UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

UM ESTUDO DE UTILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA ASSOCIADOS A UM SISTEMA DE APOIO NO ENSINO DE POLIEDROS CONVEXOS

ORIENTADOR: EDGARD LAMOUNIER JÚNIOR, PhD.
CO-ORIENTADOR: ALEXANDRE CARDOSO, Dr.

ORIENTANDO: MARCELO PEREIRA BERGAMASCHI

AGOSTO
2005

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

UM ESTUDO DE UTILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA ASSOCIADOS A UM SISTEMA DE APOIO NO ENSINO DE POLIEDROS CONVEXOS

Dissertação apresentada por Marcelo Pereira Bergamaschi à Faculdade de Engenharia Elétrica de Uberlândia para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica/Ciências pela Banca Examinadora:

Prof. Edgard Lamounier Jr., PhD. (Orientador)

Prof. Alexandre Cardoso, Dr. – UFU (Co-orientador)

Prof. Luciano Vieira Lima, Dr. – UFU

Prof. Celso Volpe, Dr.. - UNISANTA

Uberlândia, 30 de Agosto de 2005.

UM ESTUDO DE UTILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA ASSOCIADOS A UM SISTEMA DE APOIO NO ENSINO DE POLIEDROS CONVEXOS

MARCELO PEREIRA BERGAMASCHI

Dissertação apresentada por Marcelo Pereira Bergamaschi à Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica/Ciências.

Prof. Edgard Lamounier Júnior Orientador	Prof. Darizon Alves Andrade Coordenador do Curso de Pós-Graduação

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus, por estar presente em todos os momentos da minha vida, me proporcionando o equilíbrio necessário para concluir este trabalho.

Ao professor e orientador Edgard Lamounier Júnior, pelos conhecimentos transmitidos com dedicação e seriedade e pelas valorosas críticas, cujas contribuições tornaram possível a realização deste trabalho.

Ao co-orientador Professor Alexandre Cardoso, pelo apoio e sugestões.

Aos professores da Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da UFU.

Aos colegas da turma, pelo espírito de união sempre mantido entre nós e pelas experiências comuns adquiridas nesses anos de convivência.

À minha esposa Maria e filhos João, Felipe, Gabriel e Junior, por fazerem parte da minha vida, inclusive nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais por tudo que fizeram e fazem por mim.

À UNISANTA por propiciar as condições adequadas para meu aperfeiçoamento profissional.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que participaram direta ou indiretamente deste trabalho.

RESUMO

BERGAMASCHI, Marcelo P. *UM ESTUDO DE UTILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA ASSOCIADOS A UM SISTEMA DE APOIO NO ENSINO DE POLIEDROS CONVEXOS*, Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica - UFU, 2005, 100p.

O presente trabalho tem como finalidade demonstrar a potencialidade do uso das técnicas de Realidade Virtual Imersiva (RVI) no processo de ensino/aprendizagem, baseado em computador, através do desenvolvimento de ambientes virtuais educacionais. Esta pesquisa visa providenciar uma forma de interação homem-máquina que seja mais familiar e motivadora ao usuário, dentro do contexto estudado. Este trabalho tem como principais objetivos: 1) identificar dispositivos específicos que melhor suportem a construção de um ambiente virtual imersivo educacional de baixo custo e 2) investigar técnicas de RVI que permitam uma interação mais natural e intuitiva do usuário com seu objeto de estudo. A fim de avaliar as técnicas propostas, foi adaptado, como estudo de caso, um sistema protótipo capaz de permitir que o usuário visualize e interaja com poliedros dentro de um ambiente virtual imersivo, realizando cortes, através de planos, nesses poliedros. Para obter o nível de interação proposto nesse sistema, este trabalho de pesquisa identificou a necessidade de integrar a linguagem VRML à linguagem JavaScript, buscando explorar os aspectos positivos de ambas as linguagens. Após disponibilizar o sistema para potenciais usuários, estes puderam realizar alguns experimentos e identificaram que as técnicas propostas auxiliam, de forma satisfatória, no processo de aprendizado da visualização de poliedros oriundas de cortes em 3D (tridimensional), graças ao uso das técnicas de RVI propostas.

ABSTRACT

BERGAMASCHI, Marcelo P. *A STUDY ON THE USE OF EQUIPAMENTS OF IMMERSIVE VIRTUAL REALITY ASSOCIATED TO A SUPORT SYSTEM IN THE TEACHING OF CONVEX POLYHEDRON*, Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica - UFU, 2005, 100p.

The objective of this study is to demonstrate the potentiality of Immersive Virtual Reality (IVR) techniques in computer based teaching/learning process, through the development of virtual educational environments. This research aimed at providing a human-machine form of interaction that would be more familiar and motivating for the user in the context where it took place. This work has as its main objectives: 1) to identify specific devices which better support the development of an educational and immersive virtual environment and 2) to investigate IVR techniques that allow a more natural and intuitive interaction between the user and his study objetc. To evaluate the proposed techniques, a prototype system was developed as a case study, which permitted the user to visualize and interact with the polyhedron surfaces inside a virtual environment making cuts in these surfaces through plans. To reach the interaction proposed in this system, this research identified the need to integrate VRML language and JavaScript in order to explore the positive aspects of both languages and reach the proposed level of interaction. After making the system available to potential users, they were able to do some experiments and confirmed that the techniques proposed are satisfactory and helpful in the learning process and in the visualization of surfaces from 3D cuts, thanks to the IVR proposed techniques.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I **1**

INTRODUÇÃO **1**

1.1 MOTIVAÇÃO 1

1.2 OBJETIVO E METAS DA DISSERTAÇÃO 3

1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO 4

CAPÍTULO II **5**

FUNDAMENTOS DE REALIDADE VIRTUAL **5**

2.1 REALIDADE VIRTUAL 5

2.2 REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA E NÃO IMERSIVA 7

2.3 TIPOS DE SISTEMAS COM INTERFACES NÃO CONVENCIONAIS 7

2.4 SISTEMA DE REALIDADE VIRTUAL 8

2.4.1 Sistema de Realidade Aumentada *10*

2.4.2 Sistema de Realidade Melhorada *11*

2.5 CONFIGURAÇÃO GENÉRICA DOS SISTEMAS COM INTERFACES NÃO CONVENCIONAIS 11

2.6 MODELOS DE INTERAÇÃO DO USUÁRIO ASSOCIADOS A AMBIENTES VIRTUAIS 13

2.6.1 Interação de um Único Usuário *14*

2.6.2 Interação de Vários Usuários *15*

2.7 GERAÇÃO DE AMBIENTES VIRTUAIS POR COMPUTADOR 15

2.7.1 Estrutura de um Sistema de Realidade Virtual *15*

2.8 MODELAGEM DE MUNDOS VIRTUAIS 17

2.9 PROGRAMAÇÃO 18

2.10 AVALIAÇÃO DE SISTEMA DE REALIDADE VIRTUAL 20

2.11 REQUISITOS DE UM SISTEMA DE REALIDADE VIRTUAL 22

2.11.1 Requisitos da Interface do Usuário *22*

2.11.2 Requisitos de Engenharia de Software *23*

2.11.3 Requisitos para a Definição de um Sistema de Realidade Virtual *24*

2.12 PLATAFORMAS PARA APLICAÇÃO DE REALIDADE VIRTUAL 26

2.12.1 Plataformas Baseadas em Microcomputadores *26*

2.13 SOFTWARE DE DESENVOLVIMENTO DE REALIDADE VIRTUAL 27

2.14 APLICAÇÕES DE REALIDADE VIRTUAL 28

CAPÍTULO III 31

TRABALHOS RELACIONADOS 31

3.1 INTRODUÇÃO 31

3.2 TRABALHOS RELACIONADOS 32

3.2.1 GEO-3D *32*

3.2.2 ATSWorlds *35*

3.2.3 Outros Trabalhos *37*

3.2.4 Corte de Poliedros Convexos *38*

3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS 40

CAPÍTULO IV 41

EQUIPAMENTOS PARA REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA (RVI) 41

4.1 EQUIPAMENTOS PARA RVI 41

4.2 DATA GLOVES 41

4.2.1 Data Glove Ultra 5DT *41*

4.2.2 CyberGlove *44*

4.2.3 CyberGrasp *46*

4.2.4 Data Glove P5 ..... *48*

4.3 Óculos Estereoscópicos *49*

4.3.1 H3D Terminator *49*

4.3.2 I-Glasses Video *51*

4.3.3 I-Glasses PC-3D *52*

4.3.4 Another Eye 2000 ..... *54*

4.3.5 Sistema Stereo3D™ - CrystalEyes *55*

4.3.6 Monitor ZScreen *57*

4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS 58

CAPÍTULO V **60**

ARQUITETURA DO SISTEMA **60**

5.1 INTRODUÇÃO 60

5.2 PROJETO DO SISTEMA 61

5.2.1 Ambientes Virtuais *61*

5.2.2 Ferramentas *62*

5.3 ARQUITETURA DO SISTEMA 65

5.3.1 Interface – GUI *67*

5.3.2 Ambiente Virtual *67*

5.3.3 Módulo Controle de Corte *68*

5.4 GALERIA DE FOTOS 73

5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 74

CAPÍTULO VI **75**

RESULTADOS E LIMITAÇÕES **75**

6.1 INTRODUÇÃO 75

6.2 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA 75

6.3 AVALIAÇÃO DO SISTEMA 78

6.4 LIMITAÇÕES 83

6.5 SUMÁRIO E CONCLUSÕES 84

CAPÍTULO VII **85**

CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS **85**

7.1 INTRODUÇÃO 85

7.2 PRINCIPAIS CONCLUSÕES 85

7.3 TRABALHOS FUTUROS 87

7.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS 87

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA **89**

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO SOFTWARE EDUCACIONAL DE CORTE DE POLIEDROS (VERSÃO IMERSIVA). **94**

SUMÁRIO DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - RELACIONAMENTO USUÁRIO / AMBIENTE....8
FIGURA 2.2A - SISTEMA DE AMBIENTE VIRTUAL....9
FIGURA 2.2B – CAMPUS UNIVERSITÁRIO VIRTUAL....9
FIGURA 2.2C – MESA VIRTUAL COLOCADA EM UM PARQUE REAL....10
FIGURA 2.3 - SISTEMA DE REALIDADE AUMENTADA BASEADO EM VÍDEO....11
FIGURA 2.4 - CONFIGURAÇÃO GENÉRICA DOS SISTEMAS COM INTERFACES NÃO CONVENCIONAIS....12
FIGURA 2.5 - ESQUEMA DE INTERAÇÃO COM MEDIAÇÃO TECNOLÓGICA....13
FIGURA 2.6 - FORMAS DE INTERAÇÃO MEDIADA DE UM ÚNICO USUÁRIO....14
FIGURA 2.7 - DIAGRAMA DE BLOCOS DE UM SISTEMA DE RV....15
FIGURA 2.8 - ESTRUTURA DE UM SISTEMA DE RV IMERSIVO COM ÊNFASE NAS INTERFACES....16
FIGURA 2.9 - SISTEMA DE DESENVOLVIMENTO DE RV....17
FIGURA 2.10 - UMA ESTRUTURA DE SISTEMA DE DESENVOLVIMENTO DE RV....19
FIGURA 2.11 - CICLO DE SIMULAÇÃO DO WORLD TOOL....20
FIGURA 2.12 - CONFIGURAÇÃO TÍPICA DE UM SISTEMA DE RV BASEADO EM PC....27
FIGURA 3.1 - EXEMPLO DE MUNDO VIRTUAL CONSTRUÍDO, BANCADA COM SÓLIDOS....33
FIGURA 3.2 - EXEMPLO DE EXERCÍCIO PROPOSTO PELO SOFTWARE....34
FIGURA 3.3 - ATSWORLDS SENDO USADO COMO APLICAÇÃO....35
FIGURA 3.4 - APPLET ATSWORLDS EM UMA PÁGINA HTML....36
FIGURA 3.5A – EXPERIMENTO 1....37
FIGURA 3.5B – EXPERIMENTO 2....37
FIGURA 3.5 – SOFTWARE DE CORTES DE POLIEDROS....39
FIGURA 4.1 – DATA GLOVE ULTRA 5DT....43
FIGURA 4.2 - CYBERGLOVE....45
FIGURA 4.3 - CYBERGRASP....47
FIGURA 4.4 – DATA GLOVE P5....48
FIGURA 4.5 - H3D TERMINATOR....51
FIGURA 4.6 - I-GLASSES VIDEO....51

FIGURA 4.7 - I-GLASSES PC-3D....53
FIGURA 4.8 – ANOTHER EYE 2000....55
FIGURA 4.8A - SISTEMA STEREO3D™ - CRYSTALEYES....56
FIGURA 4.8B – MONITOR ZSCREEN....58
FIGURA 4.9A – PAR ESTÉREO 1....59
FIGURA 4.9B – PAR ESTÉREO 2....59
FIGURA 4.9D – PAR ESTÉREO 3....59
FIGURA 4.9E – PAR ESTÉREO 4....59
FIGURA 5.1 - MODELO GENÉRICO DE UM AMBIENTE VIRTUAL....62
FIGURA 5.2 - ARQUITETURA DO SISTEMA....65
FIGURA 5.3 – GEOMETRIA ESPACIAL....66
FIGURA 5.4 - GUI – AMBIENTE VIRTUAL....67
FIGURA 5.5 – PONTOS NÃO COLINEARES SELECIONADOS (ESFERAS)....69
FIGURA 5.6 – PLANO DE CORTE GERADO A PARTIR DOS PONTOS SELECIONADOS....70
FIGURA 5.7 – POLIEDROS COM OS NOVOS SÓLIDOS GERADOS....70
FIGURA 5.8 – SÓLIDOS GERADOS....71
FIGURA 5.9 – PONTOS COLINEARES....72
FIGURA 5.10 – ARQUIVO DE AUXÍLIO DO SISTEMA....72
FIGURA 5.11 – GALERIA DE FOTOS....73
FIGURA 6.1 – PÁGINA INICIAL DO SISTEMA PROPOSTO....76
FIGURA 6.2 – PLANO DE CORTE EXIBIDO NA APLICAÇÃO....77
FIGURA 6.3 – SÓLIDOS GERADOS PELO PLANO DE CORTE....78
FIGURA 6.5 – GRÁFICO DE AVALIAÇÃO 1....79
FIGURA 6.5 – GRÁFICO DE AVALIAÇÃO 2....80
FIGURA 6.6 – GRÁFICO DE AVALIAÇÃO 3....81
FIGURA 6.7 – GRÁFICO DE AVALIAÇÃO 4....82

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

Nos últimos anos, a tecnologia de Realidade Virtual (RV) tem sido amplamente utilizada nas mais diferentes áreas do conhecimento [HAMIT, 1993][CARDOSO et al 2001, NAKAMOTO et al 2004]. Este substancial progresso pode ser observado nas diversas conferências e publicações técnico-científicas, particularmente, relacionadas ao uso de RV na educação, pesquisa, treinamento, negócios, lazer, etc. A Realidade Virtual também pode ser considerada como a junção de três idéias básicas: imersão, interação e envolvimento. Isoladamente, essas idéias não são exclusivas de Realidade Virtual, mas aqui elas coexistem [NUNES, 2002].

A idéia de imersão está ligada à sensação de estar dentro do ambiente. A total imersão pode ser obtida com o uso de dispositivos não convencionais de interface com o computador, como capacetes de visualização (HMD - Head Mounted Display), luvas de dados, rastreador de posição, fones de ouvido, óculos estereoscópicos, cavernas (ambientes de simulação) e procura se desligar do mundo real para entrar no virtual e

sentir os estímulos gerados pelo sistema computacional. As ações de seu corpo são interpretadas como a única forma de entrada de dados para o sistema. Além do fator visual, os dispositivos ligados com os outros sentidos também são importantes para o sentimento de imersão, como som [BEGAULT, 1994].

A sensação de presença ou imersão constitui-se na principal característica da Realidade Virtual. A qualidade desta imersão depende da interatividade e do grau de realismo que o sistema é capaz de proporcionar. O tipo de Realidade Virtual que objetiva isolar o usuário por completo do mundo real é comumente referenciada como Realidade Virtual Imersiva – RVI [LAMOUNIER, 2004].

A definição de interação está ligada com a capacidade de o computador detectar as entradas do usuário e modificar instantaneamente o mundo virtual e as ações sobre ele (capacidade reativa). As pessoas gostam de ficar cativadas por uma boa simulação e de ver as cenas mudarem em resposta aos seus comandos. A imersão proporciona ao usuário uma interação com maior flexibilidade e mais próxima de uma "realidade".

Educação em Matemática também é uma área de intensa investigação do uso de Realidade Virtual, uma vez que as novas tecnologias facilitam e enriquecem os processos de ensino e aprendizagem [SILVA, OSÓRIO, 1999]. Em um ambiente virtual, o professor tem melhores condições de demonstrar situações que são difíceis de serem simuladas no quadro negro, como por exemplo, a Geometria Espacial – objeto de estudo desta dissertação. O aluno, por sua vez, fica motivado com a possibilidade de absorver, mais naturalmente, a teoria apresentada pelo professor. Existem alguns sistemas que exploram técnicas de Realidade Virtual a fim de proporcionar mais naturalidade no processo de aprendizagem. Entretanto, a maioria destes sistemas não explora as técnicas que suportam a imersão, o que posa como um obstáculo na busca da intuição no manuseio/ensino de objetos tridimensionais.

1.2 Objetivo e Metas da Dissertação

O principal objetivo deste trabalho é investigar técnicas de Realidade Virtual Imersiva, para o desenvolvimento de um ambiente educacional, de modo a suportar um maior grau de naturalidade e intuição no ensino de Geometria Espacial. A visualização, manipulação e corte de poliedros serão considerados como um estudo de caso.

A fim de atingir este objetivo, as seguintes metas de pesquisa foram identificadas:

- investigar o estado da arte, baseado em sistemas atuais, identificando suas vantagens e desvantagens;
- investigar ferramentas computacionais que melhor suportem navegação e interação em mundos virtuais imersivos;
- identificar recursos técnicos (software e hardware) necessários para suportar a imersão acima mencionada
- desenvolver um sistema protótipo, baseado nas ferramentas estudadas e que suporte uma melhor interação num ambiente virtual imersivo;
- análise do sistema por alunos e professores do Ensino Médio.

Sendo assim, este trabalho pretende contribuir de maneira cognitiva, ou seja, no desenvolvimento do conhecimento sobre a Geometria Espacial, ampliando, modificando e aperfeiçoando este conhecimento e ainda contribuir de maneira técnica com a definição dos vários recursos de hardwares e suas aplicações para a imersão em ambientes de Realidade Virtual.

1.3 Organização da Dissertação

Esta dissertação esta dividida em sete capítulos incluindo esta Introdução e acrescentada as Referências Bibliográficas e questionário de avaliação do software..

O Capítulo 2 apresenta os fundamentos de Realidade Virtual, sistemas de Realidade Virtual, Realidade Aumentada e Realidade Melhorada, modelos de interação do usuário com ambientes virtuais, modelagem de mundos virtuais, requisitos de um sistema de RV, plataformas para aplicação de RV, softwares para desenvolvimento, aplicações de RV e exemplos de equipamentos para RVI com suas características técnicas.

O Capítulo 3 apresenta o estado da arte através de trabalhos relacionados com RV no ensino de Geometria Espacial.

O Capítulo 4 descreve os equipamentos para Realidade Virtual Imersiva, apresentando um conjunto de dispositivos usados para imersão, bem como um conjunto de software suportado por este dispositivos.

O Capítulo 5 apresenta a arquitetura do sistema proposto neste trabalho, descrevendo os principais módulos desenvolvidos para o funcionamento do ambiente virtual.

Os resultados e limitações do sistema são apresentados no Capítulo 6.

O Capítulo 7 apresenta as principais conclusões da dissertação e sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS DE REALIDADE VIRTUAL

2.1Realidade Virtual

O termo Realidade Virtual (RV) é creditado a Jaron Lanier, que nos anos 80 sentiu a necessidade de um termo para diferenciar as simulações tradicionais por computação dos mundos digitais que ele tentava criar. O termo é bastante abrangente, e por isto acadêmicos e pesquisadores procuram definir Realidade Virtual baseados em suas próprias experiências.

Pimentel [1993] define Realidade Virtual como o uso da alta tecnologia para convencer o usuário de que ele está em outra realidade - um novo meio de "estar e tocar" em informações. "*Virtual Reality is the place where humans and computers make contact*".

Latta [1994] cita Realidade Virtual como uma avançada interface homem-máquina que simula um ambiente realístico e permite que participantes interajam com ele: "*Virtual Reality involves the creation and experience of environments*".

Em geral, o termo Realidade Virtual refere-se a uma experiência imersiva e interativa baseada em imagens gráficas 3D geradas em tempo-real por computador. Burdea [1994] afirma que a qualidade dessa experiência em RV é crucial, pois deve

estimular ao máximo e de forma criativa e produtiva o usuário - a realidade precisa reagir de forma coerente aos movimentos do participante, tornando a experiência consistente. O principal objetivo desta nova tecnologia é fazer com que o participante desfrute de uma sensação de presença no mundo virtual. Para propiciar esta sensação de presença o sistema de RV integra sofisticados dispositivos. Estes dispositivos podem ser luvas de dados, óculos, capacetes, etc.

Como mencionado anteriormente, dois fatores bastante importantes em sistemas de RV são imersão e interatividade. A imersão pelo seu poder de prender a atenção do usuário, e a interatividade no que diz respeito à comunicação usuário-sistema.

Através da RV a forma de interação homem-máquina mudou. Com a evolução do hardware e software, o uso de recursos de RV deixou de ser algo dispendioso, e hoje em dia proporciona à empresas de todos os setores uma forma mais eficiente de agilizar e/ou enriquecer seus projetos.

Aplicações de RV em simuladores de vôo são utilizadas há mais de duas décadas e mostram diversas (e diferentes) vantagens em relação ao modelo não virtual tradicional. Aplicações nas áreas de engenharia, entretenimento, ciências, educação, medicina, treinamento, como subdivide Vince [1995], também são cada vez mais comuns.

Os recursos gráficos, em particular os tridimensionais, para visualização e interpretação de informação numérica têm aumentado substancialmente, tanto na investigação como no ensino de ciências. Em particular, esse recurso é maior em domínios onde a interatividade é fundamental e a interpretação de informação complexa é mais exigente. As razões para tal interesse são claras: no domínio de investigação cientifica é mais fácil tirar conclusões de um modelo tridimensional do que da simples leitura de números ou interpretação de fórmulas; no domínio da aprendizagem está

provada a utilidade de métodos gráficos, em particular os imersivos, na formação de modelos conceituais corretos [GADDIS, 1995].

A Realidade Virtual baseia-se na construção computacional de ambientes gráficos tridimensionais. As características desta nova tecnologia possibilitam uma maior interatividade por parte do usuário incluindo manipulação de objetos num ambiente.

2.2 Realidade Virtual Imersiva e Não Imersiva

Realidade Virtual poder ser classificada em imersiva ou não imersiva [LAMOUNIER, 2004]. Do ponto de vista da visualização, a Realidade Virtual imersiva é baseada no uso de capacete ou de salas de projeção nas paredes, enquanto a Realidade Virtual não imersiva baseia-se no uso de monitores. De qualquer maneira, os dispositivos baseados nos outros sentidos acabam dando algum grau de imersão à Realidade Virtual com o uso de monitores, mantendo sua caracterização e importância [ROBERTSON, 1993].

Dependendo do tipo de equipamento de visualização utilizado, a definição de Realidade Virtual pode ser complementada com a imersão do usuário no ambiente virtual. A imersão está ligada com a sensação de estar dentro do ambiente. [KIRNER-TORI, 2004].

2.3 Tipos de Sistemas com Interfaces Não Convencionais

No sentido de definir os sistemas que apresentam interfaces de hardware e software muitos bem elaborados envolvendo dispositivos e abordagens não

convencionais, é importante tomar-se como base o relacionamento usuário/ambiente, de acordo com a Figura 2.1 [LATTA, 1994] [KIRNER, 1996].

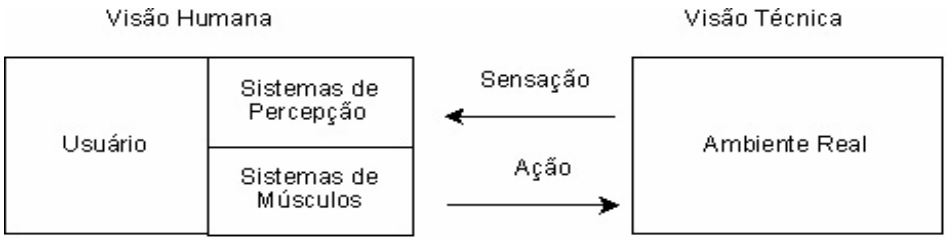


Figura 2.1 - Relacionamento Usuário / Ambiente

Nesse caso, assume-se que o ambiente seja composto pelo espaço físico, funções, processos, equipamento e conceitos. Ele é responsável por responder às ações do usuário com os estímulos que vão provocar a sensação. O ambiente no contexto desse modelo compõe-se dos espaços real e artificial. Em seguida, são definidos os sistemas de telepresença, Realidade Virtual, Realidade aumentada e Realidade Melhorada, que têm em comum o acesso através de interfaces não convencionais.

2.4 Sistema de Realidade Virtual

Um sistema de Realidade Virtual consiste de um usuário, uma interface homem-máquina, e um computador, conforme a Figura 2.2a [SCHLOERB, 1995][DURLACH, N.I., MAVOR, 1995][KIRNER, 1996]. A Figura 2.2b mostra um campus universitário virtual (fonte: http://www.pgie.ufrgs.br/siterv/), onde o usuário pode conhecer e navegar pelo mesmo, estando geograficamente distante do local. O usuário participa de um mundo virtual gerado no computador, usando dispositivos sensoriais de percepção e controle. Um ambiente virtual pode ser projetado para simular tanto um ambiente imaginário quanto um ambiente real.

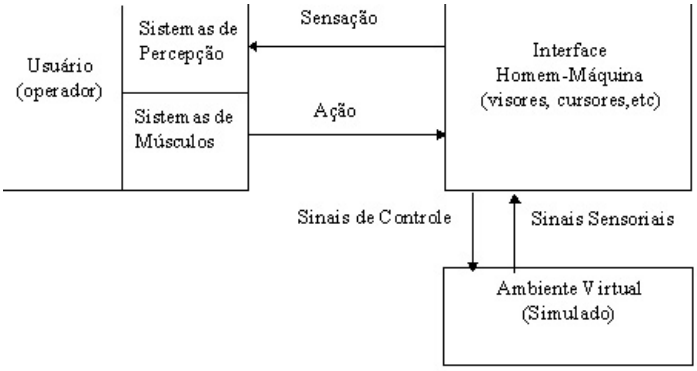


Figura 2.2a - Sistema de Ambiente Virtual

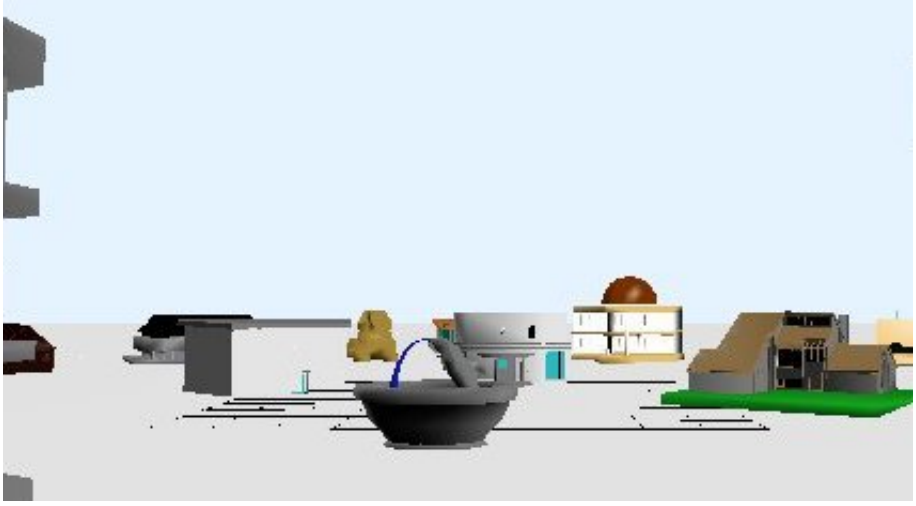


Figura 2.2b – Campus universitário virtual.

2.4.1 Sistema de Realidade Aumentada

Realidade Aumentada (RA) é um novo conceito de Realidade Virtual (RV), cujos sistemas permitem ao usuário compor imagens tridimensionais geradas por computador com imagens reais, aumentando as informações do cenário [AZUMA, 2001] [KIRNER-TORI, 2004]. Em Sistemas de RA o mundo real é aumentado com informações que não estão presentes na cena capturada, e o usuário passa a ser um elemento participativo no cenário em que imagens reais são misturadas com virtuais. [KIRNER-TORI 2004]. A Figura 2.2c exibe uma mesa virtual que foi colocada sobre uma imagem real digitalizada de um gramado, simulando o posicionamento futuro da mesma (http://www.tinmith.net/).

Figura 2.2c – Mesa virtual colocada em um parque real.

2.4.2 Sistema de Realidade Melhorada

É uma variação do sistema de Realidade Aumentada, onde um sistema de processamento de imagem gera informações adicionais para serem sobrepostas à imagem real. O resultado final pode ser tanto uma melhoria espectral quanto espacial [BOWSKILL, 1995], gerando transformações e anotações sobre a imagem. A geração de imagens obtidas através de ampliação do espectro visível do olho humano e a anotação de características específicas dos objetos como distância, tipo, etc., são exemplos de melhoria de uma imagem.

2.5 Configuração Genérica dos Sistemas com Interfaces Não Convencionais

Os vários tipos de sistemas com interfaces não convencionais podem ser agrupados de forma genérica em uma única configuração, conforme ilustram as Figuras 2.3 e 2.4 [BAJURA-NEUMANN, 1995][DURLACH, 1995][KIRNER, 1996].

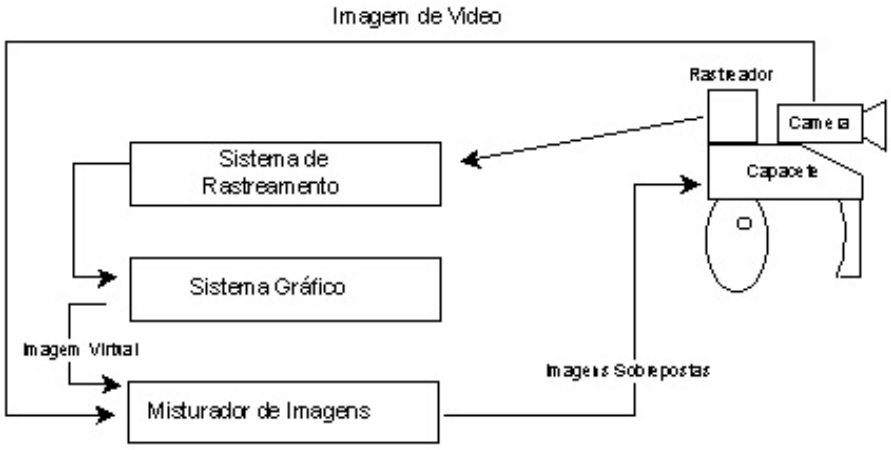


Figura 2.3 - Sistema de Realidade Aumentada Baseado em Vídeo

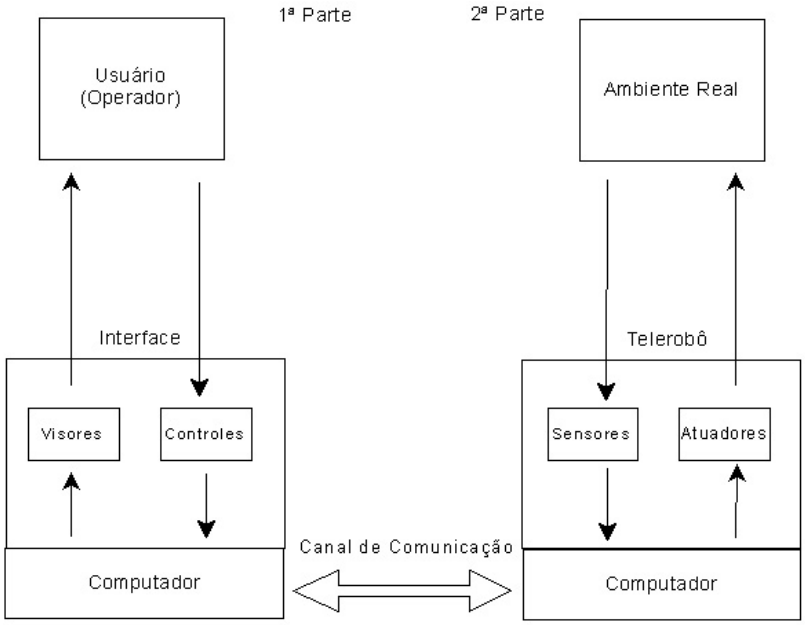


Figura 2.4 - Configuração Genérica dos Sistemas com Interfaces não Convencionais

Nesse esquema genérico, podem enquadrar-se os sistemas de Realidade Virtual, Realidade aumentada e Realidade Melhorada. Em todos eles, o usuário é projetado dentro de um ambiente novo e interativo, através de dispositivos eletrônicos não convencionais. Tanto o desempenho, quanto a experiência do usuário no novo ambiente, depende fortemente da interface homem-máquina e das características de interação com o ambiente real ou virtual. A particularização da configuração pode ser feita através de várias maneiras [KIRNER, 1996]:

a) Se a primeira parte for desprezada, a segunda parte sozinha poderá transformar-se num robô autônomo, considerando-se que o computador seja utilizado para realizar seu controle;

b) Se a segunda parte for desprezada e o computador for usado para gerar um ambiente virtual, o sistema será visto como um sistema de Realidade Virtual;

c) Se as duas partes forem consideradas, mas o computador da primeira parte não for usado para gerar ambientes virtuais, limitando-se a repassar os sinais de sensação e controle, o sistema funcionará como um sistema de telepresença;

d) Se as duas partes forem consideradas e o computador da primeira parte for usado para gerar ambientes virtuais e serem misturados com as visões reais, o sistema funcionará como um sistema de Realidade aumentada, para ambientes virtuais normais, ou um sistema de Realidade Melhorada, para ambientes virtuais complementados com sinais de processamento de imagens e anotações.

2.6 Modelos de Interação do Usuário Associados a Ambientes Virtuais

Num cenário composto por um ou mais usuários, um mundo real e um ambiente virtual equivalente, existem várias maneiras de o usuário comunicar-se com seus parceiros, com o mundo real e com o ambiente virtual. Restringindo a interação do usuário a uma mediação tecnológica, através do uso de dispositivos não convencionais e do ambiente virtual, pode-se reduzir as possibilidades a dois grupos: um onde o usuário participa isoladamente, e outro, onde há vários usuários interagindo entre si e com o ambiente. De forma genérica, a interação mediada pode ser vista na Figura 2.5. [BISHOP, 1992] [KIRNER, 1996].

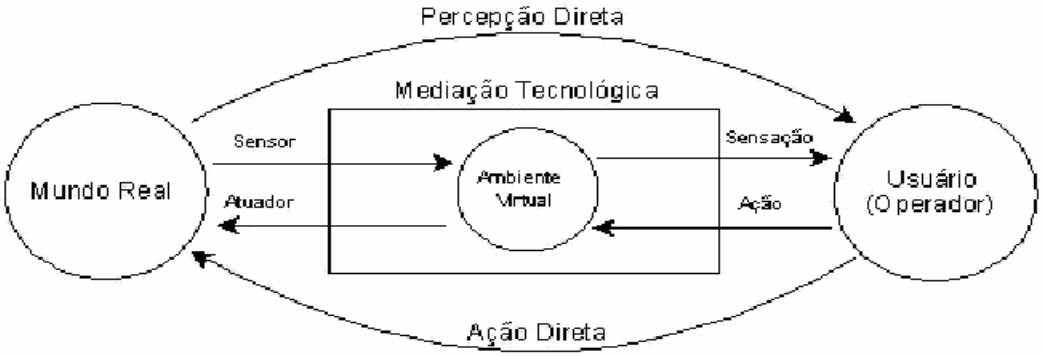


Figura 2.5 - Esquema de Interação com Mediação Tecnológica

2.6.1 Interação de um Único Usuário

A interação com mediação tecnológica de um único usuário pode ocorrer de quatro maneiras: como espectador; com participação real; com participação simulada; e sem participação ou possível supervisão, conforme a Figura 2.6 [BISHOP, 1992] [KIRNER, 1996].

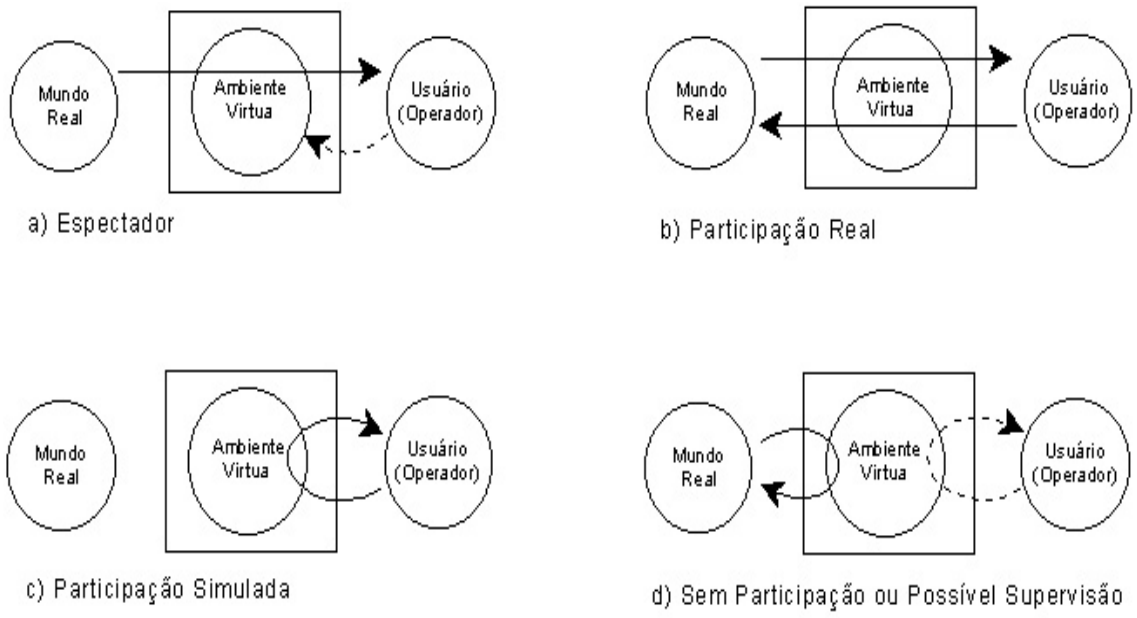


Figura 2.6 - Formas de interação mediada de um único usuário

Na maioria dos casos, o ambiente virtual representa o mundo real, a menos da participação simulada, onde o ambiente virtual pode ser imaginário ou representar o mundo real. [KIRNER, 1996].

2.6.2 Interação de Vários Usuários

A interação de vários usuários pode ocorrer de três maneiras para: comunicação entre usuários; compartilhar o ambiente virtual; e realizar trabalho cooperativo no mundo real através do ambiente virtual compartilhado. No caso de comunicação, os usuários trocam informações através do ambiente virtual; no caso de compartilhar o ambiente virtual, os usuários interagem entre si através do ambiente virtual; e no último caso, referente ao trabalho colaborativo, os usuários cooperam entre si no mundo real, através de sua representação como um ambiente virtual compartilhado. Também é possível que o trabalho colaborativo ocorra num ambiente virtual imaginário sem vinculação com o mundo real.

2.7 Geração de Ambientes Virtuais por Computador

2.7.1 Estrutura de um Sistema de Realidade Virtual

A estrutura de um sistema de Realidade Virtual pode ser mostrada sob diferentes pontos de vista e graus de detalhamento. O diagrama de blocos da Figura 2.7 fornece uma visão geral de um sistema de Realidade Virtual [BURDEA, 1994][KIRNER, 1996].

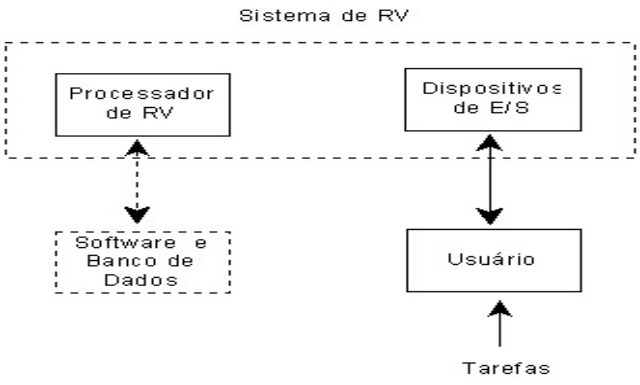


Figura 2.7 - Diagrama de Blocos de Um Sistema de RV

A interação do usuário com o processador de RV é intermediada pelos dispositivos de E/S. O processador de RV lê primeiramente a entrada do usuário e acessa o banco de dados para calcular as instâncias do mundo que correspondem aos quadros a serem mostrados em seqüência. Como não é possível prever as ações do usuário, os quadros devem ser criados e distribuídos em tempo real. Do ponto de vista de interface, um sistema de Realidade Virtual imersivo pode ser visto na Figura 2.8 [KALAWSKY, 1993] [KIRNER, 1996].

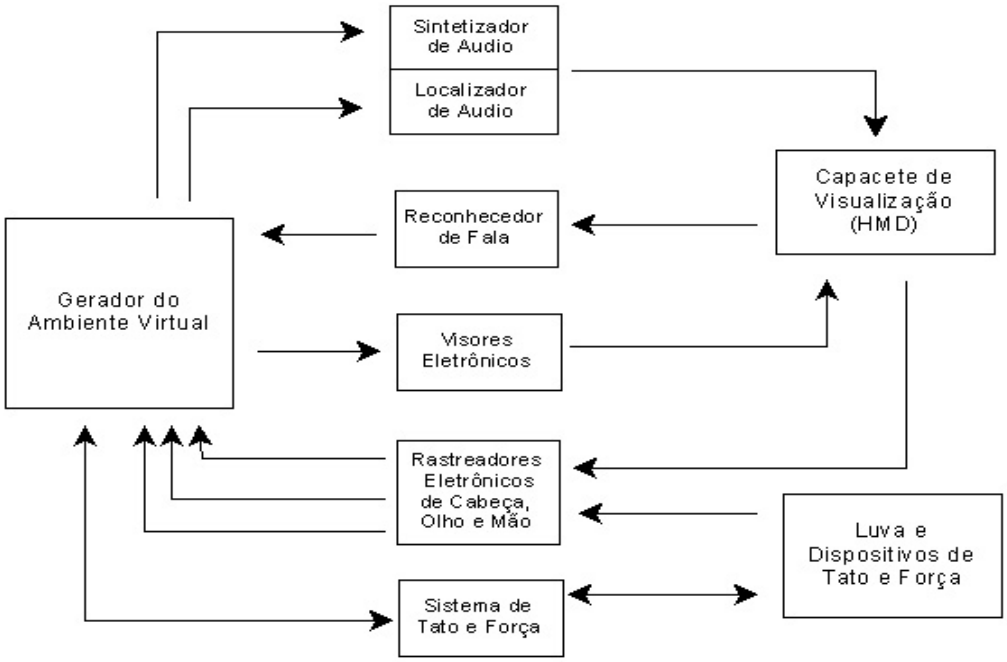


Figura 2.8 - Estrutura de um Sistema de RV Imersivo com ênfase nas Interfaces

O gerador de ambiente virtual é um sistema de computação de alto desempenho que contém um banco de dados relativo ao mundo virtual. Este banco de dados contém a descrição dos objetos do ambiente virtual junto com a descrição dos movimentos dos objetos, seus comportamentos, efeitos de colisões, etc. Devido a necessidade de acesso e operação em tempo real, é necessário dispor-se da quantidade de memória suficiente, bem usar técnicas de compressão de informação que não prejudiquem as restrições de tempo. As imagens devem ser geradas com um atraso aceitável para não provocar

desconforto ao usuário. Da mesma maneira, todas as características sensoriais relacionadas com interfaces deverão ser tratadas em tempo real para que o usuário tenha a impressão de estar imerso e interagindo com o mundo virtual.

2.8 Modelagem de Mundos Virtuais

A modelagem de mundos virtuais é de fundamental importância num sistema de Realidade Virtual, definindo as características dos objetos como: forma; aparência; comportamento; restrições; e mapeamento de dispositivos de E/S. Para isto, os sistemas de desenvolvimento de Realidade Virtual levam em conta os diversos aspectos de modelagem, mapeamento e simulação, conforme a Figura 2.9 [BURDEA, 1994] [KIRNER, 1996].

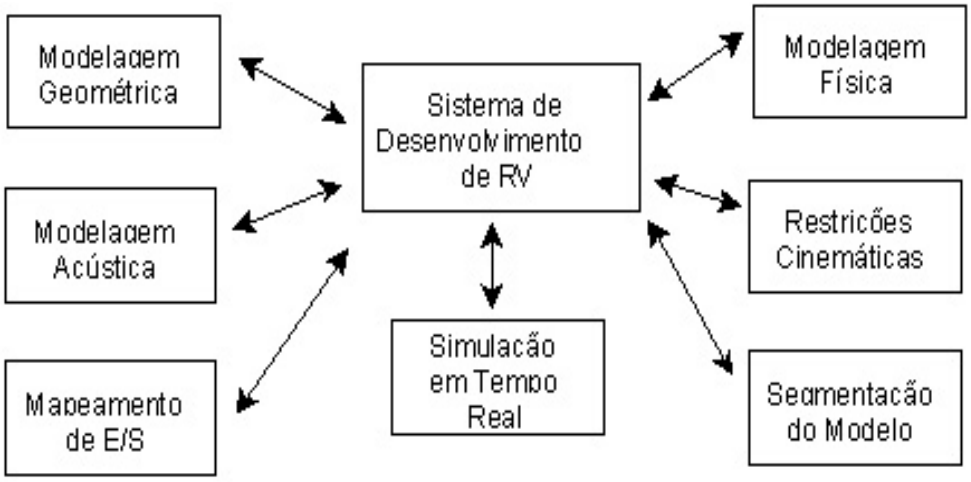


Figura 2.9 - Sistema de Desenvolvimento de RV

2.9 Programação

Foram desenvolvidos vários sistemas de desenvolvimento de aplicações para RV, conhecidos como “VR Toolkits”. A programação de Sistemas em RV não é tão simples, pois envolve STR (Sistema em tempo Real), orientação a objetos (OOP - Object-Oriented Programming), modelagem dos dados (geométrica e física), lógica, visão espacial, entre outros, além do envolvimento com as regras do negócio em que serão produzidas as aplicações. Esses sistemas são bibliotecas de funções orientadas a objetos, onde os conceitos de classe e herança são amplamente utilizados, isso simplifica a tarefa de programar ambientes virtuais mais complexos.

Muitas outras aplicações podem servir como ferramentas de apoio para gerar iluminação, sombreamento, renderização, textura, etc., aos Sistemas de Realidade Virtual, como por exemplo, AutoCad TM, 3D Studio Max, Editores de Realidade Virtual, além disso, esses sistemas costumam ser independentes de hardware, suportam alguma forma de conexão em rede, importam mundos virtuais de outros softwares.

Uma ferramenta, muito útil para a construção e simulação dos mundos virtuais, é o editor de Realidade Virtual, que permite ao projetista verificar imediatamente os resultados da criação ou edição de objetos simulados. Uma organização desse tipo de ferramenta consta na Figura 2.10 [BURDEA, 1994]. Durante a simulação, as entradas do usuário, através dos dispositivos de E/S são submetidos como eventos ao programa simulador, devendo ser lidos em tempo real para minimizar a latência. Esses dados são usados para atualizar a posição, forma, velocidade, etc, dos objetos virtuais, e alguns dados de sensores são usados para os objetos independentes.

Tanto a cena, quanto as outras saídas (som, tato, força, etc.) são fornecidas durante o ciclo de simulação em tempo real.

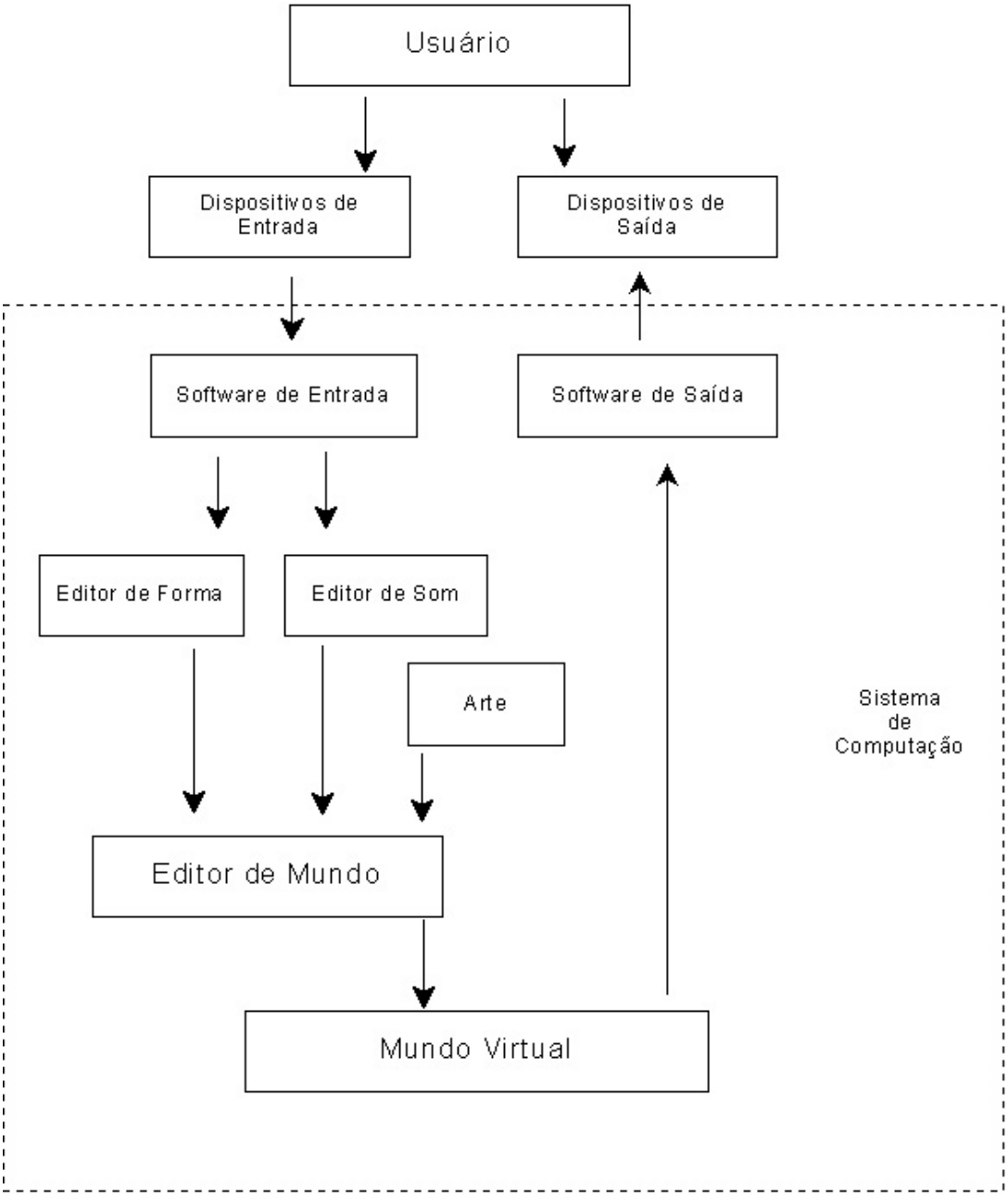


Figura 2.10 - Uma Estrutura de Sistema de Desenvolvimento de RV

A Figura 2.11 [SENSE8, 1994] mostra o ciclo de simulação do sistema de desenvolvimento da SENSE 8, denominado World ToolKit.

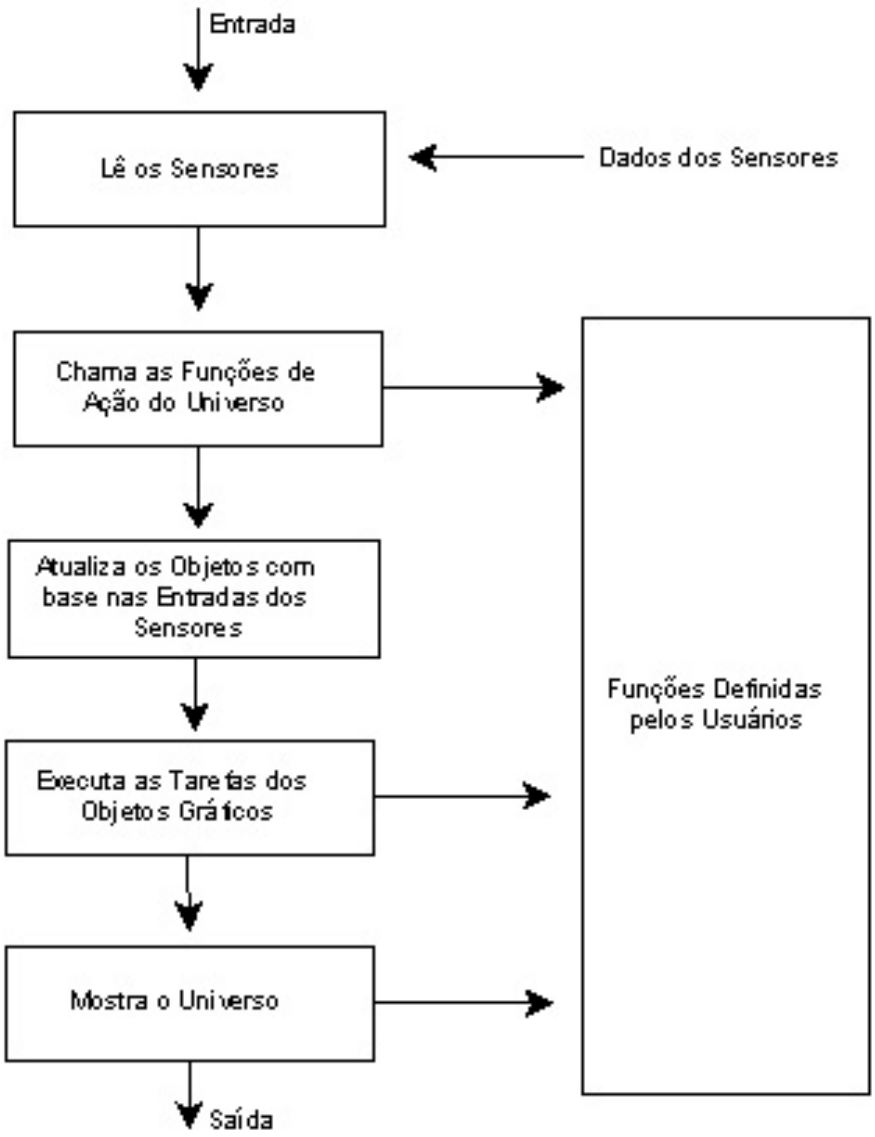


Figura 2.11 - Ciclo de Simulação do World Tool

2.10 Avaliação de Sistema de Realidade Virtual

A principal característica de um sistema de Realidade Virtual é o envolvimento humano através da imersão sensorial. Com parâmetros humanos envolvidos no sistema, a sua avaliação torna-se subjetiva, mas essencial em função das questões tecnológicas, da qualidade da aplicação, e do impacto psicológico e social.

A avaliação do sistema de Realidade Virtual deve ajudar a garantir que:

a) As capacidades e limitações dos seres humanos, bem como as necessidades específicas de determinadas tarefas, estarão sendo consideradas no projeto do sistema;

b) O hardware e o software estarão fornecendo o ambiente virtual com bom índice relacionado com custo e benefício;

c) A aplicação representará uma melhoria significativa na maneira de fazer coisas conhecidas ou permitirá fazer coisas novas que não tenham sido feitas até então.

Embora muitas ferramentas de avaliação possam ser adaptadas para uso em sistemas de Realidade Virtual, outras ferramentas precisam ser utilizadas, para avaliar as propriedades específicas dessa tecnologia. Dentro desse contexto, a avaliação do sistema de Realidade Virtual deverá considerar :

(1) a atuação dos dispositivos e os fatores ergonômicos gerais;

(2) os aspectos gráficos e sua influência na visão;

(3) a influência do Sistema de RV no mundo real;

(4) a discriminação das cores visuais;

(5) os aspectos visuais;

(6) as questões auditivas;

(7) as questões de tato e força;

(8) o comportamento, o desempenho e as conseqüências da simulação; e

(9) outras características específicas.

2.11 Requisitos de um Sistema de Realidade Virtual

Um sistema de Realidade Virtual de grande porte é caro e complexo, em função de todos os recursos envolvidos. Para que o projeto do sistema e a elaboração das aplicações sejam bem sucedidos, é necessário que sejam satisfeitos ou perseguidos um conjunto de requisitos. Evidentemente que depende do Sistema de RV e do grau de interação que se deseja alcançar.

2.11.1 Requisitos da Interface do Usuário.

De acordo com Cris Shaw [1993], existem cinco requisitos e propriedades que um sistema de Realidade Virtual deve satisfazer para ser utilizável e utilizado com satisfação, ou seja:

a) Um sistema de RV deve gerar imagens estereoscópicas animadas suaves para capacetes de visualização (HMD), visando manter a característica de imersão. Isto significa que a taxa de quadros por segundo deve ser igual ou maior que 10;

b) Um sistema de RV deve reagir rapidamente às ações do usuário. A resposta do sistema deve apresentar atrasos de imagens iguais ou menores que 100ms;

c) Um sistema de RV deve fornecer suporte para distribuir uma aplicação em diversos processadores. Isto visa aplicações distribuídas e complexas, onde a distribuição permite múltiplos usuários e a computação cooperativa.

d) Num sistema distribuído de RV, é necessário um mecanismo eficiente de comunicação de dados. A utilização de dados compartilhados ou remotos deve ser viabilizada com uma comunicação eficiente para assegurar a característica de tempo real do sistema.

e) É necessário algum mecanismo de avaliação de desempenho do sistema de RV. Um sistema do desenvolvimento de RV deve ter mecanismos de monitoração do tempo real e do desempenho geral da aplicação para garantir o sucesso do conjunto. Dentre estes requisitos, os mais importantes para uma interface de Realidade Virtual são aqueles relacionados com a taxa de quadros por segundo e com o atraso da resposta do sistema, garantindo a imersão no ambiente.

2.11.2 Requisitos de Engenharia de Software

Do ponto de vista da engenharia de software pode-se citar os quatro requisitos [SHAW, 1993] a seguir:

a) Portabilidade das aplicações. Normalmente as aplicações de Realidade Virtual são fortemente ligadas com o ambiente de desenvolvimento. As aplicações deverão ter facilidades para execução em diversas instalações, exigindo no máximo uma recompilação do código;

b) Suporte para uma larga faixa de dispositivos de E/S. Como a tecnologia de hardware de Realidade Virtual ainda está se expandindo, o sistema deverá ter capacidade de acomodar novos dispositivos;

c) Independência das aplicações com relação à localização física do usuário e de seus dispositivos de E/S. O sistema deverá ajustar-se a diferentes conFigurações de localização física do usuário (geometria da sala e situação dos rastreadores) e de seus dispositivos de E/S;

d) Flexibilidade de ambiente de desenvolvimento de aplicações de Realidade Virtual. Muitas vezes a aplicação é desenvolvida num ambiente e executada em outro. O sistema deve ter a flexibilidade para permitir a utilização de ambientes de desenvolvimento diferentes, bem como a execução de testes com outros dispositivos, com o mínimo de alteração do código.

Desta maneira, as características principais de um sistema de Realidade Virtual estão na portabilidade e na flexibilidade das aplicações.

2.11.3 Requisitos para a Definição de um Sistema de Realidade Virtual

A montagem de um sistema de Realidade Virtual requer um cuidadoso planejamento, em função da variedade de componentes e preços e da qualidade desejada para o conjunto. Para isto, ela deve satisfazer uma série de requisitos e características numeradas a seguir [GADDIS, 1995]:

- Definição da aplicação
    - Caracterização da imersão;
    - Avaliação dos dispositivos de visualização;
    - Estabelecimento das capacidades de rastreamento;
    - Avaliação de outros dispositivos de E/S;
    - Avaliação do conjunto de recursos e capacidades;
- Seleção do sistema de desenvolvimento de Realidade Virtual:
    - Criação e edição da geometria;
    - Criação e edição de texturas;
    - Requisitos de programação;
    - Caracterização da visão estereoscópica;
    - Modelagem do comportamento físico;
    - Suporte a periféricos;
    - Requisitos do sistema;
    - Portabilidade;
    - Suporte de rede;
    - Suporte de distribuição.
- Seleção do hardware:
    - Quantidade e características das portas e slots;
    - Características do acelerador gráfico;
    - Conversores de sinais de vídeo;
    - Capacete de visualização (HMD);
    - Monitor externo;
    - Óculos estereoscópico;
    - Rastreadores/ posicionadores;

- Navegadores 3D;
- Luvas e dispositivos de força;
- Outros dispositivos especiais.

O estudo e a definição integrada dos vários requisitos e características de um sistema de Realidade Virtual são elementos fundamentais para a otimização da relação entre o custo e benefício do sistema, contribuindo assim para a obtenção do sucesso na montagem de uma plataforma para desenvolvimento de aplicações de Realidade Virtual.

2.12 Plataformas para Aplicação de Realidade Virtual

Os avanços das pesquisas em Realidade Virtual e a oferta de produtos nessa área, envolvendo hardware, software, e dispositivos não convencionais, têm viabilizado a existência de diversos tipos de plataformas para aplicações de Realidade Virtual.

2.12.1 Plataformas Baseadas em Microcomputadores

Embora inicialmente os equipamentos de Realidade Virtual fossem muito caros e utilizados em poucos laboratórios de pesquisa, a popularidade dos microcomputadores e a curiosidade de muitos interessados na área fizeram com que as plataformas baseadas em microcomputadores se tornassem realidade. A adaptação de dispositivos [JACOBSON, 1994] e o desenvolvimento de software adequado às limitações dos microcomputadores propiciaram o surgimento de aplicações para essas plataformas. O crescimento acelerado do mercado de Realidade Virtual vem assegurando cada vez mais o aumento da qualidade da plataforma e das aplicações nessa área. A configuração típica de um sistema de Realidade Virtual baseado em microcomputador PC consta na

Figura 2.12 [BURDEA, 1994] [PIMENTEL, 1993]. Além do microcomputador e dos dispositivos, a plataforma deve incluir o software que pode ser um único módulo integrado (tool kit) ou vários módulos separados e compatível para a criação do mundo virtual, simulação, e definição da aplicação.

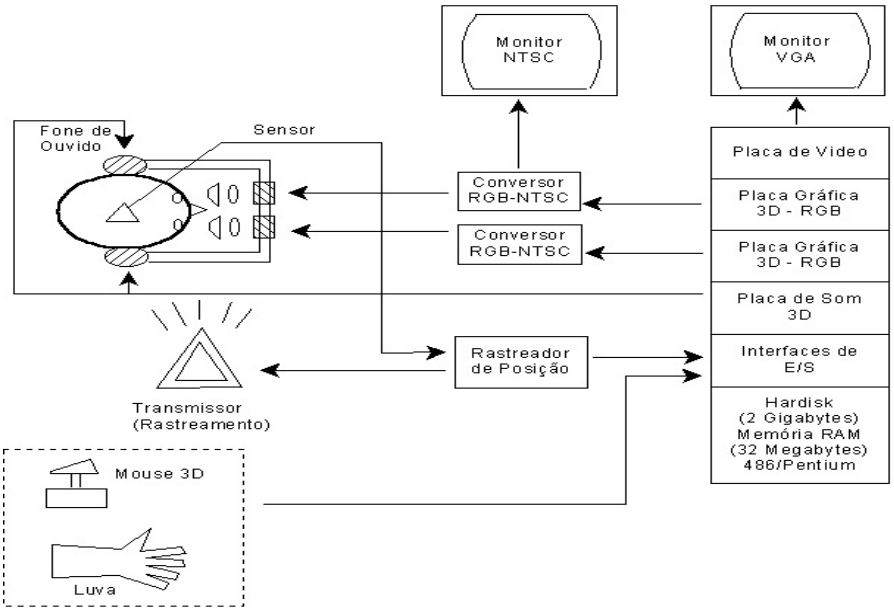


Figura 2.12 - Configuração Típica de um Sistema de RV Baseado em PC

2.13 Software de Desenvolvimento de Realidade Virtual

Existem muitos tipos de software para Realidade Virtual para as mais variadas plataformas e faixas de preço. Alguns softwares podem ser obtidos via internet gratuitamente como: REND386, VR386, e AVRIL, para microcomputadores, e MRToolKit para estações de trabalho. Os endereços são os seguintes:

· REND386 e AVRIL: ftp "anonymous" para:

sunee.uwaterloo.ca/pub/rend386

sunee.uwaterloo.ca/pub/avril

· VR386: ftp "anonymous" para:

psych.toronto.edu/vr-386

· MR: http://www.cs.ualberta.ca/~graphics/MRToolKit.html

Outros softwares são vendidos comercialmente com preços variando de dezenas de dólares a dezenas de milhares de dólares.

Existem alguns endereços na internet, onde podem ser encontradas informações concentradas sobre software e recursos para Realidade Virtual, contendo também os ponteiros para os fornecedores.

2.14 Aplicações de Realidade Virtual

Realidade Virtual pode ser aplicada nas mais variadas áreas do conhecimento e de maneira bastante diversificada. A todo o momento surgem novas aplicações, em função da demanda e da capacidade criativa das pessoas. Em muitos casos, a Realidade Virtual vem revolucionando a forma de interação das pessoas com sistemas complexos tratados com o uso de computadores, propiciando maior desempenho e economizando custos. [KIRNER, 1996]. Dentre as várias áreas, aonde a Realidade Virtual vem sendo aplicada, pode-se citar as seguintes:

a) Visualização Científica.

   Visualização de superfícies planetárias;

   Túnel de vento virtual;

   Síntese molecular;

b) Aplicações Médicas e em Saúde.

   Simulação cirúrgica;

Planejamento de radioterapia;

Saúde Virtual;

Ensino de anatomia;

Visualização médica;

Tratamento de deficientes;

c) Arquitetura e Projeto.

CAD;

Projeto de artefatos;

Decoração;

Avaliação acústica;

d) Educação.

Laboratórios virtuais;

Exploração planetária;

Educação à distância;

Educação de excepcionais;

e) Entretenimento.

Tênis virtual;

Turismo virtual;

Passeio ciclístico virtual;

Jogos;

Cinema virtual;

f) Treinamento.

Simuladores de vôo;

Planejamento de operações militares;

Treinamento de astronautas;

g) Artes.

Pintura;

Escultura virtual;

Música;

Museu virtual;

h) Controle da Informação.

Visualização financeira;

Visualização da informação;

Informação virtual;

i) Telepresença e Telerobótica.

Controle de sistemas remotos;

Teleconferência;

Professor virtual;

Espectador remoto;

CAPÍTULO III

TRABALHOS RELACIONADOS

3.1 Introdução

Os recursos gráficos, em particular os tridimensionais, para visualização e interpretação de informação numérica têm aumentado substancialmente, tanto na investigação como no ensino de ciências. Em particular, esse recurso é maior em domínios onde a interatividade é fundamental e a interpretação de informação complexa é mais exigente. As razões para tal interesse são claras: no domínio de investigação cientifica é mais fácil tirar conclusões de um modelo tridimensional do que da simples leitura de números ou interpretação de fórmulas; no domínio da aprendizagem está provada a utilidade de métodos gráficos, em particular os imersivos, na formação de modelos conceituais corretos [DURLACH, 1995].

Foram analisados alguns trabalhos que utilizam a tecnologia de RV voltada para o ensino e aprendizagem, com o objetivo de identificar as técnicas envolvidas, interações propostas, suas vantagens e desvantagens.

3.2 Trabalhos Relacionados

3.2.1 GEO-3D

O GEO-3D é um protótipo, sendo possível sua utilização como uma ferramenta de auxílio no processo de ensino e aprendizagem da disciplina de Geometria Espacial, especificamente sobre o estudo dos Poliedros. Pode também ser utilizado por interessados em geral, desde que, possuam conhecimentos básicos de geometria plana. É um *software* educacional criado como um ambiente de RV e desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa de Realidade Virtual do departamento de Informática da UNISC [MEIGUINS, 1999]. Este software visa estabelecer um novo processo de aprendizagem de Geometria Espacial através da interação, exploração, descoberta e observação de sólidos geométricos. Além disso, o protótipo serve como suporte aos métodos tradicionais de ensino. Este projeto se restringe a uma sub-área da Geometria Espacial, os poliedros.

O protótipo foi implementado usando as linguagens HTML, VRML e *JavaScript*. Sendo usadas a primeira linguagem e o *JavaScript* para suportar a disponibilização de ambiente na Web. O VRML foi utilizado para definir poliedros com diversos tipos de animações ativadas pela interação do aluno com o ambiente GEO-3D.

Descrevendo a estrutura do *software*, este é composto por uma tela do ambiente dividida em 2 quadros. No quadro da esquerda está representado o quadro da sala de aula tradicional, onde o conteúdo teórico é apresentado de forma expositiva ao aluno e, junto ao texto existem botões os quais sendo acionados atualiza o quadro da direita. O quadro da direita está habilitado a apresentar os mundos virtuais do projeto.

Como exemplo, a Figura 3.1[BORGES, 2002] mostra um ambiente que representa formas geométricas sobre uma bancada. O aluno clica no ícone à frente do nome poliedros e, no quadro da direita aparece alguns exemplos de poliedros. Cada forma possui um sensor de movimento, possibilitando assim que o usuário interaja com o sólido livremente. Esta interação mencionada permite apenas que o usuário manipule o sólido, mudando sua posição na tela para melhor visualização. O mesmo acontece com o ícone corpos redondos, um clique apenas e alguns corpos redondos aparecerão no quadro da direita.

Figura 3.1 - Exemplo de mundo virtual construído, bancada com sólidos.

Este software desenvolveu um jogo educacional com o propósito de atrair o aluno em busca de aprendizado. Este jogo é dividido em salas de aula, onde cada uma representa uma fase do jogo. O aluno, para percorrer as diversas salas, tem que "vencer obstáculos", interagindo com os poliedros e respondendo a questões. O mesmo acontece nos exercícios propostos pelo *software*. O aluno lê a pergunta, pode visualizar o objeto em estudo, e depois responde a pergunta. Se acertar, ele é informado e pode avançar

para a próxima pergunta, caso contrário, pode responder novamente a pergunta. As suas tentativas serão incrementadas. Isto pode ser visto na Figura 3.2 [BORGES, 2002].

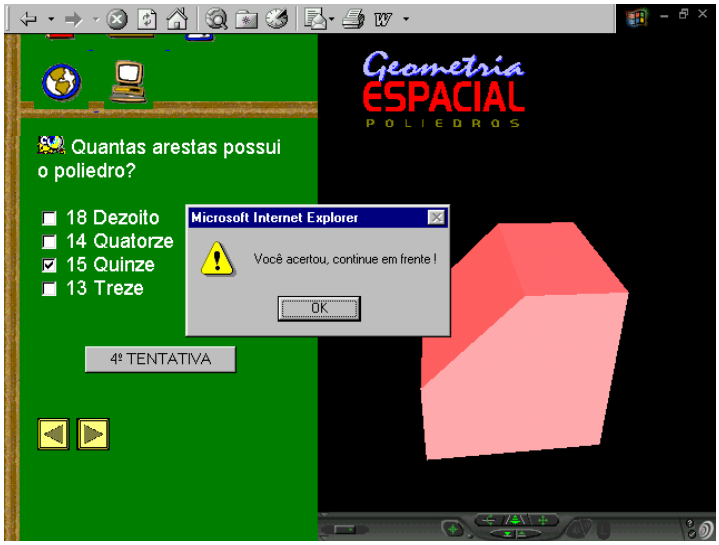


Figura 3.2 - Exemplo de exercício proposto pelo software.

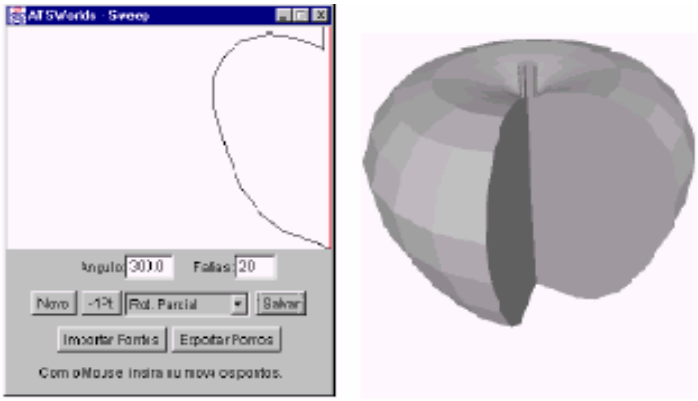
Uma das limitações encontradas no protótipo é quanto à interação do usuário com o meio. Esta se passa através apenas de visualização e manipulação dos objetos, não permitindo que o usuário crie ou modifique o mundo de acordo com as suas necessidades. Esta manipulação, como vista nos exemplos acima, se passa através de rotação e translação dos sólidos, com o clique do mouse, e o aparecimento de novos sólidos, ou, os mesmos planificados. Porém, todos os passos, ou caminhos que serão seguidos pelo usuário, já estão predeterminados pelo programador. Nota-se que o *software* possui interação, porém predeterminada, isto é, o programa não permite que o aluno escolha sua rota ou seus objetos, ou melhor, crie novos sólidos. Além disso, o *software* não explora técnicas de Realidade Virtual Imersiva (RVI).

3.2.2 ATSWorlds

O ATSWorlds é um *software* que apresenta a integração de técnicas de modelagem interativa, baseado em VRML [BOWSKILL, 1995]. A técnica de modelagem usada foi "*sweep*" (varredura), por ser uma maneira prática de se modelar uma grande variedade de objetos do mundo real [ENCARNAÇÃO, 1994]. Através de um esboço de um contorno em 2D, e de alguns poucos parâmetros, dá-se origem a sólidos de revolução bastante interessantes.

A interface do sistema é bastante simples de usar, podendo o *software* ser usado não só como aplicativo para permitir a gravação dos objetos gerados mas, também, ser executado através da Internet, juntamente com um visualizador VRML.

A Figura 3.3 [BORGES, 2002] mostra a interface do programa sendo utilizado como aplicação. A área em branco é o local onde são desenhados os polígonos (2D), através do clique do mouse, que gerará os objetos pela técnica de sweep, e abaixo dessa área, tem a barra de status que contém: os parâmetros necessários para a geração do sólido, mensagens de erro e as coordenadas do ponto que está sendo movido.



(a) polígono gerador (b) objeto gerado

Figura 3.3 - ATSWorlds sendo usado como aplicação.

O sistema, quando usado como um *applet*, permite que se visualize tanto o sistema de modelagem quanto o objeto gerado na mesma tela. Servindo apenas como

uma ferramenta de visualização e prototipagem de objetos, de uso didático, para o ensino de computação gráfica, geometria (sólidos de revolução) e modelagem de sólidos (torneamento e extrusão), mas sem um aproveitamento prático imediato dos objetos modelados. Os sólidos, uma vez criados só podem ser visualizados. A Figura 3.4 [BORGES, 2002] mostra a interface do sistema de modelagem sendo executado como applet em uma página HTML. Na parte esquerda da página está o ATSWorlds, onde se faz o esboço 2D do objeto e, na parte superior direita, o visualizador e, na parte inferior direita, o texto explicativo.

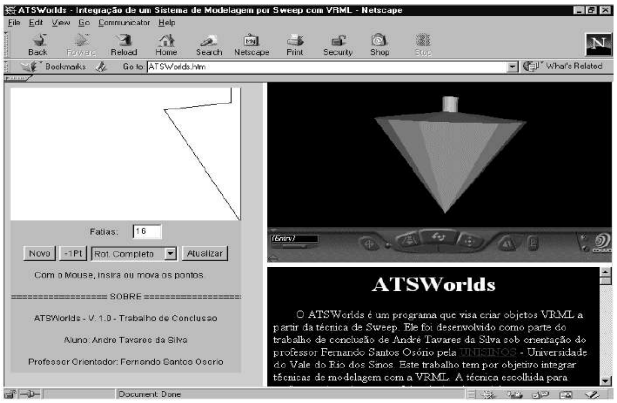


Figura 3.4 - Applet ATSWorlds em uma página HTML

As facilidades de uso da sua interface, a simplicidade com que se pode criar objetos simples ou complexos em VRML, e a possibilidade de seu uso em praticamente qualquer ambiente, configuraram a aplicação. Como desvantagens podemos citar a falta de uma maior opção de interagir com o sólido de revolução, só sendo permitido visualizá-lo e aplicar sobre o mesmo operações de transformações. Assim, um sólido não pode ser modificado depois de sua criação. Também não utiliza técnicas de RVI.

3.2.3 Outros Trabalhos

Nos trabalhos desenvolvidos com a linguagem VRML, tem-se uma grande variedade de soluções que estão previamente definidas pelos autores, isto é, o conhecimento já é estruturado, pronto e acabado, cabendo ao aluno reproduzir e armazenar informações. Experimentação e investigação não são contempladas, a não ser por visualização [BISHOP, 1992].

Dentro desse conceito, alguns trabalhos relacionados com o ensino de Matemática [KIRNER, 1999] [STEINBRUCH, 1987] [CODDELA, 1993] [FEINER, 1993] [BORGES, 2002] auxiliam nas aulas, criando um ambiente virtual onde o aluno pode navegar e manipular objetos pré-definidos, como poliedros, eixos, fractais etc. Estes trabalhos estão disponíveis via Web, com textos explicativos e alguns exemplos de objetos modelados em VRML.

O sistema Construct3D (www.ims.tuwien.ac.at) é uma ferramenta que utiliza técnicas de Realidade Aumentada para ensino da Geometria Espacial, como mostram as Figura 3.5a e Figura 3.5b, respectivamente.

Figura 3.5a – Experimento 1

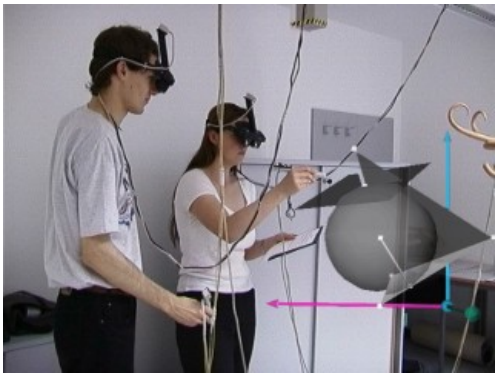


Figura 3.5b – Experimento 2

No sistema Consctruct3D é possível a visualização dos sólidos através de uma seleção do tipo de objeto em questão. Com os recursos de RA, é possível fazer anotações nos sólidos projetados. Entretanto, nenhuma interação que permita modificações na topologia do objeto (como, por exemplo, fazer um corte no mesmo) é suportado pelo sistema.

Como se observou, alguns trabalhos permitem a interação do usuário com o ambiente, colocando novos objetos no mundo, estes já pré-definidos, criando assim seu próprio ambiente ou através de mudanças de parâmetros, alterando tamanho, forma, cores, etc. Outros *softwares* permitem uma maior interação, isto é, o ambiente é alterado para simular situações, onde o usuário cria suas próprias experiências, com entrada de dados pelo teclado através de *applet* Java. Porém, nenhum sistema investigado nesta pesquisa, permitia uma interação mais direta com os objetos projetados.

3.2.4 Corte de Poliedros Convexos

Uma primeira iniciativa de interação e manipulação direta com sólidos em um Sistema de Realidade Virtual pode ser observada no trabalho apresentado por Borges [2002]. Este sistema tem a finalidade de criar um ambiente muito amigável no corte de poliedros para ser utilizado como ferramenta de apoio ao Ensino Médio.

A Figura 3.5 [BORGES, 2002] mostra uma tela do software de corte de poliedros não imersivo.

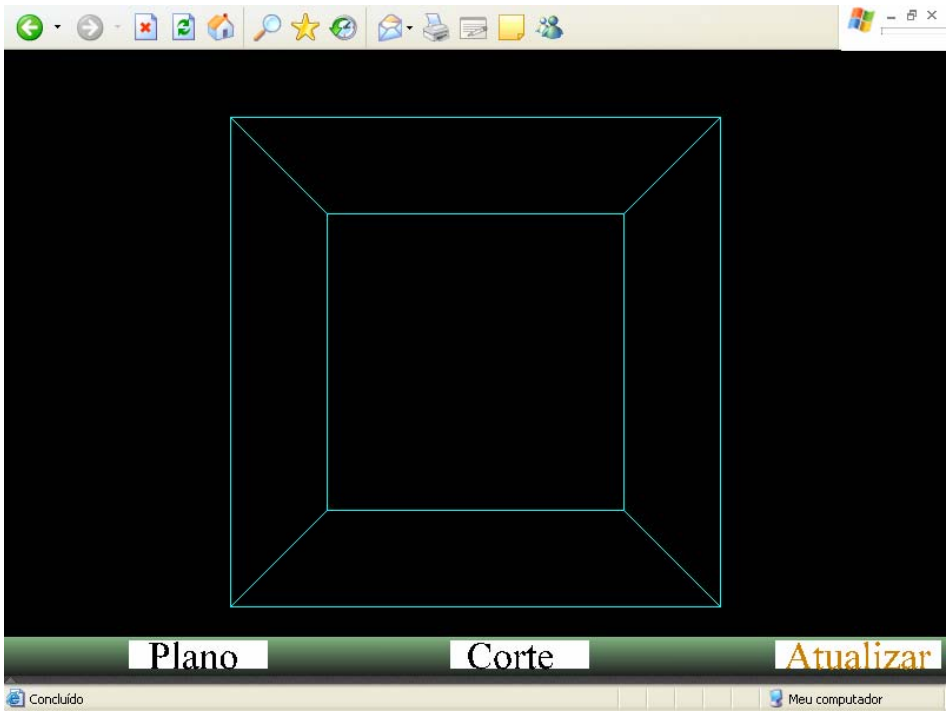


Figura 3.5 – software de cortes de poliedros

Este sistema possui características de RV, porém com a utilização de tecnologias convencionais como o teclado e o mouse, entretanto, o sistema não apresenta nenhum recurso imersivo para suportar maior naturalidade no aprendizado.

Assim, esta pesquisa propõe a introdução de recursos de RVI como, por exemplo, a “data glove” (luva de dados), na intenção de tornar este sistema mais cômodo de ser utilizado e ainda criar uma sensação de imersão no mundo virtual, praticamente selecionando os pontos de corte e o próprio corte com um simples “comando” na “luva de dados”.

3.3 Considerações Finais

Um ambiente virtual implementado em VRML para ser aplicado à educação, terá que possibilitar a interação dos estudantes com os objetos, para se atingir um maior grau de aprendizado. Entende-se que à aprendizagem é alcançada, mas fica limitada quando os objetos são criados apenas para serem visualizados. A interação é uma das características mais importantes dos ambientes de aprendizagem implementados utilizando a tecnologia de RV, e quando esta interação acontece com imersão do aluno no ambiente virtual, o processo de aprendizagem acontece com mais naturalidade, pois o aluno participa ativamente do experimento em questão.

Os sistemas descritos neste capítulo utilizam com muita propriedade a RV, mas deixam a desejar quanto à imersão e sem dúvidas, existe a necessidade de aumentar o estudo cognitivo sobre qualquer assunto, inserindo nestes sistemas já existentes a utilização da imersão, pois com certeza, o usuário terá uma visão mais ampla e intuitiva do objeto em estudo.

No próximo capítulo, é apresentada a arquitetura de um sistema, proposto nesta dissertação, como uma alternativa para melhor suportar o processo de interação homem-máquina em ambientes de Realidade Virtual Imersiva.

CAPÍTULO IV

EQUIPAMENTOS PARA REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA (RVI)

4.1 Equipamentos para RVI

Com o objetivo de envolver completamente o usuário, os pesquisadores desenvolveram alguns dispositivos para RVI. O usuário deveria ter sensações que lhe dessem informações sobre o mundo virtual da mesma forma que o mundo real. Da mesma maneira, deveria ser possível atuar nesse mundo virtual de forma natural e intuitiva. Para isso, foram desenvolvidos vários dispositivos. A intenção deste capítulo é informar e divulgar alguns dispositivos para RVI, com suas respectivas características lógicas e físicas. Embora, inicialmente, os equipamentos de Realidade Virtual fossem muito caros e utilizados em poucos laboratórios de pesquisa, a popularidade dos microcomputadores e a curiosidade de muitos interessados na área fizeram com que as plataformas baseadas em microcomputadores se tornassem realidade.

4.2 Data Gloves

4.2.1 Data Glove Ultra 5DT

A Data Glove Ultra 5DT, Figura 4.1 [Absolut Technologies - http://www.abs-tech.com/] oferece conforto, facilidade de uso e muita aplicabilidade. A alta qualidade

de dados, baixa correlação cruzada e precisão na simulação dos movimentos tornam a Data Glove Ultra 5DT a boa opção para animação realística em tempo real.

Esta nova linha de data gloves da 5DT possui uma tecnologia de sensores totalmente redesenhada. Os novos sensores tornam as luvas mais confortáveis e dão mais consistência de dados para mãos de diversos tamanhos. A correlação cruzada também foi reduzida significativamente. Esta luva está disponível em configurações com 5 e 14 sensores com diversas opções, como versão para destros e canhotos.

As luvas agora vêm com a interface padrão USB, eliminando a necessidade de fonte de alimentação externa. Uma interface serial, plataforma aberta e código aberto também está disponível para aplicativos embutidos ou para workstations.

Uma opção wireless está disponível, baseado na última tecnologia Bluetooth para grandes larguras de banda, conectivdade sem fio com alcance de até 20m. O kit wireless pode funcionar por 8 horas com uma única bateria. Quando for necessário, a bateria pode ser substituída em alguns segundos.

O kit de desenvolvimento das luvas está disponível para Windows, Linux e UNIX. É também possível criar interfaces para as luvas sem o kit de desenvolvimento, uma vez que ele possui um protocolo de comunicação de código aberto e os seguintes opcionais:

- Luvas com 5 e 14 sensores
- Kit wireless
- Kit com interface serial
- Versão MRI
- Driver MOCAP Kaydara
- Driver para 3D Studio Max
- Driver para Alias Maya

- Driver para Softimage|XSI
- Driver para UNIX

Figura 4.1 – Data Glove Ultra 5DT

Especificações Técnicas

	5DT Data Glove 5 Ultra	**5DT Data Glove 14 Ultra**
Material	Lycra Stretch preto	Lycra Stretch preto
Resolução do sensor	12 bits A/D (alcance típico de 10 bits)	12 bits A/D (alcance típico de 10 bits)
Sensores de Flexão	Baseado em fibra óptica 5 sensores no total 1 sensor por dedo, medidas, média de articulação e primeira junta	Baseado em fibra óptica 14 sensores no total2 sensores por dedo, um sensor para articulação e um para primeira junta. Sensores de abdução entre os dedos
Interface	USB 1.1 de alta velocidade RS-232 (opcional)	USB 1.1 de alta velocidade RS-232 (opcional)
Alimentação	Via Interface USB	Via Interface USB
Amostragem	Mínimo de 75Hz	Mínimo de 75Hz

4.2.2 CyberGlove

A CyberGlove é uma luva da Immersion 3D [Immersion Corporation - http://www.immersion.com/] que proporciona 22 ângulos de junção de alta precisão. Ela utiliza uma exclusiva tecnologia para captar os movimentos das mãos e dos dedos e transformá-los em dados. Nosso software VirtualHand(r) Studio converte os dados em uma mão gráfica, que espelha os movimentos da mão física. Está disponível em dois modelos para ambas as mãos.

O modelo com 18 sensores possui dois sensores de movimento em cada dedo que monitoram o dedão, a palma e o pulso. O modelo com 22 sensores possui 3 sensores de flexão por dedo, quatro sensores de abdução, sensor da palma e outros sensores para medirem a flexão e abdução. Cada sensor é extremamente fino e flexível, quase imperceptível.

A CyberGlove da Figura 4.2 tem sido utilizada em uma variedade de aplicações, incluindo avaliação de protótipos, biomecânica e animação. Tornou-se o padrão para os equipamentos de simulação e captura de movimentos das mãos. Projetada para oferecer conforto e funcionalidade. Confeccionada com um tecido elástico que proporciona conforto nos movimentos e ventilação para as mãos. A CyberGlove com 18 sensores inclui dedos abertos, que permitem ao usuário datilografar, escrever e pegar objetos enquanto estiver usando as luvas. O “sistema básico CyberGlove” inclui uma CyberGlove, sua unidade de instrumentação, um cabo serial para conectá-la ao computador e uma versão executável do software gráfico VirtualHand para visualização do modelo e calibragem do monitor. Muitos aplicativos requerem medição da posição e orientação do ante-braço no espaço. Para fazer isto, os adaptadores para os sensores de rastro Polhemus e Ascension 6 estão no pulso da luva. Os sensores de rastro não estão

incluídos no “sistema básico CyberGlove”, mas estão disponíveis como opcionais da Immersion 3D e são compatíveis com o software VirtualHand.

Possui um interruptor programável através de software e um LED no pulso que permitem o desenvolvimento de aplicações para utilizarem a entrada/saída de dados. A unidade de instrumentação possibilita uma variedade de funções convenientes e recursos incluindo mostrador de horário, situação da luva, sincronização com amostragem externa e saídas para sensores analógicos. Equipamentos de rastreamento 3D estão disponíveis pelas marcas Polhemus e Ascension. Eles acrescentam à CyberGlove informações sobre a posição e orientação absoluta nos eixos x, y, z. Um sistema completo de rastreamento inclui um transmissor, um receptor, uma unidade eletrônica de sistema (com porta serial RS-232), uma fonte de alimentação e cabo serial.

Figura 4.2 - CyberGlove

Especificações Técnicas

- Resolução do Sensor: 0,5 graus.
- Repetibilidade do Sensor: 1 grau. (desvio-padrão típico entre as luvas);
- Linearidade do Sensor: 0,6% máxima linearidade sobre todos os movimentos;
- Taxa de Dados do Sensor: 150 registros/seg (não filtrados) e 112 registros/seg;
- Período de amostragem programada (taxas listadas para registros de 18 sensores a 115,2 Kbaud. Taxas maiores são possíveis com poucos sensores ativados).

- CyberGlove: Tamanho universal; 85 g; cabo padrão de 3 m. (cabo de 7 m opcional).
- Unidade de instrumentação: 25 cm x 16 cm x 7 cm, 765 g.
- Interface: RS-232 (max. 115,2 baud)

4.2.3 CyberGrasp

Um sistema de reação de força para seus dedos e mãos. Ele permite que você "entre em seu computador" e agarre objetos virtuais ou objetos tele-manipulados. É uma leve carapaça que reflete a força aplicada. Encaixa-se sobre um CyberGlove® e adiciona força de reação para cada dedo. Com o CyberGrasp, os usuários poderão sentir o tamanho e a forma de objetos tridimensionais gerados por computador em um "ambiente virtual" simulado.

As forças do tato são produzidas por uma rede de tendões ligada à ponta dos dedos através de uma carapaça. Existem cinco ativadores, um para cada dedo, que podem ser individualmente programados para evitar que os dedos do usuário penetrem ou esbarrem em um objeto sólido. Os ativadores de alta largura de banda estão localizados em um pequeno módulo ativador, que pode ser colocado na sua área de trabalho. Além disso, uma vez que o CyberGrasp não é pesado, o módulo ativador pode ser utilizado em uma mochila GraspPack™ para operações móveis, reduzindo consideravelmente a necessidade de espaço para sua utilização. Figura 4.3 [Immersion Corporation - http://www.immersion.com/].

Figura 4.3 - CyberGrasp

O dispositivo exerce forças quase perpendicular às pontas dos dedos quando estes se movimentam e forças específicas, dependendo do objeto manipulado. O sistema CyberGrasp permite um amplo campo de mobilidade da mão e não obstrui os movimentos do usuário. O equipamento é totalmente ajustável e projetado para se encaixar em qualquer mão. Originalmente desenvolvido sob o contrato STTR com a Marinha dos Estados Unidos para uso em aplicativos de telerobótica, o sistema CyberGrasp permite que um operador controle uma "mão-robô" em um local remoto e literalmente "sinta" o objeto manipulado. O sistema CyberGrasp oferece grandes benefícios para aplicativos no "mundo real", incluindo aplicativos para a medicina, treinamento e simulação em realidade virtual, CAD e manipulação remota de materiais perigosos.

Especificações Técnicas

- Força continua máxima: 12 N por dedo
- Resolução de força: 12 bits
- Peso (exceto CyberGlove): 350g
- Área de trabalho: hemisférico com 1m de raio.
- Interface: RS-232 e Ethernet.

4.2.4 Data Glove P5

Leve, ergonômica para jogo fácil, intuitivo. Compatível com qualquer aplicação com seis graus de liberdade (X, Y, Z, elevação, inclinação e giro). Assegura movimento realista - a maioria dos trackball, joystick e controladores de mouse oferecem apenas dois graus de liberdade. Sensor de dobras e localizador óptico para prover mobilidade. Fácil instalação, pois se conecta diretamente com a porta USB de seu PC. Receptor de controle infravermelho com lente anti-refletiva. A Figura 4.4 é uma foto da "Data glove P5", obtida no SVR 2004, em São Paulo.

Figura 4.4 – Data Glove P5

Especificações Técnicas

- As P5 são atualmente compatíveis com PC Windows 98 ou superior.
- 5 medidas digitais independentes.
- Resolução do sensor de 0,5 grau.

- Sistemas de localização.
- 3-4 pés de alcance do receptor.
- Taxa de atualização de 60Hz.
- Seis graus de liberdade.

4.3 Óculos Estereoscópicos

Os óculos estereoscópicos são voltados ao mercado de entretenimento, podendo ser usados por crianças e adultos para a visualização tridimensional de jogos 3D e aplicações de RVI. São bastante comuns como instrumentos potencializadores da imersão. Os óculos estereoscópicos polarizados ou com lentes de cristal líquido possibilitam imersão parcial do usuário, que pode ter a sensação plena da tridimensionalidade do ambiente virtual. Utiliza polarizadores/obturadores para filtrar as duplas de imagens geradas pelo computador, ou seja, o computador exibe alternadamente as imagens direita e esquerda sincronizadas com óculos que bloqueiam cada um dos olhos. Existe ainda a técnica dos filtros coloridos, onde as imagens de cada olho são exibidas em cores complementares, como vermelho e azul (ou vermelho e verde).

4.3.1 H3D Terminator

O modelo H3D Terminator [Absolut Technologies - http://www.abs-tech.com/] oferece sensações de profundidade e realismo aos novos jogos de computadores pessoais e o modelo I-glasses PC é considerado o mais novo periférico de videogame para jogos de ação. Desenvolvidos pela I-O display Systems (IO), os novos modelos

contam com a tecnologia Stereovision, que reproduz a maneira que a maioria das pessoas enxergam. No mundo real, cada olho possui uma perspectiva visual ligeiramente diferente de um objeto e é esta pequena diferença que fornece as sensações de profundidade no cérebro humano. Para a visualização de imagens 3D é necessário que existam duas imagens independentes, com uma perspectiva de cada olho. As lentes dos óculos da IO são baseadas em indicadores de cristal líquido de alto desempenho que comutam rapidamente da luz à obscuridade. O sistema dos óculos permite a troca alternada das imagens em cada olho transformando a troca rápida de perspectiva na real sensação de profundidade. Esta troca entre o olho esquerdo e direito é feita em até 150 vezes por segundo, traduzindo-se em uma imagem 3D perfeita. Os modelos de óculos são indicados para utilização junto às placas aceleradoras gráficas Elsa, Open GL ou Direct X. Eles foram desenhados especialmente para jogos 3D em ambiente Windows 95 e 98, rodando em praticamente todos os modelos de PCs mais recentes. Além disso, os óculos são acompanhados por CD com software de aplicação MMJ com jogos que trazem tubarões e efeitos visuais.

O novo modelo H3D pode ser conectado com facilidade a um PC pelo próprio usuário. Leves e confortáveis podem ser utilizados por adultos ou mesmo crianças enquanto se divertem ou fazem suas pesquisas pessoais na Internet. O equipamento permite a percepção precisa de imagens tridimensionais não disponíveis quando se faz a visualização apenas em 3D sem o acessório. “Com este produto o usuário pode perceber maior riqueza de detalhes, ter maior sensação de profundidade, garantindo um realismo notavelmente mais próximo da própria visão humana”, segundo Hanz Ulmer, diretor executivo da Absolut Techonologies, empresa provedora de soluções para Realidade Virtual que distribui o produto no país. Capazes de suportar altas resoluções de

imagens, o H3D conta com uma taxa mínima de 85 HZ, podendo ser utilizado ainda com as aceleradoras S3 Savage 2000, Savage Pro ou Riva TNT 2.

Figura 4.5 - H3D Terminator

4.3.2 I-Glasses Video

Com duas vezes mais resolução do que uma televisão comum, e pesando um pouco menos de 200g. o i-glasses VIDEO é pequeno, portátil e compatível com as fontes de vídeo mais comuns. Pode ser utilizado com uma Camcorder, videocassete, Playstation, Xbox ou outra fonte de vídeo. Para uma ótima qualidade de vídeo, conecte o i-glasses VIDEO [Absolut Technologies - http://www.abs-tech.com/] um DVD player através do cabo s-vídeo.

Figura 4.6 - I-Glasses VIDEO

Especificações Técnicas

- Campo visual: 26 graus na diagonal.
- Tamanho da imagem: 1,9m a 4m.
- Profundidade de cores: Entrada de 24 bits.
- Ajuste IPD: não necessita.
- Descanso ocular: 25mm.
- Pupila de saída: 17mmH x 6mmV.
- Convergência: 7’10’’, 100% overlap, TBR.
- Entrada de vídeo composto PAL/NTSC ou S-Video: Escalonado para 800 x 600.
- Taxa de atualização: 60Hz NTSC, 50Hz PAL; Freqüência de entrada: 50 ou 60 Hz.
- Áudio: estéreo.
- Peso: 198g.
- Ajustável a qualquer pessoa.
- Recursos de controle: liga/desliga, volume, OSD.
- Fonte de alimentação: Power Cube.
- Configuração de Cabo HMD: Audio 1/8”: Conectores RCA vermelho e branco.
- Alimentação: conector cilíndrico.

4.3.3 I-Glasses PC-3D

Recomendado para qualquer aplicação multi-usuário. I-glasses PC-3D [Absolut Technologies - http://www.abs-tech.com/] é um monitor portátil, acessível, de alta-resolução, pesando pouco menos de 200g, que se encaixa confortavelmente na cabeça e que suporta imagens tridimensionais estereoscópicas.

Som estéreo nos alto-falantes embutidos. O i-glasses PC-3D é plug-and-play e é compatível com computadores PCs, laptops e até alguns PDAs mais populares. As imagens são nítidas, claras, ricas e vibrantes.

Figura 4.7 - I-glasses PC-3D

Especificações Técnicas

- Resolução: 800 x 600.
- Campo visual: 26 graus na diagonal.
- Tamanho da imagem: 1,9m a 4m.
- Profundidade de cores: Entrada de 24 bits.
- Ajuste IPD: não necessita.
- Descanso ocular: 25mm.
- Pupila de saída: 17mmH x 6mmV.
- Convergência: 7’10’’, 100% overlap, TBR.
- Entradas VGA/SVGA/XVGA: escalonado para SVGA (800 x 600).
- Freqüência de varredura: 100hz, sem ruído na imagem.
- Áudio: estéreo.
- Peso: 198g.
- Ajustável a qualquer pessoa.
- Recursos de controle: liga/desliga, controle de volume.
- Alimentação: 100-240V CA com fonte.

4.3.4 Another Eye 2000

O Another Eye 2000 é um sistema de óculos para efeitos em 3D conectado por fio que permite visualizações tridimensionais realísticas em qualquer monitor-padrão de CRT. O desenho ergonômico dos óculos se ajusta confortavelmente sobre o rosto, sem descansar pesadamente no nariz. As hastes ajustáveis podem acomodar a qualquer usuário, mesmo aqueles que usam óculos. O Another Eye 2000, Figura 4.8 [http://www.anotherworld.to/] tem suporte para diversos modos tridimensionais em estéreo, inclusive o Page Flip, Line Blank e o Sync Double. Além de aumentar o campo de visão com incríveis visualizações tridimensionais, os óculos incluem diversos pacotes de software para prover visualizações em 3D em muitos aplicativos diferentes, inclusive o driver de jogos Metabyte Wicked 3D™, ferramentas de imagem, videocassetes, além do software de plugin VRML 97.

A instalação e a configuração são simples. Não é necessária nenhuma fonte externa de energia. *Plug-ins* estão disponíveis para visualizar imagens estereoscópicas na Internet. Os óculos têm suporte para Direct-X, tornando-os compatíveis com todos os tipos de jogos, e incluem utilitários de imagem para criar imagens estereoscópicas a partir de qualquer fonte de imagens. Há suporte para diversos jogos, bem como para todos os jogos produzidos com tecnologia OpenGL ou DirectX.

Requisitos de sistema - Qualquer placa gráfica com um Chipset nVidia com no mínimo 16 MB de memória de vídeo e um Acelerador Gráfico de 3D de 3 DFX Voodoo 4 ou Voodoo 5 ou ATI Raedon, ATI Rage 128 ou Rage 128 Pro ou Matrox G400 ou G450 Windows 95/98/ME/2000. Suporte para Windows XP com a placa gráfica nVidia apenas. Monitor de CRT, Pentium 90 MHz e uma CPU superior a 128

MB de RAM de sistema. Para evitar chuviscos e centelhas, recomenda-se uma freqüência vertical superior a 100 Hz, mas isso não é um requisito básico.

Figura 4.8 – Another Eye 2000

4.3.5 Sistema Stereo3D™ - CrystalEyes

Sistema de óculos para engenheiros e cientistas que desenvolvem e manipulam modelos tridimensionais em CAVEs, salas de exibição e ambientes de imersão. A tecnologia de visualização Stereo3D™ da CrystalEyes sempre proporcionou o maior de grau de realidade possível para gráficos tridimensionais. Esta versão inclui um novo indicador de bateria, circuito de sincronismo aperfeiçoado e maior duração das baterias. CrystalEyes® é um dispositivo para visualização tridimensional sem fio para ser usado em aplicativos de engenharia e científicos que utilizam o sistema Stereo3D™. O produto oferece alta definição imagens tridimensionais estereoscópicas nas plataformas UNIX e Windows 2000/NT/XP em CAVEs, salas de exibição e ambientes de imersão em conjunto com softwares compatíveis e monitores de workstations. O CristalEyes é ativado através de um emissor infravermelho que faz a conexão com a workstation do usuário. Permite visualização como enxergamos naturalmente a profundidade – de modo estereoscópico. A visualização estereoscópica descreve como utilizamos os dois

olhos - cada um com uma perspectiva ligeiramente diferente - para perceber a profundidade em um ambiente físico. Este sistema proporciona uma visualização gráfica de modelos digitais complexos com o maior de grau de realidade possível, dando a engenheiros e cientistas a melhor compreensão possível de informações tridimensionais com um detalhamento técnico de alto nível.

Figura 4.8a - Sistema Stereo3D™ - CrystalEyes

Principais Benefícios: Reduz erros permitindo uma visualização mais precisa de imagens tridimensionais complexas. Melhora a revisão de design e permite a visualização prévia de modelos tridimensionais. Acelera a resposta às demandas do mercado. Campo de visão ampliado - visualização 10% maior do que nos modelos anteriores. Mais duração da bateria - O CrystalEyes desliga automaticamente quando está fechado. Alcança mais de 250 horas de funcionamento.

Especificações Técnicas

- Pesos: 93 gramas
- Campo visual: de 80 a 160 campos por segundo
- Transmitância: 32% típico
- Alcance Dinâmico: 1500:1 típico
- Duração da Bateria: >250 horas de operação contínua
- Tipo da Bateria: 2 x 3V dióxido de lítio/manganês

4.3.6 Monitor ZScreen

Projetado para engenheiros, cientistas, profissionais de cartografia e medicina visualizarem modelos tridimensionais complexos, Monitor ZScreen® 2000 e 2000i utilizam a tecnologia Stereo3D® para proporcionar a representação com o maior nível de realidade possível. A série Monitor ZScreen 2000 é ideal para aplicativos de GEOPROCESSAMENTO/mapeamento, modelagem molecular e da área médica, particularmente para sistemas com dois monitores e visualização em grupos pequenos. A série Monitor ZScreen 2000 é a utilizada para soluções de visualização Stereo3D. Sistema de óculos para engenheiros e cientistas que desenvolvem e manipulam modelos tridimensionais em CAVEs, salas de exibição e ambientes virtuais.

O Monitor ZScreen 2000/2000i é um sistema de visualização que consiste em um painel estereoscópico e visor polarizado. O painel é acoplado a um monitor comum para proporcionar os recursos de visualização Stereo3D. Em conjunto com um software, o Monitor Zscreen polariza as imagens do olho esquerdo e do olho direito em direções opostas. Quando o dispositivo é usado nos olhos, essas imagens independentes são transmitidas para cada olho e o usuário obtém uma visão tridimensional Stereo3D.

Especificações Técnicas - Monitor ZScreen 2000i

- Transmissão de luz: 32%
- Freqüência de campo: 40Hz a 200Hz
- Altura: 43,8 cm
- Largura: 51,1 cm
- Profundidade: 8,3 cm
- Área de Visualização: 39,4 cm x 29,8 cm
- Peso: 1,9 Kg (sem os cabos)

- Suporte: Suporte plástico para acoplar ao monitor
- Temperatura de Funcionamento: 0°C to +70° C
- Temperatura de Armazenamento: -50°C to +125°C
- Alimentação: 18 VAC, 2VA , externa

Figura 4.8b – Monitor ZScreen

4.4 Considerações Finais

Em função de uma análise de custo-benefício, escolheu-se a luva "Data Glove P5" para este trabalho, porque atende às características do projeto de *software* com os seus graus de liberdade e ainda com um custo de US$ 93.20 [http://www.p5glove.com/frames.html]. Outras luvas ficariam superdimensionadas para a aplicação, isto porque outros dispositivos como sensores temperatura, movimento e um conjunto maior de graus de liberdade (que tornavam estas luvas altamente dispendiosas) não justificaria a sua aquisição para ser utilizada na aplicação proposta. A inclusão da luva "Data Glove P5" também trouxe outras dificuldades que serão descritas no capítulo seguinte.

Com o mesmo critério, adquiriram-se os óculos estereoscópicos [http://www.xforce3d.com/] a um custo de US$ 49.95. As Figuras 4.9a e 4.9b apresentam imagens onde o par estéreo está sobreposto. Estas imagens foram usados no teste dos óculos para a reconstrução em 3D.

Figura 4.9a – Par Estéreo 1

Figura 4.9b – Par Estéreo 2

Figura 4.9d – Par Estéreo 3

Figura 4.9e – Par Estéreo 4

É importante notar que, num primeiro momento, os óculos fizeram a reconstrução das imagens de forma estática. Entretanto, para o fim da aplicação proposta, recursos de hardware e software tiveram que ser investigados para possibilitar a reconstrução 3D estéreo das imagens do sistema, dinamicamente.

CAPÍTULO V

ARQUITETURA DO SISTEMA

5.1 Introdução

Após análise de vários trabalhos relacionados com Realidade Virtual, observou-se que as principais limitações destes eram permitir apenas a criação e visualização de objetos tridimensionais, e dar suporte para a navegação no mundo virtual. Embora alguns sistemas suportem a alteração de parâmetros, pouca interação é suportada nestes sistemas.

Os sistemas por não terem uma interface de fácil manuseio, obstruem a naturalidade e intuição requerida por um ambiente de Realidade Virtual.

Não somente a interface de comunicação, mas também a linguagem utilizada, os recursos gráficos, som, e outros meios, são extremamente importantes no auxílio do processo ensino/aprendizagem por meio eletrônico, principalmente em Sistemas de RVI.

Este trabalho propõe uma análise de técnicas de RVI a fim de permitir um maior grau de interação do usuário com o ambiente virtual. Assim, é apresentada a arquitetura de um sistema cujo principal objetivo é capacitar o usuário a interagir com os sólidos existentes, através de simples “contatos” com a luva e o sólido, permitindo a alteração de propriedades como tamanho do sólido e posições de visualização, “cortar” os sólidos

e separá-los serão tarefas que farão como naturalidade, afinal, as luvas dão uma motivação muito maior no manuseio dos objetos, podemos chamar de modelagem cognitiva do usuário. Por exemplo, para selecionar um ponto do cubo, o usuário direciona o indicador do mouse ("setinha") com a luva e com um simples movimento, marca o ponto para o corte. De maneira análoga, o corte também será feito com um simples comando do usuário com a luva de dados. Observa-se que os usuários do sistema foram alunos do ensino médio e que, portanto, algumas dificuldades na utilização desses novos paradigmas são naturais e requerendo treinamento para o uso correto. Mesmo porque, a luva deve ser "calibrada" para que cada usuário sinta conforto na sua utilização.

Finalmente, é importante observar que o sistema foi projetado para suportar somente a luva, uma vez que os sistemas para reconstrução dinâmica da imagem estéreo para os óculos não foram implementados em tempo hábil.

5.2 Projeto do Sistema

5.2.1 Ambientes Virtuais

Uma forma genérica de descrever um ambiente virtual educacional pode ser visto na Figura 5.1. Esta simples representação de um Ambiente Virtual (AV) identifica sua natureza cíclica, envolvendo o usuário, periféricos de entrada e saída e um ambiente de simulação.

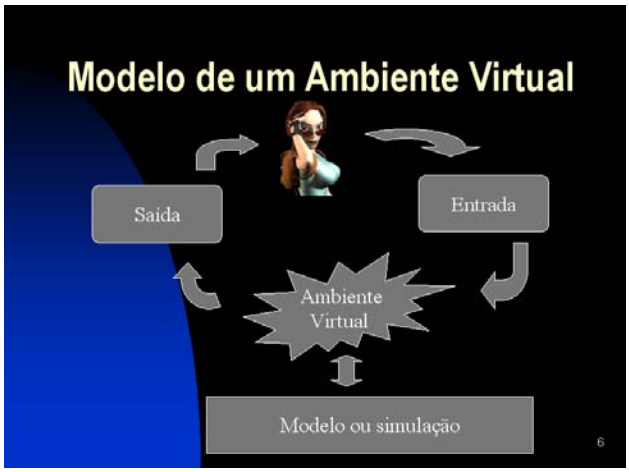


Figura 5.1 - Modelo Genérico de um Ambiente Virtual

Com a arquitetura proposta, pretende-se criar um protótipo que utilize o modelo genérico de um ambiente virtual educacional, onde o usuário terá uma maior interação com este ambiente, utilizando técnicas de Realidade Virtual Imersiva na geração automática de planos de corte para o ensino de Geometria Espacial.

5.2.2 Ferramentas

Em busca das ferramentas para conceber os protótipos, diversas alternativas foram consideradas: 3D Max, Auto Cad, entre outras. Como a meta principal é Educação, de forma mais barata e global, identificou-se uma linguagem que funcionasse diretamente na Internet. As pesquisas apontam para a tecnologia de Realidade Virtual (RV) não-imersiva, cujas vantagens são muitas: baixo custo, a utilização de tela de boa resolução proporciona visualização em contraste com o desempenho de qualidade significativamente mais baixo de outros sistemas imersivos. A RV não-imersiva possibilita diferentes tipos de experiência que os estudantes regularmente encontram na escola. Os processos psicológicos ativados em RV não-imersiva são bem parecidos com aqueles que se operam quando as pessoas constroem o conhecimento por interação com objetos e eventos no mundo real.

Bem, se são essas as vantagens da RV não-imersiva, então por que continuar com o projeto para RVI?

Houve um momento no curso da evolução em que alguns animais passaram a apresentar olhos posicionados à frente da cabeça. Estes animais, entre os quais se encontra o ser humano, se por um lado perderam o incrível campo visual de praticamente 360 graus proporcionado por olhos laterais e oposto, por outro lado adquiriram uma nova função: a visão binocular, ou estereoscopia. Para entender na prática o que vêm a ser visão binocular e a sua importância para a sobrevivência, basta que o leitor feche um dos olhos e tente fazer suas atividades cotidianas assim. O simples gesto de alcançar um objeto sobre a mesa passará a ser um desafio sob a visão monocular. A dificuldade mais evidente neste estado será a de perceber a profundidade e avaliar a distância que separa o objeto do observador. A visão tridimensional que temos do mundo é resultado da interpretação pelo cérebro das duas imagens bidimensionais que cada olho capta a partir de seu ponto-de-vista. O funcionamento da percepção da profundidade foi descrito pela primeira vez por Sir Charles Wheatstone, em 1838, portanto muito próximo à invenção da fotografia. Não demorou muito para que fosse inventada a fotografia em terceira dimensão. A fotografia em 3-D popularizou-se pelo fato evidente de que a adição da profundidade incrementa a sensualidade da experiência visual, em outras palavras, o prazer de ver. O princípio da fotografia estereoscópica é simples e imutável: tomam-se duas fotografias do mesmo assunto a partir de pontos-de-vista ligeiramente distintos (alguns autores denominam este fenômeno de disparidade). A parte mais difícil é a observação destas imagens de modo que cada olho veja apenas a imagem que lhe é destinada e não veja a outra, e para isso foi desenvolvido um sem-número de diferentes técnicas. Um display estéreo difere de um display comum por apresentar as imagens do mesmo ponto por meio de valores

de paralaxe. Há dois sistemas ópticos separados, a cada olho é fornecida uma dada informação, fundamentada em uma projeção perspectiva específica. As renderizações das imagens dos olhos esquerdo e direito são formatadas de maneira que o sistema de projeção acomode ambas. Em fim, a RVI torna os SRV muito mais prazerosos de serem utilizados e ainda com uma definição dos objetos e ações sobre eles, infinitamente mais próximos do que realmente existe!

Dentro de um documento HTML é possível inserir links que conectem um documento a outros documentos na Web. Cada link é "ancorado", ou refere-se, a uma palavra, ou frase, ou linha de texto, ou figura no documento. A maioria dos navegadores exibe estes links sublinhando o texto "âncora" na página. Clicando-se no texto "âncora" o navegador é direcionado a seguir o link e recuperar o documento referenciado. Neste momento, é verificado o tipo de informação que ele contém. Se for um texto HTML ou uma imagem, o navegador exibe o documento. Entretanto, para apresentar outros tipos de informações, tais como sons, animações, e o mundo VRML 3D (Virtual Reality Modeling Language – linguagem para modelagem de ambientes e objetos virtuais para Internet), o navegador passa esta informação para aplicações helper ou para plug-ins dos navegadores. Um helper consiste em um programa que entende o conteúdo e o formato destes outros tipos de informações, e um plug-in, por sua vez, é um programa que permite visualizar informações que não sejam HTML dentro da janela do navegador.

A linguagem VRML preenche os requisitos desejados no que diz respeito à independência total de plataforma de hardware/software, além do fato de ser um padrão aberto e à sua ampla aceitação no mercado e no mundo acadêmico (grande prova disso é o suporte dado a VRML pelos dois browsers atualmente líderes no mercado: a Nestcape Navigator e a Microsoft Internet Explorer). VRML é uma importante aliada no desenvolvimento de mundos tridimensionais na Web.

VRML apresenta diferenciais que facilitam a sua utilização, tais como: elementos 3D geométricos, formas pré-definidas e com atributos variáveis, a possibilidade de inclusão de animações destas formas e de seus atributos.

5.3 Arquitetura do Sistema

O sistema proposto possui uma interface voltada para o domínio de Geometria Espacial, em especial a simulação virtual de cortes em poliedros, à princípio, um cubo e um prisma. Esta interface permite que professores e alunos desenvolvam experiências virtuais de forma ágil, simples e livre, sem a necessidade de conhecimentos técnicos relacionados à Informática.

Em um ambiente virtual, o usuário terá a possibilidade de realizar experiências, como a criar novos sólidos através do corte dos existentes e visualizar os efeitos e resultados obtidos a partir das suas escolhas. Terá total liberdade de escolha, utilizando a luva de dados, para o corte do poliedro e criar novos sólidos geométricos.

A Figura 5.2 mostra o diagrama básico da arquitetura do sistema.

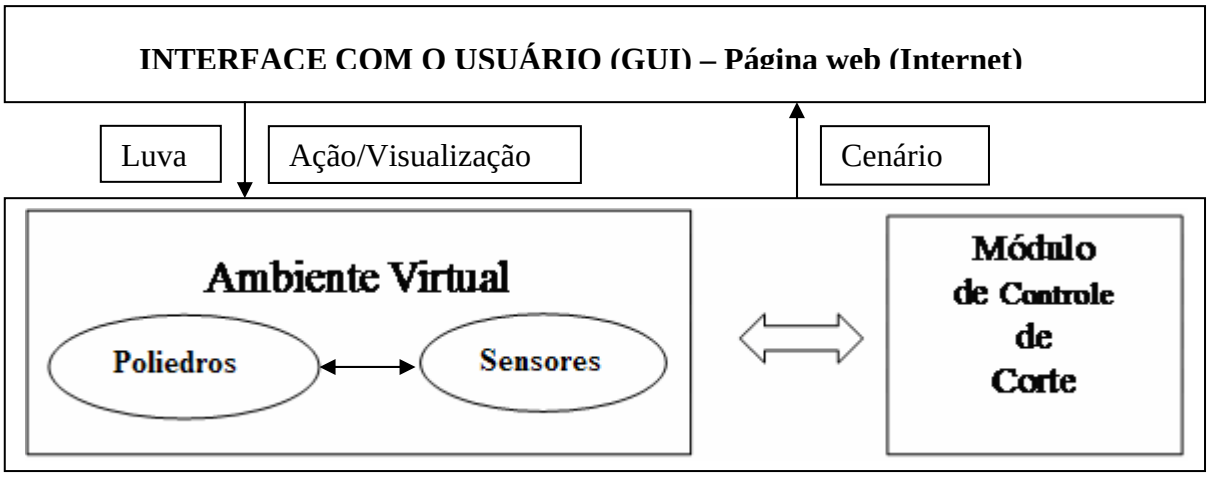


Figura 5.2 - Arquitetura do Sistema.

O sistema é composto por vários blocos, sendo que o usuário terá acesso aos mesmos através de uma Interface Gráfica com o Usuário (GUI), e está disponível via Internet ou rede local. A Figura 5.3 mostra a tela inicial do sistema.

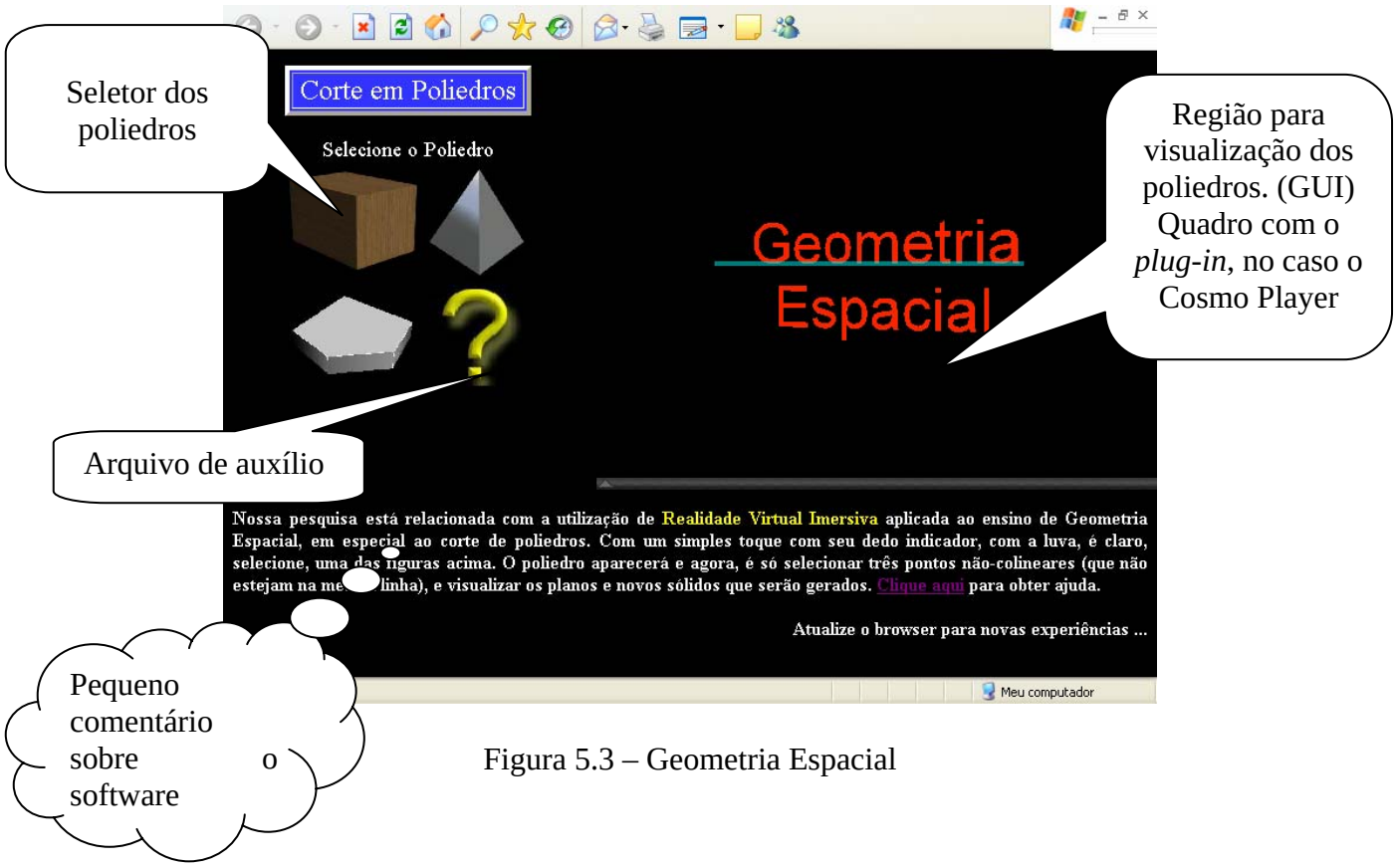


Figura 5.3 – Geometria Espacial

A GUI representa a interface com o usuário ou ambiente de criação. Este bloco tem como finalidade facilitar a tarefa de concepção das experiências virtuais, isto é feito através do mapeamento das ações do usuário sobre os dispositivos de entrada (sensores), processamento das aplicações (módulo controle de corte) e, apresentação dos resultados nos dispositivos de saída (ambiente virtual).

5.3.1 Interface – GUI

A interface é composta por um cenário chamado de ambiente virtual, formado por um objeto virtual, poliedro e sensores, onde o usuário terá opções de agir ou apenas visualizar, como mostra a Figura 5.4.

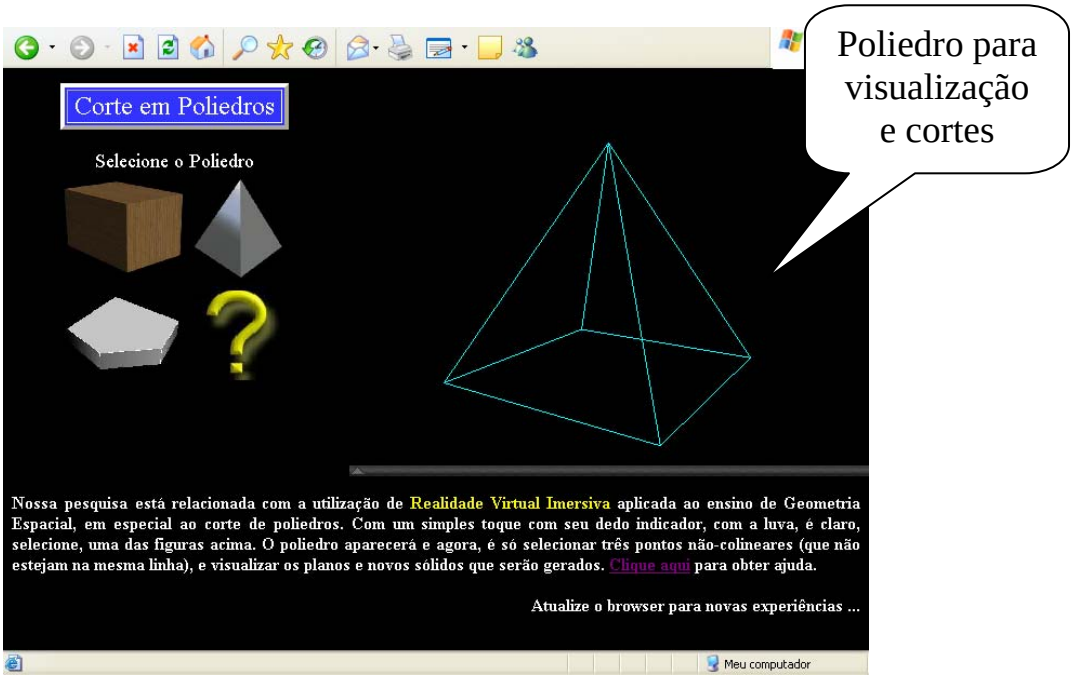


Figura 5.4 - GUI – Ambiente Virtual.

5.3.2 Ambiente Virtual

O módulo Ambiente Virtual é composto de objetos virtuais criados usando a linguagem VRML, os quais possuem sensores que captam o toque do usuário através da luva de dados ou do mouse.

O cenário virtual é composto por poliedros. Um poliedro no ambiente virtual é exibido através de seu esqueleto ("*wireframe*"), ou seja, mostrando apenas suas arestas, como pode ser visto na Figura 5.4. O objetivo de ser criado assim é de facilitar ao máximo, que o aluno escolha pontos aleatórios no poliedro, para criar o seu plano de

corte. O poliedro possui sensores capazes de detectar a posição do ponto escolhido pelo usuário através da luva de dados, cujos sensores foram programados para simular movimentos de mouse. O usuário poderá selecionar três pontos não-colineares aleatórios, os quais formarão o plano de corte. Para selecionar os pontos, o usuário posiciona o cursor com movimentos na luva, sobre a aresta do poliedro e então simular, com o dedo indicador, a ação de cliques de mouse.

No ambiente virtual, existem sensores e áreas determinadas, totalmente desenvolvidas em VRML, que chamam as funções *scripts* relacionadas. Este módulo tem ligação direta com o módulo de controle de corte, enviando os comandos que este deve retornar. O usuário seleciona os pontos no poliedro e com um movimento com o dedo indicador na luva, o plano de corte será criado.

5.3.3 Módulo Controle de Corte

Funções implementadas em *JavaScript* (script de linguagem de programação para o desenvolvimento de funções de controle, utilizado neste trabalho para os cálculos das equações dos planos e controle dos sensores da luva), que permitem a interação direta do usuário com o mundo. Esta interação se faz através da seleção direta de pontos pelo usuário. O módulo faz a ligação entre as ações do usuário no mundo virtual, manipula os dados e retorna o ambiente atualizado.

O usuário escolhe três pontos no poliedro, e através desta escolha será criado um plano de corte, o qual cortará o poliedro em dois novos sólidos geométricos. Esta escolha será controlada, no sentido de verificar se os pontos não são colineares, pois se forem, não é possível a existência do plano. Uma mensagem será apresentada para o usuário comunicando seu erro.

Cada ponto selecionado será indicado por uma pequena esfera, como mostra a Figura 5.5.

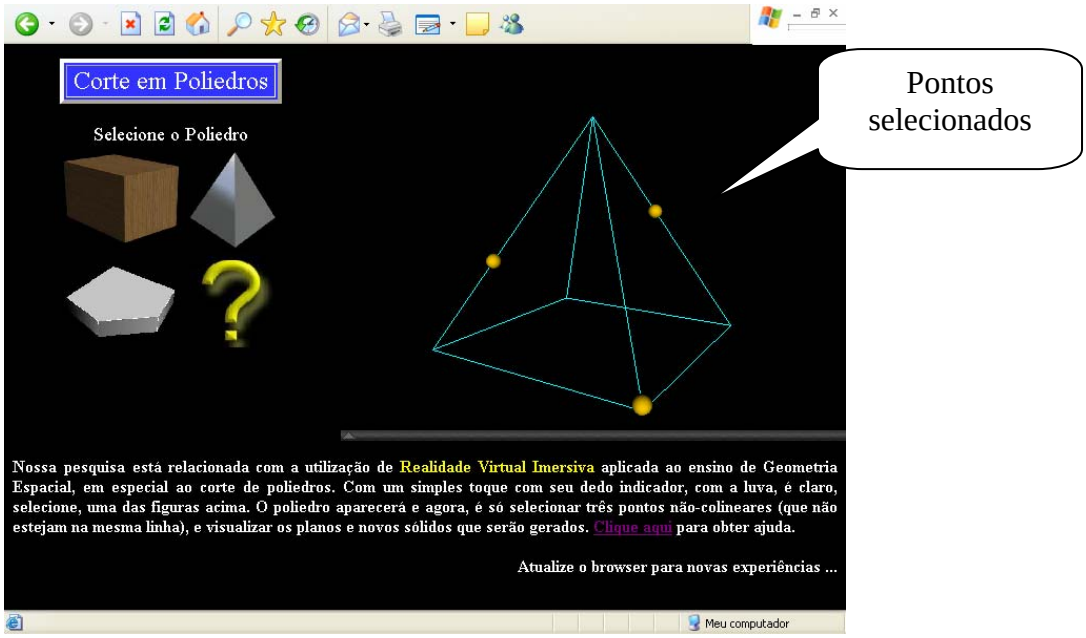


Figura 5.5 – Pontos não colineares selecionados (esferas)

Uma vez que os pontos são não-colineares, então o plano poderá ser gerado através de um toque com o dedo indicador da luva na região do lado esquerdo da figura, onde foram inseridos sensores para captar tal instrução para o software. O plano de corte é gerado e apresentado na tela para apreciação. Lembrando que neste instante o usuário poderá deslocar a figura no espaço e visualizar o plano no espaço 3D. A Figura 5.14 mostra o plano gerado.

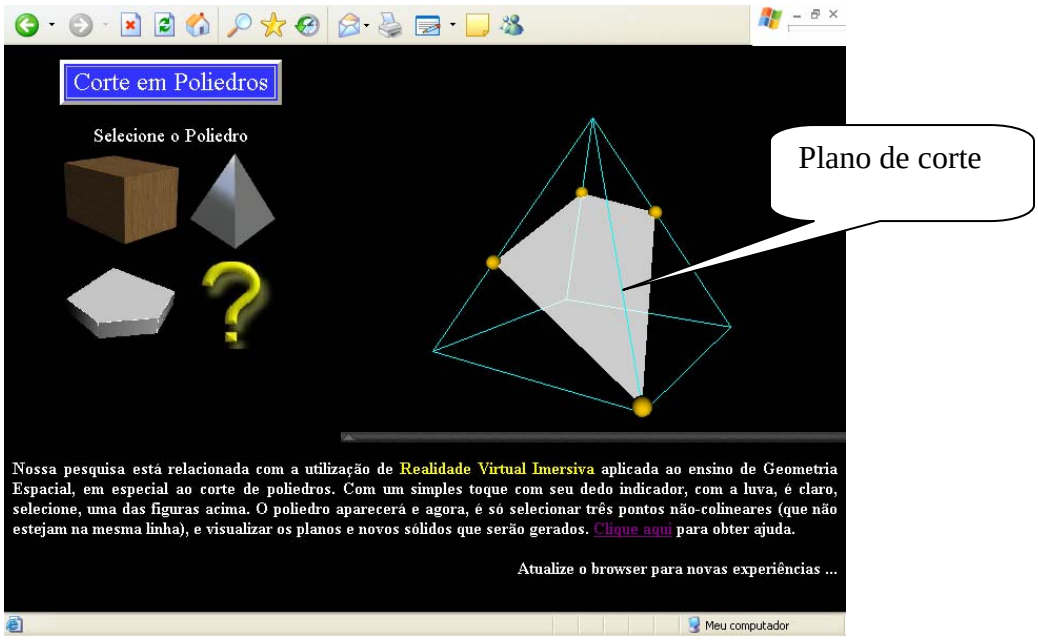


Figura 5.6 – Plano de corte gerado a partir dos pontos selecionados.

Com o plano gerado, é possível então, cortar o poliedro para gerar os novos sólidos. Isso é feito com o dedo indicador da luva no canto direito da imagem. A Figura 5.7 mostra o poliedro com os novos sólidos gerados.

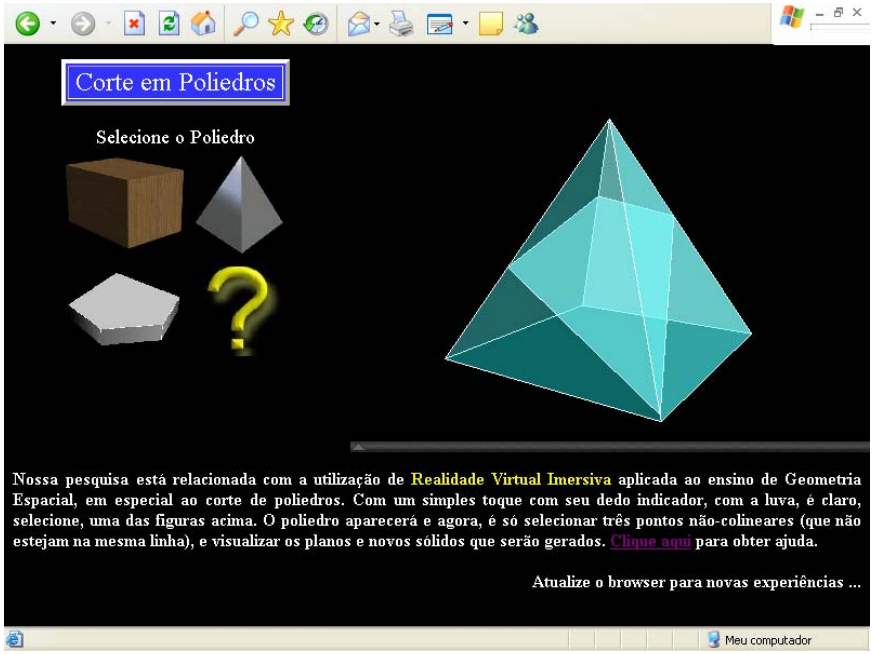


Figura 5.7 – Poliedros com os novos sólidos gerados

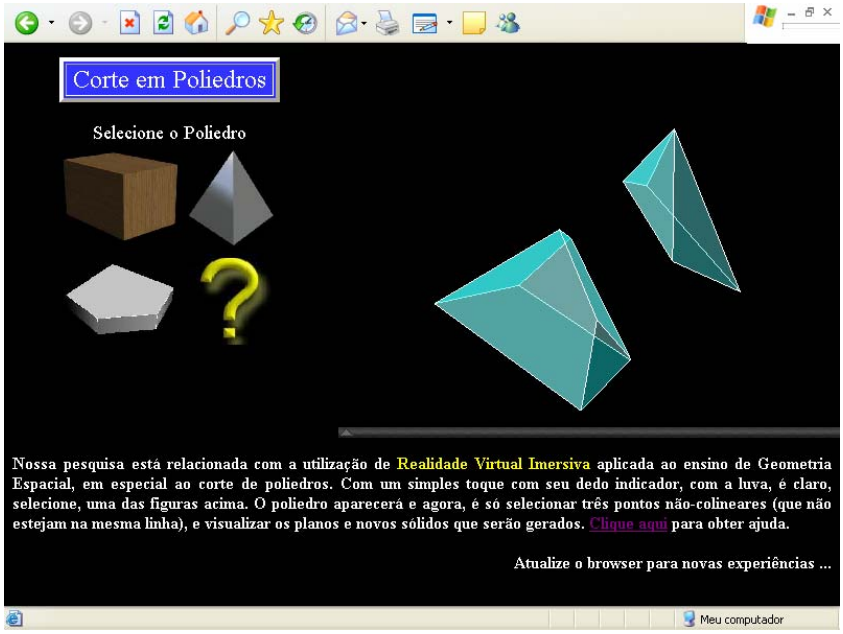


Figura 5.8 – Sólidos gerados

A Figura 5.8 mostra os sólidos que podem ser visualizados após o corte do poliedro principal. Para realizar novas experiências, o *browser* deverá ser atualizado através de seu botão ou ainda com teclas de atalho do sistema operacional em uso.

No módulo de corte existe uma rotina que calcula o determinante dos pontos para saber sobre sua colinearidade. Se os pontos forem colineares, então será apresentada mensagem de erro, como mostra a Figura 5.9. Uma vez que o erro foi detectado, o usuário deverá então atualizar o browser e selecionar novos pontos para a geração do plano de corte. O determinante sendo diferente de zero define se os pontos são não-colineares. Se os pontos selecionados pelo usuário de P1(x1,y1,z1), P2(x2,y2,z2) e P3(x3,y3,z3), o determinante desses pontos é representado abaixo.

$$\begin{vmatrix} x1 & y1 & z1 \\ x2 & y2 & z3 \\ x3 & y3 & z3 \end{vmatrix} \neq 0$$

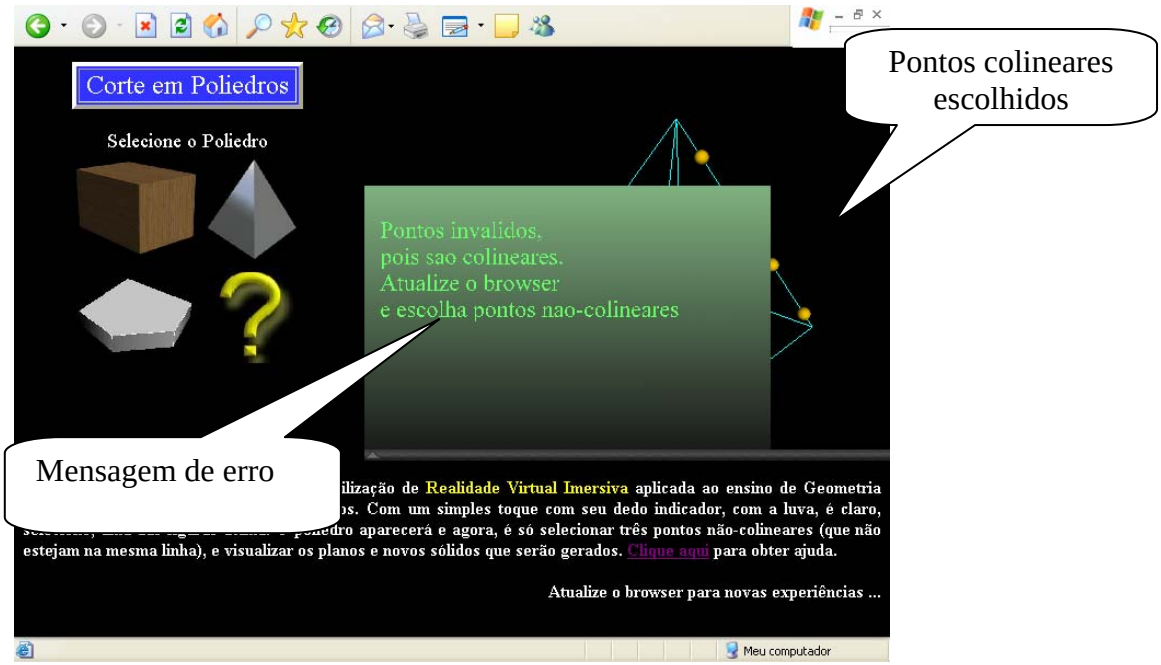


Figura 5.9 – Pontos colineares

O arquivo de auxílio possui um pequeno resumo sobre os conceitos matemáticos sobre os poliedros e ainda um pequeno manual de usuário sobre o software.

Este arquivo é gerado em código HTML para facilitar possíveis cópias.

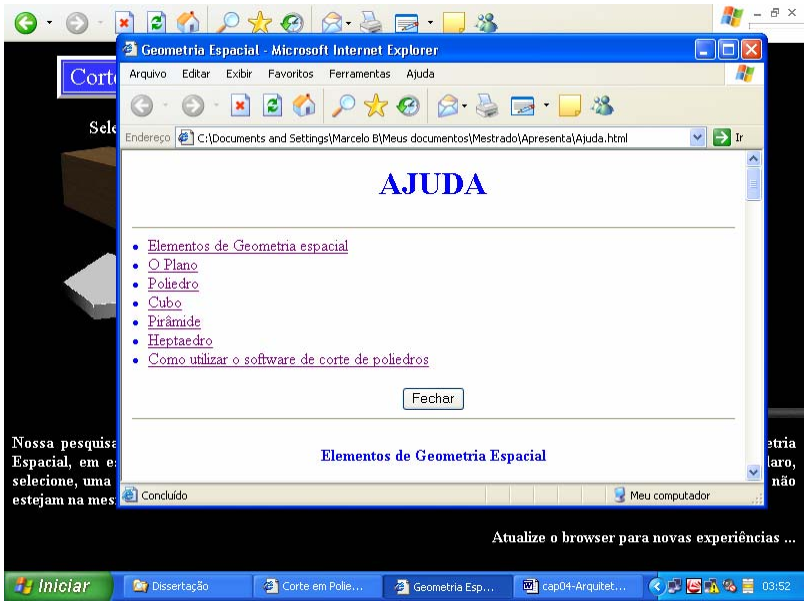


Figura 5.10 – Arquivo de auxílio do sistema

5.4 Galeria de Fotos

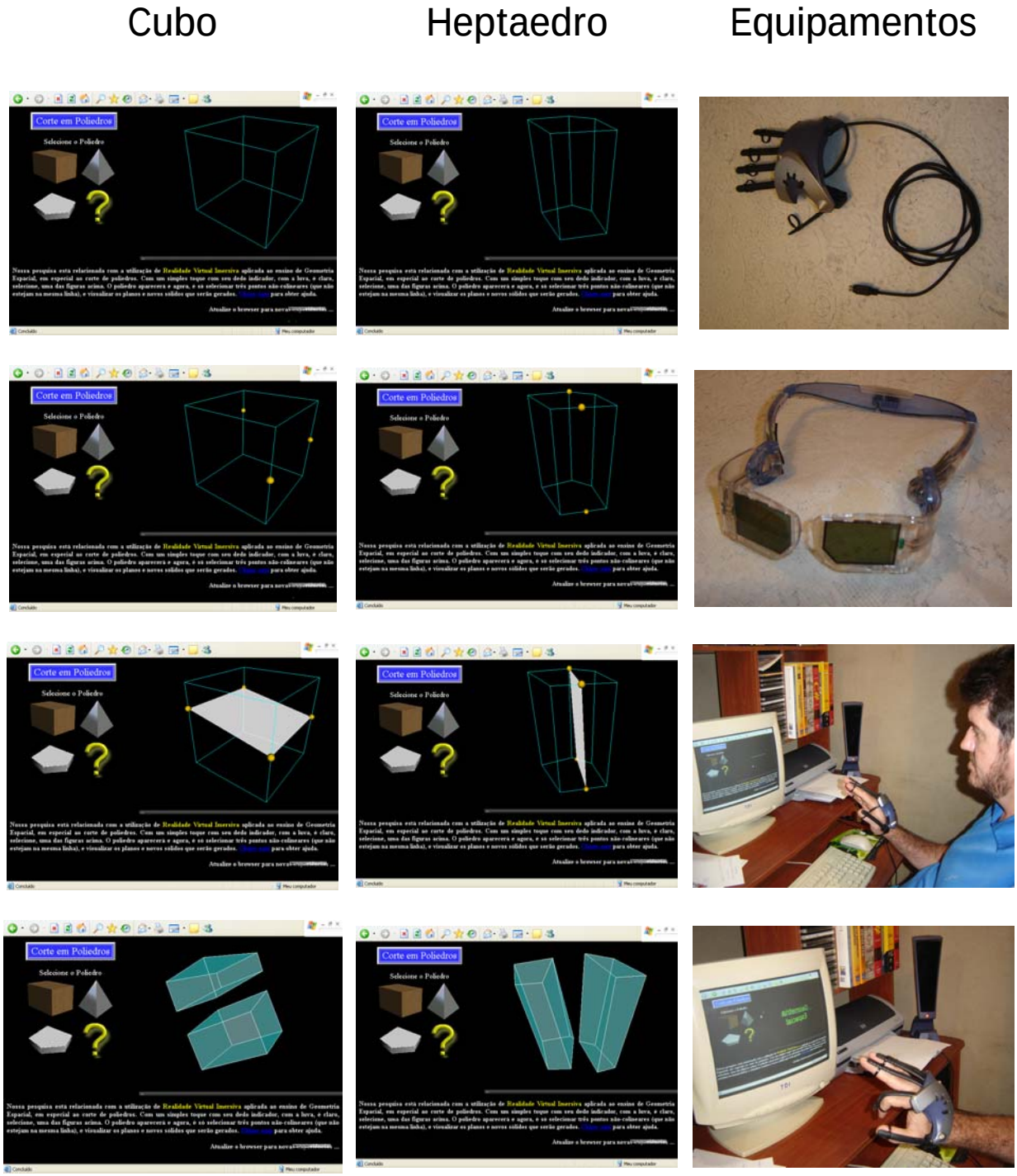


Figura 5.11 – Galeria de Fotos

5.5 Considerações Finais

O sistema proposto pretende também minimizar outros problemas característicos do desenvolvimento de ferramentas educacionais, tais como: necessidade de equipe multidisciplinar, altos custos de gerenciamento de equipes e trocas de informações, baixa qualidade do produto, do ponto de vista de Engenharia de Software ou baixa qualidade pedagógica. Além disso, o sistema procura auxiliar o professor no que diz respeito à confecção de materiais utilizados em sala de aula.

Apresentou-se uma ferramenta de uso de Realidade Virtual e VRML para ser utilizada por professores e alunos, eliminando etapas e dificuldades de aprendizados específicos de técnicas computacionais e ampliando o acesso a novas tecnologias, ainda pouco aplicadas na educação. A inclusão, por exemplo, da imersão, é sem dúvidas algo novo neste processo.

A inclusão da luva como interface para imersão trouxe um adicional, proporcionando sensações novas, curiosidades e estímulos para os estudantes, pois realmente, este recurso não é encontrado na maioria dos sistemas educacionais. O nosso jovem é atraído no mundo de hoje pelas novidades e desafios lançados. A inclusão da luva apresentou também algumas dificuldades que serão descritas no capítulo seguinte.

CAPÍTULO VI

RESULTADOS E LIMITAÇÕES

6.1 Introdução

Este capítulo tem por objetivo mostrar os resultados alcançados pelo sistema proposto. Para tanto, um experimento realizado junto a um grupo de potenciais usuários (grupo de seis alunos do Ensino Médio familiarizados com Geometria Espacial) é apresentado. Neste experimento, os recursos de Realidade Virtual Imersiva, suportado pela luva de dados escolhida, foram explorados pelos estudantes. Em seguida, o grupo de estudo em questão foi convidado para avaliar o sistema através de um questionário, possibilitando também a identificação de algumas limitações do sistema, que são apresentadas a seguir.

6.2 Funcionamento do Sistema

Como mencionado, nos capítulos anteriores, a aplicação está disponibilizada em uma página HTML. Na página principal, o usuário encontra o seletor de poliedros e um símbolo de interrogação (“?”) que contém um arquivo de auxílio sobre a Geometria Espacial e sobre o funcionamento da aplicação.

A Figura 6.1, mostra a página inicial do sistema, contendo os poliedros disponíveis: cubo, heptaedro e a pirâmide, bem como o ícone de auxílio.

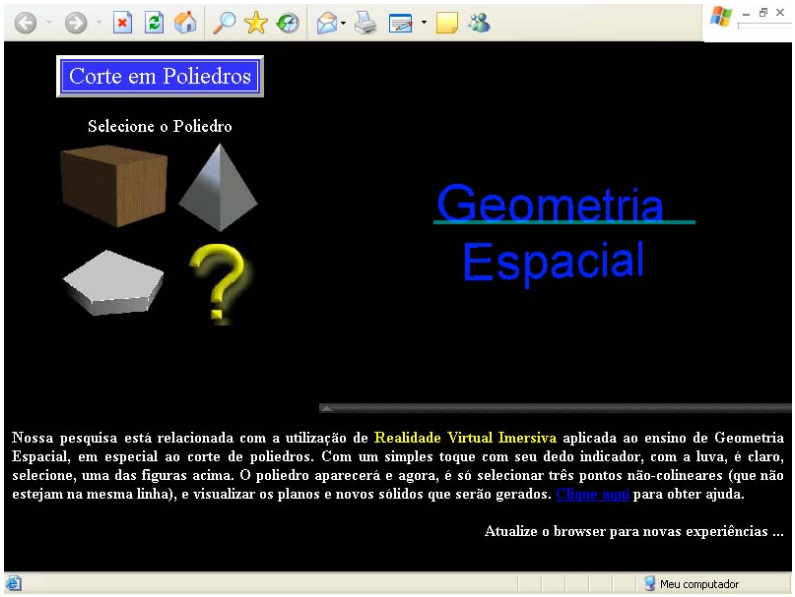


Figura 6.1 – Página inicial do sistema proposto.

Para selecionar o poliedro, basta deslocar o indicador da luva de dados sobre o ícone do poliedro e movimentar o dedo indicador da luva, articulando-o, simulando o movimento que o usuário aplica no mouse, quando opera um clique. Esta técnica de interação foi implementada na luva, por ser muito similar aos movimentos tradicionais de mouse.

Nesse ambiente, o usuário tem a opção de navegar com *browser* compatível com VRML, quando instalado o respectivo *plug-in*, tais como "Cosmo Player, Pivoron, Cortona" [Kirner e Tori, 2004]. Neste trabalho foi utilizado o navegador *Internet Explorer* e o *plug-in Cosmo Player*.

Uma vez selecionado, o poliedro é apresentado na página e o usuário interage com ele, para definir o plano de corte que gerará outros sólidos. Este processo de interação é suportado pelo movimento do conjunto braço/luva. Estes movimentos são captados como deslocamentos para o cursor (como descrito no Capítulo 4), dando uma grande flexibilidade de movimentos da luva para escolha dos pontos do plano de corte.

Com o poliedro na área de navegação, o usuário marca os pontos (não-colineares) do plano de corte, a partir dos mesmos movimentos usados para escolha do poliedro, ou seja, descolando o indicador sobre o local desejado e movimentando o dedo indicador. Ressalta-se que os movimentos de interação implementados sobre a luva são condicionados também por restrições do fabricante.

Para cada ponto escolhido, uma pequena esfera irá surgir, distinguindo-o. Depois dos pontos selecionados, o usuário "clica" (utilizando o mesmo procedimento com a luva de dados) do lado esquerdo do poliedro, para que os sensores programados pelo sistema, reconheçam o "comando" para gerar o plano de corte.

O cursor controlado pela luva diferencia-se quando o usuário está na região programada pelos sensores, facilitando assim, a navegação para este processo. A Figura 6.2 ilustra o plano de corte gerado pelo procedimento aqui descrito.

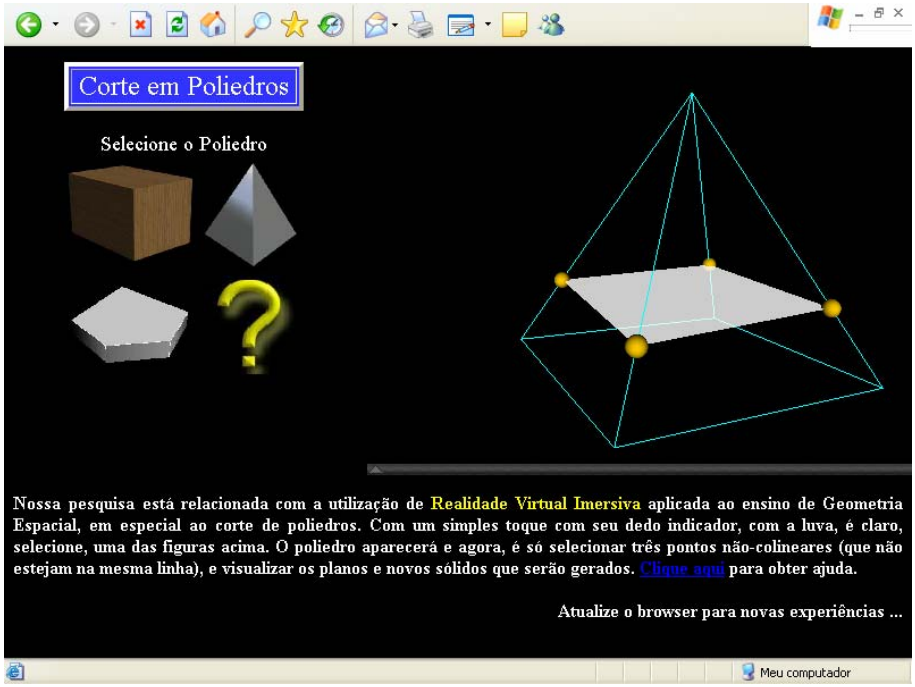


Figura 6.2 – Plano de corte exibido na aplicação.

Com o plano de corte gerado, o usuário "clica", desta vez do lado direito da imagem do poliedro, para criar os novos sólidos. O usuário poderá realizar apenas um corte nos poliedros escolhidos. Após o "comando" de corte, os sólidos (dois) poderão

ser movimentados para apreciação e estudo e o navegador deverá ser atualizado para novas experiências. A Figura 6.3 mostra os novos sólidos rotacionados e transladados.

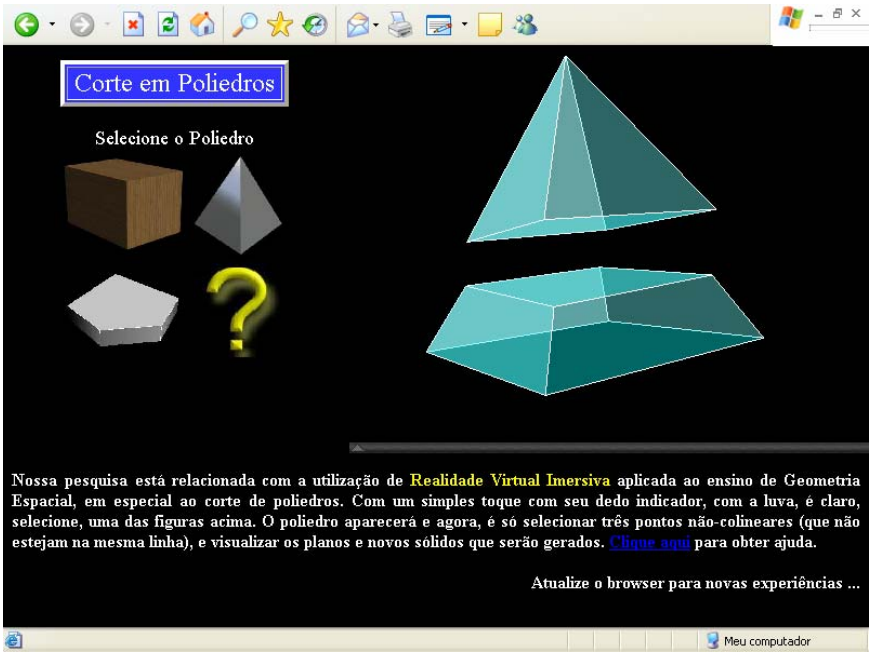


Figura 6.3 – Sólidos gerados pelo plano de corte.

6.3 Avaliação do Sistema

O sistema protótipo foi avaliado por 6 alunos do Ensino Médio de uma escola particular, 24 alunos de uma escola pública federal, também do Ensino Médio e 3 professores do CEFET/SP. Estes usuários executaram o sistema, um aluno por vez, pois não havia os recursos necessários instalados em mais de um computador, no caso, a luva de dados. Todos os usuários utilizaram o sistema protótipo com a interação não imersiva e depois com a RV imersiva, utilizando o protótipo com a luva. O computador utilizado para o experimento apresentava a seguinte configuração: 1,0 Gb de memória RAM, 128 Mb de Placa Aceleradora de Vídeo, processador Intel Pentium IV Ht de 3.3 GHz e um monitor de vídeo de plasma, tipo “slim” e um televisor de 52 polegadas.

Nenhum dos usuários conhecia o *plug-in Cosmo Player*, e por esse motivo, foi explicado o funcionamento da barra de ferramentas do aplicativo. Em seguida, foi explicado qual o objetivo do sistema proposto e então disponibilizado para uso. Fizeram uso então do ambiente virtual, visualizando e realizando os cortes nas superfícies disponíveis. No final dos experimentos, foi solicitado para cada usuário, preencher um questionário, para uma avaliação do sistema. A seguir, são apresentados os itens avaliados pelos usuários e para cada item foi gerado um gráfico comparativo da avaliação.

- Quanto à Finalidade do seu uso como ferramenta de apoio à aula de Geometria Espacial, ou em disciplinas que tratam do assunto:

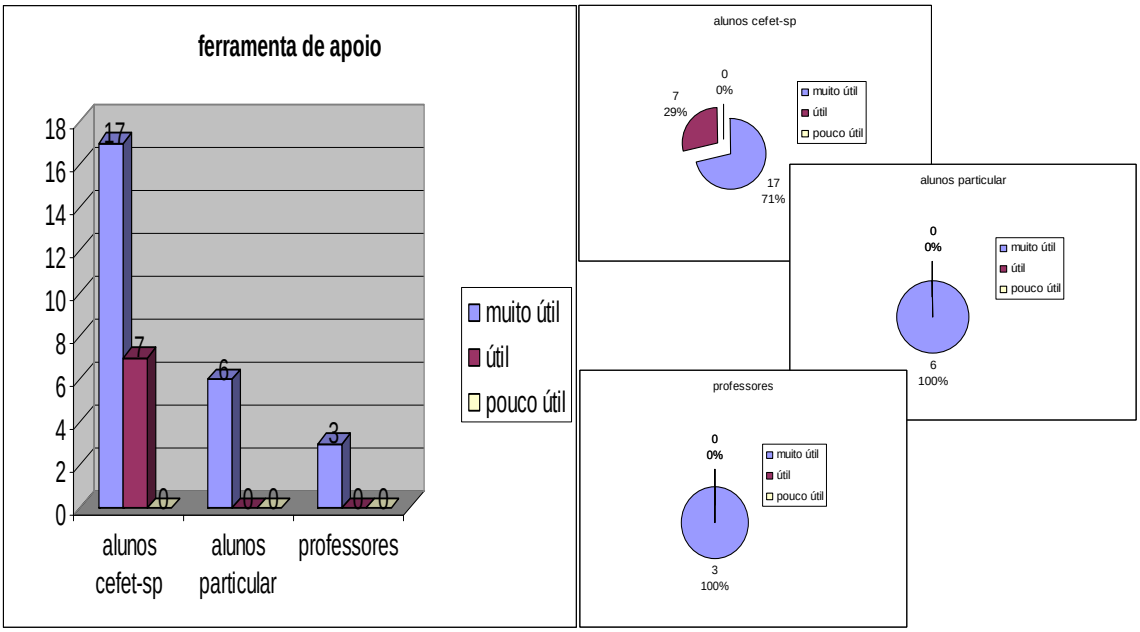


Figura 6.5 – Gráfico de Avaliação 1

Observando o gráfico acima, verifica-se que todos os usuários consideram o sistema muito útil ou útil, pois facilita e muito a visão espacial do aluno em ralação às figuras geométricas apresentadas. Reparando o gráfico, constata-se inclusive que nenhum usuário considerou o sistema “pouco útil”.

- Quanto à interface com o usuário

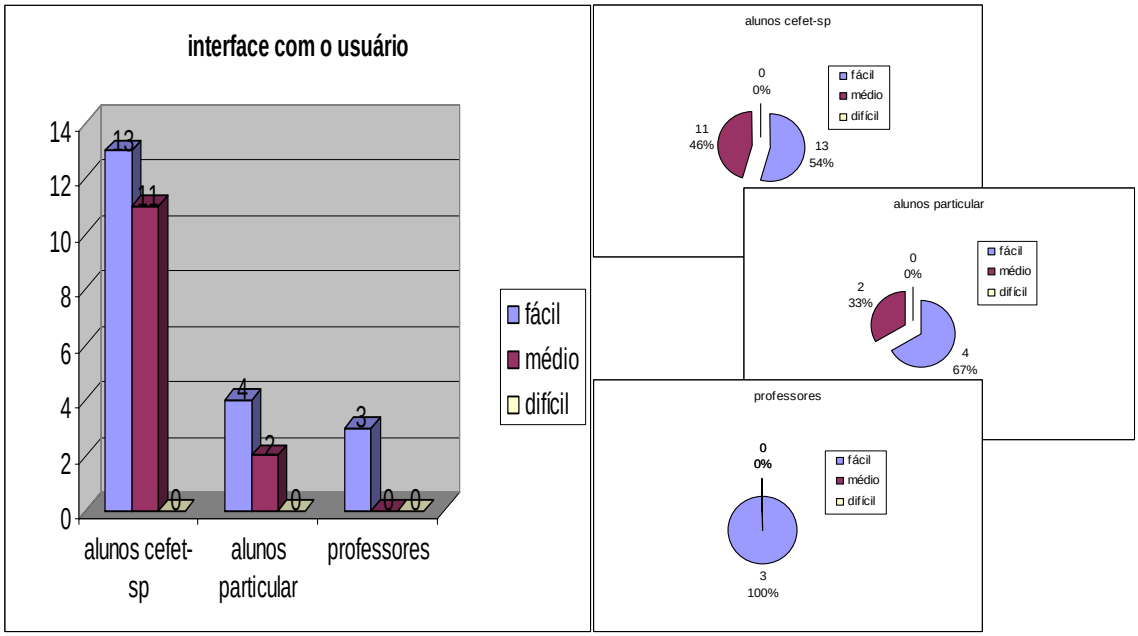


Figura 6.5 – Gráfico de Avaliação 2

Quanto à interface com o usuário, o gráfico mostra que 4 usuários (67%) da escola particular, consideram os comandos apresentados no sistema de fácil entendimento, pois foram instruídos em como o sistema "recebe" os comandos da luva de dados. Entretanto, 2 usuários (33%) da mesma escola, consideraram a interface um pouco difícil, pois a luva de dados para estes usuários, não apresentou nenhuma facilidade, apenas uma sensação de "novidade". Com os alunos de escola pública, que também foram instruídos quantos às regras da interface, 13 (54%) acharam a interface fácil de usar e 11 (46%) acharam de nível médio. Já os professores (100%) acharam a interface fácil de utilizar. Constatou-se inclusive que nenhum usuário (0%) achou a interface difícil. Os usuários que tiveram dificuldades justificaram que a luva é "estranha", mas acreditam que é questão de costume. Outro detalhe, colocado também por um usuário é que eles devem ser treinados com ambientes deste tipo, antes de acontecer a aula propriamente dita.

- Quanto à facilidade de uso

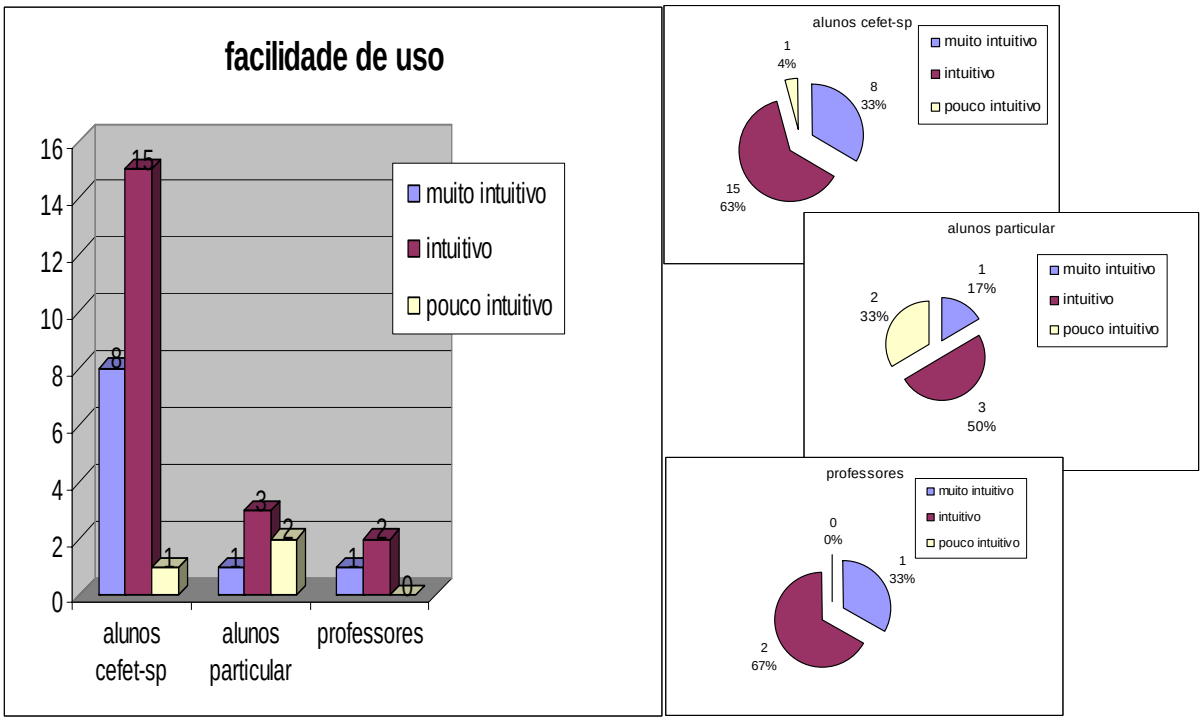


Figura 6.6 – Gráfico de Avaliação 3

Neste item, foi avaliado o quanto o sistema seria intuitivo em seu uso. Verificou-se que pelo fato dos "comandos de plano e corte" serem executados através de sensores, apresentou-se uma significativa dificuldade na usabilidade do ambiente. Isto porque, é necessária a calibração da luva com relação ao tamanho e posição da mão do usuário em relação ao receptor de sinais. Além disso, de acordo com o fabricante, a luva foi originalmente projetada para trabalhar com o sistema operacional Windows 98. Como o sistema operacional utilizado no experimento foi o Windows XP, um decréscimo do desempenho da luva foi detectado, o que acarretou uma maior dificuldade no treinamento. Os 3 usuários da escola particular (50%) que responderam que o sistema é "intuitivo", alegaram que achavam "fácil", depois de receber as explicações de como o sistema funcionava.

Constata-se pelos gráficos gerados, que a grande maioria dos usuários (91%) achou o sistema muito intuitivo ou intuitivo, apenas 3 (9%) usuários no total (1 (4%) da escola pública e 2 (33%) da escola particular) acharam o sistema pouco intuitivo.

De modo geral, os estudantes gostaram de utilizar o sistema, até mesmo pela novidade da interface e pela utilização da luva de dados. É importante notar que o fato de apresentar um conteúdo "antigo" sob uma "nova" perspectiva, aumenta a motivação do aprendiz para o aprendizado.

Finalmente, os alunos fizeram as seguintes sugestões:

- Colocar mais figuras geométricas;
- Poder realizar mais cortes;
- "Pegar" as figuras com a luva para poder rotacioná-las;
- Armazenar (salvar) o experimento realizado;

- Comparação dos aplicativos com a luva e com o mouse, qual gerou maior motivação.

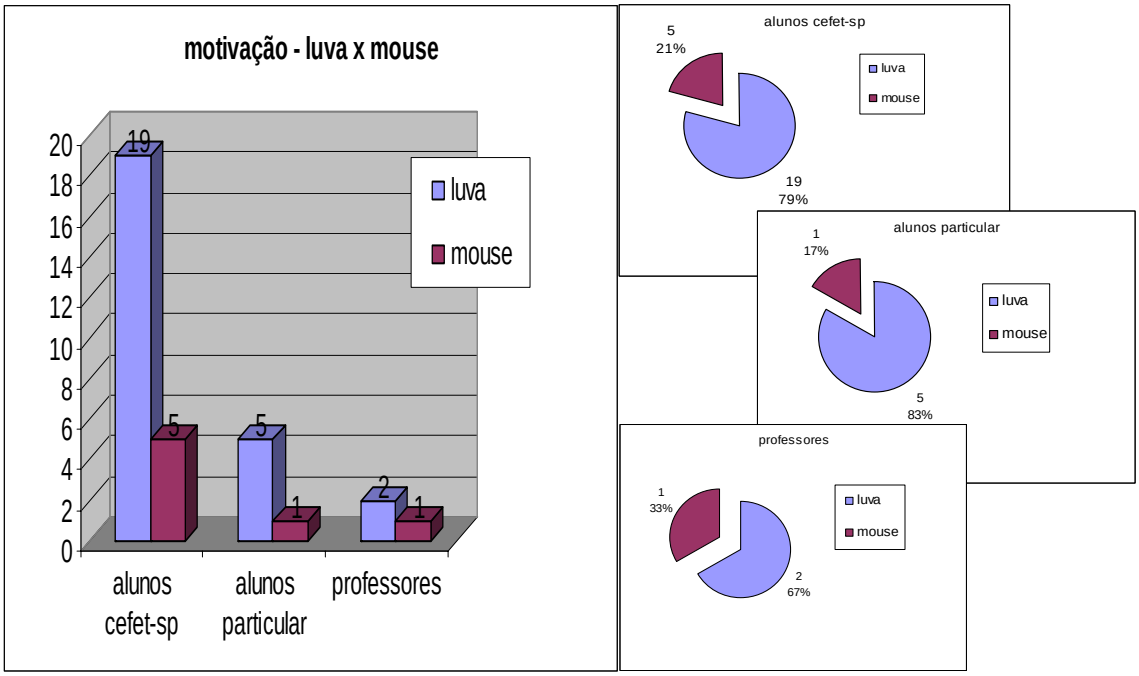


Figura 6.7 – Gráfico de Avaliação 4

Dos 24 alunos usuários da escola pública federal, 19 (79%) consideraram a luva mais motivante no sistema, contra 5 (21%) que acharam que o mouse causa mais motivação. Quanto aos alunos da escola particular, índices muito parecidos, pois 5 (83%) acharam a luva e apenas 1 (17%) achou o mouse mais motivante. Um dos professores (33%), achou o mouse mais motivante, alegando que já "está acostumado com ele" os outros (67%) acharam a luva.

Concluímos, portanto que a luva é sem dúvidas um diferencial nos sistemas educacionais que deve ser explorado, pois gera motivação por parte do usuário no processo ensino/aprendizagem.

6.4 Limitações

Além das limitações e sugestões identificadas pelos usuários, outras limitações também foram identificadas durante a pesquisa, a saber:

- Não existe uma maneira de anular um ponto já escolhido no poliedro, a não ser pela atualização da imagem;
- Os sensores funcionam, mas não são intuitivos;
- O sistema executa em plataformas com *plug-in* para VRML e não possui uma interface gráfica própria;
- A luva deve ser calibrada para cada usuário, em função do tamanho da mão e dedos de cada um;
- Infelizmente, não foi possível incluir os óculos estereoscópicos no experimento, o que aumentaria a sensação de imersão. Isto porque as imagens eram produzidas no experimento dinamicamente, enquanto os óculos estavam configurados para fazer a reconstrução estéreo de imagens estáticas.

6.5 Sumário e Conclusões

Este capítulo apresentou os resultados e limitações do sistema proposto que oferece recursos para o usuário visualizar e realizar cortes em superfícies conhecidas, através da interação direta com a superfície e com a manipulação da luva de dados, “Data Glove P5”.

Durante a avaliação, os usuários realizaram experimentos com o sistema e contribuíram com suas críticas e sugestões com a intenção de melhorar o sistema proposto. Embora o sistema possua limitações, foram indicadas sugestões para tratar tais problemas.

Quanto à avaliação, de modo geral, observou-se que o sistema contribui de fato para o aprendizado, ou seja, tem sua validade no processo cognitivo para assimilação da teoria sobre os poliedros e seus possíveis cortes. Saliento ainda, que a luva é um destaque motivador para a utilização do ambiente e da própria aula, portanto.

CAPÍTULO VII

CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

7.1 Introdução

Esta dissertação propôs técnicas de interação com um ambiente virtual imersivo, como uma técnica de suporte para o ensino/aprendizagem de Geometria Espacial, especificamente no tópico de corte de poliedros.

Este capítulo tem por objetivo expor as principais conclusões, as contribuições científicas deste trabalho e propõe algumas sugestões para trabalhos futuros.

7.2 Principais Conclusões

Com a pesquisa realizada, constatou-se que existem muitos softwares educacionais voltados para o ensino de Geometria Espacial, mas não muitos que permitem a interação direta com os objetos de um ambiente virtual. O diferencial desta pesquisa está na forma de interação, pois utilizamos a técnica de imersão para a realização das tarefas. Com a inclusão da luva como ferramenta de interação, os alunos se motivaram ainda mais pelo processo cognitivo do aprendizado, pois sem dúvidas, a luva proporciona um sentimento de curiosidade e motiva com relação à novidade, pois a grande parte dos sistemas utiliza-se de mouse e teclado para essa interação.

Obviamente, não somente outras áreas de Geometria/Matemática, mas também áreas tais como Medicina e Engenharia podem usufruir das técnicas aqui estudadas para o ensino e treinamento de seus respectivos profissionais/usuários.

Como conclusões podem-se citar:

- Os recursos para imersão oferecidos pela luva de dados suportaram uma interação mais direta e motivadora com os objetos no ambiente virtual.
- O deslocamento dos objetos cortados ou não com um simples movimento da "mão" do usuário, também representou alguma vantagem, no sentido de interação com maior facilidade. Assim este trabalho contribui também para uma melhor interação/intuição dos usuários de maneira geral, com os ambientes virtuais imersivos.
- O uso da linguagem VRML não acarretou a necessidade de um grande armazenamento de dados. Associado ao fato da linguagem dar suporte para o uso pela internet e dos equipamentos utilizados para suportar a imersão não serem significativamente caros, conclui-se que o ambiente desenvolvido faz-se propício para o ensino à distância. Tal recurso tem sido fortemente estimulado pelo governo brasileiro nos últimos anos.
- Finalmente, este trabalho apresenta um estudo dos recursos de hardware existentes para suportar imersão em Realidade Virtual e suas aplicações, ou seja, esta dissertação também contribui para que outros pesquisadores possam definir quais tecnologias poderão utilizar em seus trabalhos.

7.3 Trabalhos Futuros

Foi observado no decorrer deste trabalho que estudos futuros podem tornar o sistema ainda mais interativo e intuitivo, minimizando as suas limitações. A retirada dos sensores, por exemplo, e a inclusão de movimentos específicos com a luva, poderia representar ações mais intuitivas do usuário no sentido de escolher o plano, ou mesmo cortar o sólido. É importante ressaltar que estes recursos estão diretamente relacionados com os graus de liberdade que os fabricantes programam em suas luvas.

Para uma maior intuição do ambiente virtual imersivo, é importante pesquisar um conjunto de hardware e/ou software que melhor se adapte aos óculos apresentado, para que os experimentos possam ser executados, através da reconstrução automática da cena estérea, em tempo real.

Finalmente, um desafio para um trabalho futuro, é a visualização dos objetos usando as técnicas da Realidade Aumentada, pois aí, sem dúvidas, o processo de aprendizagem sobre Geometria Espacial ficaria muito mais motivador, interativo e intuitivo.

7.4 Considerações Finais

As técnicas apresentadas neste trabalho mostraram-se eficazes, eficientes e de baixo custo na geração de novos sólidos, levando em consideração a proposta do sistema em servir de ferramenta auxiliar no processo de ensino de Geometria Espacial. Observou-se que o software contribui de maneira significativa no processo cognitivo sobre a disciplina em foco.

Foi possível constatar que o software imersivo é motivador para que o aluno queira aprender com vontade, pois a novidade dos recursos utilizados chama a atenção do aluno e isso gera motivação para o objetivo principal da ferramenta, que é auxiliar de maneira cômoda no processo de aprendizagem. Sendo assim, este trabalho contribui no sentido de investigar as técnicas de Realidade Virtual Imersiva, que permitiram uma interação muito significativa do usuário com o ambiente virtual.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. AINGE, D., “Virtual Reality in Australia” VR in the Schools, vol 1. Junho/1995.
2. AMES, A., NADEAU, D., MORELAND,J., “VRML Sourcebook”, http://www.wiley.com /compbooks/k26.html - John Wiley & Sons, Inc. 1995.
3. AMES, A.L., “The VRML Sourcebook”. John Wiley & Sons, 1996.
4. ANDRADE, A. F., WASLAWICK, R. S., CRUZ, D. M., “Realidade Virtual na escola: Um Panorama”. Anais do XVIII do SBC, Belo Horizonte/MG/1998.
5. ARAÚJO, R.B., KIRNER, C., “Especificação e Análise de um Sistema Distribuído de Realidade Virtual”, Anais XIV Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores - SBRC, SBC, Fortaleza, CE, Maio, 1996.
6. AZUMA R. et al. Recentes Advances in Augmented Reality. IEEE Computer Graphics and Applications, November/December 2001, vol 21, pag. 34-37.
7. AZUMA, R.,”Tracking Requirements for Augmented Reality”, Communications of the ACM, 36(7):50-51, July 1993.
8. BAJURA, M., FUCHS, H., OHBUCHI, R., “Merging Virtual Reality with the Real World: Seeing Ultrasound Imagery within the Patient”. Computer Graphics (Proc. Siggraph), ACM Press, 1992, p. 203.
9. BAJURA,M., NEUMANN,U., “Dynamic Registration Correction in Video-Based Augmented Reality Systems”, IEEE Computer Graphics and Applications, 15(5):52-60, Sept. 1995.
10. BEGAULT, D.R., “3-D Sound for Virtual Reality and Multimedia”, Academic Press, Cambridge, MA, 1994

11. BISHOP, G., “Reseach Directions in VR Environments”, Computer Graphics - ACM, 26(3):153-177, Aug. 1992.
12. BORGES, E. C., “Investigando Técnicas interativas para aprimorar o usu de realidade virtual no ensino de geometria espacial”, V Symposium on Virtual Reality, pp 78-89. Fortaleza/2002.
13. BOWSKILL, J., DOWNIE, J., “Extending the Capabilities of the Human Visual System: An Introduction to Enhanced Reality”, Computer Graphics - ACM, 29(2):61-65, May 1995
14. BURDEA, G., “Force and Feedback for Virtual Reality”. John Wiley & Sons, 1996.
15. BURDEA, G., COIFFET, P., “Virtual Reality Technology”, John Wiley & Sons, NY/1994.
16. BYRNE, C., “Virtual Reality and Education”. HITL Report. http://www.hitl.washington.edu/publications/r-93-6.
17. CARDOSO, A., “Sistema de Criação de Experiências de Física em Realidade Virtual para Educação à Distância”, 2º WRV, Marília/SP, Pág.173-181, Novembro/1999.
18. CARDOSO, A., LAMOUNIER, E., TORI, R., Interactive 3D Physics Experiments Through the Internet. In 4th Symposium on Virtual Reality – SVR 2001, pp 280-290, Florianópolis, October 2001.
19. CODDELA, C., “A Toolkit for Developing Multi-User Distributed Virtual Environments”. Proc of the IEEE VRAIS’93, 1993, pp. 401-407.
20. DURLACH, N.I., MAVOR, A.S., “Virtual Reality: Scientific and Technological Challenges”, National academy Press, Washington, DC, 1995.

21. EDWARDS, T., “Virtual Reality and Education”, 1996 – http://mindspring.com/~rigole/vr.htm
22. ENCARNAÇÃO, J., GOBEL, M., “European Activities in Virtual Reality”, IEEE Computer Graphics and Applications, pp73, January/1994.
23. FEINER, S., “Knowledge-Based Augmented Reality”, Communications of the ACM, 36(7):52-62, July 1993.
24. FELDBERG, I., “Lan’s VR Buying Guide”, http://www.cs.jhu.edu/~feldberg/vr/vrbg.html/, May 1996.
25. FISHWICK, P.A., “Simulation Model Design and Execution: Building Digital Worlds”, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1995.
26. FOX, D., SHADDOCK, P., “Web Publisher’s Construction Kit with VRML/Live 3D: Creating 3D Web Worlds”. Waite Group, 1996
27. GADDIS, T. - Planning your Virtual Reality lab, VR in the Schools, 1(2):12-15, Sept. 1995.
28. HAMIT, F., “Realidade virtual e a Exploração do Espaço Cibernético”, Berkeley/1993.
29. HARTMAN, J., WERNECKE, J., “The VRML 2.0 Handbook: Buiding Moving World on the Web”. Addison-Wesley, 1996.
30. HUMAN INTERFACE TECHNOLOGY LAB., http://www.hitl.washington.edu/projects /knowledge_base/virtual-worlds
31. ISDALE, J., "What is Virtual Reality? - A homebrew Introduction and Information Resource List". http://sunee.uwaterloo.ca/pub/vr/documents/WHATISVR.TXT.
32. ISDALE, J., “What is Virtual Reality – a homebrew introduction”, Isdale Engineering, 1993. http://www.mc21.fee.unicamp.br/mc21

33. JACOBSON, L., “Garage Virtual Reality”, SAMS Pub., Indianapolis, IN, 1994

34. JAMSA, K., SCHMAUDER, P., NELSON, Y., “VRML Biblioteca do Programador”, MakronBooks/1999.

35. KALAWSKY, R.S., “The Science of Virtual Reality and Virtual Environments”, Addison-Wesley, 1993

36. KELLER, R., SCHREIBER, J., “GEO-3D: A Realidade Virtual como Suporte ao Ensino de Geometria Espacial”, 2º WVR, Marília/SP, Pág.182-193, Novembro/1999.

37. KIRNER, C., “Sistemas de Realidade Virtual - Tutoriais”. http://www.dc.ufscar.br/~grv/

38. KIRNER, C., “Sistemas de Realidade Virtual”, Grupo de Pesquisa em Realidade Virtual. Departamento de Computação UFSCar/1996. http://www.dc.ufscar.br/~grv

39. KIRNER, C., “VII Escola Regional de Informática da SBC – Região Sul – Realidade Virtual Dispositivos e Aplicações. Pág. 135-140, Maio/1999”.

40. KIRNER, C., TORI, R. Realidade Virtual, Conceitos e Tendências – Pré-Simpósio SVR 2004.

41. KUBO, M. M., VICENTIN, V. J., DERIGGI, Jr., KIRNER, C., “Distance Educationand Training Based in the Virtual Reality Technology; Proccedings of the V Computation in Education Workshop”, Rio de Janeiro/RJ/1999.

42. LAMOUNIER, E., Glossário de Realidade Virtual, Realidade Virtual – Conceitos e Tendências, Cláudio Kirner e Romero Tori Eds, Editora Mania de Livro, Livro do Pré-Simpósio, VII Symposium on Virtual Reality, 2004.

43. LATTA, J. N., OBERG,D. J., “A Conceptual Virtual Reality”, IEEE Computer Graphics and Applications, 14(1):23-29, Jan. 1994.

44. NAKAMOTO, P. T., Construindo um Laboratório Virtual de Eletrodinâmica Baseado no Paradigma de Mapas Conceituais, Proceedings VII Symposium on Virtual Reality – SVR 2004, pp 231-242, São Paulo, October 2004.
45. NUNES, E.P.S. – Uma Aplicação de Técnicas de Realidade Virtual Não-Imersiva na Visualização e Corte de Superfícies, UFU – Faculdade de Engenharia Elétrica, Outubro,2002.
46. PIMENTEL, K., TEIXEIRA, K., "Virtual Reality Though the New Looking Glass", Intel/WindCrest/McGraw-Hill, New York, NY, 1993.
47. PINHO, M. S., "Realidade Virtual como ferramenta de informática na educação", Porto Alegre: PUCRS, Maio/1998.
48. Proceedings of SVR2002. V Symposium on Virtual Reality. Fortaleza/CE, 2002.
49. Proceedings of SVR2004. VII Symposium on Virtual Reality. São Paulo/SP, 2004.
50. ROBERTSON, G.G., "Nonimmersive Virtual Reality", IEEE Computer Graphics and Applications, Feb. 1993, pp. 81-83
51. SENSE8, "World Toolkit Technical Overview", Sense8 Corp., Sausalito, CA, 1994. http://www.sense8.com/
52. SHAW, C., "Decoupled Simulation in Virtual Reality with MR Toolkit", ACM Transection of Information Systems, 11(3);287-317, July 1993.
53. SILICON GRAPHICS. http://www.sgi.com/products/indigo2/IMPACT/
54. SILVA, A. M. O., "Realidade Virtual e Educação". http://Ism.dei.uc.pt/Aulas
55. SILVA, A. T., OSÓRIO, F. S., "Integração de Técnicas de Modelagem com a VRML". Trabalho de Conclusão de Curso de Informática da UNISINOS - São Leopoldo/1999.
56. VINCE, J. – "Virtual Reality Systems". Addison-Wesley, 1995.

Universidade Federal de Uberlândia

Faculdade de Engenharia Elétrica

Questionário de Avaliação do Software Educacional de Corte de Poliedros (versão Imersiva).

Nome do usuário:_____

Escola:_____

Você está cursando o ____ º ano do Ensino Médio

1) Quanto à finalidade do seu uso como ferramenta de apoio à aula de Geometria Espacial, ou em disciplinas que tratam do assunto:

☐ Muito útil ☐ Útil ☐ Pouco útil

2) Quanto à interface com o usuário, você considerou a aplicação:

☐ Fácil ☐ Médio ☐ Difícil

3) Quanto a facilidade de uso, considerou:

☐ Muito intuitivo ☐ Intuitivo ☐ Pouco Intuitivo

4) Comparando os aplicativos com a luva e com o mouse, qual deles lhe proporcionou maior motivação?

☐ luvas ☐ mouse