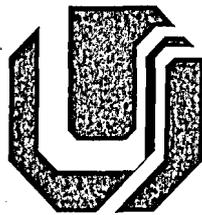


SISBI/UFU



1000208533

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



**UMA APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE REALIDADE**  
**VIRTUAL NÃO-IMERSIVA NA VISUALIZAÇÃO**  
**E CORTE DE SUPERFÍCIES**

**ORIENTADOR: EDGARD LAMOUNIER JÚNIOR, PhD**

**CO-ORIENTADOR: ALEXANDRE CARDOSO, DSc**

**ORIENTANDA: EUNICE PEREIRA DOS SANTOS NUNES**

**OUTUBRO**  
**2002**

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

MON  
621.3  
N972a  
TES/MEM

**UMA APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE REALIDADE  
VIRTUAL NÃO-IMERSIVA NA VISUALIZAÇÃO  
E CORTE DE SUPERFÍCIES**

Dissertação apresentada por Eunice Pereira dos Santos Nunes à Universidade Federal de Uberlândia para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica/Ciências aprovada em 30 de Outubro de 2002 pela Banca Examinadora:

Professor Edgard Lamounier Jr., PhD (Orientador)

Professora Denise Guliato, DSc - UFU

Professor Romero Tori, DSc – Escola Politécnica da USP

Uberlândia, 30 de Outubro de 2002.

**UMA APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE REALIDADE  
VIRTUAL NÃO-IMERSIVA NA VISUALIZAÇÃO  
E CORTE DE SUPERFÍCIES**

**EUNICE PEREIRA DOS SANTOS NUNES**

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



Prof<sup>o</sup> Edgard Lamounier Júnior  
Orientador



Prof<sup>o</sup> Alcimar Barbosa Soares  
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 por ter acreditado no Programa de Mestrado Interinstitucional e aos professores e funcionários da UFMT pelo trabalho dispensado na realização deste convênio.

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

Aos amigos Luciane, Érico, Alexandre e Kenedy pela atenção dispensada durante o tempo de convívio no Laboratório de Computação Gráfica, em especial a Eila pelo companheirismo no período que morei em Uberlândia e a Fabiana pela acolhida quando eu mais precisei.

Ao meu esposo Clodoaldo Nunes e ao meu filho Caio Victor Nunes, por fazerem parte da minha vida, inclusive nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais e à minha irmã por tudo que fizeram e fazem por mim e pela dedicação dispensada ao meu filho Caio Victor quando foi necessário.

À CAPES por propiciarem a oportunidade do Programa de Mestrado Interinstitucional.

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

## RESUMO

NUNES, Eunice P. dos Santos. UMA APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE REALIDADE VIRTUAL NÃO-IMERSIVA NA VISUALIZAÇÃO E CORTE DE SUPERFÍCIES, Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica - UFU, 2002, 121p.

O presente trabalho tem como finalidade demonstrar a potencialidade do uso das técnicas de Realidade Virtual (RV) não-imersiva 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. Tem por objetivo principal apresentar técnicas alternativas que permitem atualizar os objetos virtuais por meio de manipulação direta nesses objetos, em vez de enviar parâmetros ao mundo virtual para modificá-los. A fim de avaliar as técnicas propostas, foi desenvolvido, como estudo de caso, um sistema protótipo capaz de permitir que o usuário visualize e interaja com superfícies dentro de um ambiente virtual, realizando cortes, através de planos, nessas superfícies. 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 superfícies oriundas de cortes em 3D, graças ao uso das técnicas de RV propostas.

## ABSTRACT

NUNES, Eunice P. dos Santos. APPLICATION OF NON-IMMERSIVE VIRTUAL REALITY TECHNIQUES IN VISUALIZING AND CUTTING SURFACES, Uberlândia, Dep. Engenharia Elétrica - UFU, 2002, 121p.

The objective of this study is to demonstrate the potentiality of non-immersive Virtual Reality 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. The main idea was to present alternative techniques that would permit the use of virtual objects through the direct manipulation of these objects instead of sending modifying parameters to the virtual world in order to change them. To evaluate the proposed techniques, a prototype system was developed as a case study, which permitted the user to visualize and interact with the 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.

## PUBLICAÇÕES

A seguir são apresentadas as publicações resultantes desse trabalho:

NUNES, Eunice P. dos Santos; LAMOUNIER, Edgard Jr.; CARDOSO, Alexandre. O Uso de Realidade Virtual como uma Ferramenta Educacional na Visualização e Corte de Superfícies. 54ª Reunião Anual da SBPC, Goiânia-GO, Julho/2002 – publicado.

NUNES, Eunice P. dos Santos; LAMOUNIER, Edgard Jr.; CARDOSO, Alexandre. Realidade Virtual Aplicada na Visualização e Corte de Superfícies. 5<sup>th</sup> SBC Symposium on Virtual Reality, Fortaleza-CE, Outubro/2002 – publicado.

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1. OBJETIVOS DO TRABALHO .....	1
1.2. MOTIVAÇÃO.....	2
1.3. REALIDADE VIRTUAL NA EDUCAÇÃO.....	3
1.4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....	6
<b>2. TRABALHOS RELACIONADOS</b> .....	<b>7</b>
2.1. INTRODUÇÃO.....	7
2.2. GEO-3D .....	7
2.3. ATSWORLDS .....	10
2.4. MAT <sup>3D</sup> .....	12
2.5. VRML GALLERY OF ELECTROMAGNETISM.....	15
2.6. LABORATÓRIO VIRTUAL DE FÍSICA - PHYSICSWEB.....	16
2.7. UM SISTEMA QUE SIMULA O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA BASEADA EM TÉCNICAS DE REALIDADE VIRTUAL .....	18
2.8. O USO DE REALIDADE VIRTUAL NA VISUALIZAÇÃO E CORTE DE POLIEDROS .....	20
2.9. TABELA COMPARATIVA DOS DIVERSOS SISTEMAS APRESENTADOS .....	22
2.10. SUMÁRIO E CONCLUSÕES .....	23
<b>3. FERRAMENTAS E ARQUITETURA DO SISTEMA PROPOSTO</b> .....	<b>25</b>
3.1. INTRODUÇÃO.....	25
3.2. A LINGUAGEM VRML E JAVASCRIPT.....	25
3.3. ARQUITETURA DO SISTEMA.....	27
3.4. MÓDULO DA INTERNET .....	28
3.5. MÓDULO - PÁGINA HTML.....	28
3.6. MÓDULO – BIBLIOTECA DE SUPERFÍCIES .....	29
3.7. MÓDULO DO AMBIENTE VIRTUAL.....	32
3.8. SUMÁRIO E CONCLUSÕES .....	33
<b>4. IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA</b> .....	<b>34</b>
4.1. INTRODUÇÃO.....	34
4.2. IMPLEMENTAÇÃO .....	34
4.2.1. SUPERFÍCIES E PAINEL DE CONTROLE .....	35
4.2.2. NÚCLEO GERENCIADOR DE CORTE.....	37
4.2.3. PAINEL DE CONTROLE - BOTÃO PLANO .....	41
4.2.4. PAINEL DE CONTROLE - BOTÃO CORTE.....	47
4.2.5. PAINEL DE CONTROLE - BOTÃO ATUALIZAR.....	52
4.3. SUMÁRIO E CONCLUSÕES .....	52
<b>5. RESULTADOS E LIMITAÇÕES DO SISTEMA</b> .....	<b>54</b>

5.1.	INTRODUÇÃO.....	54
5.2.	FUNCIONAMENTO DO SISTEMA.....	54
5.3.	AVALIAÇÃO DO SISTEMA .....	58
5.4.	LIMITAÇÕES DO SISTEMA .....	62
5.5.	GALERIA DE EXPERIMENTOS .....	65
5.6.	SUMÁRIO E CONCLUSÕES .....	66
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>67</b>
6.1.	INTRODUÇÃO.....	67
6.2.	CONCLUSÕES.....	67
6.3.	TRABALHOS FUTUROS.....	69
6.4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>71</b>
	<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>76</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Exemplo do mundo virtual construído .....	8
Figura 2.2 - Exemplo de Exercício no GEO-3D .....	9
Figura 2.3 - Applet ATSWorlds em uma página HTML (tela inicial).....	11
Figura 2.4 - Exemplo de um objeto gerado pela aplicação (taça).....	12
Figura 2.5 - Passeio arquitetônico no “ambiente familiar” MAT <sup>3D</sup> .....	13
Figura 2.6 - Exemplos de objetos construídos .....	14
Figura 2.7 - Mundo virtual estático (vetor elétrico da carga em uma esfera) .....	16
Figura 2.8 - Simulando pêndulos e campos – PhysicsWeb .....	17
Figura 2.9 - Visão do banheiro.....	18
Figura 2.10 - Visão da casa completa .....	19
Figura 2.11 - Visão do painel de consumo com vários aparelhos elétricos ligados.....	19
Figura 2.12 - Definindo o Plano de corte.....	21
Figura 2.13 - Objeto 3D separados em dois novos sólidos .....	21
Figura 3.1 - Arquitetura do sistema proposto.....	27
Figura 3.2 - Superfície esférica gerada no MatLab.....	29
Figura 3.3 - Superfície esférica convertida para linguagem VRML 2.0 .....	30
Figura 3.4 - Superfície esférica e painel de controle.....	32
Figura 4.1 - Módulo principal do sistema - ambiente virtual.....	34
Figura 4.2 - Superfície esférica formada for faces indexadas .....	35
Figura 4.3 - Um plano definido por três pontos não-colineares.....	38
Figura 4.4 - Superfície esférica - pontos selecionados pelo usuário e o quarto ponto calculado .....	41

Figura 4.5 - Visualizando o plano de corte na superfície esférica .....	43
Figura 4.6 - Seleção dos pontos .....	47
Figura 4.7 - Superfícies separadas após o corte .....	51
Figura 4.8 - Superfícies separadas depois de rotacionadas e transladadas.....	51
Figura 5.1 - Página HTML do sistema.....	55
Figura 5.2 - Parabolóide.....	55
Figura 5.3 - Plano de corte no parabolóide .....	56
Figura 5.4 - As duas novas superfícies depois de rotacionadas e transladadas.....	57
Figura 5.5 - Visualizando um novo plano de corte na superfície esférica .....	63
Figura 5.6 - Visualizando as duas novas superfícies “denticadas” .....	64
Figura 5.7 - Galeria de experimentos realizados no sistema protótipo .....	65

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Tabela comparativa dos trabalhos relacionados.....	22
---	----

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Objetivos do Trabalho

O objetivo deste trabalho é explorar técnicas de Realidade Virtual não-imersiva através do desenvolvimento de um sistema protótipo, a fim de proporcionar uma maior interação do usuário com o mundo virtual, de forma a permitir que o usuário interaja diretamente com os objetos do mundo virtual. Como estudo de caso, adotou-se o corte de Superfícies Quádricas. Para tal, as seguintes metas foram definidas:

- Pesquisar ferramentas/sistemas computacionais construídos através de técnicas de Realidade Virtual que são utilizados como treinamento no processo de ensino/aprendizagem, identificando suas principais vantagens e desvantagens;
- Identificar técnicas de Realidade Virtual que possam ser utilizadas para suportar um ambiente mais interativo que permitem a visualização, manipulação e corte de superfícies;
- Projetar e implementar um sistema protótipo, a fim de analisar as técnicas de interação propostas através da visualização e o corte de superfícies quádricas;
- Analisar o desempenho do sistema com base no estudo de caso escolhido, junto a potenciais usuários.

## 1.2. Motivação

De uma maneira geral, a Realidade Virtual (RV) é considerada uma forma bastante avançada de se interagir com computadores e representa um novo paradigma de interface. Permite as pessoas visualizarem, manipularem e interagirem com computadores e dados de forma extremamente natural equivalente ao que fariam se estivessem interagindo com o mundo real [20]. Isso porque o conhecimento intuitivo do usuário a respeito do mundo físico pode ser transferido para manipular o mundo virtual, então, a RV facilita a interação das pessoas com o mundo [25,26].

Com a evolução tecnológica dos computadores pessoais, deixou-se de imaginar que o uso de RV sempre necessitaria de equipamentos especiais, tais como capacetes, luvas etc. Esse fato incentivou o uso da RV não-imersiva<sup>1</sup>, que trata imagens geradas diretamente no monitor [26]. A Realidade Virtual não-imersiva, aliada ao desenvolvimento crescente da Internet, proporcionou o desenvolvimento de aplicativos voltados para a Web, criados com base na Realidade Virtual, e têm recebido um merecido destaque nos últimos anos [39].

Uma das áreas a ser beneficiada pela RV é a área educacional, não só porque apresenta um enorme potencial para o desenvolvimento de pesquisas, mas também porque a RV permite que usuários experimentem sensações únicas com manipulação e análise do objeto de estudo [8].

Uma forte razão da aplicação da RV na Educação, principalmente, a RV não-imersiva, é devido ao fato de pouco exigir do seu usuário, o conhecimento sobre comandos altamente codificados e a experiência com dispositivos complicados de se manusear. Além disso, a RV, no uso dos programas, possibilita até diversão aos seus usuários [29].

Entretanto, têm-se observado que a maioria dos sistemas baseados em Realidade

Virtual na área de Educação não tem explorado de forma desejável a capacidade interativa requerida para sistemas educacionais [3,16,20,32,33,36,41].

Atualmente, muitos sistemas restringem-se a serem apresentadores de simulações, obrigando o usuário a ficar estaticamente observando os mundos virtuais ou então limitados à criação e visualização de objetos, não permitindo também a interação direta do usuário com os objetos após a sua criação no mundo virtual, a exemplo dos sistemas voltados para o ensino de Geometria Espacial onde a interatividade requerida não é fortemente explorada [32].

Essa não exploração da interatividade do sistema com o usuário dificulta a fundamentação de um dos principais requisitos para as aplicações de Realidade Virtual [21] e estabelece a importância de pesquisas que sejam direcionadas no sentido de explorar técnicas de Realidade Virtual que possibilitem ambientes virtuais mais interativos.

### **1.3. Realidade Virtual na Educação**

O computador, por si só, já apresenta um grande potencial como ferramenta de apoio ao ensino, na medida em que ele pode ser usado para enriquecer a organização dos ambientes de aprendizagem dos programas educacionais [12]. O seu uso, aliado à possibilidade da utilização de técnicas de Realidade Virtual em sistemas para a Educação tem sido largamente defendido e aplicado [31]. Aplicando técnicas de RV na Educação, pode-se produzir ambientes que facilitam o ensino e o aprendizado, uma vez que num ambiente virtual, o professor tem condições de demonstrar situações difíceis de serem simuladas no mundo real [35].

Nesse contexto, a tecnologia de Realidade Virtual para uso na Internet desponta como uma das formas de contribuir para o processo de melhoria do quadro educacional [32].

---

<sup>1</sup> Tipo de RV obtida com o uso de monitores e programas que simulam e exploram as projeções perspectivas e transformações geométricas, dando ao usuário a impressão de estar imerso em um ambiente virtual [8].

Os sistemas de RV não-imersivos, ou seja, baseados no uso de monitores são, sem dúvida, os exemplos mais comuns de RV, cuja principal vantagem é o seu baixo custo. Como ponto negativo está a completa falta de sensação de imersão por parte do usuário. Entretanto, isso não impossibilita o uso desses sistemas em aplicações educacionais, desde que a qualidade da experiência não-imersiva possibilite uma aprendizagem através da construção do conhecimento, ou seja, por meio da interação do usuário com os objetos e eventos disponíveis no mundo virtual [11,17,32].

As características que distinguem os sistemas computacionais baseados em Realidade Virtual dos sistemas computacionais tradicionais de ensino são: a característica de imersão, pela qual o aluno tem a plena sensação de participar ativamente de um mundo tridimensional; a navegação, pela qual o aluno pode trocar de posição no mundo virtual em que se situa e, assim, observá-lo sob diversos pontos; a manipulação, pela qual o aluno tem a possibilidade de interagir ativamente, modificando e transformando “seu” meio ambiente virtual; o ponto de referência, pela qual o aluno tem como identificar a sua posição e situação a qualquer momento no mundo virtual [27].

A utilização da Realidade Virtual na Educação propicia então as seguintes situações:

- Promove maior motivação aos usuários [30];
- Possui um poder de ilustração para alguns processos e objetos muito maior do que outras mídias, e assim permite ilustrar mais precisamente algumas características, processos, etc [26,30];
- Permite múltiplas visões dos objetos dentro do ambiente (como, por exemplo, de perto, de longe ou de dentro) [30,34];
- Possibilita a visualização de lugares de difícil acesso ou até mesmo inexistentes [34];

- Permite que pessoas deficientes realizem tarefas que de outra forma não seria possível [30];
- Permite que o aprendiz desenvolva o trabalho no seu próprio ritmo [30];
- Oferece oportunidade para compreensão baseada em novas perspectivas [30];
- Não restringe o prosseguimento de experiências ao período da aula regular [30];
- Exige a interação do usuário com o sistema, encorajando a participação ativa do aprendiz [26,30].

A potencialidade da Realidade Virtual então, está exatamente no fato de permitir a exploração de ambientes, processos ou objetos, através da manipulação e análise virtual do próprio alvo de estudo, permitindo que se faça experiências com o conhecimento de forma interativa. O seu maior diferencial diante de outras tecnologias (TV, fotos, multimídia) é permitir que um estudante aprenda sobre um assunto, inserido no contexto deste assunto, e assim, receber a cada ação que fizer, uma realimentação deste contexto [34].

As pesquisas que tratam do emprego da RV na educação mostram que a informação aprendida é armazenada por muito mais tempo quando o aluno é um participante ativo do processo de aprendizado e quando a apresentação do objeto em estudo envolve os vários sentidos dos alunos [19].

Nesse contexto, este trabalho tem por objetivo principal, mostrar a potencialidade do uso da Realidade Virtual no processo de ensino/aprendizagem de superfícies, baseado no computador e na exploração de técnicas de RV para a construção de um ambiente virtual em que o aprendiz possa aprimorar o aprendizado, interagindo diretamente com superfícies quádricas.

#### **1.4. Organização da Dissertação**

O texto da dissertação está dividido em seis capítulos, incluindo esta Introdução e está assim organizado:

O capítulo 2 analisa vários sistemas computacionais relevantes relacionados à área educacional e desenvolvidos a partir de técnicas de Realidade Virtual. Estuda as principais contribuições e limitações desses sistemas em relação às suas possibilidades de promover a interação com o usuário.

O Capítulo 3 propõe e descreve a arquitetura do sistema protótipo que possibilita visualizar, manipular e realizar cortes em superfícies. Estuda a relação entre a linguagem VRML (*Virtual Reality Modeling Language*) e a JavaScript, como proposta para aumentar a interatividade e troca de informação entre o usuário e o ambiente virtual.

O Capítulo 4 apresenta, detalhadamente, as técnicas de Realidade Virtual utilizadas na modelagem e implementação do sistema tridimensional e interativo proposto.

O Capítulo 5 apresenta o funcionamento e as limitações do sistema protótipo construído através de técnicas de Realidade Virtual.

O Capítulo 6 apresenta as conclusões deste estudo e as sugestões para o desenvolvimento de trabalhos futuros. A seguir, são apresentadas as fontes bibliográficas que serviram de referencial teórico para esta pesquisa.

## CAPÍTULO II

### 2. TRABALHOS RELACIONADOS

#### 2.1. Introdução

Este capítulo apresenta vários sistemas computacionais relacionados com a área Educacional e desenvolvidos a partir de técnicas de Realidade Virtual.

É realizada uma análise nos sistemas que apresentam limitações quanto à interação com o usuário e em outros sistemas que apresentam uma melhor interação com o usuário [3,16,20,32,33,36,41].

Todos os sistemas aqui descritos apresentam os seus mundos virtuais, criados a partir da linguagem VRML (*Virtual Reality Modeling Language*), amplamente utilizada para o desenvolvimento de mundos tridimensionais [11,40].

#### 2.2. GEO-3D

O GEO-3D é um software educacional implementado com técnicas de Realidade Virtual e desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa de Realidade Virtual do departamento de Informática UNISC. O ambiente, denominado GEO-3D, atua como uma ferramenta de ensino de Geometria Espacial, e para o desenvolvimento do protótipo foi abordada uma área da Geometria Espacial, denominada de Poliedros. O objetivo do software é estabelecer um novo processo de aprendizagem de Geometria Espacial através da interação, exploração, descoberta

e observação de sólidos geométricos e serve como suporte aos métodos tradicionais de ensino [20].

Uma breve descrição do sistema protótipo, mostrando alguns exemplos de exercícios proporcionados pelo sistema, faz-se necessário apresentar para melhor compreender a utilização do GEO-3D.

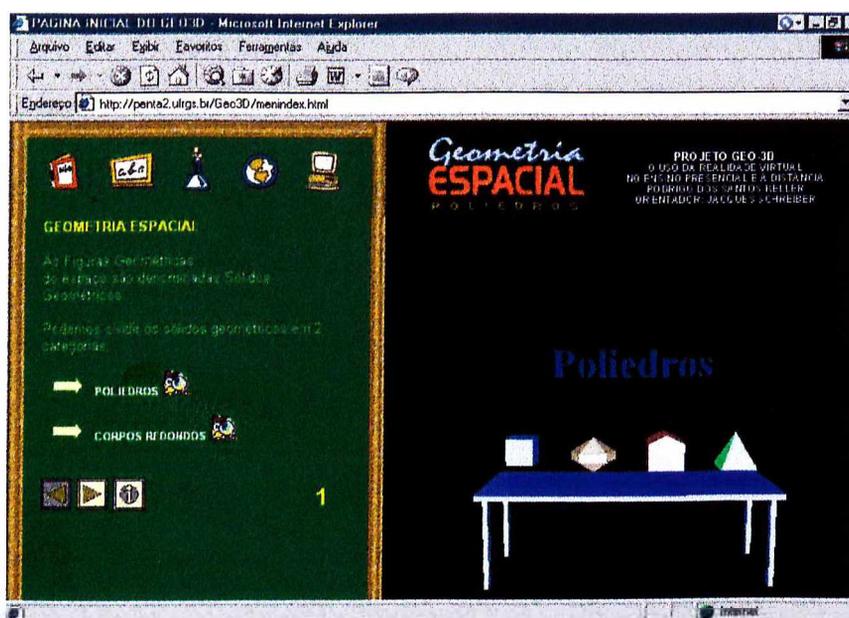


Figura 2.1 - Exemplo do mundo virtual construído

A Figura 2.1 mostra a tela do ambiente GEO-3D, dividida em 2 quadros ou *frames*. No *frame* da esquerda está representado o quadro da sala de aula tradicional, onde o conteúdo teórico é apresentado de forma expositiva ao aluno. O *frame* da direita está habilitado a apresentar mundos virtuais e neste caso disponibiliza os mundos virtuais do projeto.

Esse sistema apresenta alguns conceitos de sólidos geométricos a partir da tela inicial do mesmo e possibilita o próprio aluno definir a ordem dos conteúdos a serem apresentados. Na tela inicial, o aluno pode fazer a sua opção entre duas categorias de sólidos geométricos, que estão disponíveis no *frame* da esquerda. Após selecionar a opção poliedros, por exemplo, o sistema apresentará no ambiente virtual que aparece no *frame* da direita, formas geométricas

sobre uma bancada, como mostra a Figura 2.1. Cada forma possui um sensor de movimento, o que possibilita o usuário interagir com o sólido livremente, movimentando-o pelo mundo virtual.

Os mundos construídos com a linguagem VRML foram projetados de acordo com a necessidade de conteúdos acerca de poliedros. Cada ambiente virtual foi desenvolvido com a utilização de sensores, formas texturizadas e animações, que proporcionam a interatividade com os alunos.

A Figura 2.2 mostra um outro exemplo, onde no *frame* da esquerda temos uma pergunta a qual o usuário deve responder, e no *frame* da direita é mostrado o ambiente virtual com a forma geométrica relacionada à pergunta. O usuário visualiza o mundo virtual, analisa e seleciona uma das alternativas disponíveis no *frame* da esquerda. Caso o usuário acerte a resposta, a seguinte mensagem é exibida: “Você acertou, continue em frente”, e o mesmo pode avançar para a próxima pergunta, caso contrário, é exibida uma mensagem negativa, e o usuário pode responder novamente a primeira pergunta. O sólido que se encontra no mundo virtual possui um sensor de movimento, possibilitando que o usuário movimente este sólido pelo mundo virtual.

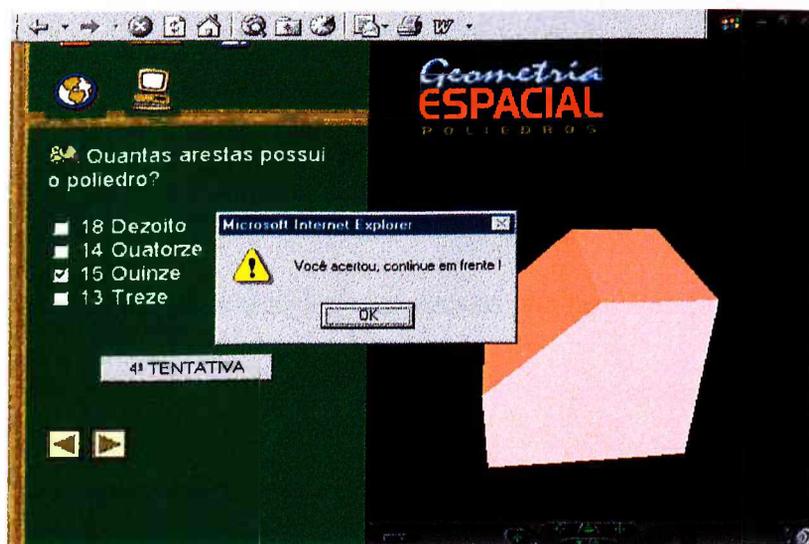


Figura 2.2 - Exemplo de Exercício no GEO-3D

Com base no exposto, observa-se que o protótipo acima descrito apresenta limitações no âmbito da interação com o usuário, pois não permite a criação de novos sólidos geométricos nem a modificação dos sólidos construídos. Então, a metodologia de ensino do tipo CAI<sup>2</sup> adotada na modelagem do protótipo [20] proporciona uma interação pré-determinada, pois os passos do aprendizado já estão previamente determinados e isso impede que a criatividade do usuário seja estimulada.

### 2.3. ATSWorlds

Esse sistema é uma ferramenta didática para o ensino da área de Computação Gráfica, geometria (sólidos geométricos feitos por superfícies de revolução), que gera objetos VRML a partir da técnica de modelagem por *sweep* (varredura). Esta técnica permite criar sólidos de revolução, onde a partir de um contorno descrito em 2D realiza-se um deslocamento e à medida que este contorno descreve uma trajetória no espaço 3D são gerados os polígonos que irão compor o objeto final. Por exemplo, pela rotação de 360° de uma linha ao redor de um eixo, esta ferramenta permite que se modele um tubo [41].

O objetivo deste sistema foi de integrar técnicas de modelagem com a linguagem VRML, através da implementação da técnica de *sweep* [41]. A linguagem Java da Sun Microsystems foi usada para permitir o desenho do objeto em 2D e a reprodução do mesmo na linguagem VRML 2.0, através das técnicas de *sweep* [15,45]. Como a linguagem VRML está voltada, principalmente, para a Internet, o ATSWorlds foi criado para que também possa funcionar pela Internet e ser transmitido junto com as páginas Web [41].

---

<sup>2</sup> CAI significa usar o computador para controlar e acompanhar a apresentação de determinada quantidade de informações ao aluno. Inclui uma interação aluno-computador que se traduz em uma sequência de operações onde a máquina apresenta alguma informação e o estudante responde e, com base no desempenho do aluno, o computador fornece mais informações [38].

Esta ferramenta foi criada então, tanto para ser uma aplicação independente quanto uma aplicação que possa ser executada a partir de um *browser*.

A Figura 2.3 mostra a interface do sistema de modelagem sendo executado como *applet* em uma página HTML a partir de um *browser*. O sistema quando usado como *applet*, permite que se visualize tanto o sistema de modelagem quanto o objeto gerado na mesma tela. A área em branco é o local onde são desenhados os polígonos (2D) que gerarão os objetos pela técnica de *sweep*. Para desenhar um polígono, basta clicar com o mouse em pontos desta área, demarcando os pontos que definem os vértices deste.

Depois de desenhado o polígono, escolhido o tipo de *sweep* e ajustados os parâmetros necessários, basta clicar no botão **Atualizar** para que o ATSWorlds atualize o objeto na parte superior direita da página, como mostra a Figura 2.3.

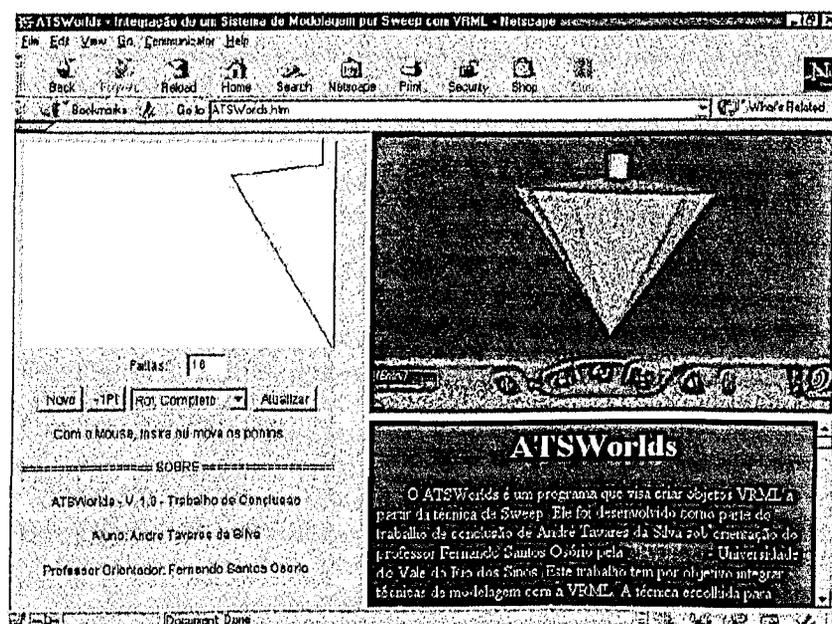


Figura 2.3 - Applet ATSWorlds em uma página HTML (tela inicial)

O botão **Atualizar** deve ser usado toda vez que o usuário desejar alterar o polígono gerador, o tipo de *sweep* ou os parâmetros ou quando o usuário quiser visualizar o objeto a partir de mudanças feitas.

A Figura 2.4 exibe um objeto gerado que foi armazenado no disco, quando da utilização do ATSWorlds como aplicação independente.

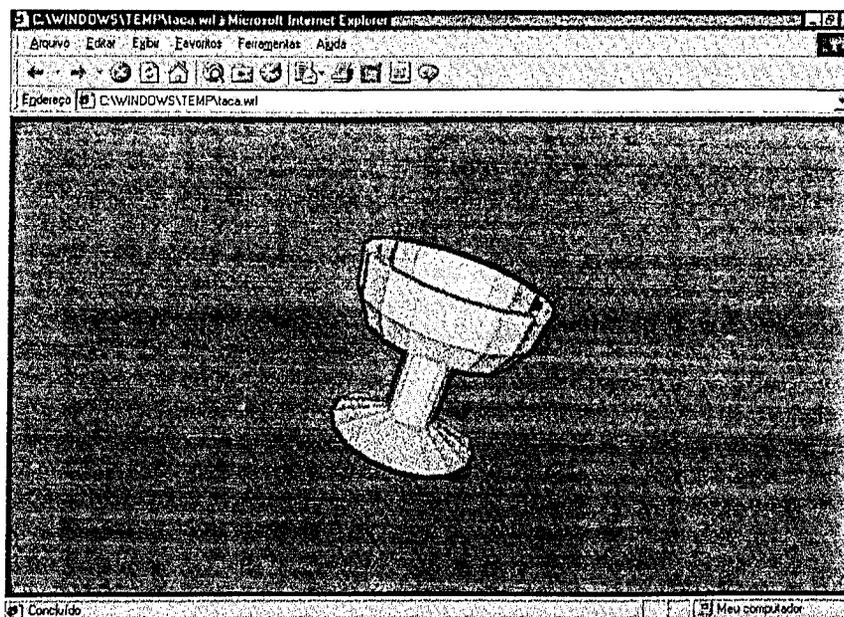


Figura 2.4 - Exemplo de um objeto gerado pela aplicação (taça)

Esse sistema possui uma interface simples, intuitiva e pode ser utilizado em qualquer ambiente operacional e não exige do usuário conhecimento anterior específico sobre o assunto. Porém, o sistema não permite modificações nos sólidos de revolução já criados.

## 2.4. MAT<sup>3D</sup>

O sistema MAT<sup>3D</sup> é o resultado de um projeto de pesquisa acerca de Realidade Virtual não-imersiva, e foi criado para atender a dois objetivos: a) elaborar um modelo conceitual para um Ambiente Virtual (AV) de RV não-imersiva para uso na Educação; b) estudar as possibilidades do uso de sistemas de RV não-imersivos no processo de ensino aprendizagem de Matemática [32].

Os primeiros testes realizados nesse sistema foram feitos com a construção de um sistema de passeio arquitetônico chamado MAT<sup>3D</sup> [15].

O Ambiente Virtual MAT<sup>3D</sup> é constituído de três sessões, cada uma representando

uma etapa do processo de aprendizagem: a) ambiente familiar; b) representações matemáticas; c) avaliação de desempenho do aluno.

Na sessão “ambiente familiar”, à medida que o estudante navega pelo Ambiente Virtual, depara-se com ambientes familiares. Por familiar subentende-se que o estudante pode abstrair a situação proposta pelo sistema. A Figura 2.5 apresenta o sistema na sessão “Ambiente Familiar” [32].

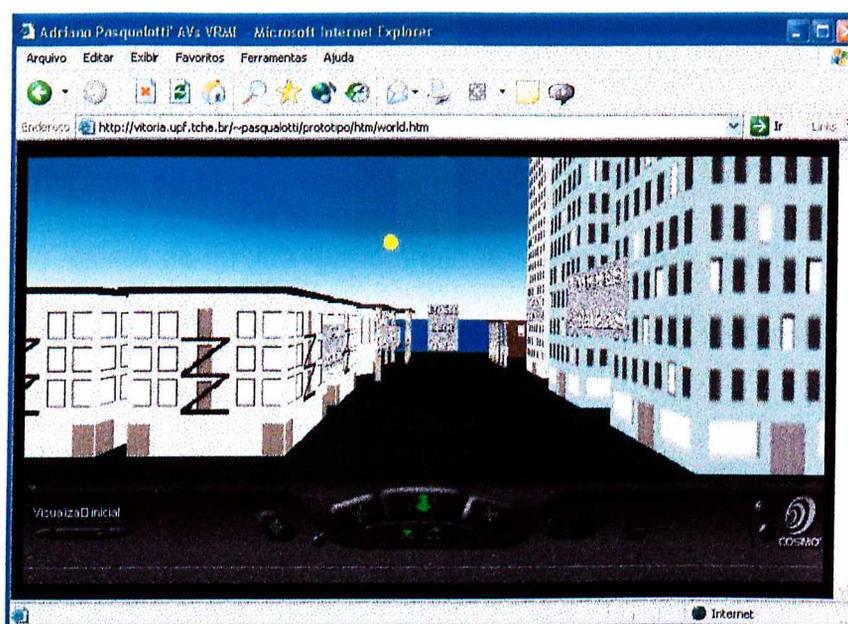


Figura 2.5 - Passeio arquitetônico no “ambiente familiar” MAT<sup>3D</sup>

A intenção de modelar o mundo VRML como uma cidade foi de mostrar aos alunos que os objetos “reais” que eles vivenciam diariamente podem ser representados através de modelos matemáticos. Nesse “ambiente familiar”, à medida que o estudante navega pelo ambiente virtual, depara-se com ambientes familiares. Ele conhece o ambiente através de suas experiências de mundo real e pode apenas navegar nesse ambiente, não interagindo com os objetos [32].

Para entrar na sessão “representações matemáticas”, durante a navegação, o usuário deve procurar um *link* com o nome MAT<sup>3D</sup>. Este *link* permite que o mesmo navegue por um

ambiente onde o assunto abordado é sobre noções básicas de Geometria. Após encontrar o Ambiente Virtual, o usuário se depara com uma página HTML, dividida em *frames*, onde no primeiro *frame*, existem botões que controlam a forma de exibição da janela; no segundo *frame*, encontram-se os objetos modelados em VRML, que representam o tópico em estudo; o terceiro *frame* é utilizado para exibir o referencial teórico do conteúdo estudado e o quarto contém os botões pelos quais o aluno pode exibir o objeto proposto no estudo.

Se desejar modificar a forma ou o tamanho do objeto no Ambiente Virtual proposto ao aluno, este pode utilizar os botões e caixas de texto disponíveis no quarto *frame* para alterar algumas propriedades do objeto, como por exemplo, altura, largura e profundidade de um cubo. Os botões e caixas de texto a que o aluno tem acesso para modificar o objeto no Ambiente Virtual foram implementados em JavaScript e inseridos no hipertexto como mostra a Figura 2.6.

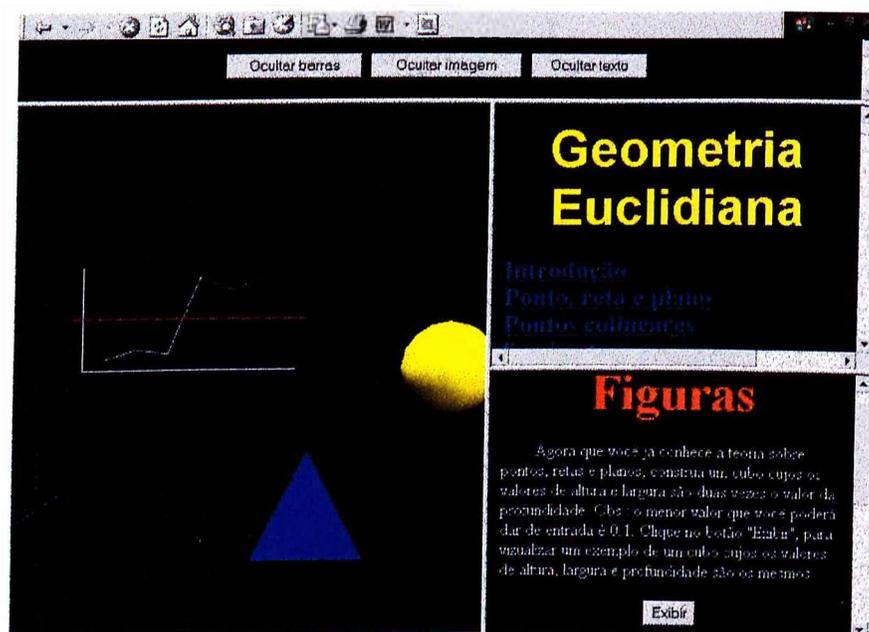


Figura 2.6 - Exemplos de objetos construídos

A terceira sessão “avaliação de desempenho do aluno” encontra-se em todas as páginas do ambiente para registrar as ações do usuário, e essas ações são avaliadas para verificar o grau de aprendizagem adquirido pelo estudante.

Esse protótipo foi utilizado por alunos da 7ª série de uma escola particular e foi constatado que a maioria não se empolgou com a novidade, mesmo o sistema exigindo um conhecimento inicial mínimo de RV [32]. A Realidade Virtual não-imersiva para se tornar um atrativo ao usuário exige do sistema uma grande interação do aprendiz com o meio.

Entretanto, esse sistema apresenta as seguintes limitações: a) o sistema permite somente a interação do usuário com os objetos através da passagem de parâmetros para o mundo virtual; b) o sistema não permite a interação do usuário com os objetos no âmbito da simulação; c) o sistema possibilita ao usuário alterar somente as propriedades físicas do objeto.

Diante da realidade acima exposta, os autores do projeto pretendem integrar a linguagem VRML com outras linguagens para implementar um ambiente mais interativo e interessante aos sentidos do usuário. A utilização de *applets* Java com VRML poderia ser uma das alternativas, apontada pelo autor [32].

## **2.5. VRML Gallery of Electromagnetism**

Este sistema oferece uma série de mundos estáticos desenvolvido na linguagem VRML, e mostra experiências de Física tais como vetores de campo elétrico, vetor de campo magnético, carga bipolar etc [36]. A Figura 2.7 ilustra esse ambiente virtual estático, mostrando o vetor elétrico da carga em uma esfera.

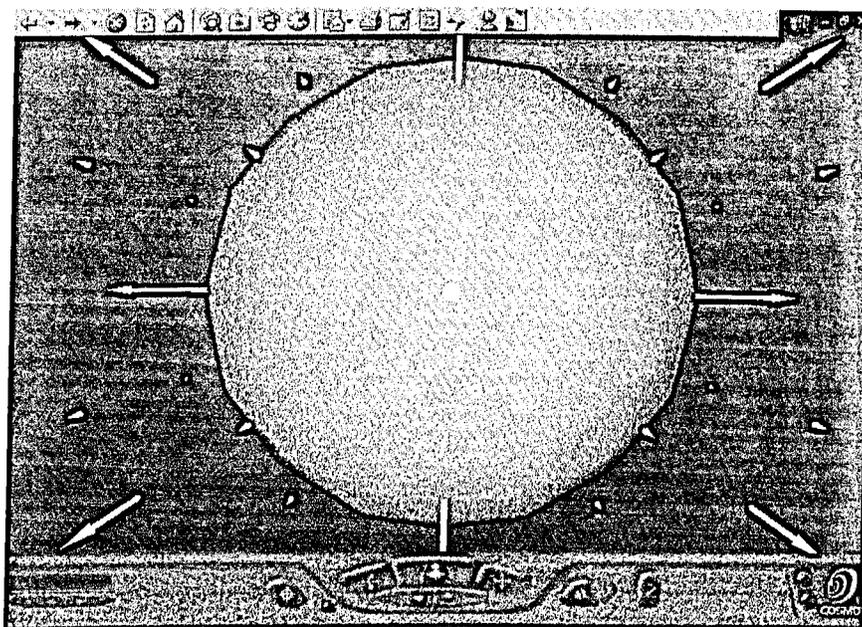


Figura 2.7 - Mundo virtual estático (vetor elétrico da carga em uma esfera)

Atualmente, as pesquisas têm se intensificado na direção de interfaces de RV mais robustas [21]. Embora haja diversas simulações desenvolvidas por VRML Gallery Electromagnetism, estas são representações estáticas de conceitos de eletricidade e não permitem ao usuário modificar ou alterar parâmetros de alteração de características dos campos (elétrico/magnético) ou alteração dos elementos de fontes (cargas elétricas ou em movimento), o que faz do usuário ser apenas um observador das simulações.

## 2.6. Laboratório Virtual de Física - PhysicsWeb

Esse sistema apresenta diversas animações na forma de *applet*, VRML e *Schockwave* definidas por pesquisadores de todo o mundo e disponibilizadas gratuitamente na rede [33].

Há um grande número de *applets* Java em diversos *links* oferecidos pelo sistema, onde podem ser obtidas visualizações 2D de conceitos como reflexão e refração da luz, experiência de Young (difração da luz), dentre outros.

Uma das sessões importantes desse sistema contém mundos virtuais desenvolvidos em VRML para apresentação de conceitos de Física, de forma a permitir ao usuário interação

e modificação de parâmetros físicos e os efeitos de tais modificações.

Como ilustração desse sistema foi escolhida a experiência de um pêndulo imerso ao mesmo tempo em um campo magnético e em um campo gravitacional, que pode ser visualizado na Figura 2.8. Esse pêndulo sofreu modificações de comportamento na oscilação de acordo com a intensidade dos campos envolvidos que são definidas pelo usuário através de toques nos botões de controle que se encontram abaixo do pêndulo. O usuário observa um experimento real, com a vantagem de estar visualizando as linhas de campo magnético.

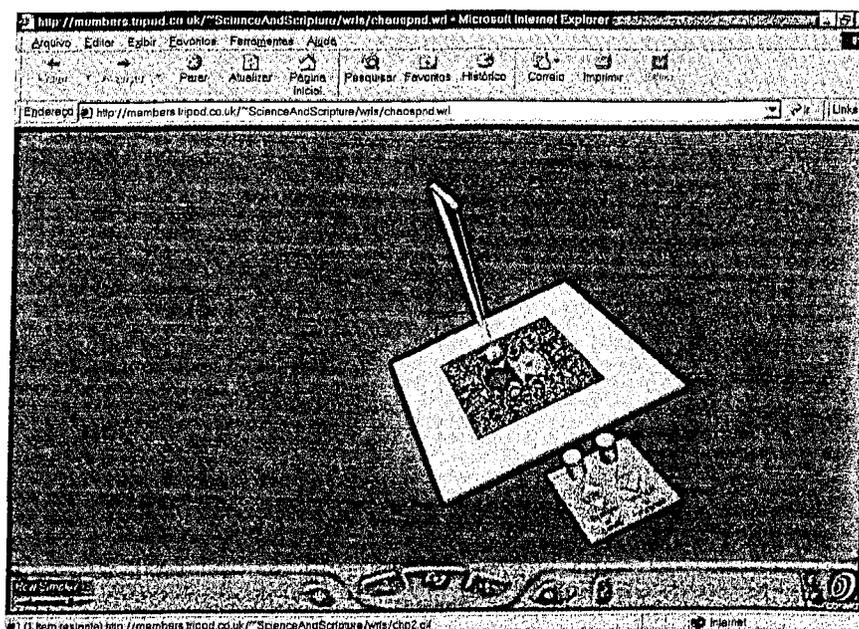


Figura 2.8 - Simulando pêndulos e campos – PhysicsWeb

Em resumo, as principais limitações apresentadas em todos os programas do sistema foram: a) a impossibilidade do usuário manipular os objetos inserindo-os e retirando-os, de forma a experimentar variações nos mundos virtuais apresentados; b) a não permissão para que o usuário crie seus próprios mundos virtuais e armazene-os para trabalhos futuros; c) a não apresentação de textos explicativos no meio dos cenários virtuais, fazendo com que o usuário se sinta confuso durante a sua utilização.

## 2.7. Um Sistema que Simula o Consumo de Energia Elétrica Baseada em Técnicas de Realidade Virtual

Esse sistema foi criado com o objetivo de oferecer ao usuário a possibilidade de utilizar a ferramenta, interagindo livremente com os equipamentos elétricos e simulando o funcionamento da rede elétrica em uma residência virtual, tal qual ocorre na vida real [16].

A arquitetura desenvolvida para esse sistema foi concebida para aproveitar os recursos oferecidos pela tecnologia de Realidade Virtual e, mais especificamente, das linguagens VRML e JavaScript. Esses recursos são utilizados no ambiente virtual para gerar os objetos do mundo virtual, incluir animações nesses objetos, gerar o funcionamento e o controle em tempo real do consumo da energia elétrica na casa virtual e permitir ao usuário interagir com os objetos elétricos da casa [16].

Os objetos da casa virtual foram implementados separadamente e acoplados ao seu cômodo característico. A Figura 2.9 ilustra o cômodo Banheiro, com seus respectivos objetos. A casa virtual completa com todos os cômodos acoplados e respectivos objetos é ilustrada na Figura 2.10.

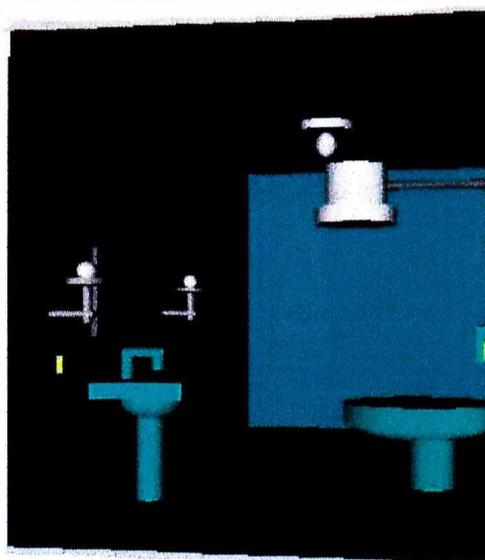


Figura 2.9 - Visão do banheiro

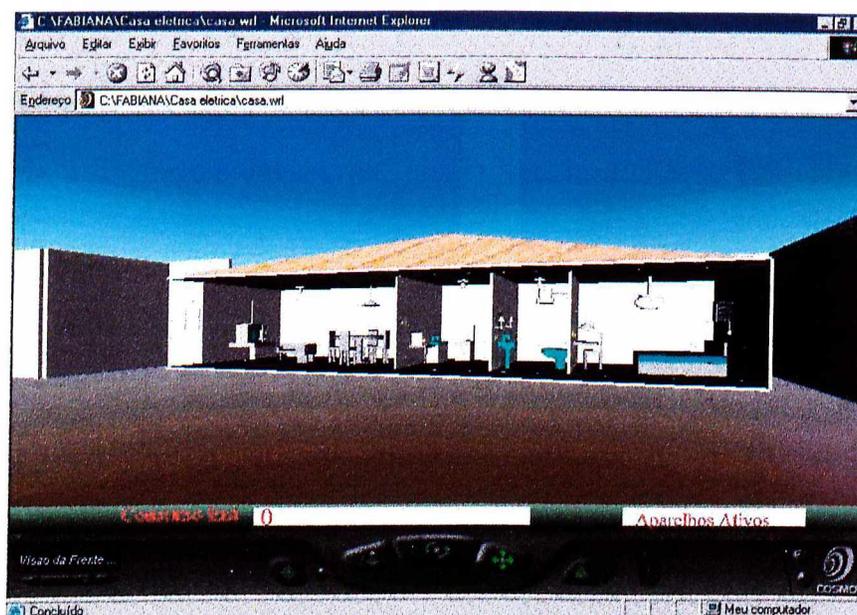


Figura 2.10 - Visão da casa completa

Para que o usuário possa visualizar o consumo de energia dos equipamentos elétricos que foram ligados, o sistema mostra durante o tempo de execução, um painel com o consumo de energia total da casa, ao lado de uma relação dos equipamentos ligados e suas respectivas potências, conforme ilustra a Figura 2.11. Nessa figura é possível observar no Painel dos Aparelhos Ativos quais aparelhos elétricos estão ligados, e as suas potências diferenciadas.

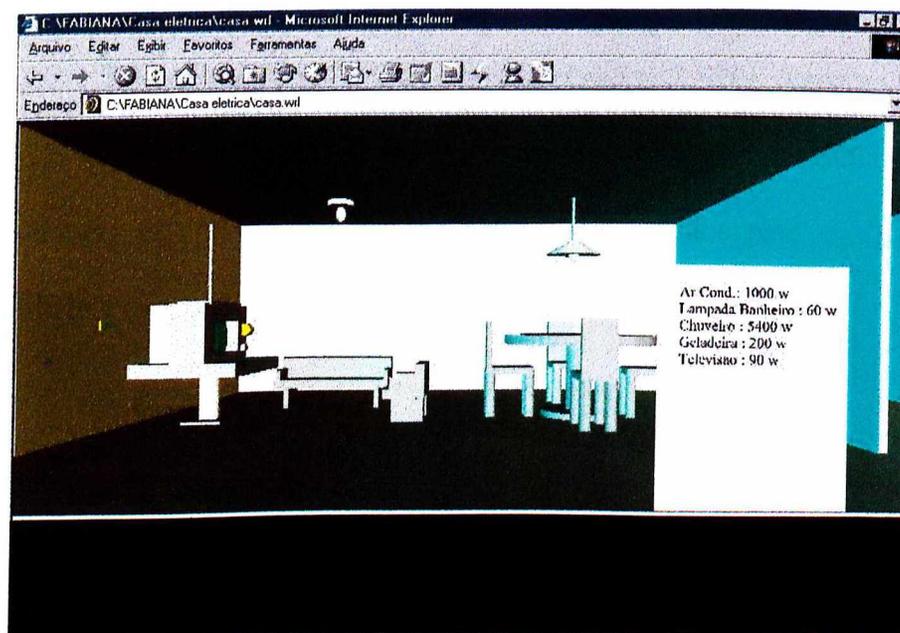


Figura 2.11 - Visão do painel de consumo com vários aparelhos elétricos ligados

Esse sistema possui uma interface intuitiva, proporcionada pelas técnicas de Realidade Virtual aplicadas. A linguagem VRML que permitiu a navegação no ambiente virtual integrada à linguagem JavaScript, possibilitaram a criação das animações em todos objetos elétricos quando acionados pelo usuário e permitiram também a interação do usuário na alteração das potências elétricas de cada equipamento. Entretanto, esse sistema apresenta limitações, como a impossibilidade do usuário interagir com os objetos da casa, a fim de modificar a topologia dos mesmos.

## **2.8. O uso de Realidade Virtual na Visualização e Corte de Poliedros**

Este trabalho apresenta um sistema protótipo que permite a visualização e corte de poliedros. A interação com o poliedro visualizado inicia-se quando o usuário seleciona três pontos do poliedro apresentado em um ambiente virtual (concebidos em VRML) que, avaliados por uma função JavaScript, quanto a colinearidade, são armazenados em vetores. Um plano de corte é criado a partir de cálculos usando estes vetores. Como resultado do corte, uma nova base de dados suporta dois novos sólidos (gerados), que podem ser manipulados independentemente [3].

A Figura 2.12 mostra um cubo que possui sensores VRML, capazes de captarem as coordenadas 3D dos pontos selecionados pelo usuário. A linguagem JavaScript é usada para armazenar e enviar as coordenadas desses pontos selecionados para o VRML, a fim de atualizar o ambiente virtual.

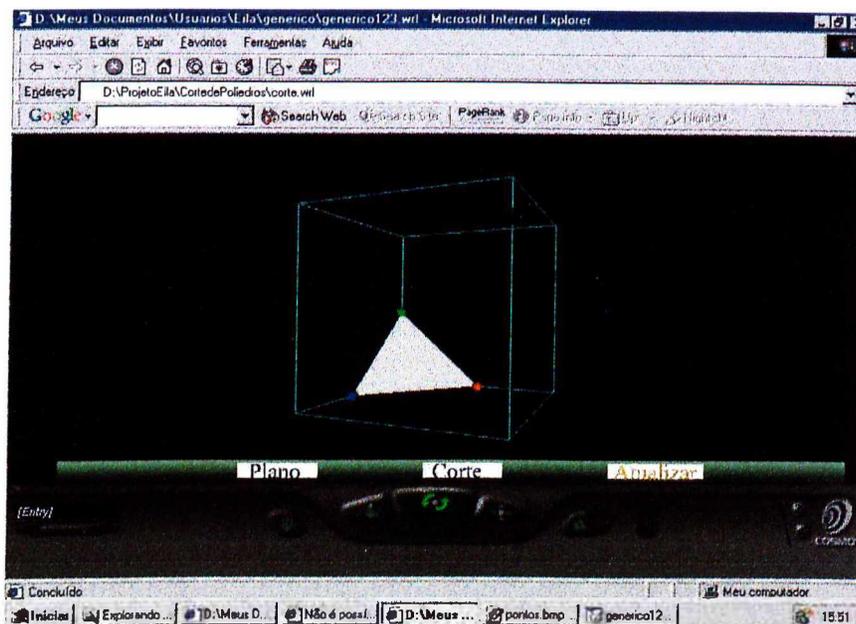


Figura 2.12 - Definindo o Plano de corte

Uma vez que o plano de corte foi determinado, basta o usuário clicar no botão corte para separar o poliedro em dois novos sólidos.

Na Figura 2.13, o corte já foi efetuado e podemos visualizar e manipular separadamente os dois novos sólidos, atualizados no mundo virtual [3].

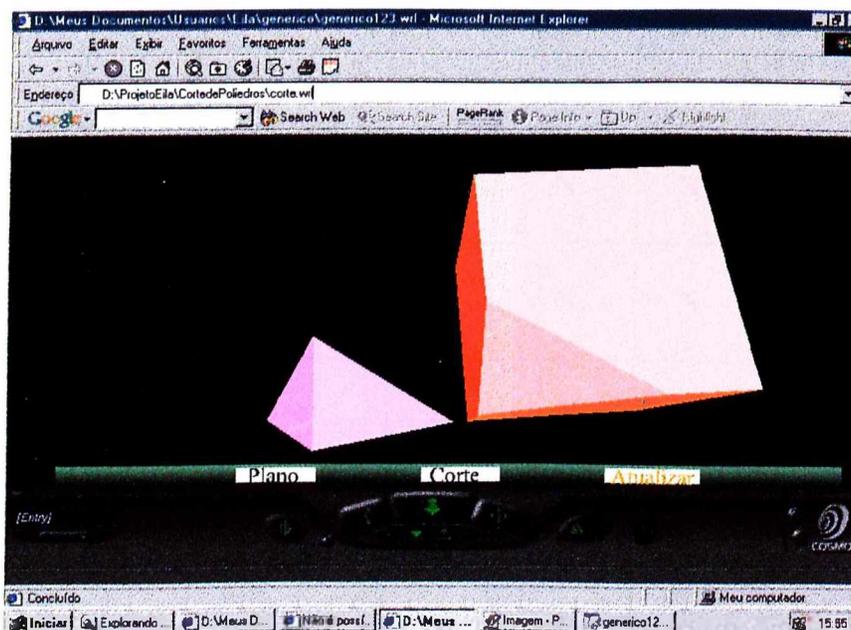


Figura 2.13 - Objeto 3D separados em dois novos sólidos

Constata-se nesse sistema que o uso da linguagem JavaScript associada a linguagem VRML proporcionou um ambiente virtual mais interativo, já que através da integração dessas duas linguagens o sistema permitiu ao usuário: a) a interação direta nos sólidos, através da seleção dos três pontos não-colineares (selecionados para o plano de corte); b) atualização de novos sólidos no mundo virtual em tempo real, interação esta proporcionada pelo resultado do corte. Entretanto, a arquitetura proposta nesse sistema não permitiu explorar a criação e a interação com objetos mais complexos, como por exemplo, superfícies.

## 2.9 Tabela comparativa dos diversos sistemas apresentados

A tabela 2.1 apresenta uma comparação entre os diversos trabalhos relacionados neste Capítulo, destacando-se as características relacionadas com a contribuição deste trabalho. Sendo que as linhas contêm as diversas características dos sistemas de RV e as colunas os sistemas que estão sendo comparados. Colocou-se N para ausência e um S para característica.

	GEO-3D	ATSWorlds	MAT <sup>3D</sup>	VRML Gallery Of Electrom.	Physics Web	Casa Elétrica Virtual	Visualização e Corte de Poliedros
Permite a inserção de novos objetos na cena	N	N	N	N	N	N	S
Armazena as alterações do usuário na cena	N	N	N	N	N	S	S
Interage com os objetos virtuais diretamente	N	N	N	N	N	S	S
Altera os parâmetros da experiência	N	S	S	N	S	S	S
Altera a topologia dos objetos na cena	N	N	N	N	N	N	S

Compatível com diversos SO's	S	S	S	S	S	S	S
Experimentos relacionados a conteúdos específicos	S	S	S	S	S	S	S
Não é necessário conhecer lógica de programação	S	S	S	S	S	S	S
Acessível diretamente via WEB	S	S	S	S	S	S	S

## 2.10 Sumário e Conclusões

O computador apresenta grande potencial como ferramenta de apoio ao ensino, na medida em que se pode usá-lo para enriquecer a organização dos ambientes de aprendizagem dos programas educacionais [13], e tem maior contribuição na Educação quando o sistema possibilita a utilização de ambientes virtuais mais interativos.

As razões para se utilizar ambientes virtuais com essa característica no meio educacional são várias: facilita a motivação, estimula a criatividade e a realização de experiências, possibilita o ensino-aprendizagem pela descoberta etc. [30,42].

A análise dos trabalhos descritos anteriormente mostra que alguns sistemas apresentam limitações quanto à interação do usuário com o mundo virtual, tais como: a) não permitir a inserção de novos objetos após a simulação; b) não permitir a alteração quanto a topologia desses objetos após a sua criação no mundo; c) colocar o usuário apenas como observador do mundo virtual, apesar dos sistemas apresentarem simulações de experiências.

Esses mundos virtuais foram desenvolvidos na linguagem VRML, que é uma linguagem que oferece uma série de funcionalidades. Dentre estas, pode-se ressaltar a

facilidade de se criar mundos e objetos 3D interativos; melhorar a funcionalidade dos mundos e objetos criados em VRML, já que permite a integração com outras linguagens, como Java, JavaScript etc e permite a integração com outros formatos de arquivos como HTML [28].

Para resolver as limitações acima citadas, faz-se necessário desenvolver técnicas de RV que possibilitem uma maior interação do usuário com o mundo virtual, de modo a permitir que o aprendiz estimule a sua criatividade e seu interesse pelo assunto abordado, respeitando o seu ritmo de aprendizado.

Baseado no trabalho que explora o uso da Realidade Virtual na Visualização e Corte de Poliedros, esta dissertação propõe técnicas de RV que proporcionem uma interação direta com objetos mais complexos do que com os objetos tratados no trabalho em questão.

Nessa linha de pesquisa, apresentamos no próximo capítulo a descrição detalhada da arquitetura do sistema proposto.

## CAPÍTULO III

### 3. FERRAMENTAS E ARQUITETURA DO SISTEMA PROPOSTO

#### 3.1. Introdução

A partir do estudo realizado no Capítulo 2, foi possível propor uma arquitetura de um sistema que permite maior interação com o usuário e que contribui para o ensino/aprendizado de visualização e corte de superfícies.

A arquitetura foi desenvolvida a partir de técnicas de Realidade Virtual, utilizando as linguagens VRML e JavaScript, com o auxílio do software MatLab para gerar as superfícies de interesse. Portanto, neste capítulo apresentaremos a descrição das ferramentas utilizadas e a referida arquitetura.

#### 3.2. A Linguagem VRML e JavaScript

A Linguagem VRML (*Virtual Reality Modeling Language*) foi desenvolvida para ser usada na Internet, e permite aos usuários da rede a criação e intercâmbio de arquivos tridimensionais interativos. Ela é uma linguagem independente de plataforma e é empregada na descrição de cenas tridimensionais que podem ser visualizadas através da “*World Wide Web*”, a partir de arquivos residentes no computador do usuário [6,7,43].

A versão VRML 1.0 era muito limitada e permitia somente a construção de mundos

estáticos, sem interação ou animação. O observador podia apenas se mover entre os objetos que compunham as cenas. Sua versão atual é a VRML 2.0, chamada também de “*Moving Worlds*”. Esta característica foi melhorada através de mundos estáticos mais aperfeiçoados, como acréscimos de recursos de: a) navegação interativa; b) inclusão de som; c) sensores; além da possibilidade de animação dos arquivos produzidos [1,7,43].

VRML 2.0 apresenta diferenciais que facilitam sua utilização, tais como: elementos 3D geométricos, formas pré-definidas e com atributos variáveis. Além disso, a melhoria dos mundos estáticos é observada através da possibilidade de maior realismo das cenas. Outro recurso incluído na versão VRML 2.0 é o nodo do tipo *script* que facilita as animações e interações utilizando-se a linguagem Java ou JavaScript de forma a complementar a troca de informações entre os elementos do mundo virtual [1,7,43].

O documento associado a uma cena em VRML é, essencialmente, um arquivo de texto comum, que pode ser criado a partir de editores de texto convencionais. É uma linguagem independente de plataforma e seu arquivo é lido por um *browser*, como por exemplo, o Netscape, e é acompanhado de um *plug-in*, como o Cosmo Player.

Neste trabalho, a linguagem VRML foi integrada à linguagem JavaScript. A linguagem JavaScript pode controlar a interatividade e outras características avançadas de um mundo VRML via um *script*. Assim, para programar o comportamento em uma cena, um nó *script* é criado para receber eventos que significam uma ação do usuário, executa um código que realiza algum tipo de cálculo em resposta ao evento, e envia eventos para outras partes da cena. Então, *scripts* fornecem uma maneira flexível e poderosa de estender as funcionalidades da linguagem VRML [7,43].

Essas características fazem desta linguagem um poderoso recurso educacional, pois possibilita a visualização de conceitos abstratos, a observação de mundos em escalas micro ou

macroscópicas, a navegação em locais de acesso difícil ou perigoso e o manuseio seguro de modelos virtuais de sistemas complexos [5,43].

### 3.3. Arquitetura do Sistema

O diagrama ilustrado na Figura 3.1 apresenta uma visão geral do funcionamento e relacionamento entre as partes que compõe o sistema protótipo para visualização e corte de superfícies quádricas.

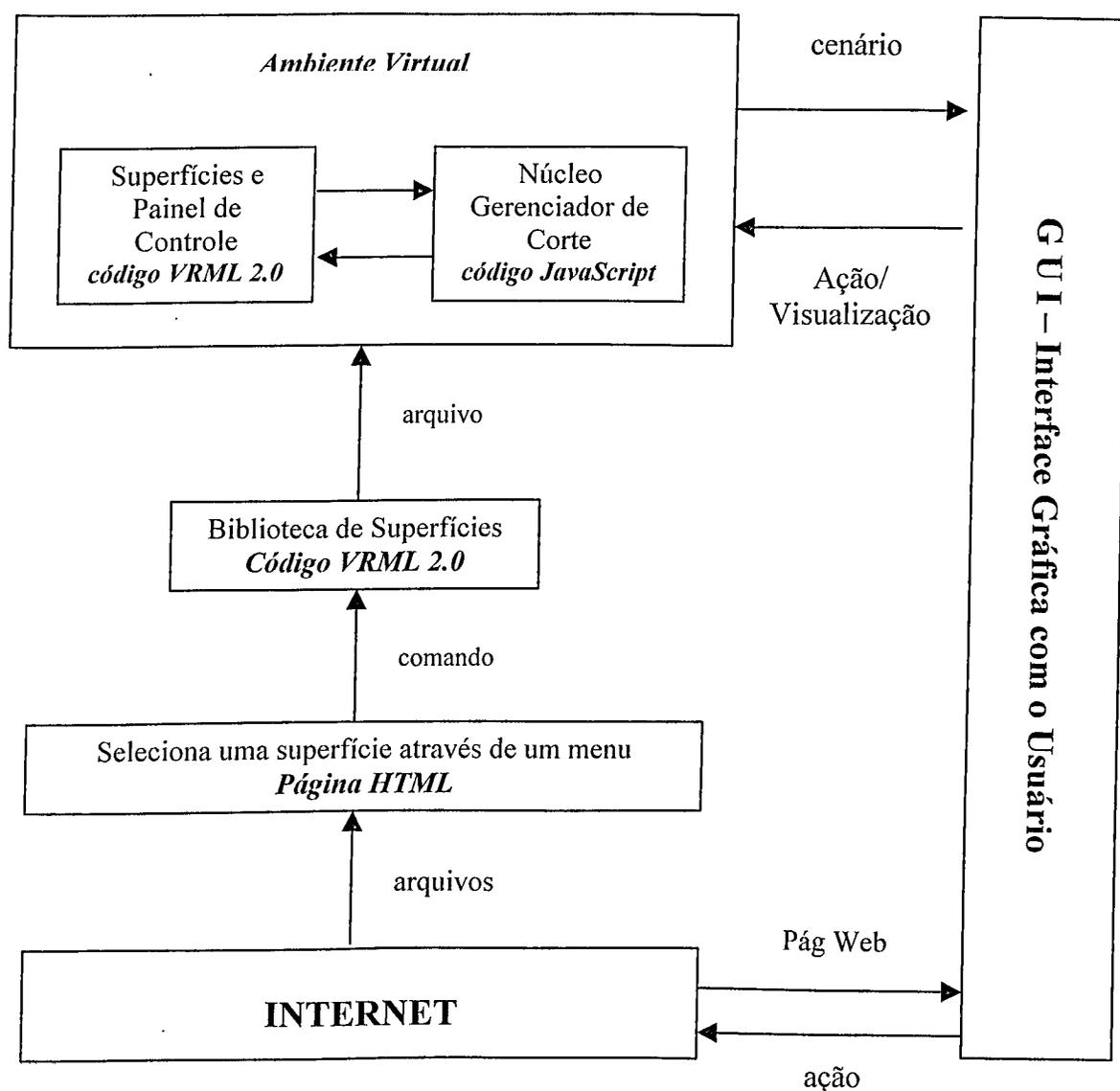


Figura 3.1 - Arquitetura do sistema proposto

A arquitetura proposta é formada pelos seguintes módulos: **Ambiente Virtual** que está dividido em dois sub-módulos internos, o módulo - **Biblioteca de Superfícies**, o módulo - **Página HTML** e o módulo da **Internet**. O bloco que mostra a **GUI – Interface Gráfica com o Usuário** representa a interface com o usuário e disponibiliza o cenário do Ambiente Virtual composto por objetos previamente definidos para visualização, navegação e interação no ambiente através das ações executadas pelo usuário. O sistema proposto é não-imersivo e possibilita que o usuário utilize apenas o monitor de vídeo e o mouse em sua GUI para proporcionar a interface com o mesmo.

### 3.4. Módulo da Internet

Como a linguagem VRML está voltada para a Internet [10,22], o ideal seria um sistema que funcionasse também pela Internet, e que pudesse ser transmitido junto com as páginas Web e que fosse independente de plataforma. Para que o sistema assim acontecesse, a linguagem JavaScript foi integrada a VRML.

Para atingir um maior número de usuários, a arquitetura desse sistema foi projetada para ser executada tanto como aplicativo quanto pela Internet.

### 3.5. Módulo - Página HTML

Este módulo apresenta uma página HTML com algumas informações iniciais sobre o sistema e disponibiliza um menu no qual o usuário seleciona a superfície que deseja visualizar e cortar. Assim que o usuário seleciona a superfície, é disparado um comando HTML que busca a superfície correspondente no módulo - **Biblioteca de Superfícies** e executa o módulo - **Ambiente Virtual** para visualizar a superfície selecionada.

### 3.6. Módulo – Biblioteca de Superfícies

Para gerar as superfícies de interesse foi utilizado o software MatLab já que o mesmo se mostrou adequado para o estudo de caso proposto. Entretanto, foi necessário, primeiramente, gerar todas as superfícies quádricas a serem utilizadas no sistema protótipo. A Figura 3.2 mostra, como exemplo, a superfície esférica gerada pelo MatLab.

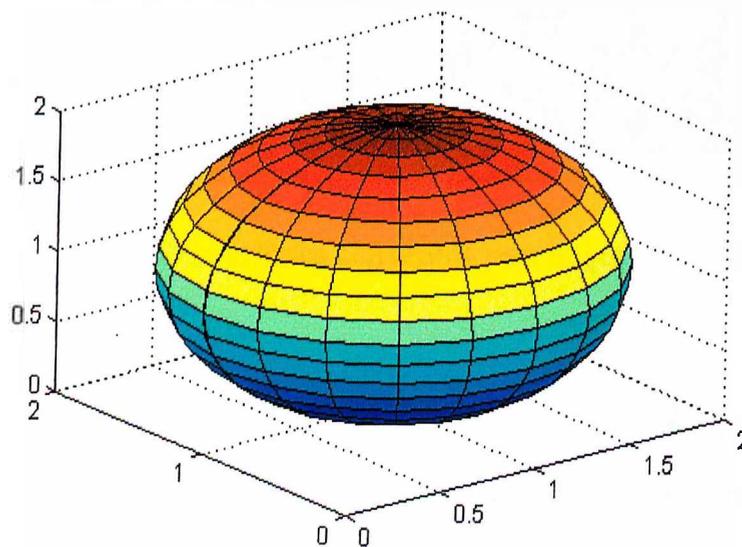


Figura 3.2 - Superfície esférica gerada no MatLab

O MatLab possui a opção de converter as superfícies geradas para a linguagem VRML 2.0 [24]. Sendo assim, cada superfície quádrica gerada foi convertida para esta linguagem, e para cada uma dessas superfícies o MatLab criou um arquivo com código VRML 2.0 correspondente. Esses arquivos são lidos por um *browser*, acompanhado de um *plug-in*, como o Cosmo Player utilizado neste caso. Porém, o usuário não visualiza essa passagem, pois todas as superfícies quádricas necessárias já foram geradas e armazenadas na Biblioteca de Superfícies.

A Figura 3.3 ilustra a superfície esférica já convertida para a linguagem VRML 2.0, sendo visualizada em um *browser*.

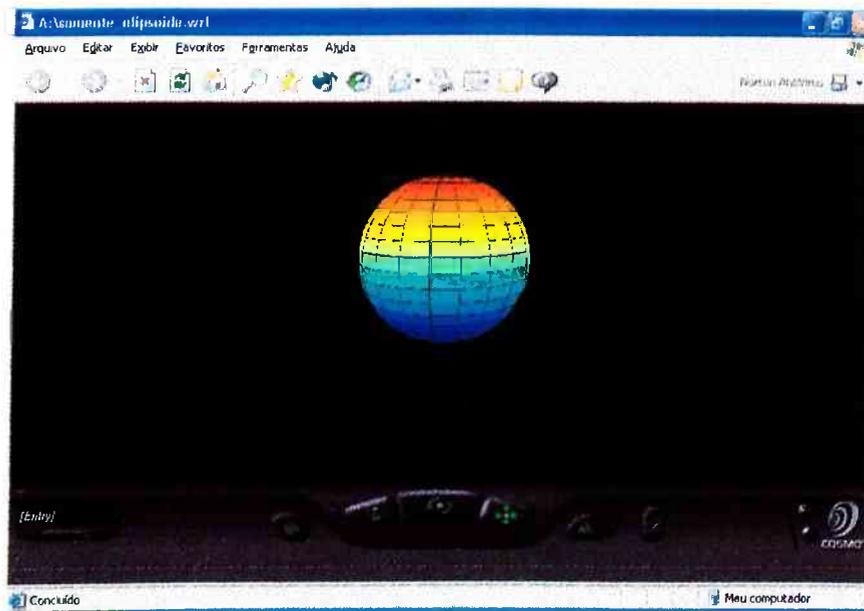


Figura 3.3 - Superfície esférica convertida para linguagem VRML 2.0

O código a seguir mostra um trecho do arquivo VRML 2.0 gerado pelo MatLab quando foi realizada a conversão da superfície esférica visualizada na Figura 3.3. Este arquivo é utilizado no módulo - Ambiente Virtual e encontra-se armazenado na Biblioteca de Superfícies.

```

DEF Superficie Group { # Superfície Esférica
  Children [
    Shape {
      geometry IndexedFaceSet { # cria uma geometria formada por faces indexadas
        solid FALSE
        coord DEF surface100001 Coordinate{
          point [ # pontos no espaço que formam a superfície – 441 pontos
            1.000000 1.000000 0.000000,
            0.843566 1.000000 0.012312,
            0.690983 1.000000 0.048943,
            0.546010 1.000000 0.108993,
            0.412215 1.000000 0.190983,
            0.292893 1.000000 0.292893,
            0.190983 1.000000 0.412215,
            .....]
        }
        coordIndex [ # índices que geram as faces poligonais por meio da
          # ligação dos pontos previamente definidos no nó Coordinate
            21,0,1,22,-1
            42,21,22,43,-1
            63,42,43,64,-1
          ]
      }
    ]
  }
}

```

```

84,63,64,85,-1
105,84,85,106,-1
126,105,106,127,-1
147,126,127,148,-1
..... ] # no total temos nesse exemplo 2000 índices

}}
Shape {
  geometry IndexedLineSet { # cria geometrias a partir de linhas
    coord USE surface100001 # utiliza os pontos definidos na função surface100001
    coordIndex [ # índices utilizados para especificar a conectividade dos
                # dos pontos definidos na função surface100001
                21,0,1,22,-1
                42,21,22,43,-1
                63,42,43,64,-1
                84,63,64,85,-1
                105,84,85,106,-1
                .....] # no total são 2000 índices
  } }

... <código> .... # formatação das cores das faces e das linhas
1 }

```

O nó *IndexedFaceSet* cria uma figura 3D formada pela construção de faces (polígonos) por meio dos vértices contidos no campo *coord* [1,9]. O campo *coord* contém um nó chamado *Coordinate* que determina no seu campo *point*, todos os pontos no espaço. Os pontos são as coordenadas X, Y, Z. A partir desses dados o *IndexedFaceSet* usa os índices contidos no seu campo *coordIndex* para gerar as faces poligonais por meio da ligação dos pontos previamente definidos no nó *Coordinate*.

Já o nó *IndexedLineSet* cria geometrias a partir de linhas, através dos pontos definidos no campo *coord* e usa os índices contidos no seu campo *coordIndex* para especificar a conectividade dos pontos armazenados no campo *coord* [1,9].

Assim, define-se a posição dos pontos no espaço e a ligação destes, formando então uma superfície quádrica.

### 3.7. Módulo do Ambiente Virtual

Este módulo está dividido em dois sub-módulos: Superfícies e Painel de Controle, e o Núcleo Gerenciador de Corte.

O sub-módulo Superfícies e Painel de Controle foram modelados na linguagem VRML 2.0 e representam, respectivamente, as superfícies quádricas que serão visualizadas e os três botões de controle do sistema, chamados de: Plano, Corte e Atualizar. O botão Plano (sensor) quando selecionado irá traçar o plano de corte na superfície quádrica, desde que o usuário já tenha clicado nos três pontos não-colineares quaisquer na superfície visualizada. O botão Corte (sensor), quando selecionado irá realizar transformações geométricas para separar e visualizar as duas novas superfícies. O botão Atualizar (sensor), atualiza o sistema inserindo a mesma superfície quádrica antes da sua modificação. A Figura 3.4 mostra a superfície esférica acompanhada do Painel de Controle.

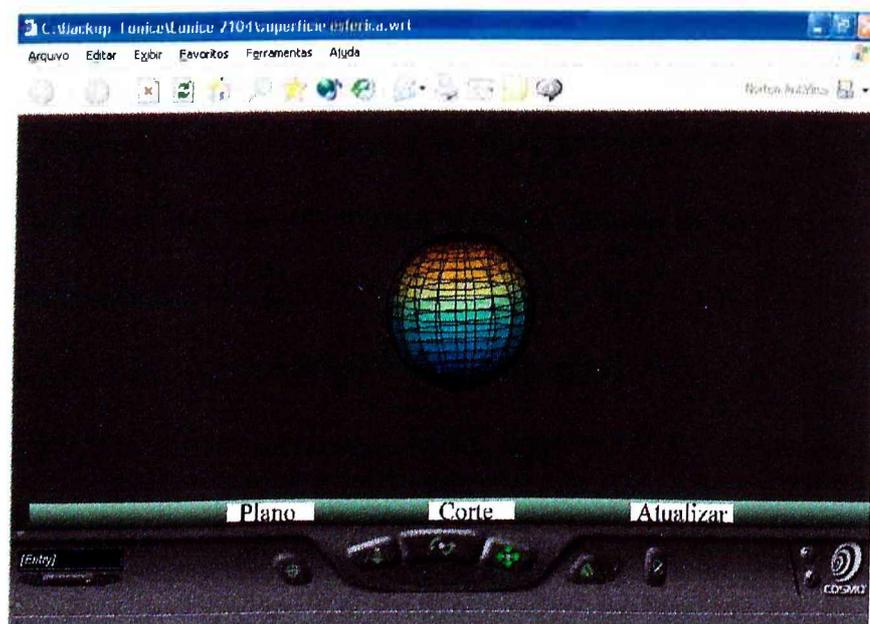


Figura 3.4 - Superfície esférica e painel de controle

Para permitir tal interação no mundo virtual foi necessário inserir no arquivo VRML

nós *scripts* criados a partir da linguagem JavaScript, pois o VRML é limitado para atualizações automáticas, on-line e interativa de mundos virtuais [1,9]. Então, foi criado o sub-módulo Núcleo Gerenciador de Corte, desenvolvido na linguagem JavaScript, que gerencia todas as interações do usuário, inclusive as ações executadas pelo Painel de Controle. Vale ressaltar que esse painel foi modelado no mundo virtual através da linguagem VRML, porém as ações executadas por cada botão quando selecionados são enviadas para o Núcleo Gerenciador de Corte e executadas por ele. Em seguida, a resposta é enviada ao sub-módulo Superfícies e Painel de Controle para visualização.

### 3.8. Sumário e Conclusões

Considerando a análise realizada no Capítulo 2, dos diversos sistemas educacionais desenvolvidos a partir de técnicas de Realidade Virtual, este trabalho busca desenvolver uma arquitetura para um sistema educacional mais interativo e que proporcione o aprendizado de superfícies.

Nessa arquitetura utilizou-se o software MatLab para gerar as superfícies de interesse e através deste software foi possível converter tais superfícies para a linguagem VRML 2.0. Essas superfícies foram inseridas no mundo virtual e através de funções *scripts* escritas em JavaScript e inseridas no código VRML do mundo virtual foi possível proporcionar uma maior interação do usuário com as superfícies visualizadas.

No próximo capítulo apresentaremos a implementação do sistema, bem como as técnicas utilizadas.

## CAPÍTULO IV

### 4. IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA

#### 4.1. Introdução

Este capítulo descreve a implementação do módulo Ambiente Virtual que faz parte da arquitetura do sistema proposto.

A implementação deste módulo foi feita nas linguagens VRML e JavaScript, tendo esse sistema o propósito de auxiliar no ensino-aprendizado de superfícies quádricas e apresentar técnicas de interação que foram possíveis de serem implementadas devido aos recursos oferecido por essas linguagens.

#### 4.2. Implementação

O módulo Ambiente Virtual está dividido em dois sub-módulos, os quais são Superfícies e Painel de Controle e, o Núcleo Gerenciador de Corte, como ilustra a Figura 4.1.

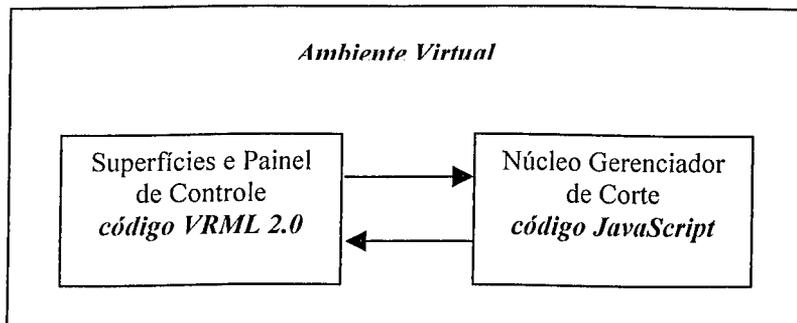


Figura 4.1 - Módulo principal do sistema - ambiente virtual

### 4.2.1. Superfícies e Painel de Controle

Superfícies representam as superfícies quádricas disponíveis no sistema para visualização. Como foi explicado no Capítulo 3, essas superfícies foram geradas no software MatLab e convertidas para a linguagem VRML 2.0.

Esta linguagem fornece grande variedade de nós que podem ser utilizados para criar objetos tridimensionais que combinam os nós *Cube*, *Cylinder* e *Cone*. Porém, à medida que os objetos se tornam mais complexos e dependendo do tipo de representação, faz-se necessário utilizar conjuntos de faces indexadas, através do nó *IndexedFaceSet*, pois um conjunto de faces indexadas pode definir um conjunto de poligonais que compõem um objeto 3D [18].

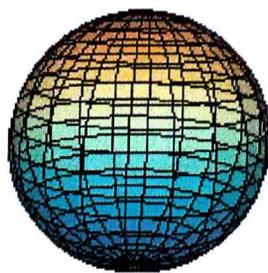


Figura 4.2 - Superfície esférica formada por faces indexadas

Entretanto, a construção de formas complexas, como uma superfície, por meio de um conjunto de faces, demandou um grande número de pontos. O trecho de código VRML a seguir, cria uma superfície quádrica por meio de um conjunto de faces indexadas utilizando o nó *IndexedFaceSet* e constrói nessa mesma superfície um conjunto de linhas criadas a partir do nó *IndexedLineSet*. Essas linhas são para proporcionar uma melhor visualização de cada face da superfície.

```

DEF elip Group {
  Children [
    Shape {
      appearance Appearance {
        material Material {
          transparency 0.5  }}
      geometry IndexedFaceSet { # cria uma geometria formada por faces indexadas
        solid FALSE
        coord DEF surface100001 Coordinate{
          point [ # pontos no espaço que formam a superfície – 441 pontos
            1.000000 1.000000 0.000000,
            0.843566 1.000000 0.012312,
            0.690983 1.000000 0.048943,
            0.546010 1.000000 0.108993,
            0.412215 1.000000 0.190983,
            0.292893 1.000000 0.292893,
            0.190983 1.000000 0.412215,
            .....]
          }
        coordIndex [ # índices que geram as faces poligonais por meio da
          # ligação dos pontos previamente definidos no nó Coordinate
            21,0,1,22,-1
            42,21,22,43,-1
            63,42,43,64,-1
            84,63,64,85,-1
            105,84,85,106,-1
            126,105,106,127,-1
            147,126,127,148,-1
            ..... ] # no total temos nesse exemplo 2000 índices

    Shape {
      appearance Appearance {
        material Material {
          transparency 0.5  }}
      geometry IndexedLineSet { # cria geometrias a partir de linhas
        coord USE surface100001 # utiliza os pontos definidos na função surface100001
        coordIndex [ # índices utilizados para especificar a conectividade dos
          # dos pontos definidos na função surface100001
            21,0,1,22,-1
            42,21,22,43,-1
            63,42,43,64,-1
            84,63,64,85,-1
            105,84,85,106,-1
            .....] # no total são 2000 índices
        color Color {
          color [ 0 0 0 ]
        }
        colorPerVertex FALSE
      } }

    DEF SENSOR TouchSensor { } # sensor de toque que captura o toque do usuário na
      # superfície, através do mouse
  } }
} }

```

A fim de possibilitar a interação do usuário com a cena, existem nós especiais chamados sensores (ou *sensor nodes*). Estes nós, além de campos (*fields*), possuem, em geral, eventos (*events*). Basicamente, os sensores reagem a algum evento, o qual, por sua vez, indica que algo aconteceu, como por exemplo, que o valor de algum campo foi alterado, o *mouse* foi clicado ou, simplesmente, que transcorreu um certo período de tempo [1,9]. Neste caso, foi acrescentado o sensor de toque para capturar o toque do usuário através do mouse. O código usa um nó chamado *TouchSensor* para aplicar o sensor de toque ao objeto *superfície* definido no nó *Group*, este comando está inserido no final do trecho de código apresentado acima.

#### 4.2.2. Núcleo Gerenciador de Corte

O Núcleo Gerenciador de Corte armazena um arquivo contendo todas as funções *scripts* implementadas na linguagem JavaScript. Como outros nós, um *script* recebe eventos de entrada e gera eventos de saída e provê um meio de incluir formas mais complexas de interação do usuário com as superfícies quádricas e com o painel de controle, enviando as ações resultantes dessas interações para o Núcleo Gerenciador de Corte.

Por exemplo, os pontos selecionados pelo usuário são enviados para funções *scripts*, armazenadas no Núcleo Gerenciador de Corte e todos os cálculos matemáticos necessários para gerar o plano de corte, realizar o corte na superfície e efetuar transformações geométricas para exibir as duas novas superfícies no ambiente virtual são executados neste sub-módulo.

Iniciaremos a abordagem dos *scripts* contidos nesse módulo, analisando como o usuário seleciona os pontos na superfície. Por meio do sensor *TouchSensor*, apresentado na seção 4.2.1 o usuário seleciona pontos aleatórios na superfície através do duplo-clique do mouse. O duplo-clique é necessário, pois o primeiro clique tem a finalidade de capturar as coordenadas do ponto selecionado e o segundo clique tem a finalidade de transladar uma pequena esfera para a posição do ponto selecionado. O usuário deve, obrigatoriamente,

selecionar três pontos não-colineares da superfície, isto é, que não pertençam à mesma reta, para que seja possível definir um plano de corte.

Entretanto, o sistema calcula a posição do quarto ponto no espaço para oferecer uma melhor visualização do plano de corte (que neste trabalho é representado como um quadrilátero). A partir desses três pontos, o quarto ponto é calculado por meio da soma de vetores, considerando que graficamente, o vetor soma é o segmento orientado que fecha o poligonal, tendo por origem, a origem do primeiro vetor e por extremidade, a extremidade do último vetor [44], como ilustra a Figura 4.3.

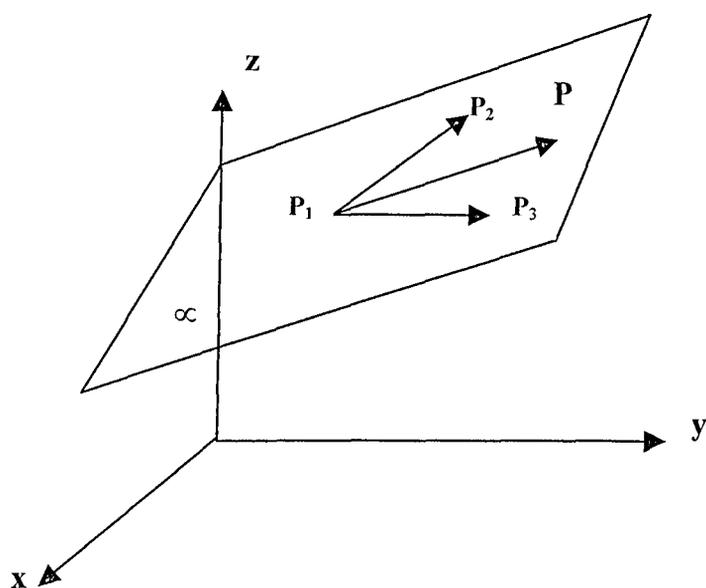


Figura 4.3 - Um plano definido por três pontos não-colineares

Os três pontos selecionados pelo usuário e o cálculo do quarto ponto estão implementados em uma função *script* escrita na linguagem JavaScript, um trecho do código é mostrado a seguir.

```

function touchTime(value, time) { # esta função soma cada clique do mouse,
    touchCount++                # e incrementa na variável touchCount
} // fim touchTime
function posicao (value,time){
    position[0] = value[0];
    position[1] = value[1];
    position[2] = value[2];
    if (touchCount==0){ # primeiro clique do mouse, armazena o ponto selecionado pelo usuário
        ponto1[0]=position[0]; # armazena no vetor ponto1 a coordenada X do primeiro ponto selecionado
        ponto1[1]=position[1]; # armazena no vetor ponto1 a coordenada Y do primeiro ponto selecionado
        ponto1[2]=position[2]; # armazena no vetor ponto1 a coordenada Z do primeiro ponto selecionado
    } // fim if
    if (touchCount ==1){ # segundo clique do mouse, armazena novamente o ponto selecionado pelo
# usuário para então usá-lo no momento de transladar a esfera que representa o ponto selecionado
        position_changed1[0]=ponto1[0];
        position_changed1[1]=ponto1[1];
        position_changed1[2]=ponto1[2]; }
    if (touchCount==2){ # terceiro clique do mouse
        ponto2[0]=position[0]; # armazena no vetor ponto2 a coordenada X do segundo ponto selecionado
        ponto2[1]=position[1]; # armazena no vetor ponto2 a coordenada Y do segundo ponto selecionado
        ponto2[2]=position[2]; # armazena no vetor ponto2 a coordenada Z do segundo ponto selecionado
    } // fim if
    if (touchCount ==3){ # quarto clique do mouse
        position_changed2[0]=ponto2[0];
        position_changed2[1]=ponto2[1];
        position_changed2[2]=ponto2[2];
    } // fim if
    if (touchCount==4){ # quinto clique do mouse
        ponto3[0]=position[0]; # armazena no vetor ponto3 a coordenada X do terceiro ponto selecionado
        ponto3[1]=position[1]; # armazena no vetor ponto3 a coordenada Y do terceiro ponto selecionado
        ponto3[2]=position[2]; # armazena no vetor ponto3 a coordenada Z do terceiro ponto selecionado
    } //fim if
    if (touchCount ==5){ # sexto clique do mouse
        position_changed3[0]=ponto3[0];
        position_changed3[1]=ponto3[1];
        position_changed3[2]=ponto3[2];

        # calcula o quarto ponto através da soma de vetores e armazena as coordenadas no
        # vetor ponto4 e position_changed4
        ponto4.x=((ponto1.x - ponto2.x)+(ponto3.x - ponto2.x)+ponto2.x);
        ponto4.y=((ponto1.y - ponto2.y)+(ponto3.y - ponto2.y)+ponto2.y);
        ponto4.z=((ponto1.z - ponto2.z)+(ponto3.z - ponto2.z)+ponto2.z);
        position_changed4[0]=ponto4.x;
        position_changed4[1]=ponto4.y;
        position_changed4[2]=ponto4.z;
    } //fim do touch 5
    // ... <código>...
}
// fim da função posição

```

Usando a instrução *ROUTE* inserida no código VRML do sub-módulo Superfícies e Painel de Controle, a mesma mapeia o processamento do sensor de toque para a função *script*

de nome **posição** apresentada acima, enviando as coordenadas (X,Y,Z) de cada ponto selecionado pelo usuário para um vetor. Além disso, através dessa instrução pequenas esferas são transladas para a posição dos pontos selecionados. Observe o código VRML abaixo e verifique as várias instruções *ROUTE* que são processadas no sub-módulo Superfícies e Painel de Controle.

```

DEF SCRIPT Script {
  field SFNode elipsoides USE Elipsoide
  field SFNode plano USE coordplano2
  field SFNode ponto USE surface10001
  field SFNode pontoplanofixo USE coordplano2 # pega os pontos do plano fixo horizontal
  field SFInt32 touchCount 0 # inicia a variável touchCount com 0

  eventIn SFTime touchTime
  eventIn SFVec3f posicao

  # são eventos de saída, o sub-módulo Superfícies e Painel de Controle recebe do Núcleo Gerenciador de
  Corte as coordenadas de cada ponto selecionado pelo usuário e o ponto que foi calculado
  eventOut SFVec3f ponto1
  eventOut SFVec3f ponto2
  eventOut SFVec3f ponto3
  eventOut SFVec3f ponto4

  # são eventos de saída, o sub-módulo Superfícies e Painel de Controle recebe do Núcleo Gerenciador de
  Corte as coordenadas de cada ponto selecionado pelo usuário e o ponto que foi calculado
  eventOut SFVec3f position_changed1
  eventOut SFVec3f position_changed2
  eventOut SFVec3f position_changed3
  eventOut SFVec3f position_changed4

} # fim do script

ROUTE SENSOR.touchTime TO SCRIPT.touchTime
ROUTE SENSOR.hitPoint_changed TO SCRIPT.posicao # mapeia o processamento do sensor de toque para
# uma função script de nome posição, enviando as coordenadas (x,y,z) de cada ponto clicado pelo usuário
ROUTE SCRIPT.position_changed1 TO pnt1.set_translation # a pequena esfera criada na função pnt1, é
# translada para a posição do ponto selecionado no espaço que está armazenado em position_changed1
ROUTE SCRIPT.position_changed2 TO pnt2.set_translation
ROUTE SCRIPT.position_changed3 TO pnt3.set_translation
ROUTE SCRIPT.position_changed4 TO pnt4.set_translation

```

A Figura 4.4 ilustra a superfície esférica com os três pontos selecionados pelo usuário sendo apontados por pequenas esferas e a indicação do quarto ponto que foi calculado pela soma de vetores.

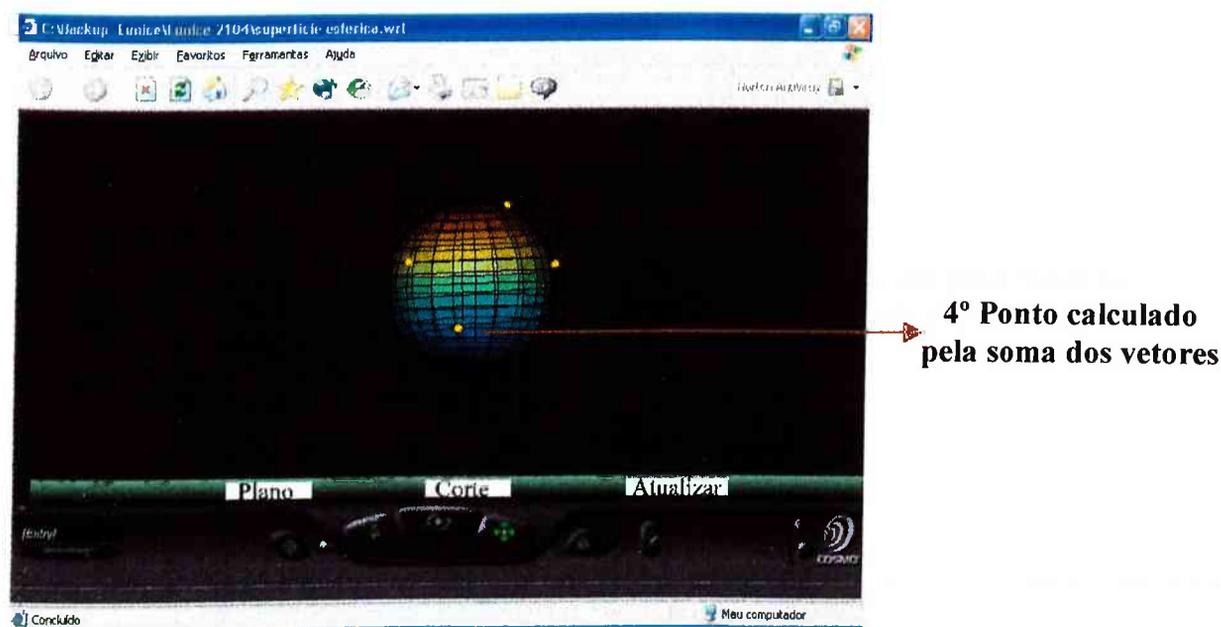


Figura 4.4 - Superfície esférica - pontos selecionados pelo usuário e o quarto ponto calculado

O sistema apresenta um Painel de Controle com três botões de controle do sistema, os quais são: Plano, Corte e Atualizar, que serão detalhados a seguir.

Esse painel foi modelado na linguagem VRML, e cada botão possui um sensor de toque que chamam funções *scripts*, que foram implementadas no sub-módulo Núcleo Gerenciador de Corte.

#### 4.2.3. Painel de Controle - Botão Plano

O botão **Plano** (sensor) quando selecionado, envia uma ação ao Núcleo Gerenciador de Corte, para que o mesmo execute a função *script* de nome *startScript* inserida neste núcleo. Esta função tem como objetivo enviar os quatro pontos que definem o plano à função **DEF Plano** do sub-módulo Superfícies e Painel de Controle. A seguir, apresenta-se o trecho da função *startScript* implementada na linguagem JavaScript.

```

function startScript(st){
  if (touchCount3==1){
    for (i=0;i<3;i++){
      position_changed1[i]=ponto1[i];
      position_changed2[i]=ponto2[i];
      position_changed3[i]=ponto3[i];
      position_changed4[i]=ponto4[i];
    }
    plano.point[0] = position_changed1; # envia cada ponto para a função plano criada no
    #sub-módulo Superfícies e Painel de Controle, especificamente ao campo point do nó Coordinate
    plano.point[1] = position_changed2;
    plano.point[2] = position_changed3;
    plano.point[3] = position_changed4;
  }

  // ...<código>...
} // fim da função

```

Quando o usuário seleciona o botão **Plano**, que no código é chamado de **ClickBtn1**, a função `startScript` é executada através da instrução `ROUTE` e envia os pontos que definem o plano à **DEF Plano** do código VRML abaixo, especificamente ao nó *Coordinate* da estrutura *IndexedFaceSet*. Em seguida, o campo *coordIndex* realiza a conexão desses pontos através de seus índices e assim o plano de corte é construído e visualizado, como ilustra a Figura 4.5.

```

DEF Plano Transform {
  children [
    Shape { # Coordenadas do plano
      appearance Appearance {
        material Material {
          emissiveColor 1 1 1
        } }
      geometry IndexedFaceSet {
        coord DEF coordplano2 Coordinate { }
        coordIndex [ 0, 1, 2, 3, 0, -1 ]
      } #fim do geometry
    } # fim shape
  ] }

# ... <código>....

DEF SCRIPT Script {

  field SFNode plano USE coordplano2
  eventIn SFFloat touchTime
  eventIn SFFloat touchTime3
  eventIn SFFloat startScript
  eventOut SFVec3f ponto1
  eventOut SFVec3f ponto2

```

```

eventOut SFVec3f ponto3
eventOut SFVec3f ponto4
eventOut SFVec3f position_changed1
eventOut SFVec3f position_changed2
eventOut SFVec3f position_changed3
eventOut SFVec3f position_changed4

```

```

ROUTE ClickBtn1.touchTime TO SCRIPT.touchTime3
ROUTE ClickBtn1.touchTime TO Clock4.set_startTime
ROUTE Clock4.fraction_changed TO SCRIPT.startScript

```

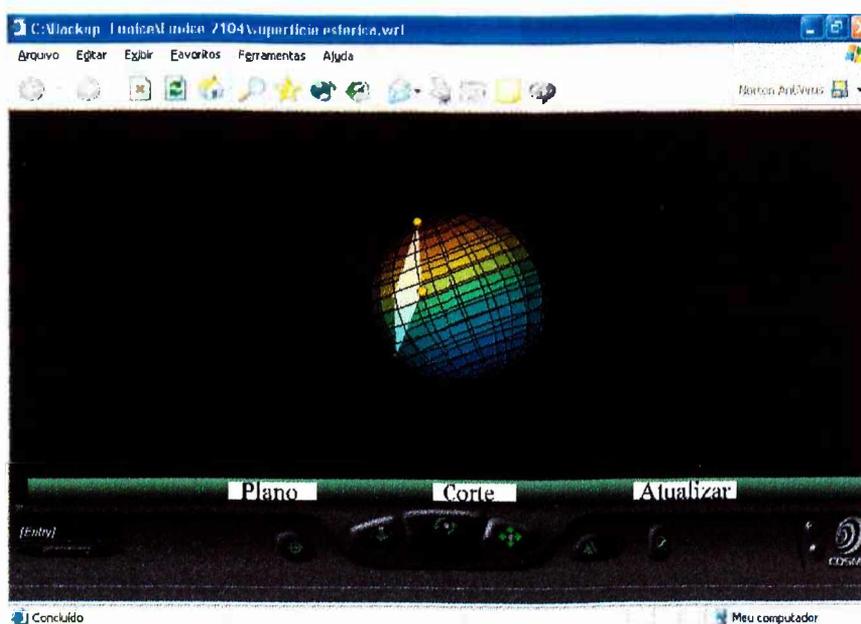


Figura 4.5 - Visualizando o plano de corte na superfície esférica

Após traçar o plano de corte, foi necessário analisar cada face que compõe a superfície, para então obter separadamente as faces pertencentes a cada uma delas. No entanto, formas mais complexas, como superfícies quádricas que são formadas por meio da construção de faces, apresentam um grande número de pontos. O software MatLab, no momento da conversão para a linguagem VRML 2.0, envia ao código VRML todos os pontos que formam a superfície e também a conexão desses pontos.

Quando se realiza o corte faz-se necessário manter a conectividade passada pelo MatLab, pois facilita a separação das faces que formam cada uma das superfícies que serão inseridas no mundo virtual após o corte.

Para tanto, foi desenvolvido um algoritmo, dentro da função **posição**, implementada no Núcleo Gerenciador de Corte que tem o objetivo de manter a conectividade passada pelo MatLab.

```
function posicao(value,time){
    // ...<código>...

    for (i=0;i<n;i++){
        armazena[i]=ponto.point[i]; # variável armazena recebe todos os pontos contidos no campo point
    }

    v1=21; v2=0; v3=1; v4=22; # valores iniciais dos índices armazenados no campo coordIndex
    clio=0; alfa=1; beta=2; gama=3; fama=4;

    for (cont2=0; cont2<m; cont2++) {
        v1clone=v1; v2clone=v2; v3clone=v3; v4clone=v4;
        for (cont=0; cont<20; cont++) {
            ind[clio]=v1;
            ind[alfa]=v2;
            ind[beta]=v3;
            ind[gama]=v4;
            ind[fama]=-1;
            clio=fama+1;
            alfa=fama+2;
            beta=fama+3;
            gama=fama+4;
            fama=fama+5;
            v1=v1+21;
            v2=v2+21;
            v3=v3+21;
            v4=v4+21;
        }
        v1=v1clone+1;
        v2=v2clone+1;
        v3=v3clone+1;
        v4=v4clone+1;
    }
    // ...<código>...
} // fim da função posição
```

Observa-se no trecho de código acima que o vetor *armazena* recebe todos os pontos que formam a superfície, os quais estão contidos no campo *point* do nó *Coordinate*. Neste algoritmo, armazena-se também a conexão dos índices que formam as faces indexadas. Entretanto, foi necessário conhecer os valores iniciais dos índices, visto que o campo *coordIndex* não é um campo *exposedField*, sendo assim, não permite exportar os seus dados, como ocorre com o campo *point*.

Após o armazenamento dessas informações, o algoritmo analisa cada face que compõe a superfície quádrlica para manter a conectividade passada pelo MatLab. Ou seja, cada face é constituída por quatro pontos que já se encontram conectados, para verificar a qual superfície cada uma das faces pertence após o corte, é necessário uma análise com cada um dos quatro pontos que formam a face. Então, calcula-se a equação do plano para cada ponto da face, sendo que neste cálculo entram as coordenadas  $(x,y,z)$  do ponto.

Um plano pode ser definido por três pontos não colineares dados [2,23,37]:

$$P1 = (x1, y1, z1) \quad (4.1)$$

$$P2 = (x2, y2, z2)$$

$$P3 = (x3, y3, z3)$$

Para encontrar a equação do plano, calcula-se o determinante representado por (4.2), onde  $x, y, z$  representam as coordenadas de um ponto qualquer do plano [23].

$$\begin{vmatrix} x - x1 & y - y1 & z - z1 \\ x2 - x1 & y2 - y1 & z2 - z1 \\ x3 - x1 & y3 - y1 & z3 - z1 \end{vmatrix} = 0 \quad (4.2)$$

A resolução do determinante representado por (4.3) conduz a uma equação linear de três variáveis, cognominada **equação geral do plano** [23,37,44]:

$$Ax + By + Cz + D = 0 \quad (4.3)$$

De acordo com [23], no espaço  $R^3$ , a equação de um plano, é da forma representada em (4.3), e é determinada se são dados três pontos  $P_1, P_2$  e  $P_3$  não-colineares.

Portanto, o sistema calcula os valores das variáveis  $A, B, C$  e  $D$  que formam a equação do plano, cálculo este implementado na linguagem JavaScript, conforme equações a seguir:

$$\begin{aligned}
 A &= y_1(z_2 - z_3) + y_2(z_3 - z_1) + y_3(z_1 - z_2) \\
 B &= z_1(x_2 - x_3) + z_2(x_3 - x_1) + z_3(x_1 - x_2) \\
 C &= x_1(y_2 - y_3) + x_2(y_3 - y_1) + x_3(y_1 - y_2) \\
 D &= (x_1 * z_2 * y_3) - (x_1 * y_2 * z_3) + (x_2 * y_1 * z_3) + \\
 &\quad - (x_2 * z_1 * y_3) - (x_3 * z_2 * y_1) + (x_3 * y_2 * z_1)
 \end{aligned}
 \tag{4.4}$$

Após obter os valores das variáveis  $A$ ,  $B$ ,  $C$  e  $D$ , como mostrado em (4.4), calcula-se a equação do plano para cada ponto da face, e cada ponto é armazenado de acordo com a condição abaixo:

Se  $(Ax_0 + By_0 + Cz_0 + D) \leq 0$  então

o ponto é armazenado na variável sup1

Senão

Se  $(Ax_0 + By_0 + Cz_0 + D) \geq 0$  então

o ponto é armazenado na variável sup2

Fim se

Fim se

Sendo que a variável sup1 armazena todos os pontos que formam uma das superfícies e a variável sup2 armazena os pontos que formam a outra parte da superfície, dividida após o plano de corte. A Figura 4.6 ilustra como essa análise foi realizada.

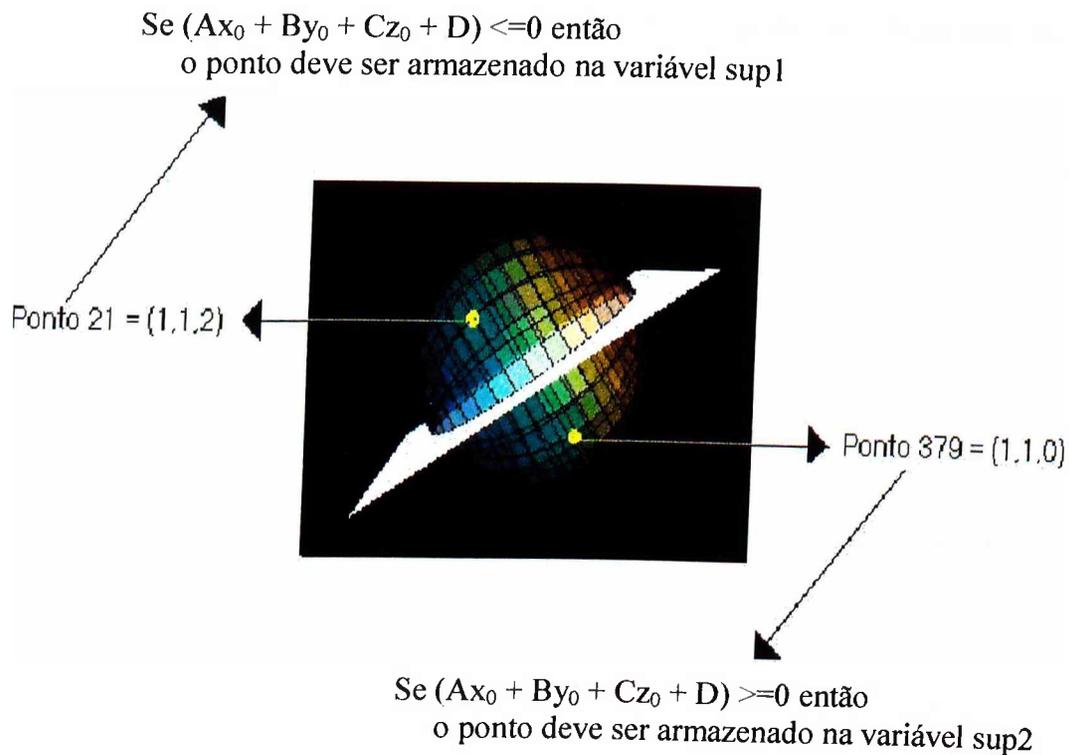


Figura 4.6 - Seleção dos pontos

#### 4.2.4. Painel de Controle - Botão Corte

Depois que o usuário selecionou o botão **Plano** e visualizou o plano de corte, o mesmo deve selecionar o botão **Corte** (sensor). Em seguida, um corte automático é realizado, utilizando a nova base de dados contendo os pontos que formam as faces pertencentes às duas novas superfícies e a conectividade desses pontos, além de ser realizadas transformações geométricas para separar e visualizar estas duas novas superfícies.

Uma vez que se têm os pontos e a conectividade desses pontos, para cada uma das superfícies, conforme foi explicado acima, basta enviá-los ao sub-módulo Superfícies e Painel de Controle para visualizar as duas novas superfícies no ambiente virtual. Isto é feito através de uma função *script* inserida no Núcleo Gerenciador de Corte que permite transportar para o

ambiente virtual novos objetos, para isso utilizou-se no *script* a função `createVrmlFromString` da linguagem VRML. Como pode ser observado no trecho de código implementado em JavaScript, apresentado a seguir.

```
function starScript {
    // ...<código>...
    if (touchCount5==1) { // opção ativada quando o usuário clica no botão Corte

        // armazena em uma string uma parte da superfície cortada
        str[0]=' Shape { appearance Appearance { material Material { '+
            'emissiveColor 0 0 1 transparency 0.5 } } '+
            'geometry IndexedFaceSet { solid FALSE coord Coordinate { point [' +
            strArrolista[xx-1] + strArrolista2[pos-1] + strArrolista3[pos1-1] +
            strArrolista4[pos2-1] + strArrolista5[pos3-1] + ' ] } '+
            ' coordIndex [ '+ // conectividade dos pontos
                strArrptos[t-1] + // como são muitos índices foi necessário distribuí-los em
                strArrptos1[p-1] + // diversas variáveis
                strArrptos2[p1-1] +
                strArrptos3[p2-1] +
                strArrptos4[p3-1] +
                strArrptos5[p4-1] +
                strArrptos6[p5-1] +
                strArrptos7[p6-1] +
                strArrptos8[p7-1] +
                strArrptos9[p8-1] +
                strArrptos10[p9-1] +
                strArrptos11[p10-1] +
                strArrptos12[p11-1] +
                strArrptos13[p12-1] +
                strArrptos14[p13-1] +
            ' ] } } '+
            ' Shape { appearance Appearance { material Material { '+
                'transparency 0.5 } } '+
            ' geometry IndexedLineSet { coord Coordinate { point [' +
                strArrolista[xx-1] + strArrolista2[pos-1] + strArrolista3[pos1-1] +
                strArrolista4[pos2-1] +
                strArrolista5[pos3-1] +
            ' ] } } '+
            ' coordIndex [ '+ // conectividade dos pontos
                strArrptos[t-1] + // como são muitos índices foi necessário distribuí-los
                strArrptos1[p-1] + // em diversas variáveis
                strArrptos2[p1-1] +
                strArrptos3[p2-1] +
                ...<código>...
                strArrptos12[p11-1] +
                strArrptos13[p12-1] +
                strArrptos14[p13-1] +
            ' ] } } '+
        new_f= Browser.createVrmlFromString(str[0]);
        superficie1.addChildren=new_f; // adiciona o conteúdo da string ao nó superficie1 da cena
    } // fim do if
} // fim da função startScript
// repete-se o mesmo processo para a outra parte da superfície, no entanto armazena a string em outra
//variável
```

```

DEF SCRIPT Script {

field    SFNode superficie1 USE superficie1
field    SFNode superficie2 USE superficie2

# armazena o clique do botão sensor Corte
eventIn SFTime touchTime5

# recebe os nós que armazenam as duas superfícies geradas após o corte
eventOut MFNode new_node
eventOut MFNode new_f
eventOut MFNode new_f1

    ... <código> ...

# rotaciona o conteúdo do campo children para a cena, exibindo as duas superfícies separadas após o corte
ROUTE SCRIPT.new_f TO superficie1.children
ROUTE SCRIPT.new_f1 TO superficie2.children

# permite rotacionar e transladar as superfícies separadamente
ROUTE sup1.rotation_changed TO superficie1.rotation
ROUTE sup2.rotation_changed TO superficie2.rotation

```

Através da instrução *ROUTE* apresentada no código acima, é possível mapear para os campos *children* em aberto o conteúdo de *new\_f* e *new\_f1* para a superfície 1 e superfície2, respectivamente. A Figura 4.7 ilustra a superfície cortada na sua posição inicial.

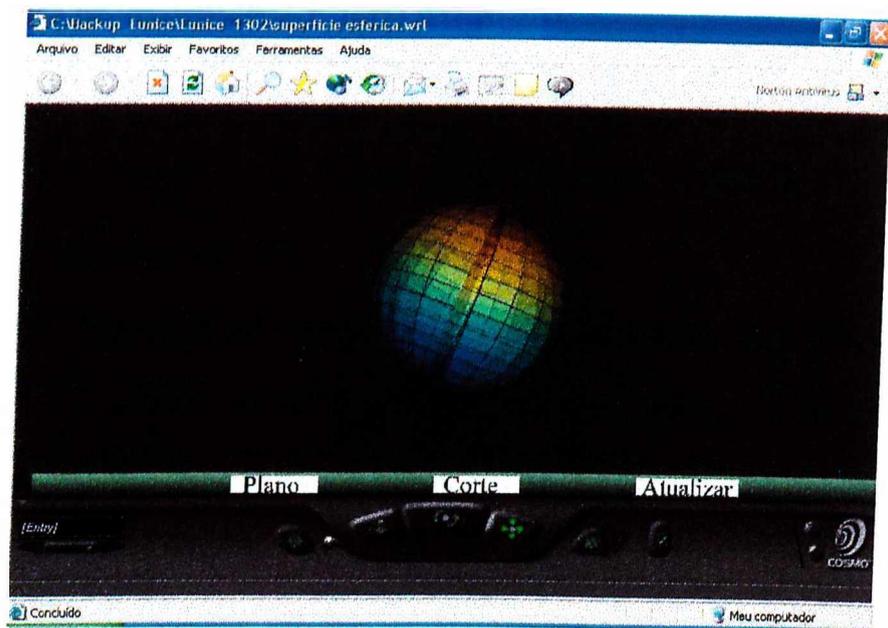


Figura 4.7 - Superfícies separadas após o corte

Essas superfícies possuem sensores **SphereSensor** que permitem arrastar o objeto no ambiente virtual [1], através do mouse, rotacionando e transladando as superfícies para uma melhor visualização, possibilitando que o usuário interaja com cada superfície separadamente, como pode ser visto na Figura 4.8.

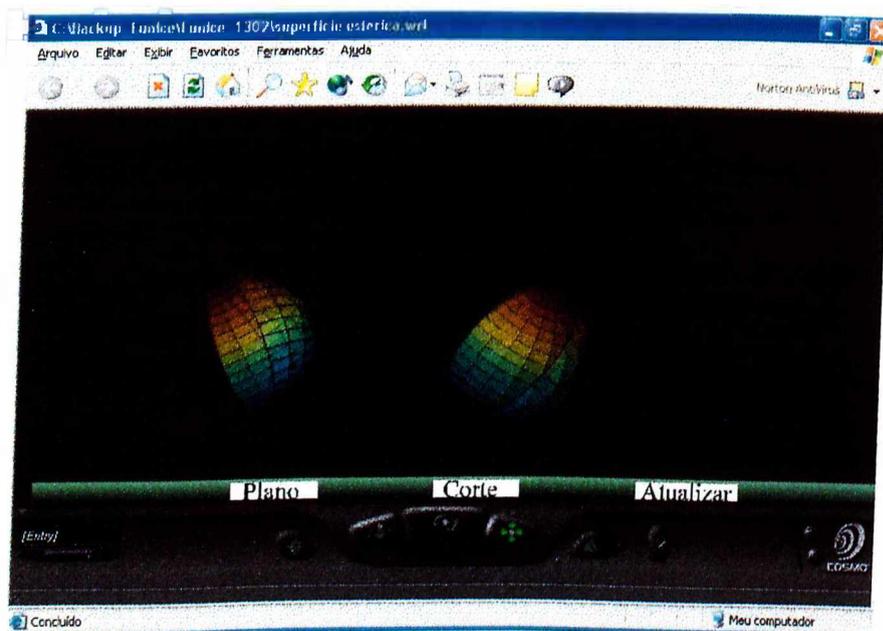


Figura 4.8 - Superfícies separadas depois de rotacionadas e transladadas

#### 4.2.5. Painel de Controle - Botão Atualizar

O botão Atualizar do Painel de Controle atualiza o cenário enviando ao Ambiente Virtual a mesma superfície visualizada antes do corte, permitindo o mesmo interagir novamente com a mesma superfície.

Isso foi possível de ser realizado por meio do nó Anchor da linguagem VRML, que cria um hiperlink com outras mídias. Em VRML, qualquer objeto pode ser um link para uma outra página. Para tanto, basta colocar o bloco Anchor. Dentro do bloco Anchor coloca-se um objeto ou transformação e ainda a URL que será o destino do link, neste caso a mídia usada foi o próprio ambiente virtual, ou seja, o arquivo que contém a superfície e o painel de controle. O trecho de código abaixo, mostra a criação do Botão3, que se trata do botão Atualizar, e a utilização do bloco Anchor para atualizar o mundo virtual.

```
DEF Botao3 Transform { # botão Atualizar
  children [
    DEF ClickBtn3 TouchSensor {}
    Anchor {
      url "C:\Eunice\sup_esferica.wrl"
      children [ ] # contém as características do botão Atualizar
    }
  ] }
}
```

### 4.3. Sumário e Conclusões

Este capítulo apresentou a implementação do sistema protótipo, desenvolvido através de técnicas de Realidade Virtual não-imersiva proporcionadas pelo uso da linguagem VRML integrada à linguagem JavaScript.

Durante a pesquisa, verificou-se que seria necessário manter a conectividade dos pontos, geradas durante a conversão da superfície do software MatLab para a linguagem

VRML 2.0, devido a dificuldade de manipular a grande quantidade de pontos que formam a superfície. Para tal, foi necessário realizar cálculos matemáticos para analisar cada face, criando uma nova base de dados, utilizada na separação das duas novas superfícies geradas após o corte.

Observou-se que as técnicas utilizadas no desenvolvimento do sistema protótipo proporcionaram um ambiente virtual mais interativo, devido à interação direta com as superfícies, capaz inclusive de alterar suas formas por meio da inserção do plano de corte e da concepção das duas novas superfícies no ambiente virtual.

No próximo capítulo será analisado o resultado do sistema protótipo quando submetido a potenciais usuários, identificando as deficiências/limitações e contribuições desse trabalho.

## **CAPÍTULO V**

### **5. RESULTADOS E LIMITAÇÕES DO SISTEMA**

#### **5.1. Introdução**

Este capítulo, através de estudo de caso, mostra o funcionamento do sistema protótipo proposto por este trabalho.

Além disso, o capítulo apresenta a avaliação do sistema feita por um conjunto de professores e de alunos através de um questionário preenchido pelos mesmos, após terem realizado experimentos no sistema. Finalmente, as limitações do sistema proposto e sugestões para resolver essas limitações são discutidas.

#### **5.2. Funcionamento do Sistema**

O sistema protótipo foi introduzido em uma página HTML, onde o usuário encontra explicações úteis para ajudá-lo a executar o estudo de caso. Nesta página, apresenta-se um menu, no qual estão disponíveis as superfícies quádricas implementadas.

Iniciando o sistema a partir de uma página HTML, o usuário escolhe, através do menu, qual superfície quádrica ele deseja visualizar. A Figura 5.1 mostra a página inicial do sistema.

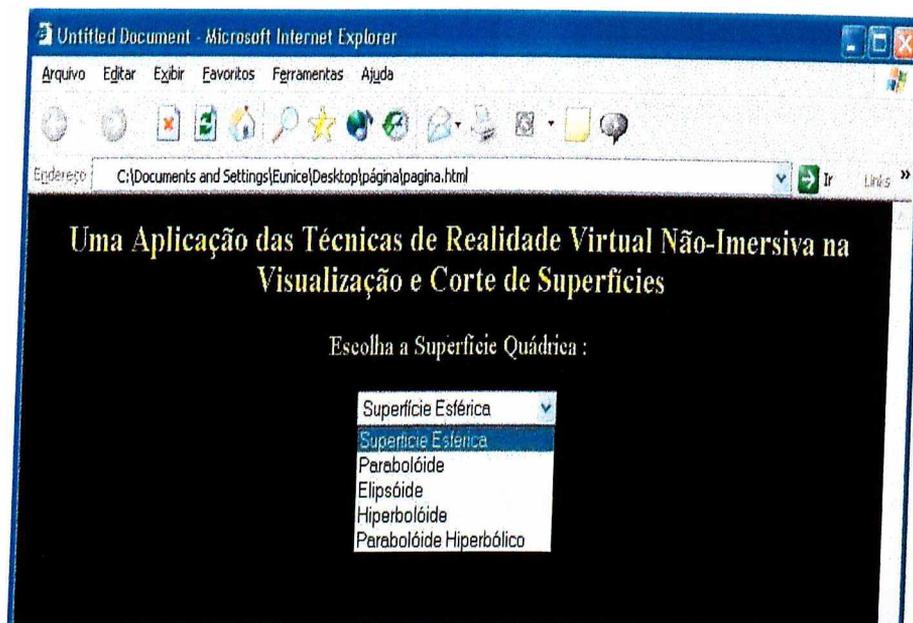


Figura 5.1 - Página HTML do sistema

Após o usuário selecionar a superfície quádrlica, o ambiente virtual é aberto em um *browser* acompanhado do *plug-in* Cosmo Player, mostrando a superfície e o painel de controle do sistema, como pode ser observado na Figura 5.2.

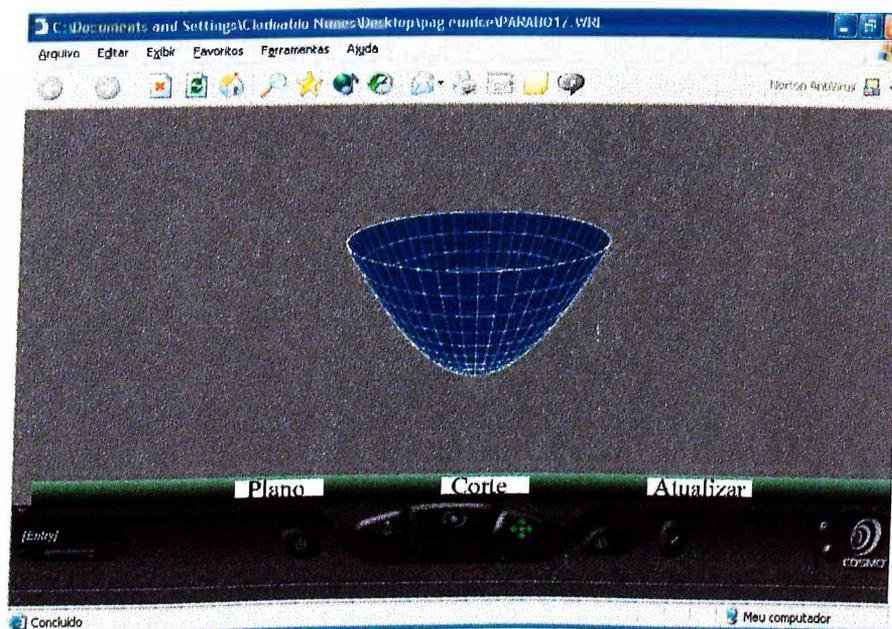


Figura 5.2 - Parabolóide

Através do *plug-in*, o usuário pode navegar pelo ambiente virtual e interagir com as superfícies inseridas no mesmo. Para gerar o plano de corte, o usuário clica em três pontos não-colineares quaisquer na superfície quádrlica.

Em seguida, o usuário deve clicar no botão (sensor) *Plano* disponível no painel de controle, para que o plano de corte seja construído e visualizado. A Figura 5.3 ilustra o parabolóide com o plano de corte.

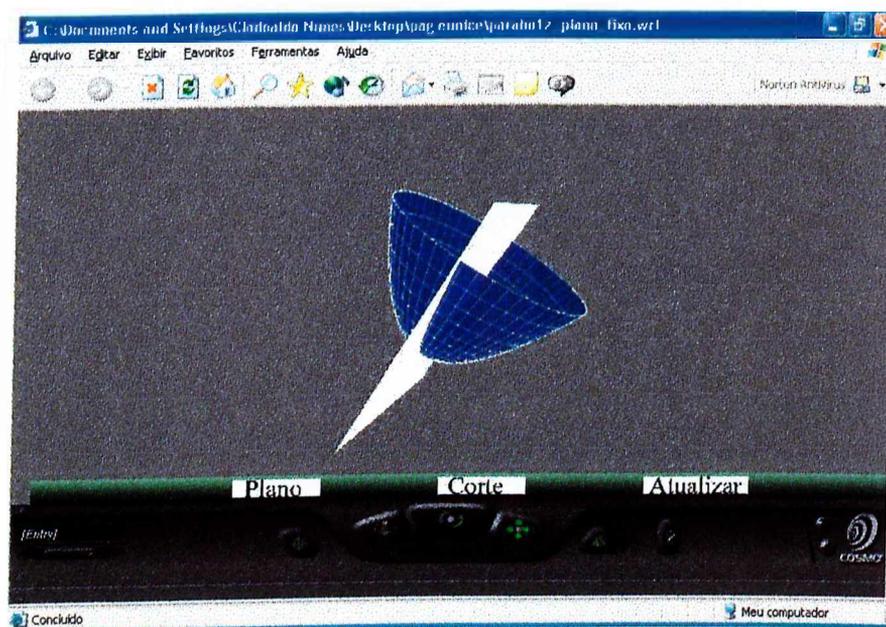


Figura 5.3 - Plano de corte no parabolóide

Depois de construído o plano de corte, a superfície deve ser cortada. Para que isso aconteça, o usuário deve clicar no botão (sensor) *Corte*. Quando este botão for acionado, duas novas superfícies geradas são inseridas no ambiente virtual. Essas superfícies possuem sensores, que permitem arrastá-las pelo ambiente virtual, através do mouse. A Figura 5.4 ilustra as duas superfícies geradas após o corte.

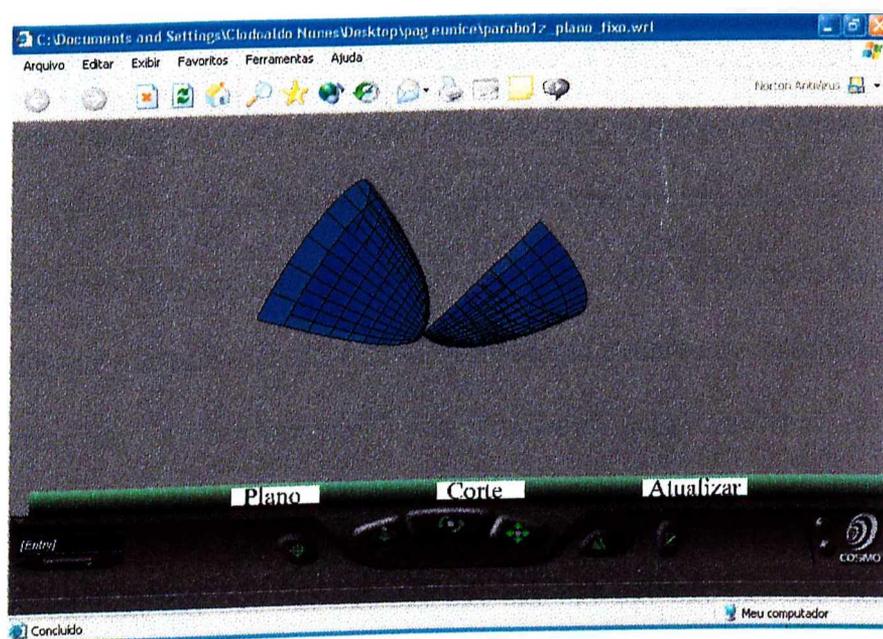


Figura 5.4 - As duas novas superfícies depois de rotacionadas e transladadas

No estágio seguinte, o usuário tem a opção de clicar no botão (sensor) *Atualizar*. Este botão tem por finalidade rerepresentar o ambiente virtual, exibindo a superfície quádrlica no seu estágio inicial, para permitir que o usuário realize um novo corte na superfície. Uma outra opção seria o usuário clicar na seta de retorno da janela do *browser*, para regressar à página anterior do sistema, e escolher outras superfícies quádrlicas.

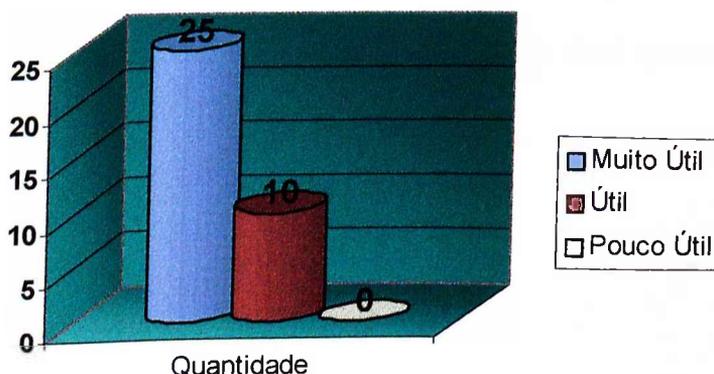
### 5.3. Avaliação do Sistema

O sistema protótipo foi avaliado por 35 usuários, incluindo professores e alunos dos cursos de Engenharia Elétrica e Ciência da Computação. Estes usuários executaram o sistema protótipo em computadores interligados por rede e com a seguinte configuração: 128 Mb de memória RAM e diferenciados tipos de processadores de 350 MHz.

Ao apresentar o sistema a esses usuários, foi explicado qual o objetivo do sistema proposto e como utilizar o *plug-in* Cosmo Player. Em seguida, os mesmos navegaram e interagiram no ambiente virtual, visualizando e realizando cortes nas superfícies quádricas disponíveis. No final dos experimentos, os usuários foram solicitados para preencher o questionário. Alguns exemplos destes questionários estão listados no Apêndice A.

A seguir, são apresentados os itens avaliados pelos usuários. Em cada item é mostrado um gráfico comparativo da avaliação, seguido de um breve comentário, baseado nos questionários:

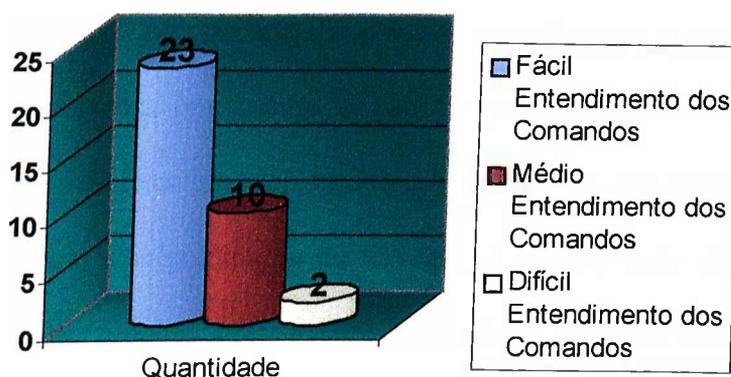
- Quanto à Finalidade do seu uso como ferramenta educacional em disciplinas que tratam do assunto em questão:



Observando o gráfico acima, verifica-se que 25 pessoas consideraram o sistema

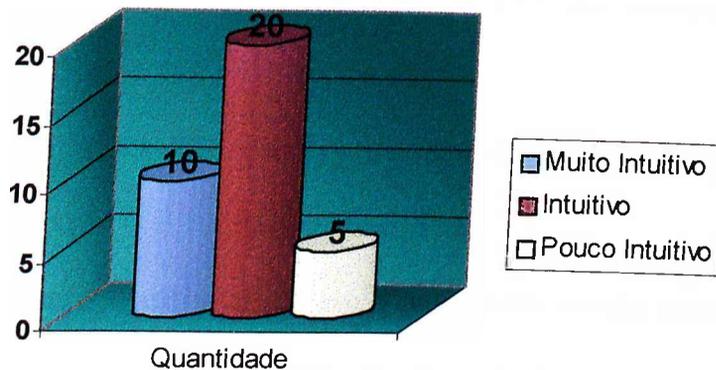
muito útil, pelo fato de facilitar a visão espacial do aluno e auxiliar na abstração das formas tridimensionais que são apresentadas nas aulas. Dentre as 10 pessoas que consideraram o sistema apenas útil, somente um aluno justificou alegando que apenas um pequeno grupo de alunos teria acesso ao sistema, pois o mesmo necessita de uma máquina com configuração mais robusta em relação à memória RAM e ao processador, para executá-lo com eficiência e rapidez, os demais não justificaram os motivos e até elogiaram o sistema.

- Quanto à Interface com o Usuário:



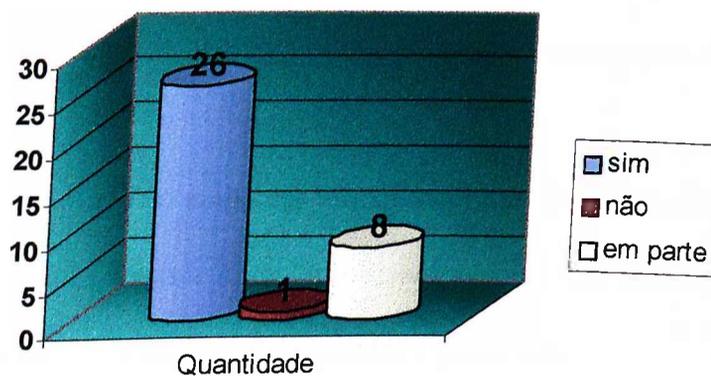
Quanto à interface com o usuário, o gráfico mostra que 23 usuários consideraram os comandos apresentados no sistema de fácil entendimento, por apresentar os botões no painel de controle e por conter uma ajuda na página inicial do sistema explicando como usar os recursos. Os usuários que tiveram dificuldades em navegar no mundo virtual, justificaram que os botões do *plug-in* Cosmo Player que foi utilizado não são de fácil assimilação.

- Quanto à Facilidade de Uso:



Com relação à facilidade de uso, 10 pessoas consideraram o sistema muito intuitivo pela interface que ele apresenta. No entanto 20 pessoas responderam que o sistema é intuitivo e 5 pessoas consideraram o sistema pouco intuitivo, pelo fato de não conhecerem o *plug-in*, o que dificultou o manuseio dos comandos de navegação no ambiente virtual. Outro motivo citado pelos usuários que consideraram o sistema intuitivo e pouco intuitivo foi o fato do sistema exigir um prévio treinamento antes da sua utilização.

- Se o programa permitiu a aquisição de informações úteis a respeito de como realizar cortes em superfícies?



De um modo geral os usuários são de opinião que o programa orienta o usuário a respeito de como realizar cortes em superfícies, porque conseguiram abstrair um assunto que eles só conheciam teoricamente. Os usuários que responderam **não** e **em parte** questionaram

a necessidade de um *help* dentro do ambiente virtual.

Várias sugestões foram apresentadas pelos usuários que avaliaram o sistema. Dentre elas, destacam-se:

- Possibilitar a inserção das coordenadas do ponto selecionado no ambiente virtual.
- Permitir que o usuário cancelasse o ponto selecionado, para que então pudesse selecionar outro ponto na superfície. Para tanto, seria necessário exibir as coordenadas do ponto durante a seleção.
- Permitir a entrada de equações quádricas, e a partir da equação informada o sistema executar a plotagem da superfície.
- Como o sistema exige do computador uma configuração mínima de 256 Mb de memória RAM e um processador Pentium III de 900 MHz, para que o mesmo apresente uma performance aceitável quando do processamento do corte, seria viável a inserção de uma ampulheta identificando que o sistema continua processando, ou uma mensagem informando do processamento, para assim o usuário não pensar que o sistema está travado. Entretanto, se o computador não apresentar a configuração mínima requerida, pode ocorrer em alguns casos o travamento do processamento do sistema.
- Inserir uma ajuda no ambiente virtual, com uma sessão de demonstração.
- Especificar na página inicial do sistema quais são os requisitos mínimos de configuração do computador para executar o protótipo.
- Criar uma interface gráfica mais independente do *plug-in*.
- Realizar o corte sem a necessidade de selecionar os pontos, por exemplo, cortar a superfície com um objeto virtual, tal como uma tesoura ou lâmina.

- Possibilitar a inserção de superfícies a partir de equações não-lineares, que são definidas através de geometria diferencial.
- Permitir a inserção de mais de uma superfície no mesmo mundo virtual.
- Permitir a inserção de novos objetos como a superfície quádrlica parabolóide hiperbólico (cela), muito difícil de ser visualizada em livros e sólidos de revolução.
- Permitir a inserção de operações entre as superfícies, como soma, subtração e intersecção de superfícies.
- Inserir no painel de controle um botão para rotação e translação da superfície cortada ou não, para possibilitar uma manipulação mais fácil.

Baseado na quantidade significativa de sugestões acredita-se que os usuários mostraram-se motivados com os experimentos. Além disso, a autora está confiante que, de acordo com o conhecimento adquirido através deste trabalho, as sugestões acima são possíveis de serem implementadas.

#### **5.4. Limitações do Sistema**

Além das limitações/sugestões identificadas pelos usuários, outras limitações foram coletadas durante a pesquisa, a saber.

Se os pontos selecionados pelo usuário, resultar em um plano de corte que intercepta as linhas meridianas, não há problemas com relação ao método utilizado para gerar a nova base de dados contendo os pontos pertencentes às duas novas superfícies. Entretanto, se o plano de corte interceptar a região interna de alguma das faces, então o método utilizado não é viável. Como o sistema permite uma interação direta com toda superfície quádrlica, é possível que o usuário clique em determinados pontos na superfície que resulte em um plano de corte que não atravesse apenas as linhas meridianas da superfície, como ilustra a Figura 5.5.

Portanto, faz-se necessário fazer uma análise diferente com todas as faces que

interceptam o plano. Isto é, para cada ponto da face é calculada a equação do plano contendo no cálculo as coordenadas  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Se todos os pontos que compõem a face resultarem em valores **maiores que zero** e não computar os resultados iguais, entende-se que esta face faz parte de uma superfície, àquela que está acima do plano de corte. Mas, se todos os pontos que compõem a face resultarem em valores **menores que zero** e não computar os resultados iguais, entende-se que esta face faz parte da outra superfície, ou seja, a superfície que está abaixo do plano de corte. No entanto, as duas superfícies aparecem “dentilhadas”, já que as faces que fazem parte da intersecção do plano não foram plotadas na superfície, como ilustra a Figura 5.6. Para resolver este problema, será necessário analisar separadamente cada face que intercepta o plano, tendo como resultado novas faces segmentadas de forma diferente daquela gerada pelo padrão MatLab.

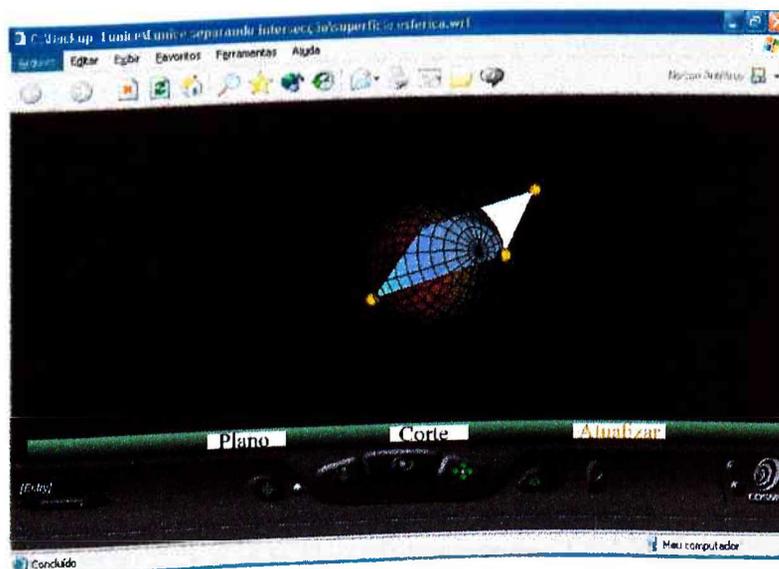


Figura 5.5 - Visualizando um novo plano de corte na superfície esférica

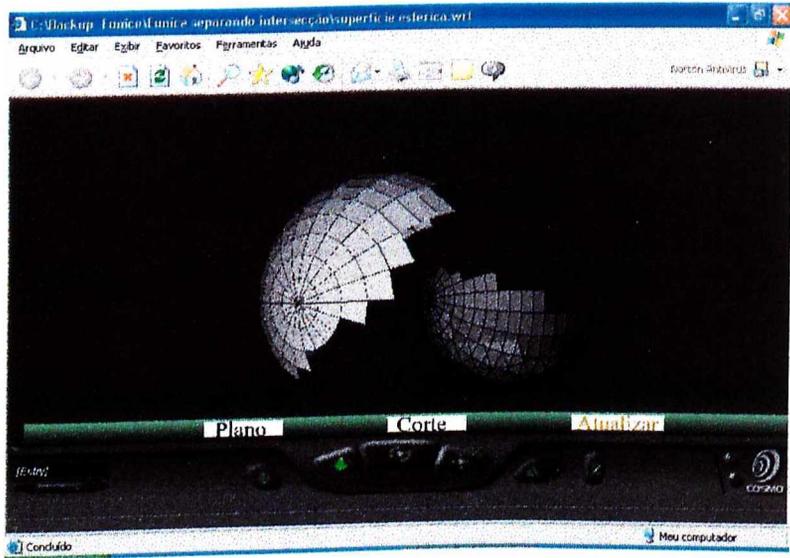


Figura 5.6 - Visualizando as duas novas superfícies “denticadas”

## 5.5. Galeria de Experimentos

A Figura 5.7 apresenta uma galeria de experimentos realizados no sistema com as superfícies quádricas elipsóide e hiperbolóide.

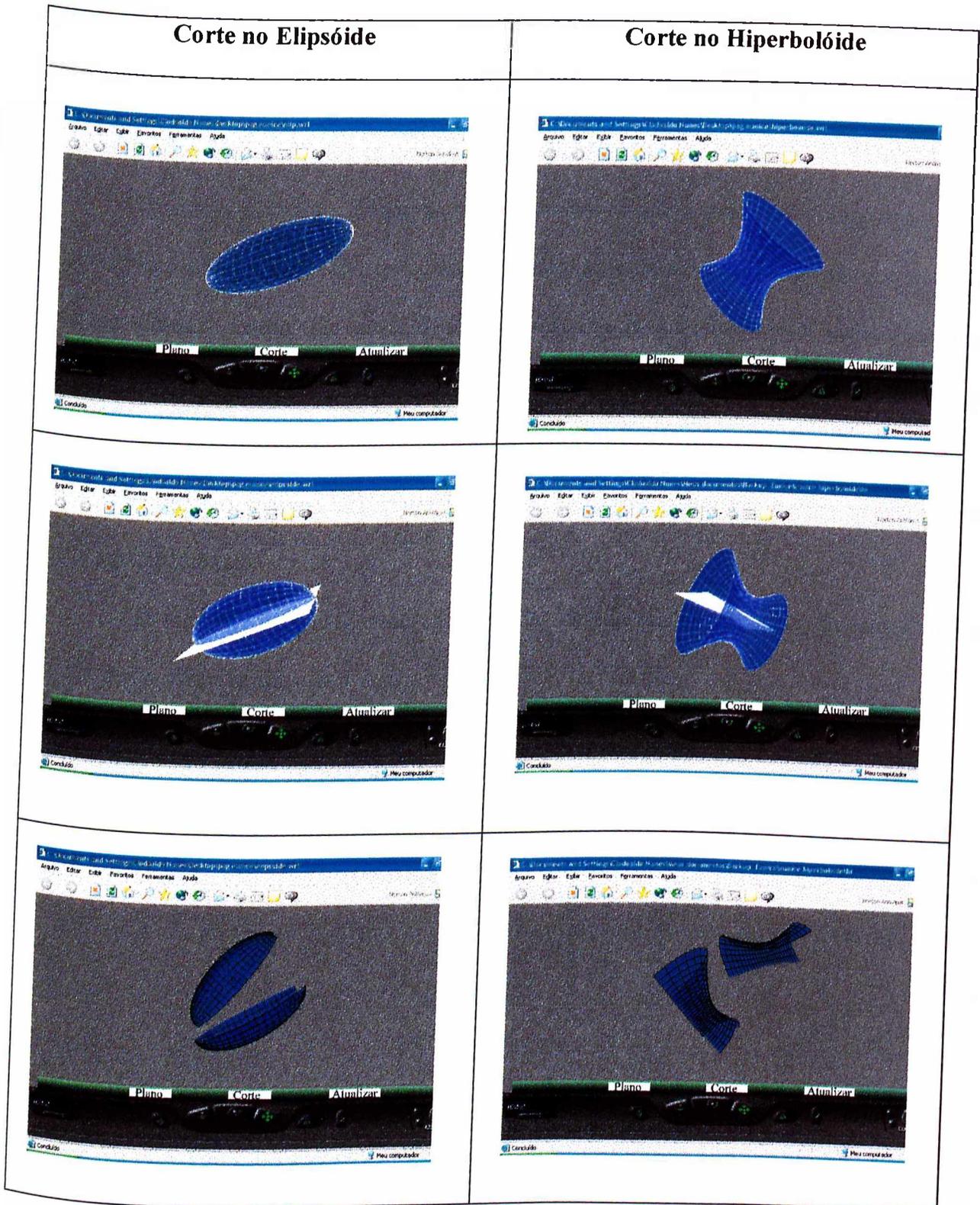


Figura 5.7 - Galeria de experimentos realizados no sistema protótipo

## 5.6. 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 quádricas, através da interação direta com as superfícies.

Durante a avaliação, os usuários realizaram experimentos no sistema, e contribuíram com sugestões adicionais para melhorar os recursos do mesmo.

Quanto à avaliação, de modo geral observou-se que o sistema foi considerado muito útil quanto à finalidade do seu uso como ferramenta de ensino em disciplinas que tratam do assunto abordado, como Geometria Analítica e Cálculo, pois facilita a visão espacial do aluno quando comparado às fórmulas e equações, além de abstrair as formas tridimensionais que são mostradas nos livros.

Embora o sistema apresente algumas limitações, foram indicadas sugestões para tratar tais problemas.

No próximo capítulo, serão apresentadas as conclusões, além dos trabalhos futuros que poderão dar continuidade a essa pesquisa.

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

#### 6.1. Introdução

Neste capítulo, são apresentadas as principais idéias desta dissertação, as contribuições científicas identificadas com o desenvolvimento deste trabalho, e sugestões para a continuidade do mesmo.

#### 6.2. Conclusões

A Realidade Virtual é útil como ferramenta educacional devido ao seu alto grau de interatividade e imersão [4]. Mesmo para sistemas de RV não-imersivos, um alto nível de interatividade é requerido [8].

Entretanto, verificou-se durante a pesquisa, que alguns sistemas apresentaram limitações quanto à interação do usuário com o mundo virtual [3,16,20,32,33,36,41], tais como: a) não permitir a inserção de novos objetos após a simulação; b) não permitir a alteração quanto à topologia desses objetos após a sua criação no mundo; c) outros que apresentaram simulações de experiências, colocando o usuário apenas como observador no mundo virtual.

A partir desse contexto, e considerando a importância de oferecer sistemas de Realidade Virtual mais interativos, desenvolveu-se neste trabalho uma arquitetura que oferece

ao usuário uma melhor interação com o mundo virtual, visto que os sistemas avaliados no Capítulo 2 não permitem uma interação direta com os objetos virtuais da cena, enquanto que a arquitetura do sistema proposto neste trabalho permite a interação direta com os objetos, modificando inclusive a topologia desses objetos após a interação do usuário no mundo virtual.

Dessa forma, analisando-se os sistemas apresentados no Capítulo 2, decidiu-se pela linguagem VRML integrada a linguagem JavaScript para implementar a arquitetura proposta nesta dissertação. Essa integração se deve ao fato da linguagem VRML não proporcionar atualizações automáticas de mundos virtuais após a interação do usuário no sistema, necessitando de linguagens de programação para suprir tal problema. Nessa arquitetura utilizou-se o software MatLab para gerar as superfícies de interesse e através deste software foi possível converter tais superfícies para a linguagem VRML.

Com relação à escolha das linguagens para a implementação da arquitetura proposta, constatou-se que as escolhas foram adequadas por oferecerem recursos suficientes para visualizar e interagir com as superfícies de interesse e, inclusive, permitir a interação direta do usuário com as superfícies através da efetivação do corte nessas superfícies.

Embora o sistema apresente limitações, as soluções para tratar tais problemas foram apresentadas no Capítulo 5.

Deste modo, entende-se que a arquitetura do sistema apresentada no Capítulo 3 atingiu o objetivo proposto devido às possibilidades de interação do usuário com o mundo virtual desenvolvido.

### 6.3. Trabalhos Futuros

Foi observado no decorrer deste trabalho, que estudos futuros podem tornar o sistema ainda mais eficiente, minimizando as suas limitações. Portanto, serão indicadas algumas sugestões oferecidas pelos avaliadores do sistema, e outras sugestões recomendadas pela autora.

- Analisar, separadamente, cada face que intercepta o plano, para solucionar o problema das superfícies dentilhadas, após o corte.
- Permitir a entrada de equações quádricas, e a partir da equação informada o sistema executa a plotagem/visualização da superfície.
- Inserir operações entre as superfícies, como soma, subtração e interseção de superfícies.
- Inserção de superfícies a partir de equações não-lineares, que são definidas através de geometria diferencial.
- Inserir outros recursos para melhorar a interação do usuário com o sistema, tais como: 1) a inserção das coordenadas do ponto selecionado no ambiente virtual; 2) permitir que o usuário cancele o ponto selecionado, para então selecionar outro ponto na superfície; 3) inserir uma ajuda no ambiente virtual, com uma sessão de demonstração; 4) permitir inserir mais de uma superfície no mesmo mundo virtual.
- Incluir a possibilidade do usuário entrar com as coordenadas diretamente pelo teclado.
- Estender o sistema a outras superfícies, tais como NURBS.
- Desenvolver uma proposta de modelagem única das superfícies suportadas por esse sistema.

- Necessidade de desenvolver um sistema conversor universal que traduziria todas as superfícies de outros sistemas como (MatLab, MathCAD, Maple etc.) para o sistema aqui proposto.

#### **6.4. Considerações Finais**

Através do presente trabalho, pode-se observar que a Realidade Virtual é viável e também bastante vantajosa quando utilizada em aplicações científicas de ambientes educacionais.

Este trabalho contribui para aprofundar o atual conhecimento das técnicas utilizadas para suportar a interatividade do usuário com os sistemas de RV não-imersivos, que é a capacidade do computador de capturar as entradas do usuário em tempo real e modificar as ações dele no ambiente tridimensional.

Foi possível constatar através da avaliação do protótipo desenvolvido, que o sistema se mostrou útil para auxiliar nas disciplinas de Geometria Analítica e Cálculo e que os usuários se mostraram motivados com a utilização do sistema.

Sendo assim, a contribuição deste trabalho foi alcançada, no sentido de investigar o uso de técnicas de Realidade Virtual, que permitiram uma maior interação do usuário com o mundo virtual, através do desenvolvimento de um sistema protótipo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMES, L. Andrea, NADEAU, R. David, MORELAND, David. VRML Sourcebook – Second Edition. USA: John Wisley & Sons, 1997, 654p.
- [2] BLOOMENTHAL, J. An Implicit Surface Polygonizer. Graphics Gems IV, Academic Press, 1994, pp. 324-349.
- [3] BORGES, Eila Cristiane, CARDOSO, Alexandre, LAMOUNIER Jr., Edgard. O Uso de Realidade Virtual na Visualização e Corte de Poliedros. In: 4<sup>th</sup> Symposium on Virtual Reality, 2001, Florianópolis, SC. Anais 4<sup>th</sup> SBC Symposium on Virtual Reality - Florianópolis: UFSC, SBC, 2001, pp 363-364.
- [4] BYRNE, C. M. The Use of Virtual Reality as Educational Tool. Washington University, 1995. Disponível em (<http://www.hitl.washington.edu/publications>), junho/2002.
- [5] CAETANO, Artur; PEREIRA, João. Representação de Agentes Autônomos em VRML 97. 9<sup>o</sup> Encontro Português de Computação Gráfica. INESC/IST. Lisboa – Portugal. Disponível em (<http://virtual.inesc.pt/virtual/9epcg/actas/pdfs/artigo18.pdf>), junho/2002.
- [6] CARDOSO, Alexandre, LAMOUNIER JR., Edgard, TORI, Romero. Interactive 3D Physics Experiments Through the Internet. In: 4<sup>th</sup> Symposium on Virtual Reality, 2001, Florianópolis, SC. Anais 4<sup>th</sup> SBC Symposium on Virtual Reality - Florianópolis: UFSC, SBC, 2001, pp. 280-290.
- [7] CARDOSO, Alexandre, LAMOUNIER JR., Edgard, TORI, Romero. Sistema de Criação de Experiências de Física em Realidade Virtual para Educação à Distância. In: 2<sup>th</sup> Workshop on Virtual Reality, 199, Marília, SP. Anais 2<sup>th</sup> SBC Workshop on Virtual Reality - Marília: SBC, 1999, pp. 173-181.
- [8] CARDOSO, Alexandre. Uma Arquitetura para Elaboração de Experimentos Virtuais Interativos Suportados por Realidade Virtual Não-Imersiva. Tese de Doutorado. São Paulo: Escola Politécnica da USP, Faculdade de Engenharia Elétrica, 2002. 163p.
- [9] CAREY, Rikk; BELL, Gavin. The Annotated VRML 2.0 – Reference Manual. USA: Addison-Wesley, 2000, 501p.
- [10] CARSWEL, L. Teaching via the Internet: The Impact of the Internet as a communication medium on Distance Learning Introductory Computing Students.

ACM Sigse Bulletin, vol. 29, nº 03, pp 1-5, setembro/1997.

- [11] CRONIN, Paul. Report on the Applications of Virtual Reality Technology to Education. University Edinburgh, 1997. Disponível em ([www.cogsci.ed.ac.uk/~paulus/Work/Vranded/vr.htm](http://www.cogsci.ed.ac.uk/~paulus/Work/Vranded/vr.htm)), maio/2002.
- [12] DIZERO, Wagner José. Interação Remota em Ambientes Virtuais Multiusuários: Uma Aplicação em Educação à Distância. Dissertação de Mestrado. São Carlos-SP: Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, 1999.
- [13] DIZERO, Wagner J. et al. Professor Virtual: A RV como suporte ao Ensino de Informática à Distância. In: XVIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, 1998, Belo Horizonte-MG. Anais IV WIE'98: Belo Horizonte, SBC, 1998.
- [14] DRUMMOND, Ricardo, COSTA, Rosa Maria E. M., CARVALHO, Luis Alfredo V. Ambientes Virtuais para a Estimulação Cognitiva de Autistas. In: 4<sup>th</sup> Symposium on Virtual Reality, 2001, Florianópolis, SC. Anais 4<sup>th</sup> SBC Symposium on Virtual Reality - Florianópolis: UFSC, SBC, 2001, pp. 219-225.
- [15] DUARTE, Lucio M., SILVA, Daniela E., ZANONI, Cícero. VRML 2.0. Porto Alegre, 1999. Disponível em (<http://www.tinos.pucrs.br/~grv>), maio/2002.
- [16] FARIA, Luciana C. L. Gonçalves. Desenvolvimento de Técnicas de Realidade Virtual para o Ensino/Conscientização do Consumo de Energia Elétrica. Dissertação de Mestrado. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica, 2002. 121p.
- [17] FIALHO, Francisco A. P., GUERRA, Carlos Gustavo Marcante. Realidade Virtual e Virtualidade. Santa Catarina: UFSC. Disponível em ([www.eps.ufsc.br/~cgustavo/leonardo/reflexoes/grupo02.html](http://www.eps.ufsc.br/~cgustavo/leonardo/reflexoes/grupo02.html)), janeiro/2002
- [18] JAMSA, Kris; SCHMAUDER, Phil; YEE, Nelson. VRML: Biblioteca do Programador. São Paulo: Makron Books, 1999, 545p.
- [19] KAESTNER, C, EBERSPÄCHER, H. Arquitetura de um Sistema de Autoria para Construção de Tutores Inteligentes Hipermédia. In: VIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, São José dos Campos – SP, 1997, pp. 163-180.
- [20] KELLER, Rodrigo, SCHREIBER, Jacques. GEO-3D: A Realidade Virtual como Suporte ao Ensino da Geometria Espacial. In: 2<sup>th</sup> Workshop on Virtual Reality, 1999, Marília, SP. Anais 2<sup>th</sup> SBC Workshop on Virtual Reality: Marília, SBC, 1999, pp. 182-193.

- [21] KIRNER, Claudio, SEMENTILLE, Antonio Carlos, Brega, José R. Ferreira. Um Ambiente Integrado para Reconhecimento de Gestos e Posturas Baseado na Captura de Movimentos. In: 4<sup>th</sup> Symposium on Virtual Reality, 2001, Florianópolis, SC. Anais 4<sup>th</sup> SBC Symposium on Virtual Reality - Florianópolis: UFSC, SBC, 2001, pp.79-90.
- [22] KUBO, M. M.; VICENTIN, V. J.; DERIGGI Jr.; KIRNER, C. Distance Education and Training Based in the Virtual Reality Technology. Proceedings of the V Computation in Education Workshop – WIE'99/SBC'99; (in Portuguese), Rio de Janeiro, 1999.
- [23] LIMA, Solange L. de Oliveira; COSTA, Izaura Bernardette P. da. Geometria Espacial. Editora Érica, 1998, 184p.
- [24] LITTLEFIELD, Bruce; HANSELMAN, Duane. MATLAB 5 – Versão do Estudante – Guia do Uusário. São Paulo: Makron Books, 1999, 414p.
- [25] MEIGUINS, B. S., BEHRENS, F. H., FERREIRA, D. O. Tecnologia de Realidade Virtual para o Auxílio do Aprendizado em Sala de Aula de Circuitos Elétricos. XX SBC/VI WIE, Curitiba-PR, 2000.
- [26] MEIGUINS, Bianchi Serique, BEHRENS, Frank Herman. Laboratório Virtual para Experiências de Eletrônica. In: 2<sup>th</sup> Workshop on Virtual Reality, 1999, Marília, SP. Anais 2<sup>th</sup> SBC Workshop on Virtual Reality: Marília, SBC, 1999, pp.56-67.
- [27] NUNES, Maria Augusta S. N., DIHL, Leandro Lorenzett. A Realidade Virtual e Sistemas Multiagentes Modelando e Implementando Micromundos Virtuais em Educação à Distância. Disponível em (<http://www.urisan.tche.br/~guta/publicacoes/4.htm>), janeiro/2002.
- [28] ORGAMBIDE, Alejandro Cesar Frery, KELNER, Judith et al. Avaliação Comparativa de Tecnologias de Suporte à VRML. In: 2<sup>th</sup> Workshop on Virtual Reality, 1999, Marília, SP. Anais 2<sup>th</sup> SBC Workshop on Virtual Reality: Marília, SBC, 1999, pp.127-138.
- [29] OSBERG, Kimberley M. Spatial Cognition in the Virtual Environment. University of Washington, 1997. Disponível em (<http://www.hitl.washington.edu/publications/r-97-18>), novembro/2001.
- [30] PANTELIDIS, Verônica S. Reasons to Use Virtual Reality in Education. VR in the Schools. Vol 1, Issue 1, 1995, pp 9.
- [31] PASQUALOTTI, Adriano, FREITAS, Carla Maria Dal Sasso. A Realidade Virtual como proposta de ensino-aprendizagem de matemática. In: Semana Acadêmica de Informática, 1999, Porto Alegre-RS. Disponível em

(<http://www.inf.ufrgs.br/pos/SemanaAcademica/Semana99/adrianop/adrianop/html>), março/2002.

- [32] PASQUALOTTI, Adriano, FREITAS, Carla Maria Dal Sasso. Ambientes VRML para o Ensino-Aprendizagem de Matemática: Modelo Conceitual e Protótipo. In: 3<sup>th</sup> Workshop on Virtual Reality, 2000, Gramado, RS. Anais 3<sup>th</sup> SBC Workshop on Virtual Reality: Gramado, SBC, 2000, pp. 65-76.
- [33] PHYSICSWEB. Site with a lot of Physics Experiments Applets. Disponível em (<http://www.physicsweb.org/TIPTOP/VLAB>), novembro/2001.
- [34] PINHO, Márcio Serolli. Realidade Virtual como Ferramenta de Informática na Educação. In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 1996, Belo Horizonte, MG. Anais SBC - Simpósio Brasileiro de Informática na Educação: Belo Horizonte, SBC, 1996.
- [35] RODELLO, Ildeberto Aparecido et al. Uma Aplicação das Técnicas de Realidade Virtual para Auxiliar as Aulas de Química e Física. In: 3<sup>th</sup> Workshop on Virtual Reality, 2000, Gramado, RS. Anais 3<sup>th</sup> SBC Workshop on Virtual Reality: Gramado, SBC, 2000, pp. 279-280.
- [36] SALGADO, Rob. VRML Gallery of Electromagnetism. Disponível em (<http://physics.syr.edu/courses/vrml/electromagnetism/sphere.wrl>), maio/2002.
- [37] SANTOS, Reginaldo J. Um Curso de Geometria Analítica e Álgebra Linear. Disponível em ([www.mat.ufmg.br/~regi](http://www.mat.ufmg.br/~regi)), janeiro/2002.
- [38] SCHMIDT, Maria Cristina. Estudo de Modalidades de Ensino à Distância para uso em disciplinas de informática. Porto Alegre-RS: T.I. n° 679 CPGCC/UFRGS, 1997, pp. 42.
- [39] SHERMAN, Willian R. et al. Experiences with Virtual Reality applications. In: SIGGRAPH 97. Proceedings of the 24<sup>th</sup> annual conference on computer graphics & interactive techniques, 1997, pp. 473-476.
- [40] SILVA, André Tavares, OSÓRIO, Fernando Santos. Integração de Técnicas de Modelagem com a VRML. Trabalho de Conclusão de Curso de Informática. UNISINOS – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. São Leopoldo, 1999, 95p.
- [41] SILVA, André Tavares, OSÓRIO, Fernando Santos. Modelagem de objetos 3D em VRML: Uma implementação multiplataforma orientada ao ensino. In: 3<sup>th</sup> Workshop on Virtual Reality, 2000, Gramado, RS. Anais 3<sup>th</sup> SBC Workshop on Virtual Reality: Gramado, SBC, 2000, pp 43-53.

- [42] SIMA – Support Initiative for Multimedia Applications. Exploiting Virtual Reality Techniques in Education and Training: Technological Issues, 1997. Disponível em (<http://www.man.ac.uk/MVC/SIMA/vrtech/toc.html>), abril/2002.
- [43] SOUZA, Antonio Lopes, OLIVEIRA, José Carlos. Usando a Tecnologia VRML como Ferramenta Educacional na Formação de Engenheiros Eletricistas. INTERTECH, 2002. Disponível em (<http://www.asee.org/international/INTERTECH2002/166-p.pdf>), junho/2002.
- [44] STEINBRUCH, Alfredo, WINTERLE, Paulo. Geometria Analítica. São Paulo: MCGRAW-HILL, 1987, 292p.
- [45] WEB 3D Consortium. Web 3D Consortium. EUA. Disponível em (<http://www.vrml.org>), maio/2002.

## APÊNDICE A

Neste apêndice encontra-se uma amostra de 15 questionários que foram aplicados a potenciais usuários para os mesmos avaliarem o sistema protótipo que visualiza e realiza cortes em Superfícies Quádricas.

# Avaliação do Sistema Protótipo que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas

Avaliador: Eliana Maria de Oliveira Nery Data da Avaliação: 09/08/2002

Curso: bacharel em Informática / Especialista Gerenciamento de Micro e Pequenas Empresas

Nível: ( ) 3º grau (X) Especialização ( ) Mestrado ( ) Doutorado  
(X) Curso ( ) Cursando ( ) Incompleto

Principais finalidades de utilização do computador no seu cotidiano

Trabalho, estudo, pesquisa, informações e entretenimento

Avalie o Programa que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas e responda as perguntas abaixo:

I. Quanto à Finalidade do seu uso como Ferramenta Educacional em disciplinas que tratam do assunto:

(X) Muito útil ( ) útil ( ) pouco útil

Justifique:

Ainda os alunos a "enxerxarem" as superfícies quádricas ao invés de um estudo apenas teórico através de fórmulas

II. Quanto à Interface com o Usuário:

(X) Fácil entendimento dos comandos  
( ) Médio entendimento dos comandos  
( ) Difícil entendimento dos comandos

Justifique:

O ambiente possui poucos comandos, com apenas uma janela inicial, tornando o usuário capaz de usar o sistema.

III. Quanto a facilidade de uso do sistema:

( ) Muito intuitivo  
( ) Intuitivo  
(X) Pouco Intuitivo

Justifique:

O usuário tem de ter um conhecimento prévio do assunto para utilizar o sistema.

IV.a. Quanto aos recursos do sistema, a experiência proposta:

(X) foi integralmente desenvolvida  
( ) não foi desenvolvida por completo

Justifique:

IV.b. Os objetos disponíveis no ambiente virtual permitem:

- conceber a experiência proposta
- conceber parte da experiência proposta
- não permitem conceber a experiência

IV.c. A relação entre os objetos disponíveis e suas propriedades:

- é simples de ser definida e permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida, mas permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida e não permite o desenvolvimento proposto

IV.d.  Sugiro inserir novos objetos no mundo virtual, tais como:

IV.e.  Sugiro inserir novas relações entre objetos no mundo virtual, tais como:

V. Conseguiu visualizar as superfícies quádricas e realizar cortes nessas superfícies?

- sim
- não
- em parte

Justifique:

Quando três pontos em superfície (não colineares, não são colineares) um quarto ponto foi gerado e o corte foi executado

VI. O programa permitiu a aquisição de informações úteis a respeito de como realizar cortes em superfícies?

- sim
- não
- em parte

Exemplifique:

Não no caso, mas pode ser muito útil para didática em simulações.

VII. Observações sobre o sistema, que achar relevante:

VIII. Sugestões Adicionais:

Assinatura do Avaliador:

*Elisavete Pereira*

# Avaliação do Sistema Protótipo que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas

Avaliador: José Cezar Pimenta dos Reis Data da Avaliação: 14/08/2002

Curso: Engenharia Elétrica

Nível:  3º grau  Especialização  Mestrado  Doutorado  
 Completo  Cursando  Incompleto

Principais finalidades de utilização do computador no seu cotidiano

o computador é utilizado para disponibilizar ferramentas que auxiliem e ajudem a resolução e compreensão de vários problemas.

Avalie o Programa que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas e responda as perguntas abaixo:

I. Quanto à Finalidade do seu uso como Ferramenta Educacional em disciplinas que tratam do assunto:

Muito útil  útil  pouco útil

Justifique:

esse programa tem grande importância, visto que, geralmente temos dificuldade em visualizar essas superfícies. Ao utilizá-lo por meio do programa podemos entendê-las com mais facilidade.

II. Quanto à Interface com o Usuário:

Fácil entendimento dos comandos  
 Médio entendimento dos comandos  
 Difícil entendimento dos comandos

Justifique:

os comandos são fáceis e práticos, tornando a execução muito interativa.

III. Quanto a facilidade de uso do sistema:

Muito intuitivo  
 Intuitivo  
 Pouco Intuitivo

Justifique:

o sistema nos proporciona praticidade e deixa claro tudo o que faz.

IV.a. Quanto aos recursos do sistema, a experiência proposta:

foi integralmente desenvolvida  
 não foi desenvolvida por completo

Justifique:

utilizamos todos os recursos que o sistema nos oferece.

IV.b. Os objetos disponíveis no ambiente virtual permitem:

- conceber a experiência proposta
- conceber parte da experiência proposta
- não permitem conceber a experiência

IV.c. A relação entre os objetos disponíveis e suas propriedades:

- é simples de ser definida e permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida, mas permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida e não permite o desenvolvimento proposto

IV.d. (x) Sugiro inserir novos objetos no mundo virtual, tais como:

Cones, triângulos, paralelepípedos.

IV.e. (x) Sugiro inserir novas relações entre objetos no mundo virtual, tais como:

Visualizar a "coseca" do objeto com vista anterior.

V. Conseguiu visualizar as superfícies quádricas e realizar cortes nessas superfícies?

- sim
- não
- em parte

Justifique:

foram efetuados cortes e objetos alinhados.

VI. O programa permitiu a aquisição de informações úteis a respeito de como realizar cortes em superfícies?

- sim
- não
- em parte

Exemplifique:

O programa nos mostrou como realizar cortes desde as partes iniciais do plano de corte até o corte propriamente dito.

VII. Observações sobre o sistema, que achar relevante:

O sistema é muito eficiente, mas poderia conter mais figuras.

VIII. Sugestões Adicionais:

Incluir novas figuras geométricas.

Assinatura do Avaliador:

Julio César Romão dos Reis

# Avaliação do Sistema Protótipo que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas

Avaliador: Felipe de Paula Naves Neto Data da Avaliação: 9/8/2002

Curso: Bacharel em Informática e Mestrado em Ciência da Computação

Nível: ( ) 3º grau ( ) Especialização (X) Mestrado ( ) Doutorado

(X) Completo ( ) Correndo ( ) Incompleto

Principais finalidades de utilização do computador no seu cotidiano

Profissional, tanto na utilização quanto pelo fato de ser o  
objeto principal do ensino

Pessoal, informação e entretenimento

Avalie o Programa que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas e responda as perguntas abaixo:

I. Quanto à Finalidade do seu uso como Ferramenta Educacional em disciplinas que tratam do assunto:

(X) Muito útil ( ) útil (X) pouco útil  
sem efeito

Justifique:

Em face da dificuldade de visão espacial apresentada por  
alguns alunos quando decorado apenas com as fórmulas que  
geram tais superfícies, esta ferramenta pode ser utilizada  
na "materialização" de tais elementos.

II. Quanto à Interface com o Usuário:

( ) Fácil entendimento dos comandos  
( ) Médio entendimento dos comandos  
(X) Difícil entendimento dos comandos

Justifique:

Os nomes dos comandos, mesmo para conhecedores da língua  
inglesa, não são de assimilação imediata no que se refere ao  
plug-in do navegador.

III. Quanto a facilidade de uso do sistema:

( ) Muito intuitivo  
( ) Intuitivo  
(X) Pouco Intuitivo

Justifique:

O sistema também exige do usuário uma boa dose de treinamento  
manual no que diz respeito à utilização do mouse para o controle  
do sólido exibido na tela

IV.a. Quanto aos recursos do sistema, a experiência proposta:

(X) foi integralmente desenvolvida  
( ) não foi desenvolvida por completo

Justifique:

O sistema proposto procura não inventar uma nova interface, mas utilizar uma que já é largamente utilizada para tal fim. As dificuldades citadas anteriormente referem-se exclusivamente às características da interface (plug-in) utilizada. O objetivo da proposta,

IV.b. Os objetos disponíveis no ambiente virtual permitem: entretanto, foi atingida

- conceber a experiência proposta
- conceber p... da experiência proposta
- não permitem conceber a experiência

IV.c. A relação entre os objetos disponíveis e suas propriedades:

- é simples de ser definida e permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida, mas permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida e não permite o desenvolvimento proposto

IV.d.  Sugiro inserir novos objetos no mundo virtual, tais como:

cubos vazados e sem um dos lados e/ou com partes vazadas

IV.e.  Sugiro inserir novas relações entre objetos no mundo virtual, tais como:

V. Conseguiu visualizar as superfícies quádricas e realizar cortes nessas superfícies?

- sim
- não
- em parte

Justifique:

Sim, gerei uma quádrica, e através dos controles do plug-in consegui realizar o corte e manipular os objetos virtuais

VI. O programa permitiu a aquisição de informações úteis a respeito de como realizar cortes em superfícies?

- sim
- não
- em parte

Exemplifique:

Não, no meu caso.

VII. Observações sobre o sistema, que achar relevante:

VIII. Sugestões Adicionais:

Assinatura do Avaliador:

A handwritten signature in black ink, written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive, appearing to be a name followed by a surname.

# Avaliação do Sistema Protótipo que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas

Avaliador: (Assinatura)

Data da Avaliação: 27/02/2002

Curso: Engenharia Elétrica

Nível:  3º grau ( ) Especialização ( ) Mestrado ( ) Doutorado  
( ) Completo ( ) Cursando  Incompleto

Principais finalidades de utilização do computador no seu cotidiano

Trabalho (Word), Pesquisa, Jogos

Avalie o Programa que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas e responda as perguntas abaixo:

I. Quanto à Finalidade do seu uso como Ferramenta Educacional em disciplinas que tratam do assunto:

Muito útil ( ) útil ( ) pouco útil

Justifique:

Em disciplinas que envolvam a geometria, como geometria analítica, cálculo, mecânica de meios contínuos que ajuda o aluno na compreensão

II. Quanto à Interface com o Usuário:

Fácil entendimento dos comandos  
( ) Médio entendimento dos comandos  
( ) Difícil entendimento dos comandos

Justifique:

III. Quanto a facilidade de uso do sistema:

( ) Muito intuitivo  
 Intuitivo  
( ) Pouco Intuitivo

Justifique:

A informação não é clara e bem definida

IV.a. Quanto aos recursos do sistema, a experiência proposta :

foi integralmente desenvolvida  
( ) não foi desenvolvida por completo

Justifique:

**IV.b. Os objetos disponíveis no ambiente virtual permitem:**

- conceber a experiência proposta  
 conceber parte da experiência proposta  
 não permitem conceber a experiência

**IV.c. A relação entre os objetos disponíveis e suas propriedades:**

- é simples de ser definida e permite o desenvolvimento proposto  
 não é simples de ser definida, mas permite o desenvolvimento proposto  
 não é simples de ser definida e não permite o desenvolvimento proposto

**IV.d. ( ) Sugiro inserir novos objetos no mundo virtual, tais como:**

**IV.e. (X) Sugiro inserir novas relações entre objetos no mundo virtual, tais como:**

Podemos ter algumas superfícies que o usuário defina, criando uma interação de dois objetos.

**V. Conseguiu visualizar as superfícies quádricas e realizar cortes nessas superfícies?**

- sim  
 não  
 em parte

Justifique:

O programa permite uma boa visualização, mas as curvas de Handerson diferenciam-se como pontos, por isso o sistema "travou" e ficou um pouco difícil visualizar.

**VI. O programa permitiu a aquisição de informações úteis a respeito de como realizar cortes em superfícies?**

- sim  
 não  
 em parte

Exemplifique:

Sim, porque o mesmo tem conhecimentos teóricos sobre o conteúdo e a visualização permitiu uma boa compreensão.

**VII. Observações sobre o sistema, que achar relevante:**

O sistema é bastante didático e permite ao usuário interagir com uma curva superior com pontos e contatos com as disciplinas de geometria analítica e cálculo.

VIII. Sugestões Adicionais:

Foi encontrada dificuldade devido a baixa profundidade nas  
observações das transferências e a forma de expressão é muito boa, principalmente  
a ideia original de analisar a superfície, com a intenção de  
se estabelecer uma figura e a forma física usada para  
as observações e dificuldades pela natureza abstrata da linguagem.

Assinatura do Avaliador: Munira Jose Gomes

# Avaliação do Sistema Protótipo que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas

Avaliador: Gustavo Ricardo Del'Armellina Data da Avaliação: 14/05/2002

Curso: Engenharia Elétrica (eletrônica)

Nível:  3º grau ( ) Especialização ( ) Mestrado ( ) Doutorado  
( ) Completo  Cursando ( ) Incompleto

Principais finalidades de utilização do computador no seu cotidiano

Estudo, trabalho e lazer, facilidade de informações pela Internet

Avalie o Programa que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas e responda as perguntas abaixo:

I. Quanto à Finalidade do seu uso como Ferramenta Educacional em disciplinas que tratam do assunto:

Muito útil ( ) útil ( ) pouco útil

Justifique: Facilita grandemente um aluno a visualizar a teoria.

II. Quanto à Interface com o Usuário:

Fácil entendimento dos comandos  
( ) Médio entendimento dos comandos  
( ) Difícil entendimento dos comandos

Justifique: Os botões são facilmente definidos assim como nos menus.

III. Quanto a facilidade de uso do sistema:

( ) Muito intuitivo  
 Intuitivo  
( ) Pouco Intuitivo

Justifique: Podemos utilizá-lo facilmente, se tivermos contato com o mesmo.

IV.a. Quanto aos recursos do sistema, a experiência proposta:

foi integralmente desenvolvida  
( ) não foi desenvolvida por completo

Justifique:

O sistema realiza a função e que foi designado.

IV.b. Os objetos disponíveis no ambiente virtual permitem:

- conceber a experiência proposta
- conceber parte da experiência proposta
- não permitem conceber a experiência

IV.c. A relação entre os objetos disponíveis e suas propriedades:

- é simples de ser definida e permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida, mas permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida e não permite o desenvolvimento proposto

IV.d.  Sugiro inserir novos objetos no mundo virtual, tais como:

IV.e.  Sugiro inserir novas relações entre objetos no mundo virtual, tais como:

V. Conseguiu visualizar as superfícies quádricas e realizar cortes nessas superfícies?

- sim
- não
- em parte

Justifique:

Foi visualizada as superfícies.

VI. O programa permitiu a aquisição de informações úteis a respeito de como realizar cortes em superfícies?

- sim
- não
- em parte

Exemplifique:

Demonstrou a forma que o corte influenciaria no modelo de superfície final.

VII. Observações sobre o sistema, que achar relevante:

VIII. Sugestões Adicionais:

seria interessante deixar como manual um roteiro de utilização, como a que fazer primeiro, por exemplo: marcar os pontos, clicar no plano, clicar em corte.

Assinatura do Avaliador: Giuliano Lucido

# Avaliação do Sistema Protótipo que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas

Avaliador: Kimberly Lopes Albuquerque Data da Avaliação: 12/08/2002

Curso: Eng. Elétrica

Nível:  3º grau ( ) Especialização ( ) Mestrado ( ) Doutorado  
( ) Completo  Xucando ( ) Incompleto

Principais finalidades de utilização do computador no seu cotidiano

Programação, construção de sites (Web Design), fonte de Pesquisa  
base

Avalie o Programa que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas e responda as perguntas abaixo:

**I. Quanto à Finalidade do seu uso como Ferramenta Educacional em disciplinas que tratam do assunto:**

Muito útil ( ) útil ( ) pouco útil

Justifique:

Permite uma visualização do todo, o que facilita o entendimento de disciplinas  
relacionadas ao assunto  
Além de permitir o apoio das pesquisas usando este programa como  
base.

**II. Quanto à Interface com o Usuário:**

Fácil entendimento dos comandos  
( ) Médio entendimento dos comandos  
( ) Difícil entendimento dos comandos

Justifique:

Intuitivo, claro, descomplicado.

**III. Quanto a facilidade de uso do sistema:**

( ) Muito intuitivo  
 Intuitivo  
( ) Pouco Intuitivo

Justifique:

É simples e intuitivo um diz que tem poucas informações sobre consegue  
utilizá-lo

**IV.a. Quanto aos recursos do sistema, a experiência proposta :**

foi integralmente desenvolvida  
( ) não foi desenvolvida por completo

Justifique:

O software consegue realizar os cortes nas mais variadas superfícies.

IV.b. Os objetos disponíveis no ambiente virtual permitem:

- conceber a experiência proposta
- colaborar parte da experiência proposta
- não permitem conceber a experiência

IV.c. A relação entre os objetos disponíveis e suas propriedades:

- é simples de ser definida e permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida, mas permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida e não permite o desenvolvimento proposto

IV.d.  Sugiro inserir novos objetos no mundo virtual, tais como:

bracos, eixos de revolução

IV.e.  Sugiro inserir novas relações entre objetos no mundo virtual, tais como:

Subtração de objetos, Interações e soma de objetos

V. Conseguiu visualizar as superfícies quádricas e realizar cortes nessas superfícies?

- sim
- não
- em parte

Justifique:

Conseguir visualizar com nitidez as superfícies e submetelas ao proposto "corte".

VI. O programa permitiu a aquisição de informações úteis a respeito de como realizar cortes em superfícies?

- sim
- não
- em parte

Exemplifique:

O software permite visualizar o corte em infinitos pontos de vista. O que facilita o resultado de um corte ser analisado em várias posições.

VII. Observações sobre o sistema, que achar relevante:

O sistema possui uma interface amigável, de fácil uso e entendimento. Seria importante como instrumento acadêmico.

VIII. Sugestões Adicionais:

Continuar a desenvolver o projeto para outras operações com  
superfícies, trabalhar um pouco no menu inserindo um help  
apenas de 10' ser muito interessante.

Assinatura do Avaliador:

Kimely Lopes Nogueira

# Avaliação do Sistema Protótipo que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas

Avaliador: Romário Henrique de Oliveira Data da Avaliação: 14/08/2002

Curso: Engenharia Elétrica

Nível:  3º grau  Especialização  Mestrado  Doutorado  
 Completo  Cursando  Incompleto

Principais finalidades de utilização do computador no seu cotidiano

Desenvolvimento de trabalhos escolares  
aprendizado, etc.

Avalie o Programa que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas e responda as perguntas abaixo:

I. Quanto à Finalidade do seu uso como Ferramenta Educacional em disciplinas que tratam do assunto:

Muito útil  útil  pouco útil

Justifique:

mas proporciona ao aluno uma visão completa  
em relação ao espaço, além que vários alunos  
encontram muita dificuldade de visualizar alguns  
de quando se possuem ferramentas fantásticas

II. Quanto à Interface com o Usuário:

Fácil entendimento dos comandos  
 Médio entendimento dos comandos  
 Difícil entendimento dos comandos

Justifique:

quanto ao se conhece o mesmo torna-se bastante  
fácil, mas para um usuário que não o conhece  
podia ter uma pequena dificuldade no início.

III. Quanto a facilidade de uso do sistema:

Muito intuitivo  
 Intuitivo  
 Pouco Intuitivo

Justifique:

não apresentei nenhuma complexidade de  
difícil entendimento

IV.a. Quanto aos recursos do sistema, a experiência proposta :

foi integralmente desenvolvida  
 não foi desenvolvida por completo

Justifique:

IV.b. Os objetos disponíveis no ambiente virtual permitem:

- conceber a experiência proposta
- conceber parte da experiência proposta
- não permitem conceber a experiência

IV.c. A relação entre os objetos disponíveis e suas propriedades:

- é simples de ser definida e permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida, mas permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida e não permite o desenvolvimento proposto

IV.d.  Sugiro inserir novos objetos no mundo virtual, tais como:

IV.e.  Sugiro inserir novas relações entre objetos no mundo virtual, tais como:

Sugiro que edoque um objeto no ambiente para que se possa interagir com uma <sup>matemática</sup> equação e o software realize a plotagem da superfície.

V. Conseguiu visualizar as superfícies quádricas e realizar cortes nessas superfícies?

- sim
- não
- em parte

Justifique:

Foi possível interativamente realizar cortes e obter seções das partes estudadas.

VI. O programa permitiu a aquisição de informações úteis a respeito de como realizar cortes em superfícies?

- sim
- não
- em parte

Exemplifique:

No início esse mecanismo não realizava a marcação de pontos e também a realização de cortes. Porém, quanto mais informações foram fornecidas, para o usuário, melhor seria.

VII. Observações sobre o sistema, que achar relevante:

Exige muita memória dos computadores.

VIII. Sugestões Adicionais:

Por não pontuar detalhadamente o software, gostaria que ele possuísse tivesse algo para orientar suas funções e exemplos como um help. Também faria interessante uma funcionalidade no software que realizasse os cortes sem a necessidade de editar os pontos. Como exemplo uma tesoura ou lâmina que o usuário quebrou pudesse realizar o corte conforme ele queira, assim tornando até mais rápido o trabalho do usuário.

Assinatura do Avaliador:

Romane H. Oliveira

# Avaliação do Sistema Protótipo que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas

Avaliador: FARIANA BISSOCHI

Data da Avaliação: 12/03/2002

Curso: GRADUAÇÃO EM MATEMÁTICA - MESTRADO EM REALIDADE VIRTUAL

Nível: ( ) 3º grau ( ) Especialização () Mestrado ( ) Doutorado  
( ) Completa (  ) Cursando ( ) Incompleta

Principais finalidades de utilização do computador no seu cotidiano

UTILIZADO MUITO EM MEU TRABALHO PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS

Avalie o Programa que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas e responda as perguntas abaixo:

I. Quanto à Finalidade do seu uso como Ferramenta Educacional em disciplinas que tratam do assunto:

( ) Muito útil () útil ( ) pouco útil

Justifique:

FACILITA A VISUALIZAÇÃO DAS SUPERFÍCIES.

II. Quanto à Interface com o Usuário:

() Fácil entendimento dos comandos  
( ) Médio entendimento dos comandos  
( ) Difícil entendimento dos comandos

Justifique:

POIS A PÁGINA INICIAL APRESENTA TEXTOS EXPLICATIVOS PARA O USO DO SISTEMA, E PELA SIMPLICIDADE DO USO DOS BOTÕES.

III. Quanto a facilidade de uso do sistema:

() Muito intuitivo  
( ) Intuitivo  
( ) Pouco Intuitivo

Justifique:

COMO SOU DA ÁREA DA MATEMÁTICA E JÁ CONHEÇO O CONTEÚDO, NÃO ENCONTREI NENHUMA DIFICULDADE.

IV. Quanto aos recursos do sistema, a experiência proposta:

() foi integralmente desenvolvida  
( ) não foi desenvolvida por completo

Justifique:

Não é possível fazer um plano de visualização e realizar cortes  
nas superfícies 3D, é possível fazer

**IV.b. Os objetos disponíveis no ambiente virtual permitem :**

- conceber a experiência proposta
- conceber a experiência proposta
- não permitem conceber a experiência

**IV.c. A relação entre os objetos disponíveis e suas propriedades:**

- é simples de ser definida e permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida, mas permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida e não permite o desenvolvimento proposto

**IV.d. ( ) Sugiro inserir novos objetos no mundo virtual, tais como:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**IV.e. ( ) Sugiro inserir novas relações entre objetos no mundo virtual, tais como:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**V. Conseguiu visualizar as superfícies quádricas e realizar cortes nessas superfícies?**

- sim
- não
- em parte

Justifique:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**VI. O programa permitiu a aquisição de informações úteis a respeito de como realizar cortes em superfícies?**

- sim
- não
- em parte

Exemplifique:

Foi possível a visualização dos cortes das superfícies

**VII. Observações sobre o sistema, que achar relevante:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



# Avaliação do Sistema Protótipo que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas

Avaliador: Maria Emília da Silva Data da Avaliação: 12/08/2002

Curso: Matemática

Nível:  3º grau ( ) Especialização ( ) Mestrado ( ) Doutorado  
 Completo ( ) Cursando ( ) Incompleto

Principais finalidades de utilização do computador no seu cotidiano

Entretenimento, trabalhos escolares, internet, ...

Avalie o Programa que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas e responda as perguntas abaixo:

I. Quanto à Finalidade do seu uso como Ferramenta Educacional em disciplinas que tratam do assunto:

Muito útil ( ) útil ( ) pouco útil

Justifique:

Seu uso poder interagir com o objeto, o aluno tem como visualizar todas as faces e isso facilita a visão espacial.

II. Quanto à Interface com o Usuário:

Fácil entendimento dos comandos  
( ) Médio entendimento dos comandos  
( ) Difícil entendimento dos comandos

Justifique:

Não tem dificuldades no manuseio.

III. Quanto a facilidade de uso do sistema:

( ) Muito intuitivo  
 Intuitivo  
( ) Pouco Intuitivo

Justifique:

Sim, se percebe que tem de clicar para se obter os planos que cortam a superfície.

IV.a. Quanto aos recursos do sistema, a experiência proposta:

foi integralmente desenvolvida  
( ) não foi desenvolvida por completo

Justifique:

Na minha opinião foi bem desenvolvida, alcançou os objetivos propostos.

IV.b. Os objetos disponíveis no ambiente virtual permitem:

- conceber a experiência proposta
- conceber parte da experiência proposta
- não permitem conceber a experiência

IV.c. A relação entre os objetos disponíveis e suas propriedades:

- é simples de ser definida e permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida, mas permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida e não permite o desenvolvimento proposto

IV.d.  Sugiro inserir novos objetos no mundo virtual, tais como:

IV.e.  Sugiro inserir novas relações entre objetos no mundo virtual, tais como:

V. Conseguiu visualizar as superfícies quádricas e realizar cortes nessas superfícies?

- sim
- não
- em parte

Justifique:

VI. O programa permitiu a aquisição de informações úteis a respeito de como realizar cortes em superfícies?

- sim
- não
- em parte

Exemplifique:

Através de um plano numa superfície 3D realizamos estes cortes.

VII. Observações sobre o sistema, que achar relevante:

VIII. Sugestões Adicionais:

Blank lined area for additional suggestions.

Assinatura do Avaliador: Maria Emília da Silva

# Avaliação do Sistema Protótipo que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas

Avaliador: HAMILTON DIAS DE CARVALHO Data da Avaliação: 15/08/2002

Curso: ENGENHARIA ELÉTRICA

Nível:  3º grau ( ) Especialização  Mestrado ( ) Doutorado  
 Completo ( ) Cursado  Incompleto

Principais finalidades de utilização do computador no seu cotidiano

FERRAMENTA FUNDAMENTAL para as atividades do dia-a-dia, para pesquisa pelo uso da INTERNET e de softwares específicos

Avalie o Programa que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas e responda as perguntas abaixo:

I. Quanto à Finalidade do seu uso como Ferramenta Educacional em disciplinas que tratam do assunto:

Muito útil ( ) útil ( ) pouco útil

Justifique:

Porque possibilita uma interação em tempo real do usuário com as superfícies que estão sendo visualizadas no mesmo tempo que explora de maneira intensa a capacidade interna das sistemas no que diz respeito a objetos mundo físico - Realidade Virtual.

II. Quanto à Interface com o Usuário:

Fácil entendimento dos comandos  
( ) Médio entendimento dos comandos  
( ) Difícil entendimento dos comandos

Justifique:

os comandos são de fácil entendimento as medições que apresenta um painel de controle de fácil manipulação.

III. Quanto a facilidade de uso do sistema:

Muito intuitivo  
( ) Intuitivo  
( ) Pouco Intuitivo

Justifique:

Toda experiência que o usuário tem ouvindo da vida Real vai lhe servir para manipular o mundo virtual.

IV. Quanto aos recursos do sistema, a experiência proposta:

( ) foi integralmente desenvolvida  
 não foi desenvolvida por completo

Justifique:

Entendemos que mais algumas poucas ideias podem  
melhorar a experiência proposta, conforme sugestões  
apresentadas no item VIII.

IV.b. Os objetos disponíveis no ambiente virtual permitem:

- conceber a experiência proposta  
 conceber pr. experiência proposta  
 não permitem conceber a experiência

IV.c. A relação entre os objetos disponíveis e suas propriedades:

- é simples de ser definida e permite o desenvolvimento proposto  
 não é simples de ser definida, mas permite o desenvolvimento proposto  
 não é simples de ser definida e não permite o desenvolvimento proposto

IV.d. ( ) Sugiro inserir novos objetos no mundo virtual, tais como:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

IV.e. ( ) Sugiro inserir novas relações entre objetos no mundo virtual, tais como:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

V. Conseguiu visualizar as superfícies quádricas e realizar cortes nessas superfícies?

- sim  
 não  
 em parte

Justifique:

O plano de corte foi traçado através da escolha de 3 pontos  
previamente escolhidos utilizando o menu de contexto e  
posteriormente realizado o corte e a visualização  
das partes contextuais.

VI. O programa permitiu a aquisição de informações úteis a respeito de como realizar cortes em superfícies?

- sim  
 não  
 em parte

Exemplifique:

(1) A informação de maneira como o plano foi traçado  
(a partir de três pontos não-colineares)  
(2) A informação relativa às limitações do programa quanto  
à posição do plano de corte.

VII. Observações sobre o sistema, que achar relevante:

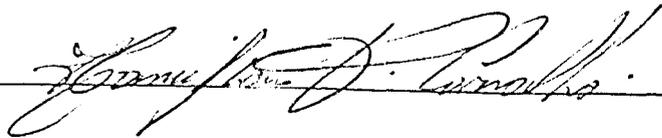
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

VIII. Sugestões Adicionais:

(13) As coordenadas dos pontos  $Clonados$  no espaço, para a formação do plano de Corte, poderiam aparecer na visão para, antes e imediatamente observar se o plano de Corte ele é plano.

(20) Um botão para rotacionar e/ou translacionar a Superfície (certa ou não) poderia ser colocada no Painel de Controle para possibilitar uma manipulação mais fácil e intuitivamente ao mouse.

Assinatura do Avaliador:



# Avaliação do Sistema Protótipo que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas

Avaliador: Carlos Eduardo A.R. de Oliveira

Data da Avaliação: 14/08/2002

Curso: Engenharia Elétrica

Nível:  3º grau     Especialização     Mestrado     Doutorado  
 Completo     Cursando     Incompleto

Principais finalidades de utilização do computador no seu cotidiano

Estude, pesquisas, entretenimento

Avalie o Programa que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas e responda as perguntas abaixo:

I. Quanto à Finalidade do seu uso como Ferramenta Educacional em disciplinas que tratam do assunto:

Muito útil     útil     pouco útil

Justifique:

Pela dificuldade que grande parte dos estudantes possuem para a visualização de superfícies quádricas, e programa possibilita uma perfeita visualização destes elementos.

II. Quanto à Interface com o Usuário:

Fácil entendimento dos comandos  
 Médio entendimento dos comandos  
 Difícil entendimento dos comandos

Justifique:

Os comandos como Gravity, Float, Slide deveriam ser descritos (a maneira de serem utilizados e a finalidade) para que assim se pudesse ter um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis no sistema.

III. Quanto a facilidade de uso do sistema:

Muito intuitivo  
 Intuitivo  
 Pouco Intuitivo

Justifique:

O método de uso do sistema requer que a pessoa tenha alguns conhecimentos sobre como utilizar o visualizador de VRML, para que a mesma possa desenvolver com tranquilidade os procedimentos.

IV.a. Quanto aos recursos do sistema, a experiência proposta :

foi integralmente desenvolvida  
 não foi desenvolvida por completo

Justifique:

Uma vez que os recursos do sistema são a possibilidade de visualização de superfícies e os cortes nas mesmas, o sistema permitiu que se desenvolvesse a experiência completamente.

IV.b. Os objetos disponíveis no ambiente virtual permitem:

- conceber a experiência proposta
- conceber parte da experiência proposta
- não permitem conceber a experiência

IV.c. A relação entre os objetos disponíveis e suas propriedades:

- é simples de ser definida e permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida, mas permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida e não permite o desenvolvimento proposto

IV.d.  Sugiro inserir novos objetos no mundo virtual, tais como:

Esfera, cone, parabolóide.

IV.e.  Sugiro inserir novas relações entre objetos no mundo virtual, tais como:

Permitir a intersecção entre elementos, como por exemplo a intersecção entre um cone e uma esfera.

V. Conseguiu visualizar as superfícies quádricas e realizar cortes nessas superfícies?

- sim
- não
- em parte

Justifique:

As superfícies tidas como opção de escolha são de fácil e clara utilização.

VI. O programa permitiu a aquisição de informações úteis a respeito de como realizar cortes em superfícies?

- sim
- não
- em parte

Exemplifique:

O sistema deixa clara a necessidade de pelo menos três pontos para se determinar um plano em uma dada superfície.

VII. Observações sobre o sistema, que achar relevante:

Durante a rotação de alguns elementos, parte da superfície em rotação se sobrepuseram aos comandos (Plano, corte...) dificultando e até mesmo impossibilitando a visualização dos mesmos.

Justifique:

Uma vez que os recursos do sistema são a possibilidade de visualização de superfícies e ~~o~~ corte nas mesmas, o sistema permitiu que se desenvolvesse a experiência completamente.

IV.b. Os objetos disponíveis no ambiente virtual permitem:

- conceber a experiência proposta
- conceber parte da experiência proposta
- não permitem conceber a experiência

IV.c. A relação entre os objetos disponíveis e suas propriedades:

- é simples de ser definida e permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida, mas permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida e não permite o desenvolvimento proposto

IV.d.  Sugiro inserir novos objetos no mundo virtual, tais como:

Esfera, cone, parabolóide.

IV.e.  Sugiro inserir novas relações entre objetos no mundo virtual, tais como:

Permitir a intersecção entre elementos, como por exemplo a intersecção entre um cone e uma esfera.

V. Conseguiu visualizar as superfícies quádricas e realizar cortes nessas superfícies?

- sim
- não
- em parte

Justifique:

As superfícies tidas como opção de escolha são de fácil e clara utilização.

VI. O programa permitiu a aquisição de informações úteis a respeito de como realizar cortes em superfícies?

- sim
- não
- em parte

Exemplifique:

O sistema deixa clara a necessidade de pelo menos três pontos para se determinar um plano em uma dada superfície.

VII. Observações sobre o sistema, que achar relevante:

Durante a rotação de alguns elementos, parte da superfície em rotação se sobrepueram aos comandos (Plano, corte...) dificultando ou até mesmo impossibilitando a visualização dos mesmos.

VIII. Sugestões Adicionais:

Se possível, deveria-se tratar o problema com uma outra ferramenta de programação, uma vez que, com a utilizada o sistema tornou-se pesado e por isso não foi possível realizar todos os testes desejados.

O sistema deveria explicitar a maneira de se utilizar as comandos presentes na área de visualização, a fim de tornar mais fácil e dinâmica a utilização dos mesmos.

Assinatura do Avaliador: Carlos Eduardo A. R. de Oliveira

# Avaliação do Sistema Protótipo que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas

Avaliador: EDICÍ BASSILI FIGUEIREDO Data da Avaliação: 10/08/2002

Curso: Ciências da Computação (Especialização - Mestrado)

Nível: ( ) 3º grau ( ) Especialização (X) Mestrado ( ) Doutorado  
( ) Completo (X) Cursando ( ) Incompleto

Principais finalidades de utilização do computador no seu cotidiano

PROGRAMAR, EDIÇÃO DE TEXTOS, PLANILHAS, COREL (PAIÃO), INTERNET, etc

Avalie o Programa que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas e responda as perguntas abaixo:

I. Quanto à Finalidade do seu uso como Ferramenta Educacional em disciplinas que tratam do assunto:

(X) Muito útil ( ) útil ( ) pouco útil

Justifique: Porque ele oferece uma melhor visualização gráfica das formas.

II. Quanto à Interface com o Usuário:

(X) Fácil entendimento dos comandos  
( ) Médio entendimento dos comandos  
( ) Difícil entendimento dos comandos

Justifique: Faltam alguns cliques.

III. Quanto a facilidade de uso do sistema:

( ) Muito intuitivo  
(X) Intuitivo  
( ) Pouco Intuitivo

Justifique: Falta um elemento dos botões.

IV.a. Quanto aos recursos do sistema, a experiência proposta:

(X) foi integralmente desenvolvida  
( ) não foi desenvolvida por completo

Justifique:

*o objetivo proposto foi alcançado.*

**IV.b. Os objetos disponíveis no ambiente virtual permitem:**

- conceber a experiência proposta
- conceber parte da experiência proposta
- não permitem conceber a experiência

**IV.c. A relação entre os objetos disponíveis e suas propriedades:**

- é simples de ser definida e permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida, mas permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida e não permite o desenvolvimento proposto

**IV.d. ( ) Sugiro inserir novos objetos no mundo virtual, tais como:**

**IV.e. ( ) Sugiro inserir novas relações entre objetos no mundo virtual, tais como:**

**V. Conseguiu visualizar as superfícies quádricas e realizar cortes nessas superfícies?**

- sim
- não
- em parte

Justifique:

*com as instruções da Curvica, foi fácil.*

**VI. O programa permitiu a aquisição de informações úteis a respeito de como realizar cortes em superfícies?**

- sim
- não
- em parte

Exemplifique:

**VII. Observações sobre o sistema, que achar relevante:**



# Avaliação do Sistema Protótipo que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas

Avaliador: ÉRICO RODRIGUES SILVA

Data da Avaliação: 13/08/2002

Curso: ENGENHARIA ELÉTRICA

Nível:  3º grau ( ) Especialização ( ) Mestrado ( ) Doutorado  
( ) Completo  Cursando ( ) Incompleto

Principais finalidades de utilização do computador no seu cotidiano

Comunicação com outras pessoas através da internet, utilização de softwares para processamento de textos (Word), softwares de simulação específica (PsPICE) e softwares no seguimento de páginas WWW ("Internet Explorer"), e também lazer (jogos)

Avalie o Programa que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas e responda as perguntas abaixo:

I. Quanto à Finalidade do seu uso como Ferramenta Educacional em disciplinas que tratam do assunto:

Muito útil ( ) útil ( ) pouco útil

Justifique:

É uma ferramenta que pode ser muito útil na visualização e no corte de superfícies tridimensionais, e por causa disso pode ser muito útil no aprendizado da disciplina Geometria Analítica, comum nos cursos de engenharia

II. Quanto à Interface com o Usuário:

Fácil entendimento dos comandos  
( ) Médio entendimento dos comandos  
( ) Difícil entendimento dos comandos

Justifique:

O principal do mesmo contém vários botões, que permitem realizar movimentos variados na superfície. O usuário acaba entendendo o significado de cada botão mexendo nele, na prática, pois existe uma pequena explicação, em inglês, que aparece quando o mouse é posicionado em cima do botão. No entanto, não é difícil perceber a função de cada botão.

III. Quanto a facilidade de uso do sistema:

( ) Muito intuitivo  
 Intuitivo  
( ) Pouco Intuitivo

Justifique:

Um usuário com pouca experiência no uso de um computador a princípio pode ficar um pouco perdido, pois não encontramos a explicação de cada comando, isto é, terá que experimentar. Mas, no geral, o sistema é intuitivo.

IV.a. Quanto aos recursos do sistema, a experiência proposta:

( ) foi integralmente desenvolvida  
 não foi desenvolvida por completo

Justifique:

O programa só consegue realizar corte em meridianos específicos; com isso, como as decisões muitas vezes cortadas de uma superfície cortada, sublinham brechas, como dito pela autora do trabalho. No entanto, o objetivo principal do trabalho não é afetado

IV.b. Os objetos disponíveis no ambiente virtual permitem:

- conceber a experiência proposta
- conceber parte da experiência;
- não permitiu conceber a experiência

IV.c. A relação entre os objetos disponíveis e suas propriedades:

- é simples de ser definida e permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida, mas permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida e não permite o desenvolvimento proposto

IV.d.  Sugiro inserir novos objetos no mundo virtual, tais como:

---

---

IV.e.  Sugiro inserir novas relações entre objetos no mundo virtual, tais como:

---

---

---

V. Conseguiu visualizar as superfícies quádricas e realizar cortes nessas superfícies?

- sim
- não
- em parte

Justifique:

O painel de controle do programa permite fazer todo tipo de movimento e de rotação com a superfície, permitindo portanto visualizar as superfícies e realizar cortes nelas.

VI. O programa permitiu a aquisição de informações úteis a respeito de como realizar cortes em superfícies?

- sim
- não
- em parte

Exemplifique:

Na página de entrada do programa, está explicada a forma de realizar o corte

VII. Observações sobre o sistema, que achar relevante:

Apesar que o programa conseguiu atingir o seu objetivo, o de ajudar na visualização e do corte de superfícies tridimensionais, no caso quádricas, tarefa que não é fácil para um estudante novato de engenharia sem auxílio



# Avaliação do Sistema Protótipo que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas

Avaliador: Flávio Moutti Morais Data da Avaliação: 14/08/2002

Curso: Engenharia Elétrica

Nível:  3º grau ( ) Especialização ( ) Mestrado ( ) Doutorado  
( ) Completo  Cursando ( ) Incompleto

Principais finalidades de utilização do computador no seu cotidiano

Produção de textos para trabalhos. Produção de mundos virtuais em VRML.

Avalie o Programa que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas e responda as perguntas abaixo:

I. Quanto à Finalidade do seu uso como Ferramenta Educacional em disciplinas que tratam do assunto:

Muito útil ( ) útil ( ) pouco útil

Justifique:

A utilidade desta Ferramenta é a melhor visualização de uma superfície, estando ela em 3D, e principalmente pelo fato de possibilitar de cortes e inserção de planos.

II. Quanto à Interface com o Usuário:

( ) Fácil entendimento dos comandos  
 Médio entendimento dos comandos  
( ) Difícil entendimento dos comandos

Justifique:

Trabalhamos com todos os alunos conseguem utilizar o "arame player", mas tirando esta dificuldade o programa é simples de ser utilizado.

III. Quanto a facilidade de uso do sistema:

Muito intuitivo  
( ) Intuitivo  
( ) Pouco Intuitivo

Justifique:

IV.a. Quanto aos recursos do sistema, a experiência proposta :

( ) foi integralmente desenvolvida  
 não foi desenvolvida por completo

Justifique:

Os computadores não são muito bons

IV.b. Os objetos disponíveis no ambiente virtual permitem:

- conceber a experiência proposta
- conceber parte da experiência proposta
- não permitem conceber a experiência

IV.c. A relação entre os objetos disponíveis e suas propriedades:

- é simples de ser definida e permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida, mas permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida e não permite o desenvolvimento proposto

IV.d.  Sugiro inserir novos objetos no mundo virtual, tais como:

celo, figura muito difícil de ser visualizada em 3D.

IV.e.  Sugiro inserir novas relações entre objetos no mundo virtual, tais como:

Utilizar interseções de duas superfícies distintas ou não.

V. Conseguiu visualizar as superfícies quádricas e realizar cortes nessas superfícies?

- sim
- não
- em parte

Justifique:

VI. O programa permitiu a aquisição de informações úteis a respeito de como realizar cortes em superfícies?

- sim
- não
- em parte

Exemplifique:

Devido a falta de recursos, houve uma falta de orientação de eixos, de coordenadas dos pontos marcados.

VII. Observações sobre o sistema, que achar relevante:

VIII. Sugestões Adicionais:

Colocar ícones de ajuda, para executar os  
usuários leitores na área de realidade virtual:

Professores deixem as caixas Plano, Coste e Atualizem  
como Box mais atraz da superfície (Somente  
estética).

Assinatura do Avaliador:

Flávio Moutti Moraes.

P.S. Parabéns pelo programa, sei o quanto é difícil  
fazer um software desta qualidade, mas continue melhorando.

# Avaliação do Sistema Protótipo que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas

Data da Avaliação: 14/08/2002

Avaliador: Jazzer José de Meda

Curso: Engenharia Elétrica

Nível:  3º grau ( ) Especialização ( ) Mestrado ( ) Doutorado  
( ) Completo  Cursando ( ) Incompleto

Principais finalidades de utilização do computador no seu cotidiano

Finalidades exigidas pelo curso e internet como laboratório

Avalie o Programa que Visualiza e Realiza Cortes em Superfícies Quádricas e responda as perguntas abaixo:

I. Quanto à Finalidade do seu uso como Ferramenta Educacional em disciplinas que tratam do assunto:

Muito útil ( ) útil ( ) pouco útil

Justifique:

Facilita a visualização de figuras espaciais, algumas das quais são muito complexas e possuem difícil compreensão

II. Quanto à Interface com o Usuário:

Fácil entendimento dos comandos  
( ) Médio entendimento dos comandos  
( ) Difícil entendimento dos comandos

Justifique:

A interface possui objetivos bem claros e definidos, facilitando a utilização

III. Quanto a facilidade de uso do sistema:

( ) Muito intuitivo  
 Intuitivo  
( ) Pouco Intuitivo

Justifique:

Ver justificações anteriores

IV.a. Quanto aos recursos do sistema, a experiência proposta:

foi integralmente desenvolvida  
( ) não foi desenvolvida por completo

Justifique: Podemos observar por completo o funcionamento do sistema

IV.b. Os objetos disponíveis no ambiente virtual permitem:

- conceber a experiência proposta
- conceber parte da experiência proposta
- não permitem conceber a experiência

IV.c. A relação entre os objetos disponíveis e suas propriedades:

- é simples de ser definida e permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida, mas permite o desenvolvimento proposto
- não é simples de ser definida e não permite o desenvolvimento proposto

IV.d.  Sugiro inserir novos objetos no mundo virtual, tais como:

superfícies não lineares que são definidas através de geometria diferencial

IV.e.  Sugiro inserir novas relações entre objetos no mundo virtual, tais como:

Cortes esféricos ou cônicos, como uma interseção entre diferentes figuras

V. Conseguiu visualizar as superfícies quádricas e realizar cortes nessas superfícies?

- sim
- não
- em parte

Justifique:

Realizamos cortes e utilizamos as ferramentas de melhor visualização, tais como giro da figura.

VI. O programa permitiu a aquisição de informações úteis a respeito de como realizar cortes em superfícies?

- sim
- não
- em parte

Exemplifique:

Placida o fato de que basta marcar dois pontos no espaço que pode ser gerado um plano de corte de uma forma bem simples

VII. Observações sobre o sistema, que achar relevante:

de uma ferramenta adicional. O desafio agora é que o programa  
passe a ser utilizado por quem realmente precisa dele.

VIII. Sugestões Adicionais:

Assinatura do Avaliador: Erico Rodrigues Silva