAUMWORCEL, Ana. **Idéias sobre a Função do Áudio na Educação à Distância**. In: XXV Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação – Salvador/BA, 2002.

BHATNAGER, Gaurav; MEHTA, Shika; MITRA, Sugata. **Introduction to Multimedia Systems**. Londres: Academic Press, 2002.

BILLINGHURST, Mark. **Augmented Reality in Education**. New Horizons for Learning, dez. 2002. Disponível em: <<http://www.newhorizons.org/strategies/technology/billinghurst.htm>> Acesso em: set. 2009.

BILLINGHURST, Mark; KATO, Hirokazu. **Collaborative Augmented Reality**. Communications of ACM, v. 45, Jul. 2002.

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

BUCCIOLI, Arthur; ZORZAL, Ezequiel; KIRNER, Cláudio. **Usando Realidade Virtual e Aumentada na Visualização da Simulação de Sistemas de Automação Industrial**. In: SVR2006 - Symposium on Virtual Reality. 2006. Disponível em: <<http://www.sbc.org.br/bibliotecadigital/download.php?paper=452>> Acesso em: out. 2009.

BURDEA, Grigore C; COIFFET, Philippe. **Virtual Reality Technology**. 2ed. Hoboken, NJ: Wiley Interscience, 2003.

BUSSAB, Wilton de O; MORETTIN, Pedro A. **Estatística básica**. 5 ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

CAUDELL, Thomas P; MIZELL, David W. **Augmented Reality: An Application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes**. In: Proceedings of Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii, USA. 1992.

CERV. **Comissão Especial de Realidade Virtual**. 2009. Disponível em: <<http://www.sbc.org.br/cerv>> Acesso em: jun 2009.

CHAVES, Eduardo O. C. **Tecnologia na Educação**. 2004. Disponível em: <<http://www.chaves.com.br/TEXTSELF/EDTECH/tecned2.htm>> Acesso em: fev. 2009.

CONSULARO, Luis Augusto *et al.* **ARToolKit: Aspectos Técnicos e Aplicações Educacionais**. In: Cardoso, A.; Lamounier Jr, E. editores. Realidade Virtual: Uma Abordagem Prática. Livro dos Minicursos do SVR2004, SBC, São Paulo, 2004.

DISCOVER. **Innovation – The MagicBook**. 2001. Disponível em: <http://discovermagazine.com/2001/jul/bio-entertain/?searchterm=magicbook>. Acesso em: set. 2009.

FERRAZ, Nikson L. **Desenvolvimento de Versões do Livro Interativo com Realidade Aumentada**. 2006. Disponível em: <<http://www.unimep.br/phpg/mostracademica/anais/4mostra/pdfs/456.pdf>> Acesso em: set. 2009.

FILATRO, Andréa. **Design Instrucional Contextualizado – Educação e Tecnologia**. São Paulo: SENAC, 2004.

FIOLHAIS, Carlos. **A Matemática Vista Pelas Outras Ciências – A Relação da Matemática com a Física**. 2000. Disponível em: <<http://www.mat.uc.pt/~lnv/debate2/CarlosFiolhais.html>> Acesso em: jul. 2009.

FORTE, Cleberson E; DAINESE, Carlos Alberto ; KIRNER, Cláudio. **Universalização da Interface de Jogo Pedagógico para Deficientes Auditivos, Visuais e Não Deficientes Através do Uso da Realidade Aumentada**. In: III Workshop de Realidade Aumentada, 2006, Rio de Janeiro. Anais do III Workshop de Realidade Aumentada. Porto Alegre : SBC, 2006. v. 1. p. 55-58.

GEIGER, C. *et al.* **JARToolKit – A Java binding for ARToolKit**. Augmented Reality Toolkit Workshop. IEEE International, 2002.

GUERRA, João H. L. **Utilização do Computador no Processo de Ensino-Aprendizagem: Uma Aplicação em Planejamento e Controle da Produção**. São Carlos: USP - Universidade de São Paulo, 2000. 159p. Dissertação – Mestrado em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia de São Carlos.

HEILIG, Morton L. **Sensorama Simulator**. United States Patent Office. 3,050,870. 28 agosto. 1962.

HEILIG, Morton L. **Stereoscopic Television Apparatus for Individual Use**. United States Patent Office. 2,955,156. 4 outubro. 1960.

HITLAB. **Human Interface Technology Laboratory**. Disponível em: <<http://www.hitl.washington.edu>> Acesso em: jun. 2009.

HITLABNZ. **Human Interface Technology Laboratory New Zeland**. Disponível em: <<http://www.hitlabnz.org>> Acesso em: jun. 2009.

IEEE. **Proceedings of Virtual Reality Annual International Symposium**, 1993. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/tocresult.jsp?isnumber=8641&isYear=1993>> Acesso em Jun 2009.

INSLEY, Seth. **Obstacles to general purpose augmented reality**. Information Security e Criptography, Oregon, EUA, 2003.

IWATA, Hiro. **Circulafloor**. In: The 31 st International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH). 2004. Disponível em: <http://intron.kz.tsukuba.ac.jp/CirculaFloor/CirculaFloor_j.htm> acesso em dez. 2008

KATO, Hirokazu; BILLINGHURST, Mark. **Marker Tracking and HMD Calibration for a Videobased Augmented Reality Conferencing System**. In: Proceedings of the 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality, San Francisco, CA, USA, p85-94, 1999.

KATO, Hirokazu; *Et al.* **Developing a Generic Augmented-Reality Interface**. Computer, p. 44-50, mar. 2002.

KAUFMANN, Hannes. **Geometry Education with Augmented Reality**. Viena: Vienna University of Technology, 2004. 179p. Disponível em: <http://www.ims.tuwien.ac.at/media/documents/publications/kaufmann_diss.pdf> Acesso em: out. 2009.

KAUFMANN, Hannes; *et al.* **General Training of Spatial Abilities by Geometry Education in Augmented Reality**. In Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine: A Decade of VR. 2005. Disponível em: <http://publik.tuwien.ac.at/files/pub-inf_3496.pdf> Acesso em: out. 2009.

KAUFMANN, Hannes; SCHMALSTIEG, Dieter; WAGNER, Michael. **Construct3D: A Vietual Reality Application for Mathematics and Geometry Education.** 2000. Disponível em: <http://www.ims.tuwien.ac.at/publication_detail.php?ims_id=45> Acesso em: set. 2009.

KIRNER, Cláudio. (2008a). **Evolução da Realidade Virtual no Brasil.** In: X Symposium on Virtual and Augmented Reality, 2008, João Pessoa. Proceedings of the X Symposium on Virtual and Augmented Reality. Porto Alegre : SBC, 2008. v. 1. p. 1-11

KIRNER, Cláudio. (2008b). **Projeto SICARA.** Disponível em: <<http://www.ckirner.com/claudio/?PROJETOS:SICARA>> Acesso em: dez. 2008.

KIRNER, Cláudio; KIRNER, Tereza G. **Virtual Reality and Augmented Reality Applied to Simulation Visualization.** In: El Sheikh, A.A.R.; Al Ajeeli, A.; Abu-Taieh, E.M.O.. (Org.). Simulation and Modeling: Current Technologies and Applications. 1 ed. Hershey-NY: IGI Publishing, 2007, v. 1, p. 391-419.

KIRNER, Cláudio; PINHO, Márcio. **Introdução à Realidade Virtual.** Livro do Mini-curso, 1º Workshop de Realidade Virtual. São Carlos, SP, 9-12 de Novembro de 1997.

KIRNER, Cláudio; SISCOUTO, Robson. **Fundamentos de Realidade Virtual e Aumentada.** In: Realidade Virtual e Aumentada: conceitos, projetos e aplicações. Petrópolis, RJ: Editora SBC, 2007.

KIRNER, Cláudio; TORI, Romero. **Introdução à Realidade Virtual, Realidade Misturada e Hiper-realidade.** In: Cláudio Kirner; Romero Tori. (Ed.). **Realidade Virtual: Conceitos, Tecnologia e Tendências.** 1ed. São Paulo, 2004, v.1, p.3-20.

KIYOKAWA, Hiroaki *et al.* **Communication Behaviors of Co-located Users in Collaborative AR Interfaces.** In: ISMAR 2002 - Proceedings of the IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality. 2002.

LEPETIT, Vincent.; FUA, Pascal. **Monocular Model-Based 3D Tracking of Rigid Objects: A Survey.** Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision, Vol.1, N.1, pp. 1-89, Out 2005.

LIMA, Álvaro J. Rodrigues; CUNHA, Gerson G; HAGUENAUER, Cristina J. **Realidade Aumentada Aplicada ao Ensino de Geometria Descritiva.** 2008. Disponível em: <http://www.latec.ufrj.br/revistarealidadevirtual/vol1_1/5%20realidade%20aumentada_alvaro.pdf> Acesso em: out. 2009.

LUCA, Alessandro de; MATTONE, Raffaella; GIORDANO, Paolo R. **The Motion Control Problem for the CyberCarpet.** In: Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Robotics and Automation. Orlando, Flórida, 2006.

LUZ, Roger. *et al.* **Análise de Aplicações de Realidade Aumentada na Educação Profissional: Um Estudo de Caso no SENAI DR/GO.** In: 5º Workshop de Realidade Virtual e Aumentada, Bauru, 2008. Disponível em: <<http://www2.fc.unesp.br/wrva/artigos/50460.pdf>> Acesso em: jun 2009.

MA, Jung Yeon; CHOI, Jong Soo. The Virtuality and Reality of Augmented Reality. **Journal of Multimedia**, v.2, n. 1, fev 2007.

MANZANO, José Augusto N. G. **Estudo Dirigido de C++ Builder 6.** São Paulo: Editora Érica, 2003.

MARSHALL, Dave. **What is Multimedia?.** 1999. Disponível em: <http://www.cs.cf.ac.uk/Dave/MM/OLD_BSC/node10.html> Acesso em: mar 2009.

MASUERO, João R; GONZÁLEZ, Luiz A. Segovia. **Ensino de Resistência dos Materiais através da Multimídia**. In: 26º Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, São Paulo, 1998.

MEIGUINS,B.S; ALMEIDA,I.A & OIKAWA,M.A. **Cartões Marcadores Reconfiguráveis em Ambientes de Realidade Aumentada**. In VIII Symposium on Virtual Reality. Pará 2006

MILGRAM, Paul; KISHINO Fumio. **A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays**. In: IEICE Transactions on Information Systems, v. E77-D, n. 12, 1994.

MORTONHEILIG. **The Father of Virtual Reality**. Disponível em: <<http://www.mortonheilig.com>> Acesso em: jun 2009.

NETTO, Andrey. Com 120 Anos (elegantes) e no Auge. **O Estado de São Paulo**. Caderno Cidades. São Paulo, 28 mar. 2009.

NOGUEIRA, Elisabete T; GOMES, Djeisson; CUNHA, Gerson G. **Realidade Aumentada Aplicada a Visualização de Histórias infantis em 3D**. In III Workshop de Realidade Aumentada, UERJ/UFRJ, 2006. pp. 43-46.

OLIVEIRA, Francisco C; FORTE, Cleberson E; KIRNER, Cláudio. **Universalizando a Interface Computacional com Realidade Aumentada para a Inclusão de Deficientes Visuais e Auditivos**. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2006. Brasília.

OLIVEIRA, Lucas A.; CALONEGO, Nivaldi J. **Uma Aplicação Cliente-Servidor Usando ARToolKit**. In: Workshop de Realidade Aumentada, 2006, Rio de Janeiro. Anais do 3º Workshop de Realidade Aumentada. Rio de Janeiro: UERJ, 2006. v. 3. p. 31-34.

PANTELIDIS, Veronica S. **Reasons to use Virtual Reality in Education.** VR in the Schools, vol. 1, no. 1, jun. 1995. Disponível em: <<http://vr.coe.ecu.edu/reas.html>> Acesso em: out 2009.

PAULA FILHO, Wilson de Pádua. **Multimídia – conceitos e aplicações.** Rio de Janeiro: Editora LTC, 2000.

PEREIRA, Adriana Camargo. **A Interface Lúdica na Multimídia aplicada ao Ensino.** In: Seminário Internacional - Arte e Cultura na Sociedade Contemporânea, 1999, Campinas, 1999.

PINHO, Márcio. **Realidade Virtual como Ferramenta de Informática na Educação.** 1996. Disponível em: <http://grv.inf.pucrs.br/tutorials/rv_educa/index.htm> Acesso em: jul. 2009.

RODA, Daniel. **120 anos da Torre Eiffel: Infografia + Realidade Aumentada.** Disponível em: <<http://danielroda.arteblog.com.br/>>. Acesso em: Ago. 2009.

SANTIN, Rafael. **SACRA - Sistema de Autoria Em Ambiente Colaborativo com Realidade Aumentada.** Piracicaba: UNIMEP - Universidade Metodista de Piracicaba, 2008. 125p. Dissertação – Mestrado em Ciência da Computação, Faculdade de Ciências Exatas e da Natureza.

SAQOOSHA. **Start-up Guide for FLARToolkit.** Disponível em: <<http://saqoosha.net/en/flartoolkit/start-up-guide/>>. Acesso em: ago. 2009.

SCHMALSTIEG, D. et al. **The Studierstube Augmented Reality Project.** PRESENCE - Teleoperators and Virtual Environments, Vol. 11, No. 1, pp. 32-54, fev. 2002.

SEMENTILLE, Antonio C; BREGA José R. F; GIOVANINI, Fernando L. **Combinando o Real e o Virtual: Uma Visão Geral da Realidade Misturada.** In:

MARANA, Aparecido N; BREGA, José R. F. **Técnicas e Ferramentas de Processamento de Imagens Digitais e Aplicações em Realidade Virtual e Misturada**. Bauru: Canal 6, 2008.

SHERMAN, William R; CRAIG, Alan B. **Understanding Virtual Reality: interface, application, and design**. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2003.

SILVA, Wilson Carlos da. **PARADIGMA: Uma ferramenta para a geração automática de modelo conceitual de classes baseada em processamento de linguagem natural**. Piracicaba: UNIMEP - Universidade Metodista de Piracicaba, 2008. 103p. Dissertação – Mestrado em Ciência da Computação, Faculdade de Ciências Exatas e da Natureza.

SR. **Shared Reality** - consulting and solutions for augmented-reality applications. Disponível em: <<http://www.shared-reality.de>>. Acesso em: jul. 2009.

STUDIERSTUBE. **Augmented Reality Project**. Disponível em: <<http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/>>. Acesso em: jan. 2009.

SUTTERLAND, Ivan. **The Ultimate Display**. In: Proceedings of the International Federation of Information Processing (IFIP'65), 1965. p. 506-508.

TAROUCO, Liane M. Rockenbach. *Et al.* **Jogos Educacionais**. 2004. Disponível em: <<http://www.cinted.ufrgs.br/ciclo3/af/30-jogoseducacionais.pdf>> Acesso em: out 2009.

TORI, Romero; KIRNER, Cláudio. **Fundamentos de Realidade Virtual**. In: Claudio Kirner; Romero Tori; Robson Siscoutto. (Ed.). **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Pré Simpósio SVR 2006, SBC, Belém, 2006, pp. 2-21.

TUWIEN. **Educating Spatial Intelligence with Augmented Reality**. Disponível em: <http://www.ims.tuwien.ac.at/research/spatial_abilities/> Acesso em: out. 2009.

UEM. **Museu do Computador**. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/museu/>> Acesso em: fev. 2009

UFPE. **Realidade Virtual e Multimídia**. 2004. Disponível em: <<http://www.cin.ufpe.br/~if124/multimidia.htm>> Acesso em: mar 2009.

UFSCAR. **Grupo de Realidade Virtual**. 1995. Disponível em: <<http://www2.dc.ufscar.br/~grv/>> Acesso em: jun 2009.

UNIMEP. 2006. **Folder do curso superior de tecnologia em multimídia computacional**. Disponível em: <http://www.old.unimep.br/phpg/prosel/cursos/mu_comp/mucomp_par.html> Acesso em: jun 2009.

VINCE, John. **Introduction to Virtual Reality**. Londres :Springer-Verlag, 2004.

WINN, William. **A Conceptual Bases for Education Applications of Virtual Reality**. Human Interface Technology Laboratory, University of Washington. 1993. Disponível em: <<http://www.hitl.washington.edu/publications/r-93-9/>> Acesso em: set 2009.

WRVA. **5º Workshop de Realidade Virtual e Aumentada**. 2008. disponível em: <<http://www2.fc.unesp.br/wrva/index.php?pagina=programacao>>. Acesso em: ago. 2009.

ZORZAL, Ezequiel R. *et al.* **Realidade Aumentada Aplicada em Jogos Educacionais**. In : V Workshop de Educação em Computação e Informática do Estado de Minas Gerais - WEIMIG 2006, Ouro Preto, 2006.

Anexos

Nesta seção encontram-se os modelos dos questionários aplicados aos grupos de alunos e professores que participaram do processo de avaliação do software. Este questionário foi disponibilizado *online*, através da ferramenta *Form*, disponível no *GoogleDocs*. No dia da avaliação, os participantes acessaram o endereço que continha os questionários e procederam seu preenchimento. No anexo A, encontra-se o questionário aplicado ao grupo de alunos e no anexo B, o questionário aplicado ao grupo de professores.

Anexos A - Questionário de avaliação do software ARTutor - Grupo de Alunos

SEÇÃO 1 - IDENTIFICAÇÃO

1 - Qual o seu grau de formação?

- ensino fundamental
- ensino médio
- graduação
- pré-vestibular

2 - Em sua escola são desenvolvidas atividades na sala de informática?

- Sim
- Não, minha escola não tem uma sala de informática
- Não, apesar de ter uma sala de informática ela não é usada

3 – Como você avalia o uso do computador como auxílio ao entendimento das matérias vistas em sala de aula?

- muito negativo
- negativo
- indiferente
- positivo
- muito positivo

4 - Levando-se em consideração o seu conhecimento e desenvoltura para com o uso do computador e suas ferramentas, assinale a alternativa que melhor o representa:

- Uso ferramentas disponíveis pelo computador com frequência para ajudar no meu trabalho ou estudo
- Uso ferramentas do computador mas normalmente apenas para me comunicar com outras pessoas (email, MSN, orkut...)
- Uso o computador raramente, apenas quando é muito necessário para algum trabalho.
- Não uso o computador. Quando há a necessidade prefiro pedir para que alguém o faça por mim

5 - Assinale quantas alternativas quiser sobre seus hábitos relacionados à interação com o computador e suas ferramentas:

- Sei usar as ferramentas básicas (Word, power point...)

gfe Sei navegar na internet e acessar sites como Orkut, além de me comunicar pelo MSN.

gfe Sei descarregar uma foto em meu computador e enviá-la em anexo por email.

gfe Consigo fazer retoques em fotografias e editar pequenos vídeos com ferramentas no computador.

gfe Sei identificar alguns componentes do computador e trocá-los, se for preciso.

e Consigo desenvolver alguns softwares simples ou fazer sites com alguma linguagem de programação.

SEÇÃO 2 - AVALIAÇÃO DA INTERAÇÃO

Nesta seção queremos saber as suas impressões sobre o seu contato com o software ARTutor.

1 – Usar este software pode tornar o aprendizado do assunto mais interessante.

nml j discordo totalmente

nml j discordo

nml j indiferente

nml j concordo

nml j concordo totalmente

2 – É mais fácil aprender se usarmos este software ou outros parecidos.

nml j discordo totalmente

nml j discordo

nml j indiferente

nml j concordo

nml j concordo totalmente

3 – As escolas deveriam disponibilizar este software para que os alunos pudessem usá-lo para auxílio no aprendizado.

nml j discordo totalmente

nml j discordo

nml j indiferente

nml j concordo

nml j concordo totalmente

4 - O uso do software ARTutor pode ser considerado como:

nml j muito difícil

nml j difícil

nml j mais ou menos

nml j fácil

nml j muito fácil

5 – Como você avalia o software ARTutor de maneira geral, considerando suas possíveis contribuições e possibilidades de uso em sala de aula?

nml j muito negativo

nml j negativo

nml j indiferente

nml j positivo

nml j muito positivo

Anexo B - Formulário de avaliação do software ARTutor – Grupo de Professores.

SEÇÃO 1 - ASPECTOS TÉCNICOS

Nesta seção queremos saber como foi o seu contato com o software a partir de aspectos técnicos.

1 - O processo de instalação é fácil e intuitivo.

não concordo veementemente

não concordo

indiferente

concordo

concordo plenamente

2 - O processo de instalação permite que pessoas sem grande conhecimento em computação instalem o software.

não concordo veementemente

não concordo

indiferente

concordo

concordo plenamente

3 - As informações mostradas no processo de instalação são suficientes para que você possa acompanhá-lo sem problemas.

não concordo veementemente

não concordo

indiferente

concordo

concordo plenamente

4 - Você seria capaz de instalar o software novamente em outro computador se fosse necessário.

não concordo veementemente

não concordo

indiferente

concordo

concordo plenamente

5 - Quando as funções são ativadas, executam o que deveriam. (Ex: clicando-se sobre o botão “exercício”, o que aparece é um exercício)

não concordo veementemente

não concordo

indiferente

concordo
 concordo plenamente

6 - As funções disponíveis são suficientes para realizar as tarefas para as quais o software se propõe.

não concordo veementemente
 não concordo
 indiferente
 concordo
 concordo plenamente

7 - O comportamento do software esteve isento de falhas durante sua utilização. (Exemplos de falhas: travamento da máquina, volta ao sistema operacional quando se colocam valores fora da faixa especificada, etc.)

não concordo veementemente
 não concordo
 indiferente
 concordo
 concordo plenamente

8 - Utilize o espaço abaixo para comentar livremente sobre a sua experiência com relação à instalação do software ARTutor e seus aspectos técnicos. Diga se houve algum problema ou se você teria alguma sugestão para que este processo se torne mais adequado.

SEÇÃO 2 - ASPECTOS PEDAGÓGICOS GERAIS

Nesta seção queremos saber sua opinião sobre a experiência de interação com o ARTutor e suas percepções quanto às características pedagógicas que possam haver.

1 - O software oferece situações e recursos que justificam sua utilização.

não concordo veementemente
 não concordo
 indiferente
 concordo
 concordo plenamente

2 - O software pode ser utilizado para despertar o interesse do usuário pelo assunto.

não concordo veementemente
 não concordo

nml j indiferente
nml j concordo
nml j concordo plenamente

3 - O software pode ser utilizado como uma revisão e/ou reforço para um assunto já trabalhado.

nml j não concordo veementemente
nml j não concordo
nml j indiferente
nml j concordo
nml j concordo plenamente

4 - As informações apresentadas sobre os temas são úteis e ajudam a gravar/entender o assunto tratado.

nml j não concordo veementemente
nml j não concordo
nml j indiferente
nml j concordo
nml j concordo plenamente

5 – O software é fácil de ser usado.

nml j não concordo veementemente
nml j não concordo
nml j indiferente
nml j concordo
nml j concordo plenamente

6 - As representações das funções da interface (ícones, menus, botões...) são fáceis de serem reconhecidas/entendidas.

nml j não concordo veementemente
nml j não concordo
nml j indiferente
nml j concordo
nml j concordo plenamente

7 - A forma de abordagem dos conceitos permite que o usuário os compreenda de forma adequada.

nml j não concordo veementemente
nml j não concordo
nml j indiferente
nml j concordo
nml j concordo plenamente

8 - Os conceitos trabalhados pelo software (ou através do software) podem ser relacionados com conceitos de outras disciplinas.

nml j não concordo veementemente

- nml j não concordo
- nml j indiferente
- nml j concordo
- nml j concordo plenamente

SEÇÃO 3 – ASPECTOS ESPECÍFICOS AO TIPO DE PRODUTO

Nesta seção queremos saber sobre a sua experiência de interação com as tecnologias específicas trazidas pelo software e suas percepções quanto às potencialidades destas.

1 – O uso da Realidade Aumentada fez o software se tornar mais atrativo.

- nml j não concordo veementemente
- nml j não concordo
- nml j indiferente
- nml j concordo
- nml j concordo plenamente

2 – O uso da Realidade Aumentada ajuda a manter o interesse na atividade.

- nml j não concordo veementemente
- nml j não concordo
- nml j indiferente
- nml j concordo
- nml j concordo plenamente

3 – A interação com os objetos virtuais é positiva e enriquece a atividade.

- nml j não concordo veementemente
- nml j não concordo
- nml j indiferente
- nml j concordo
- nml j concordo plenamente

4 – Softwares educacionais (como o ARTutor) ajudam a enriquecer o processo educacional e podem torná-lo mais atraente para o aluno.

- nml j não concordo veementemente
- nml j não concordo
- nml j indiferente
- nml j concordo
- nml j concordo plenamente

5 – O software permite que o aluno sinta-se desafiado em solucionar as questões e interagir com os conteúdos criados

- não concordo veementemente
- não concordo
- indiferente
- concordo
- concordo plenamente

6 - Ferramentas de auxílio á educação podem facilitar o trabalho de ensino/aprendizagem de determinado assunto.

- não concordo veementemente
- não concordo
- indiferente
- concordo
- concordo plenamente

7 – Como você avalia o software ARTutor de maneira geral, considerando suas possíveis contribuições e possibilidades de uso em sala de aula?

- muito negativo
- negativo
- indiferente
- positivo
- muito positivo

8 - Utilize o espaço abaixo para comentar livremente sobre a sua experiência com relação à interação com o software ARTutor. Diga se houve alguma dificuldade, quais são os principais pontos positivos, os principais pontos negativos, dê sugestões de como o software deveria ser e diga sobre como você avalia a possibilidade de uso deste software em ambientes educacionais.

SEÇÃO 4 - IDENTIFICAÇÃO

Nesta seção queremos saber um pouco sobre você, como você interage com o computador e suas experiências no contato com softwares educacionais e outras tecnologias.

1 - Para aqueles que estão cursando (ou cursaram) algum curso superior, assinale a sua área:

- educação (pedagogia)
- exatas
- outras

2 - Assinale a alternativa que melhor descreve as suas atividades profissionais

- apenas estudo
- estudo e trabalho mas não sou professor(a)
- estudo e trabalho como professor(a)
- apenas trabalho como professor(a)
- apenas trabalho em outros ramos

3 - Você já utilizou algum software educacional como apoio a temas que aprendeu em sala de aula?

- sim
- não

4 - Caso a resposta da pergunta anterior seja positiva, responda: Como você avalia o uso do software educacional quando teve contato como aluno?

- muito negativo
- negativo
- indiferente
- positivo
- muito positivo

5 - Levando-se em consideração o seu conhecimento e desenvoltura para com o uso do computador e suas ferramentas, assinale a alternativa que melhor o representa:

- Uso ferramentas disponíveis pelo computador com frequência para ajudar no meu trabalho ou estudo
- Uso ferramentas do computador mas normalmente apenas para me comunicar com outras pessoas (email, MSN, orkut...)
- Uso o computador raramente, apenas quando é muito necessário para algum trabalho.
- Não uso o computador. Quando há a necessidade prefiro pedir para que alguém o faça por mim