

**LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
FACULDADE NATALENSE PARA O DESENVOLVIMENTO DO RIO GRANDE DO
NORTE
BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

**A COMPUTAÇÃO GRÁFICA APLICADA A CONSTRUÇÃO DE SUPERFÍCIES
QUÁDRICAS**

**A COMPUTAÇÃO GRÁFICA APLICADA A CONSTRUÇÃO DE SUPERFÍCIES
QUÁDRICAS**

Orientador:

Luiz Gonzaga Damasceno, Msc.

João Maria Cláudio Nerino Sobrinho

**NATAL/RN
2005**

JOÃO MARIA CLÁUDIO NERINO SOBRINHO

**FACULDADE NATALENSE PARA O DESENVOLVIMENTO DO RIO GRANDE DO
NORTE
BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

**A COMPUTAÇÃO GRÁFICA APLICADA A CONSTRUÇÃO DE SUPERFÍCIES
QUÁDRICAS**

João Maria Cláudio Nerino Sobrinho

**A COMPUTAÇÃO GRÁFICA APLICADA A CONSTRUÇÃO DE SUPERFÍCIES
QUÁDRICAS**

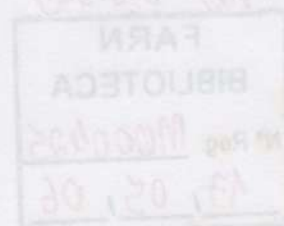
Monografia apresentada e aprovada em 11 de dezembro de 2005 pela banca
examinadora composta pelas seguintes membros:

**Monografia apresentada ao Curso de
Graduação em Bacharelado em
Sistemas de Informação da Faculdade
Natalense para o Desenvolvimento do
Rio Grande do Norte, para obtenção
do Grau de Bacharel em Sistemas de
Informação.**

Orientador:

Luíz Gonzaga Damasceno, Msc.

**NATAL/RN
2005**



JOÃO MARIA CLÁUDIO NERINO SOBRINHO

A COMPUTAÇÃO GRÁFICA APLICADA À CONSTRUÇÃO DE SUPERFÍCIES
QUÁDRICAS

Monografia apresentada ao Curso de
Graduação em Bacharelado em
Sistemas de Informação da Faculdade
Natalense para o Desenvolvimento do
Rio Grande do Norte, para obtenção
do Grau de Bacharel em Sistemas de

Catálogo na Publicação – Biblioteca da FARN
Setor de Processos Técnicos

Nerino Sobrinho, João Maria Cláudio

A Computação Gráfica aplicada à construção de superfícies quádricas / João
Maria Cláudio Nerino Sobrinho. – Natal: FARN, 2005.

76 f.

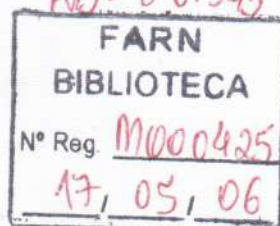
Orientador: Luiz Gonzaga Damasceno (M.Sc.)

Monografia (Bacharelado em Sistemas de Informação) – Faculdade Natalense
para o Desenvolvimento do Rio Grande do Norte.

1. Computação Gráfica – Monografia. 2. Construções Geométricas – Modelagem
– Monografia. 3. Linguagem de Programação – VRML – Monografia I. Título.

RN/FARN/BC

CDU 004.92:514.12



M
004.92:514.12
N364c
2005

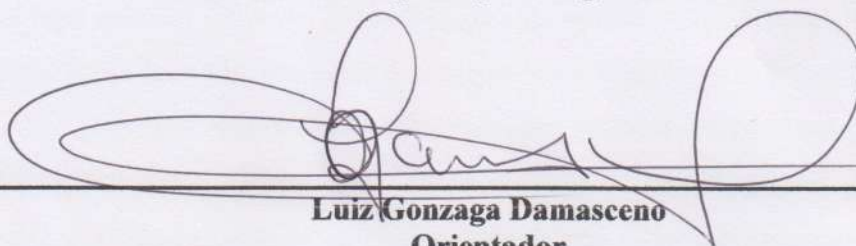
NATALIAN
2005

**LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
FACULDADE NATALENSE PARA O DESENVOLVIMENTO DO RIO GRANDE DO
NORTE
BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

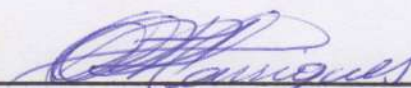
**A COMPUTAÇÃO GRÁFICA APLICADA A CONSTRUÇÃO DE SUPERFÍCIES
QUÁDRICAS**

João Maria Cláudio Nerino Sobrinho

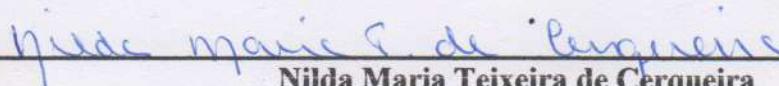
**Monografia apresentada e aprovada em 17 de Dezembro de 2005 pela banca
examinadora composta pelos seguintes membros:**



**Luiz Gonzaga Damasceno
Orientador**



**Antônio de Pádua de Miranda Henriques
Membro Examinador**



**Nilda Maria Teixeira de Cerqueira
Membro Examinador**

*Dedico este trabalho a minha mãe,
meu pai, minhas irmãs e meu
sobrinho como resultado do meu
esforço e pelo apoio que sempre
me dá.*

Natal, 17 de Dezembro de 2005.

AGRADECIMENTOS

Ao término da mais uma etapa tão importante como esta, há pessoas de muita importância que me ajudaram bastante e que fazem muito bem à minha vida neste processo de conclusão de curso.

Em primeiro lugar agradeço a Deus por ter me dado forças, saúde, competência e coragem para superar momentos difíceis no decorrer desse curso.

Aos meus Pais, Jean e Verônica. Por tudo que tem feito por mim durante este período e toda minha vida, me passando amor, carinho, atenção e educação, para que eu pudesse dar um passo muito importante na minha vida, superando todos os desafios com competência e responsabilidade, para poder dar o privilégio de ter um filho formado, em um curso de muita importância. Obrigado Pai e Obrigada Mãe, "Eu amo vocês".

As minhas irmãs Mariana e Marayza que mesmo indiretamente, também contribuíram para que eu chegasse até o fim.

Ao meu querido sobrinho Paulo Rogério que apesar de ser criança, também contribuiu com a sua força de vontade, sua garra e coragem para superar os desafios que a vida oferece, pois sabia que Deus está conosco e você vai sair dessa com sucesso. "Te amo".

Aos meus Avós Miguel e Anete, Nerina e Maria José, que sempre deixaria de agradecer, pois são pessoas de muita importância que mesmo indiretamente contribuíram para que eu chegasse até o fim.

A minha amada Ana Paula, por estar ao meu lado nos momentos de dificuldades dando sua ajuda e por estar comigo por todo esse tempo de muito amor. "Beijos, Amor".

Aos meus Irmãos e Irmãs que mesmo indiretamente ajudaram para que eu alcançasse os meus objetivos.

Ao meu orientador, Luiz Gonzaga Damasceno pela paciência, pela dedicação e pela atenção que sempre teve comigo, onde aprendi a gostar da sua forma de ensinar, passando com clareza os assuntos apresentados.

Aos professores Ysido e Luiz Augusto, que prepararam a monografia.

A Todos os meus colegas de turma, professores que fazem a FARN.

Dedico este trabalho a minha mãe, meu pai, minhas irmãs e meu sobrinho como resultado do meu esforço e pelo apoio que sempre recebi deles.

AGRADECIMENTOS

Ao término de mais uma etapa tão importante como esta, há pessoas de muita importância que me ajudaram bastante e que foram muito fundamentais neste processo de conclusão de curso.

Em primeiro lugar agradeço a Deus por ter me dado forças, saúde, competência e coragem para superar momentos difíceis no decorrer desse curso.

Aos meus Pais, Jean e Verônica. Por tudo que tem feito por mim durante este período e toda minha vida, me passando amor, carinho, atenção e educação, para que eu pudesse dar um passo muito importante na minha vida, superando todos os desafios com competência e responsabilidade, para poder dar o privilégio de ter um filho formado, em um curso de muita importância. Obrigado Pai e Obrigado Mãe, "Eu amo vocês".

As minhas irmãs Mariana e Maraysa que mesmo indiretamente, também contribuiu para que eu chegasse até o fim.

Ao meu querido sobrinho Paulo Póggio que apesar de ser criança, também contribuiu com a sua força de vontade, sua garra e coragem para superar os desafios que a vida oferece, pois saiba que Deus está conosco e você vai sair dessa com sucesso. "Te amo".

Aos meus Avós Miquel e Anete, Nerino e Maria José, que jamais deixaria de agradecê-los, pois são pessoas de muita importância que mesmo indiretamente contribuiu para que eu chegasse até o fim.

A minha namorada Ana Paula, por está ao meu lado nos momentos de dificuldades dando sua ajuda e por estar comigo por todo esse tempo de muito amor. "Beijos, Amor".

Aos meus tios e tias que mesmo indiretamente ajudou para que eu alcançasse os meus objetivos.

Ao meu orientador, Luiz Gonzaga Damasceno pela paciência, pela dedicação e pela atenção que sempre teve comigo, onde aprendi a gostar da sua forma de ensinar, passando com clareza os assuntos apresentados.

Aos professores Ytalo e Luiz Augusto, que me ajudou muito durante toda essa preparação da monografia.

À Todos os meus colegas de turma, professores, coordenadores e demais funcionários que fazem a FARN.

Sumário

1. Introdução	11
1.1. Problema de Pesquisa	12
1.2. Objetivos	13
1.2.1. Geral	13
1.2.2. Específicos	13
1.3. Justificativa	14
2. Referencial Teórico	15
2.1. Computação Gráfica	15
2.1.1. Histórico	15
2.1.2. Conceitos	15
2.1.3. Aplicações da Computação Gráfica	17
2.2. VRML	18
2.2.1. Histórico	18
2.2.2. Conceitos	19
2.3. Superfícies Quádricas	20
3. Metodologia	21
3.1. Método Utilizado	21
3.1.1. Quanto a Natureza	21
3.1.2. Quanto a forma de abordagem	21
3.1.3. Quanto aos Objetivos	21
3.1.4. Quanto aos Procedimentos técnicos	21
3.2. Desenvolvimento	21
3.2.1. Equação do Elipsóide	22
3.2.2. Construção da Geratriz do Elipsóide	23
3.2.3. Construção da Cura Geratriz do Elipsóide	25
3.2.4. Construção da Estrutura do Elipsóide	26
3.2.5. Refinamento do Elipsóide	27
3.2.6. Equação do Hiperbolóide	27
3.2.7. Construção da Geratriz do Hiperbolóide	28
3.2.8. Construção da Cura Geratriz do Hiperbolóide	31

3.2.9. Construção da Estrutura do Hiperbolóide	31
3.2.10. Refinamento do Elipsóide	32
4. Conclusão	33
5. Referências Bibliográficas	34
6. Anexos	36
Figura 1 - Elipsóide	27
Figura 4 - Curva do Hiperbolóide	31
Figura 5 - Estrutura do Hiperbolóide	32
Figura 6 - Hiperbolóide	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curva do Elipsóide	26
Figura 2 - Estrutura do Elipsóide	26
Figura 3 - Elipsóide	27
Figura 4 - Curva do Hiperbolóide	31
Figura 5 - Estrutura do Hiperbolóide	32
Figura 6 - Hiperbolóide	32

Palavra-Chave: Computação Gráfica, VRML, e Superfícies Quádricas

RESUMO

Este trabalho busca mostrar virtualmente as superfícies quádricas (Hiperbolóide e Elipsóide) em três dimensões utilizando a computação gráfica para melhor visualização. Essa apresentação irá possibilitar uma visão gráfica através da internet. As superfícies foram apresentadas em linguagem de programação VRML – Virtual Reality Modeling Language (Linguagem de Modelagem para Realidade Virtual). Esta linguagem utiliza vários recursos da computação gráfica, permitindo dar formas, cores, iluminação, animação, textura, rotação e translação. Desta forma, com a utilização do software (Cortona Control) permitirá que os usuários utilizem apenas as seguintes operações: Rotação, Translações e Zoom.

Palavra-Chave: Computação Gráfica, VRML e Superfícies Quádricas

ABSTRACT

This work searches to virtually show to the quádricas surfaces (Hiperbolóide and Elipsóide) in three dimensions using the graphical computation for better visualization. This presentation will go to make possible a graphical vision through the InterNet. The surfaces had been presented in programming language vrml - Virtual Reality Modeling Language (Language of Modeling for Virtual Reality). This language uses some resources of the graphical computation, allowing to give forms, colors, illumination, animation, texture, rotation and translation. Of this form, with the use of software (Cortona Control) it will allow that the users use only the following operations: Rotation, Translações and Zoom.

Word Key: Graphical computation, VRML, square shaped surfaces

1. Introdução

O Projeto busca um meio de mostrar uma visão das Superfícies Quádricas em três dimensões através de um computador na Internet, usando computação gráfica como um dos meios de apresentação.

A Computação Gráfica consiste de métodos e técnicas para transformar dados para um dispositivo gráfico utilizando um computador, esses gráficos podem ser feitos em vários softwares. Mas como o projeto é voltado para Internet, vamos usar o VRML (Virtual Reality Modeling Language) que é uma linguagem voltada para realidade virtual usada para criar o mundo em três dimensões. Essa linguagem transforma o objeto 3D em um arquivo semelhante ao HTML, podendo atribuir novas formas como cor, luz e outras. Esta linguagem é usada neste projeto para que possa mostrar as Superfícies Quádricas em três dimensões na Internet.

A Internet hoje é um dos meios de comunicação mais usado atualmente em todo o mundo, gerado por uma infinita base de dados.

São utilizadas para modelar, nas Superfícies Quádricas, algumas formas comuns do VRML, tais como, cilindro, cones, esferas, curvas, superfícies, etc. Este projeto utiliza as Superfícies Quádricas, cuja equação é representada por uma equação do segundo grau.

1.1. Problema de Pesquisa

Sobre a linguagem utilizada neste projeto, existem poucas opções de material didático, e a maioria desses materiais são em inglês, dificultando assim o entendimento do assunto, tendo que traduzir para a língua portuguesa, para então tentar assimilar alguma coisa.

São poucas as opções de softwares usados para mostrar graficamente em três dimensões, animações e cores as superfícies quádricas na Internet, exigindo então usar um desses softwares que utilizam essas técnicas.

Os métodos usados para construir as superfícies quádricas são métodos muito complexos, fazendo com que procure entre esses métodos um método que se encaixe melhor no nosso conteúdo, e que seja menos complexo, exigindo portanto o estudo de cada um.

A construção das Superfícies Quádricas leva ao seguinte questionamento no campo desta pesquisa: **de que recurso dispomos para apresentar uma Superfície Quádrica na Web?**

- Apresentar ao VRML, alguns conceitos básicos, e as transformações necessárias de construção de superfícies;
- Identificar os métodos que podem ser aproveitados melhor para construção das superfícies quádricas;
- Mostrar qual das ferramentas de construção das superfícies obtendo assim um resultado eficiente, claro e completo;

1.2. Objetivos

1.2.1. Geral

Mostrar na Web a construção das Superfícies Quádricas, através de uma visão tridimensional que permita tomar conhecimentos de detalhes internos e externos das superfícies, utilizando recursos de translação, rotação e cores.

1.2.2. Específicos

- Definir as Superfícies Quádricas;
- Desenvolver o método de entrelaçamento de malhas de curvas, as quais são obtidas cortando-se as superfícies por planos adequadamente escolhidos;
- Pesquisar técnicas para construção de gráficos de superfícies quádricas;
- Apresentar no VRML: elementos básicos, nós, transformações, métodos de construção de superfícies;
- Identificar os métodos que podem se aproveitar melhor para construção das superfícies quádricas;
- Mostrar o uso das ferramentas na construção das superfícies, obtendo assim uns resultados eficazes, claros e completos;

1.3. Justificativa

Através da Computação Gráfica pode-se permitir ao usuário transcender das técnicas tradicionais de desenho ou modelagem. Esta é uma ferramenta que proporciona um maior poder de abstração, ajudando na criação de imagens complexas e em muitos casos não imaginados. Com o uso do software, o usuário precisa ter apenas a idéia e deixar a parte complexa por conta do computador, gerando mais facilidade.

A Linguagem utilizada neste projeto é o VRML – *Virtual Reality Modeling Language* (Linguagem de Modelagem de Realidade Virtual), uma linguagem de computador utilizada para descrever objetos em três dimensões e agrupá-los, podendo construir e animar cenas ou “verdadeiros mundos virtuais”, em geral, as cenas criadas são, disponibilizadas na Internet e suas áreas de aplicação são bastante diversificadas, indo desde aplicações na área científica e tecnológica até entretenimento e educação, passando por representações artísticas e em multimídia. As utilizações dos recursos do VRML que possibilitam uma visualização melhor dos gráficos são: Translação, Rotação, Ponto de Vista e animação.

Como a Internet hoje é um meio de comunicação com um alto poder de crescimento, este projeto vai mostrar através do VRML as Superfícies Quádricas em três dimensões, essas superfícies são definidas por uma equação do segundo grau, que é um assunto da matemática de suma importância, cujo a forma geral a três variáveis, x , y e z é $Ax^2 + By^2 + Cz^2 + Dxy + Exy + Fyz + Gx + Hy + Iz + J = 0$.

A importância deste projeto é para os físicos, matemáticos, arquitetos e engenheiros, que mesmo com o suporte de softwares gráficos disponíveis, ainda é muito pouco para utilização de recursos gráficos que dizem respeito ao assunto. Toda modelagem geométrica requer de conhecimentos e dispositivos gráficos que possibilitem melhor compreensão e desenvolvimento.

2. Referencial Teórico

2.1. Computação Gráfica

2.1.1. Histórico

A Computação Gráfica surgiu na década de 50 do século passado, quando um computador associado a um CRT-MIT (Tubo de Raios Catódicos - Massachusetts Institute of Technology), e um projeto SAGE-MIT (Semi-Automatic Ground Enviroment) (Projeto para o exército americano), quando um radar foi ligado a um computador (HIERTZ, 2005).

Em 1959 surgiu um termo chamado Computer Graphics, um Projeto da Boeing para a simulação de fatores humanos na aviação (CARDOSO, 2005).

Em 1962 o projeto TX2 - Ivan Sutherland - MIT, o computador foi usado para fazer desenhos (CARDOSO, 2005).

Segundo Hiertz (2005) Em 1966 foi criado o primeiro vídeo-game, chamado "Odyssey", a ser produzido para fins comerciais.

Na Década de 70 surgem os monitores a varredura - ATARI (CARDOSO, 2005).

Na Década de 80 surgem alguns softwares, são eles: CAD/CAM, OpenGL, X- Windows (CARDOSO, 2005).

Na Década de 90 surgiram o Toy Story (1995), jogos na Internet e em rede como o Quake (1996), o VRML (1997), softwares (3D Studio, Adobe, etc.) e Dispositivos 3D (CARDOSO, 2005).

2.1.2. Conceitos

Segundo Azevedo e Conci (2003, p.3), "A Computação Gráfica é matemática e arte. É uma ferramenta de concepção de arte, assim como o piano ou o pincel."

Azevedo e Conci (2003, p.3) argumentam que:

Esta ferramenta proporciona um maior poder de abstração, ajudando na criação de imagens complexas e em muitos casos não imaginadas. A relação entre luz, tempo e movimento constitui a base desta que poderia ser classificada como uma arte tecnológica.

De acordo com Azevedo e Conci (2003, p.3), “A Computação Gráfica proporciona um novo impulso ao artista, abrindo novos horizontes, fornecendo meios para se fazer um novo tipo de arte”.

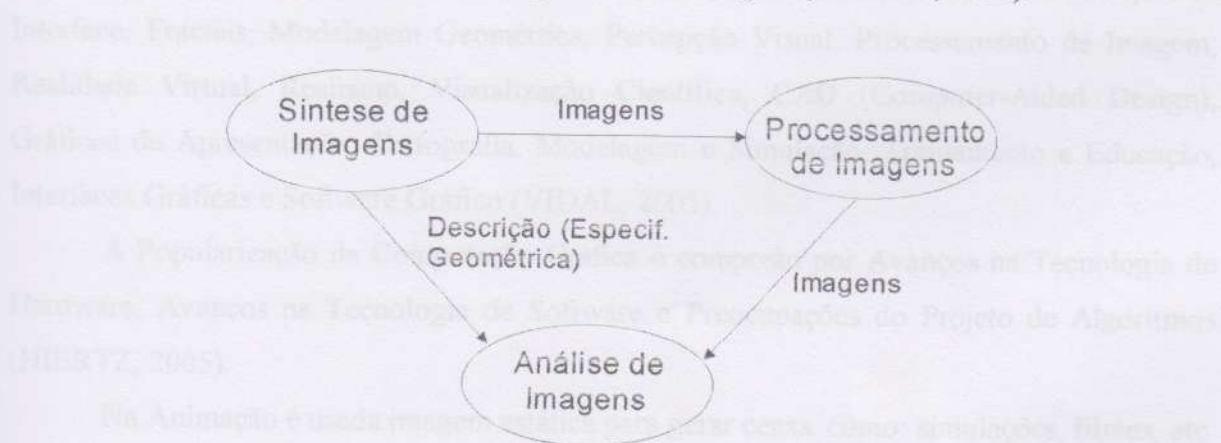
Ainda Segundo Azevedo e Conci (2003, p.4), “A habilidade de simular a natureza em computadores tem sido objeto de atenção e curiosidade de toda a comunidade.”

A computação gráfica atualmente é uma área que engloba, pelo menos três grandes subáreas: a Síntese de Imagens, o Processamento de Imagens e a Análise de Imagens (AZEVEDO, 2003).

Síntese de Imagens é uma área que se preocupa com a produção de representações visuais a partir das especificações geométrica e visual de seus componentes. Às vezes confundida com a própria Computação Gráfica. As imagens produzidas por esta sub-área são geradas a partir de dados mantidos nos chamados Display-Files (TRAINA, 2005).

O Processamento de Imagens envolve as técnicas de transformação de Imagens, em que tanto a imagem original quanto a imagem resultado apresentam-se sob uma representação visual. Estas transformações visam melhorar as características visuais da imagem. As imagens produzidas ou utilizadas por esta sub-área são armazenadas ou recuperadas pelo Raster-Files (TRAINA, 2005).

A Análise de Imagens é uma área que procura obter a especificação dos componentes de uma imagem a partir de sua representação visual. Ou seja a partir da informação pictórica da imagem, produz uma informação não pictórica da imagem (TRAINA, 2005).



Fonte: Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, 2005

O grande numero de aplicações das técnicas de Computação Gráfica as vezes colocada em um posicionamento em relação a áreas tão próximas que chegam a ser confundidas. E um critério que pode ser utilizado para diferenciar é baseada na natureza da entrada e saída de um sistema em cada área (GOMES E VELHO, 1994).

Segundo Gomes e Velho (1994, p.2), “Na Computação Gráfica, os dados de entrada são processados e o produto final é uma imagem que pode ser vista através de algum dispositivo de saída gráfica”.

No processamento digital de imagens, o sistema admite como entrada uma imagem, que depois de processada, produz outra imagem na saída. Essa imagem pode ser observada num dispositivo gráfico. Pode-se ter como exemplo o processamento de imagens enviadas por um satélite com o objetivo de colorizar ou de realçar detalhes (GOMES E VELHO, 1994).

De acordo com Gomes e Velho (1994, p.4), “Um exemplo clássico dessa área é o processamento de imagens enviadas por um satélite com o objetivo de colorizar ou de realçar detalhes”.

De acordo com Gomes e Velho (1994, p.4), “Na Computação Gráfica, a imagem é o produto final do processo. Desse modo, o processamento de imagens está presente na fase de geração da imagem, e numa fase posterior, chamada de pós-processamento”.

2.1.3. Aplicações da Computação Gráfica

Conforme Gomes e Velho (1994) “Indiscutivelmente a Computação Gráfica hoje encontra aplicações em praticamente todas as áreas do conhecimento humano”.

As aplicações da computação gráfica se dividem em várias aplicações, são elas: Popularização da Computação Gráfica, Animação, Ergonomia / Conectividade / Projeto de Interface, Fractais, Modelagem Geométrica, Percepção Visual, Processamento de Imagem, Realidade Virtual, Realismo, Visualização Científica, CAD (Computer-Aided Design), Gráficos de Apresentação, Cartografia, Modelagem e Simulação, Treinamento e Educação, Interfaces Gráficas e Software Gráfico (VIDAL, 2005).

A Popularização da Computação Gráfica é composto por Avanços na Tecnologia de Hardware, Avanços na Tecnologia de Software e Preocupações do Projeto de Algoritmos (HIERTZ, 2005).

Na Animação é usada imagem estática para gerar cenas, como: simulações, filmes, etc. (VIDAL, 2005).

Na Ergonomia / Conectividade / Projeto de Interface existe uma interação com o usuário (VIDAL, 2005).

A Fractais é uma representação de fenômenos naturais (VIDAL).

Modelagem Geométrica é uma definição dos objetos e suas transformações (VIDAL, 2005).

Percepção Visual é o estudo considerando os aspectos fisiológicos dos usuários (VIDAL, 2005).

Processamento de Imagem é definido como interpretação da informação raster (VIDAL, 2005).

A Realidade Virtual é a imersão em “mundo virtual” (VIDAL, 2005).

O Realismo utiliza técnicas de rendering (VIDAL, 2005).

A Visualização Científica é o conjunto de técnicas que permitem a análise de modelos (VIDAL, 2005).

O CAD (Computer-Aided Design) consiste basicamente de sistemas capazes de auxiliar um projetista (mecânico, elétrico, civil) a desenvolver suas idéias de forma mais rápida (PINHO, 2005).

Os Gráficos de Apresentação são Gráficos de Barra, linha e pizza (VIDAL, 2005).

A Cartografia são usadas para Mapas climáticos, estatísticas populacionais, geologia (VIDAL, 2005).

A Modelagem e Simulação são usadas para Sistemas físicos e químicos, financeiros, econômicos, fisiológicos, operação de equipamentos (VIDAL, 2005).

O Treinamento e Educação é voltado para as áreas de Pilotagem de aviões, navegações de navios, funcionamentos de equipamentos, modelos de sistema físicos (VIDAL, 2005).

As Interfaces Gráficas são os ícones de processadores de texto, editores de publicações, programas de desenvolvimentos de projetos (VIDAL, 2005).

Segundo Vidal (p.3) “Software Gráfico: Animação: Aladim, Director, Automação: CAM (Computer Aided Manufacture), Cálculo Matemático: MatCad, WinSurfer, Geoprocessamento: Indrisi, Spring, Arc-Info, Internet: Flash, Image Composer e Internet Space Builder (VRML), Produção: CAE (Computer Aided Engineer), Raster 2D: Adobe, CorelDraw, Vetorial / Raster 3D: CAD (Computer Aided Design), AutoCad, Visualização Científica: Ensight, Fscan, PV-Wave”.

2.2. VRML

2.2.1. Histórico

Na década de 80 surgiu a primeira maior revolução, foi a criação da World Wide Web, por Tim Berners-Lee, no ano de 1989 (POLLO, 2005).

Segundo Pollo (2005, p.2), “A criação da Web foi mais um dos esforços da comunidade de computação visando melhorar a interface entre os usuários e as tarefas executadas pelos computadores”.

Há um tempo, surgiu a idéia de levar a Realidade Virtual para internet. Dessa idéia surgiu o Virtual Reality Modeling Language, que hoje é mais conhecido como VRML (BRAMORSKI E MARQUES, 1998).

O VRML foi lançado em 1994 na Primeira Conferência de World Wide Web anual, em Genebra-Suíça (PRADO, 2005).

Após a Conferência em Genebra na Suíça, as listas de discussão www-vrml foram criadas para o desenvolvimento de uma especificação para a primeira versão de VRML (BRAMORSKI; MARQUES, 1998).

Para Pollo (2005, p.2), “Mesmo com várias outras propostas interessantes sendo submetidas à avaliação na lista de discussão, a da Silicon Graphics foi a mais votada, e o Open Inventor tornava-se, de fato, a base para a especificação VRML 1.0, apresentada em Outubro de 1994”.

A primeira versão do VRML poderia ser adaptada de uma solução existente. A lista de discussão começou a procurar por tecnologias compatíveis com as necessidades do VRML (BRAMORSKI; MARQUES, 1998).

Na primavera de 1995 um grupo de Arquitetura VRML se reuniu para discutir a próxima especificação do VRML, onde deveria conter vários melhoramentos em relação à primeira versão e preparando o terreno para revisões futuras (POLLO, 2005).

2.2.2. Conceitos

Bramorski e Marques (1998, p.1) argumentam que:

VRML é uma linguagem para modelação de Realidade Virtual usada para criar mundo de três dimensões”. Trata-se de um formato de arquivo objeto 3D, análogo ao HTML (para objetos tridimensionais). Usando-se formas pré-definidas e se especificando novas formas a partir dessas, pode-se atribuir cor, forma, luz e outros a um documento VRML.

Segundo Bramorski e Marques (1998, p.1), “VRML é uma linguagem independente de plataforma que permite a criação de ambientes virtuais por onde se pode navegar, visualizar objetos por ângulos diferentes e até interagir com eles”.

A linguagem possui toda a estrutura necessária para o desenvolvimento de aplicações de realidade virtual (PRADO, 2005).

De acordo com Pollo (2005, p.2), "Com VRML é possível construir *websites* completos, com espaço e profundidade infinitos, em que os objetos tridimensionais proporcionam a interação necessária e o acesso às informações. Esses objetos podem ser ligados a arquivos de texto, áudio ou vídeo, arquivos HTML, ou mesmo a outros sites HTML e mundos VRML".

A primeira versão (VRML 1.0), com exceção de algumas extensões, não tem muita interação do usuário com o mundo virtual, mas as versões recentes acrescentam características como animação, som, movimentos de objetos e interação entre usuários (BRAMORSKI; MARQUES, 1998).

A versão 2.0, chamada Moving Worlds VRML 2.0. É independente de plataforma, uma aplicação VRML roda em qualquer computador que tenha um browser VRML, ou seja, uma aplicação que roda no PC, roda numa Silicon Graphics, numa Sun, etc. sem nenhuma alteração (BRAMORSKI; MARQUES, 1998).

Existem no VRML algumas figuras pré-definidas, são elas: o cubo, o cone, o cilindro e a esfera (MANSSOUR, 2000).

2.3. Superfícies Quádricas

Para Edwards e Penney (1997, p.276), "O gráfico da equação $F(x, y, z) = 0$ é o conjunto de todos os pontos cujas coordenadas (x, y, z) satisfazem esta equação. O gráfico de uma tal equação será designado uma superfície".

Segundo Edwards e Penney (1997, p.276), "para esboçar uma superfície S , é conveniente examinar sua interseções com diversos planos. O traço da superfície S no plano P é a interseção de P e S ".

De acordo com Edwards e Penney (1997, p.279), "Cones, esferas, cilindros circulares e parabólicos, e elipsóides de revolução, são, todos, superfícies que representam gráficos de equações do segundo grau em x, y, z ".

Conforme Edwards e Penney (1997, p.279), "O gráfico de uma equação de segundo grau em três variáveis é chamado superfície quádrica".

3. Metodologia

3.1. Método Utilizado

3.1.1. Quanto a Natureza

A Pesquisa é Aplicada, pois o projeto tem como objetivo gerar conhecimentos da matemática usando a Computação Gráfica através do VRML.

3.1.2. Quanto a forma de abordagem

A Pesquisa é Qualitativa, pois requer de métodos de funções matemáticas (equações do segundo grau a três variáveis), para a construção das superfícies quádricas.

3.1.3. Quanto aos Objetivos

A Pesquisa é Explicativa, pois o projeto visa mostrar as Superfícies Quádricas em 3D usando o VRML.

3.1.4. Quanto aos Procedimentos técnicos

A Pesquisa é Bibliográfica e Experimental, é Bibliográfica porque é elaborada por materias já publicados, constituídos por livros, periódicos e Internet. E é Experimental porque vai mostrar o comportamento das Superfícies Quádricas em 3D em um computador.

3.2. Desenvolvimento

Superfícies Quádricas

Quádricas ou superfícies quádricas são os gráficos de equações do segundo grau em um sistema de coordenadas de três dimensões xyz: $Ax^2+Bx^2+Cz^2+Dxy+Exz+Fyz+Gx+Hy+Iz+J=0$ (Cálculo, um novo horizonte, Howard Anton).

Os seis tipos não degenerados das superfícies quádricas são: elipsóides, hiperbolóides de uma folha, hiperbolóides de duas folhas, cones elípticos, parabolóides elípticos e parabolóides hiperbólicos.

3.2.1. Equação do Elipsóide

O Elipsóide é uma superfície quádrlica formada em três dimensões, obedecendo a forma geral da equação do segundo grau a três variáveis ($Ax^2 + By^2 + Cz^2 + Dxy + Exz + Fyz + Gx + Hy + Iz + J = 0$). Sua equação é dada por:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$$

Interseção do Elipsóide com o plano $z = 0$

Fazendo $z = 0$ na equação do Elipsóide e tomando $a = 2$ e $b = 3$ como exemplo, encontramos a equação em x e y .

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

que resolvida em relação a y nos dá

$$b^2 x^2 + a^2 y^2 = a^2 b^2$$

$$9x^2 + 4y^2 = 36$$

$$4y^2 = 36 - 9x^2$$

$$y^2 = \frac{36 - 9x^2}{4} \Rightarrow y = \pm \frac{\sqrt{36 - 9x^2}}{2}$$

- Considere a função positiva, que simplificada fica igual:

$$y = \frac{\sqrt{36 - 9x^2}}{2} \Rightarrow y = \frac{1}{2} \sqrt{36 - 9x^2} \Rightarrow y = \frac{1}{2} (36 - 9x^2)^{1/2}$$

- A derivada da função y (essa derivada é simbolizada por y'), é dada por:

$$y' = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} (36 - 9x^2)^{-1/2} \times (-9) \times 2x$$

$$y' = -\frac{9}{2} (36 - 9x^2)^{-1/2} x$$

3.2.2. Construção da geratriz do elipsóide

A elipse geratriz do elipsóide pode ser construída mediante a criação de uma tabela, com a utilização do software Microsoft Office Excel 2003, onde são colocados os resultados dos cálculos dos pontos e ângulos para construção da curva. A tabela é constituída por 6 colunas e 41 linhas.

• 1ª Coluna e Demais Linhas

Nesta coluna encontram-se os pontos do eixo x no intervalo de -2 a 2, pois os valores só poderão estar neste intervalo, porque se o valor de x for menor que -2 ou maior que 2, extrapola o domínio da função, isto é, $36 - 9x^2$ assume valor negativo que não possui raiz quadrada.

• 2ª Coluna e Demais Linhas

Como $y = \frac{1}{2} (36 - 9x^2)^{1/2}$, separamos a função para facilitar o cálculo nas fórmulas, da seguinte maneira: $\left(\frac{1}{2} e (36 - 9x^2)^{1/2} \right)$. Nesta coluna colocamos $(36 - 9x^2)^{1/2}$, através da fórmula: =POTÊNCIA((36-9*B2*B2);0,5).

• 3ª Coluna e Demais Linhas

Nesta coluna encontram-se os pontos do eixo y, encontrados através da função y, correspondente ao valor encontrado na 2ª Coluna multiplicado por $\frac{1}{2}$, através da fórmula: =0,5*C2.

• 4ª Coluna e Demais Linhas

Como a derivada da função y é $y' = -\frac{9}{2} (36 - 9x^2)^{-1/2} x$, colocamos nesta coluna a função inversa da função da 2ª Coluna $((36 - 9x^2)^{1/2})$, através da fórmula: $= 1/C3$.

• 5ª Coluna e Demais Linhas

Nesta coluna encontram-se as derivadas, onde através delas vão ser encontrados o arco tangente (inclinação dos cubos), para formar a curva geradora do Elipsóide. Como separamos a derivada da função y , vamos colocar nesta coluna a outra parte da função, onde pegaremos $-\frac{9}{2}$ e multiplicaremos pelos resultados encontrados na 1ª Coluna e 4ª Coluna, formando assim a derivada da função y , através da fórmula: $= -4,5*B3*E3$.

• 6ª Coluna e Demais Linhas

Por fim, nesta coluna encontram-se os ângulos para fazer a inclinação da curva. Através dos resultados obtidos na 5ª Coluna acharemos o ângulo que dará a inclinação do cubo para a construção da curva, mediante o arco tangente, onde foi utilizada a fórmula: $= ATAN(F3)$.

B	C	D	E	F	G
X		Y		Y'	ARCO
-2	0,0000	0,0000			
-1,8	2,6153	1,3077	0,3824	3,0971	1,2585
-1,75	2,9047	1,4524	0,3443	2,7111	1,2174
-1,7	3,1607	1,5803	0,3164	2,4204	1,1790
-1,6	3,6000	1,8000	0,2778	2,0000	1,1071
-1,5	3,9686	1,9843	0,2520	1,7008	1,0393
-1,4	4,2849	2,1424	0,2334	1,4703	0,9735
-1,3	4,5596	2,2798	0,2193	1,2830	0,9087
-1,2	4,8000	2,4000	0,2083	1,1250	0,8442

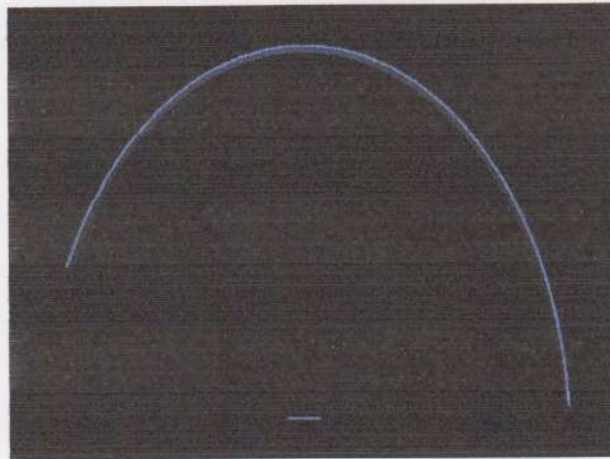
-1,1	5,0110	2,5055	0,1996	0,9878	0,7793
-1	5,1962	2,5981	0,1925	0,8660	0,7137
-0,8	5,4991	2,7495	0,1818	0,6547	0,5796
-0,6	5,7236	2,8618	0,1747	0,4717	0,4408
-0,4	5,8788	2,9394	0,1701	0,3062	0,2971
-0,2	5,9699	2,9850	0,1675	0,1508	0,1496
-0	6,0000	3,0000	0,1667	0,0000	0,0000
0,2	5,9699	2,9850	0,1675	-0,1508	-0,1496
0,4	5,8788	2,9394	0,1701	-0,3062	-0,2971
0,6	5,7236	2,8618	0,1747	-0,4717	-0,4408
0,8	5,4991	2,7495	0,1818	-0,6547	-0,5796
1	5,1962	2,5981	0,1925	-0,8660	-0,7137
1,1	5,0110	2,5055	0,1996	-0,9878	-0,7793
1,2	4,8000	2,4000	0,2083	-1,1250	-0,8442
1,3	4,5596	2,2798	0,2193	-1,2830	-0,9087
1,4	4,2849	2,1424	0,2334	-1,4703	-0,9735
1,5	3,9686	1,9843	0,2520	-1,7008	-1,0393
1,6	3,6000	1,8000	0,2778	-2,0000	-1,1071
1,7	3,1607	1,5803	0,3164	-2,4204	-1,1790
1,75	2,9047	1,4524	0,3443	-2,7111	-1,2174
1,8	2,6153	1,3077	0,3824	-3,0971	-1,2585
1,85	2,2798	1,1399	0,4386	-3,6516	-1,3035
1,9	1,8735	0,9367	0,5338	-4,5637	-1,3551
1,92	1,6800	0,8400	0,5952	-5,1429	-1,3787
1,94	1,4586	0,7293	0,6856	-5,9851	-1,4052
1,96	1,1940	0,5970	0,8375	-7,3870	-1,4362
1,98	0,8464	0,4232	1,1815	-10,5269	-1,4761
1,985	0,7335	0,3667	1,3634	-12,1784	-1,4889
1,99	0,5992	0,2996	1,6688	-14,9437	-1,5040
1,995	0,4240	0,2120	2,3585	-21,1734	-1,5236
2	0,0000	0,0000			

3.2.3. Construção da Curva Geratriz do Elipsóide

Para a construção da curva geratriz, foi criado no VRML (feito) um cubo com profundidade (0.02), largura (0.10) e altura (0.25) centrado nos pontos $x = 0$, $y = 0$ e $z = 0$,

com uma rotação em torno do eixo z de 90 graus conforme a imagem abaixo, para daí então fazer as translações e rotações desse cubo conforme os pontos da tabela acima. Veja o código em Anexo A. A animação da construção da curva geratriz do Elipsóide pode ser vista no Anexo F.

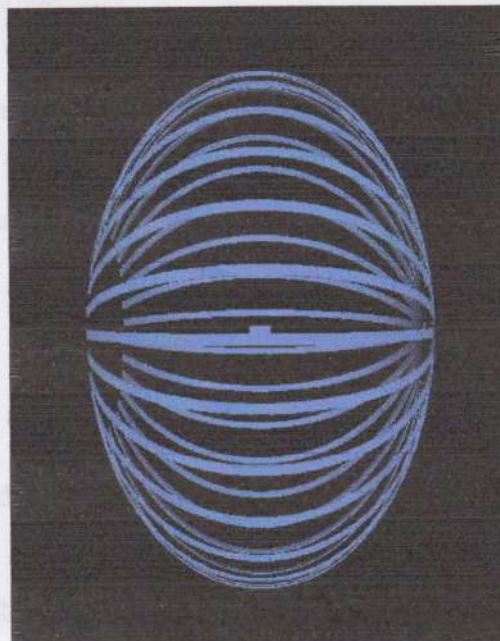
FIGURA 1 – Curva do Elipsóide



3.2.4. Construção da Estrutura do Elipsóide

Para a construção do esqueleto do elipsóide foi feito uma rotação da curva geratriz em torno do eixo x com a variação angular 0.2 radianos. Veja o código em Anexo B.

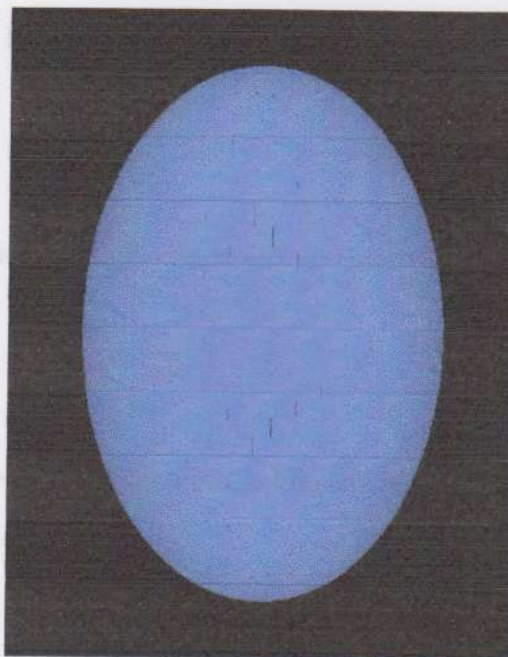
FIGURA 2 – Estrutura do Elipsóide



3.2.5. Refinamento do Elipsóide

Para fazer o refinamento do Elipsóide foi feito uma rotação da curva em torno do eixo x com a variação angular 0.03 radianos. A animação da construção do Elipsóide pode ser vista no Anexo G.

FIGURA 3 – Elipsóide



3.2.6. Equação do Hiperbolóide

O Hiperbolóide é uma superfície quádrlica formada em três dimensões, obedecendo a forma geral da equação do segundo grau a três variáveis ($Ax^2 + By^2 + Cz^2 + Dxy + Exz + Fyz + Gx + Hy + Iz + J = 0$). Sua equação é dada por:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 1$$

Interseção do Hiberbolóide com o plano $x = 0$

Fazendo $x = 0$ na equação do Hiperbolóide, encontramos a equação em z e y .

Nesta coluna encontramos os pontos do eixo x no intervalo de -4 a 4 , porém em qualquer intervalo, pois não existe $y^2/b^2 - z^2/c^2 = 1$, pois $36 + 4z^2$ assume valores positivos para qualquer valor de z .

que resolvida em relação a y nos dá

$$y^2/b^2 = 1 + z^2/c^2$$

$$y^2 = b^2 + (b^2 z^2)/c^2$$

Como $y^2 = (b^2 c^2 + b^2 z^2)/c^2$, elevamos a função para facilitar o cálculo nas fórmulas de seguinte forma: $y^2 = (b^2 c^2 + b^2 z^2)/c^2$. Nesta coluna calculamos $(36 + 4z^2)$ através da

$$\text{fórmula} = 1/c \sqrt{b^2 c^2 + b^2 z^2}$$

- Considere a função positiva:

• 1ª Coluna e Demais Linhas

$$y = 1/c \sqrt{b^2 c^2 + b^2 z^2} \Rightarrow y = 1/c (b^2 c^2 + b^2 z^2)^{1/2}$$

Nesta coluna encontramos os pontos do eixo y , encontrando através da função y .

- A derivada da função y (essa derivada é simbolizada por y'), é dada por:

$$y' = 1/2c (b^2 c^2 + b^2 z^2)^{-1/2} \cdot 2b^2 z$$

• 4ª Coluna e Demais Linhas

- Tomando $b = 2$ e $c = 3$ como exemplo, a função y e a derivada da função y , fica da seguinte forma:

da função y é $y' = 4/3z (36 + 4z^2)^{-1/2}$ calculamos nesta coluna a função inversa da função da 2ª Coluna $y = 1/3 (36 + 4z^2)^{1/2}$, através da fórmula $y = 1/c$

$$y = 1/3 (36 + 4z^2)^{1/2}$$

$$\text{• 3ª Coluna } y' = 4/3z (36 + 4z^2)^{-1/2}$$

3.2.7. Construção da geratriz do hiperbolóide

A elipse geratriz do hiperbolóide pode ser construída mediante a criação de uma tabela, com a utilização do software Microsoft Office Excel 2003, onde são colocados os resultados dos cálculos dos pontos e ângulos para construção da curva. A tabela é constituída por 6 colunas e 42 linhas.

• 6ª Coluna e Demais Linhas

- 1ª Coluna e Demais Linhas

Por fim, nesta coluna encontramos os ângulos para fazer a inclinação da curva. Através dos resultados obtidos na 2ª Coluna adicionamos o ângulo que dará a inclinação do cilindro para a construção da curva, mediante o arcotangente, onde foi utilizada a fórmula $= \text{ATAN}(y')$

Nesta coluna encontram-se os pontos do eixo x no intervalo de -4 a 4, poderia ser qualquer intervalo, pois não existe nenhuma restrição, pois $36 + 4z^2$ assume valor positivo para qualquer valor de z.

- **2ª Coluna e Demais Linhas**

Como $y = 1/3 (36 + 4z^2)^{1/2}$, separamos a função para facilitar o cálculo nas fórmulas, da seguinte maneira: $(1/3 \text{ e } (36 + 4z^2)^{1/2})$. Nesta coluna colocamos $(36 + 4z^2)^{1/2}$, através da fórmula: **=POTÊNCIA((36+4*B2*B2);0,5)**.

- **3ª Coluna e Demais Linhas**

Nesta coluna encontram-se os pontos do eixo y, encontrados através da função y, correspondente ao valor encontrado na 2ª Coluna multiplicado por 1/3, através da fórmula: **= 0,33*C2**.

- **4ª Coluna e Demais Linhas**

Como a derivada da função y é $y' = 4/3z (36 + 4z^2)^{-1/2}$, colocamos nesta coluna a função inversa da função da 2ª Coluna $((36 + 4z^2)^{1/2})$, através da fórmula: **= 1/C2**.

- **5ª Coluna e Demais Linhas**

Nesta coluna encontram-se as derivadas, onde através delas vão ser encontrados o arco tangente (inclinação dos cilindros), para formar a curva geradora do Hiperbolóide. Como separamos a derivada da função y, vamos colocar nesta coluna a outra parte da função, onde pegaremos 4/3 e multiplicaremos pelos resultados encontrados na 1ª Coluna e 4ª Coluna, formando assim a derivada da função y, através da fórmula: **= 1,33*B2*E2**.

- **6ª Coluna e Demais Linhas**

Por fim, nesta coluna encontram-se os ângulos para fazer a inclinação da curva. Através dos resultados obtidos na 5ª Coluna acharemos o ângulo que dará a inclinação do cilindro para a construção da curva, mediante o arco tangente, onde foi utilizada a fórmula: **= ATAN(F2)**.

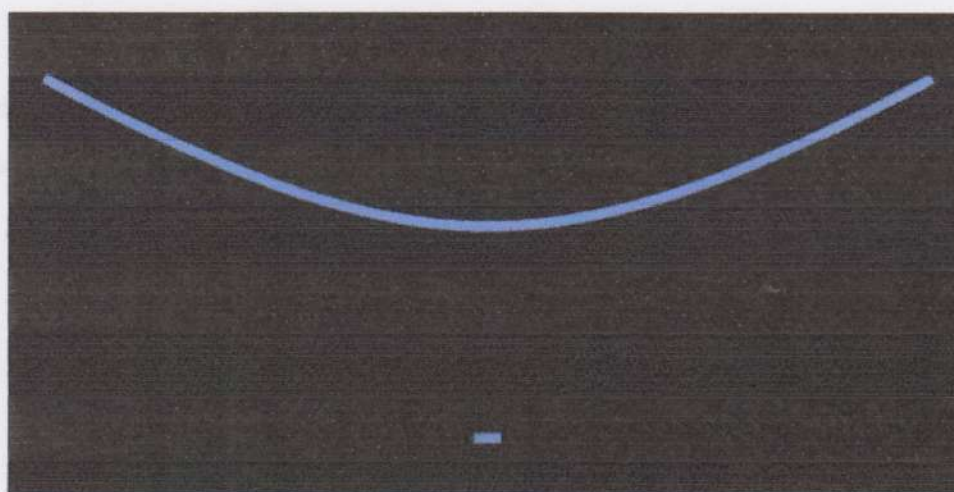
B	C	D	E	F	G
X		Y		Y'	ARCO
-4	10,0000	3,3000	0,1000	-0,5320	-0,4889
-3,8	9,6830	3,1954	0,1033	-0,5219	-0,4811
-3,6	9,3723	3,0929	0,1067	-0,5109	-0,4723
-3,4	9,0686	2,9926	0,1103	-0,4986	-0,4626
-3,2	8,7727	2,8950	0,1140	-0,4851	-0,4517
-3	8,4853	2,8001	0,1179	-0,4702	-0,4395
-2,8	8,2073	2,7084	0,1218	-0,4537	-0,4260
-2,6	7,9398	2,6201	0,1259	-0,4355	-0,4108
-2,4	7,6837	2,5356	0,1301	-0,4154	-0,3937
-2,2	7,4404	2,4553	0,1344	-0,3933	-0,3747
-2	7,2111	2,3797	0,1387	-0,3689	-0,3534
-1,8	6,9971	2,3091	0,1429	-0,3421	-0,3297
-1,6	6,8000	2,2440	0,1471	-0,3129	-0,3033
-1,4	6,6212	2,1850	0,1510	-0,2812	-0,2741
-1,2	6,4622	2,1325	0,1547	-0,2470	-0,2421
-1	6,3246	2,0871	0,1581	-0,2103	-0,2073
-0,8	6,2097	2,0492	0,1610	-0,1713	-0,1697
-0,6	6,1188	2,0192	0,1634	-0,1304	-0,1297
-0,4	6,0531	1,9975	0,1652	-0,0879	-0,0877
-0,2	6,0133	1,9844	0,1663	-0,0442	-0,0442
-0	6,0000	1,9800	0,1667	0,0000	0,0000
0,2	6,0133	1,9844	0,1663	0,0442	0,0442
0,4	6,0531	1,9975	0,1652	0,0879	0,0877
0,6	6,1188	2,0192	0,1634	0,1304	0,1297
0,8	6,2097	2,0492	0,1610	0,1713	0,1697
1	6,3246	2,0871	0,1581	0,2103	0,2073
1,2	6,4622	2,1325	0,1547	0,2470	0,2421
1,4	6,6212	2,1850	0,1510	0,2812	0,2741
1,6	6,8000	2,2440	0,1471	0,3129	0,3033
1,8	6,9971	2,3091	0,1429	0,3421	0,3297
2	7,2111	2,3797	0,1387	0,3689	0,3534
2,2	7,4404	2,4553	0,1344	0,3933	0,3747
2,4	7,6837	2,5356	0,1301	0,4154	0,3937
2,6	7,9398	2,6201	0,1259	0,4355	0,4108
2,8	8,2073	2,7084	0,1218	0,4537	0,4260

3	8,4853	2,8001	0,1179	0,4702	0,4395
3,2	8,7727	2,8950	0,1140	0,4851	0,4517
3,4	9,0686	2,9926	0,1103	0,4986	0,4626
3,6	9,3723	3,0929	0,1067	0,5109	0,4723
3,8	9,6830	3,1954	0,1033	0,5219	0,4811
4	10,0000	3,3000	0,1000	0,5320	0,4889

3.2.8. Construção da Curva Geratriz do Hiperbolóide

Para a construção da curva geratriz, foi criado no VRML (feito) um cilindro com raio (0.05) e altura (0.25) centrado nos pontos $x = 0$, $y = 0$ e $z = 0$, com uma rotação em torno do eixo z de 90 graus conforme a imagem abaixo, para daí então fazer as translações e rotações desse cilindro conforme os pontos da tabela acima. Veja o código em Anexo C. A animação da construção da curva geratriz do Hiperbolóide pode ser vista no Anexo H.

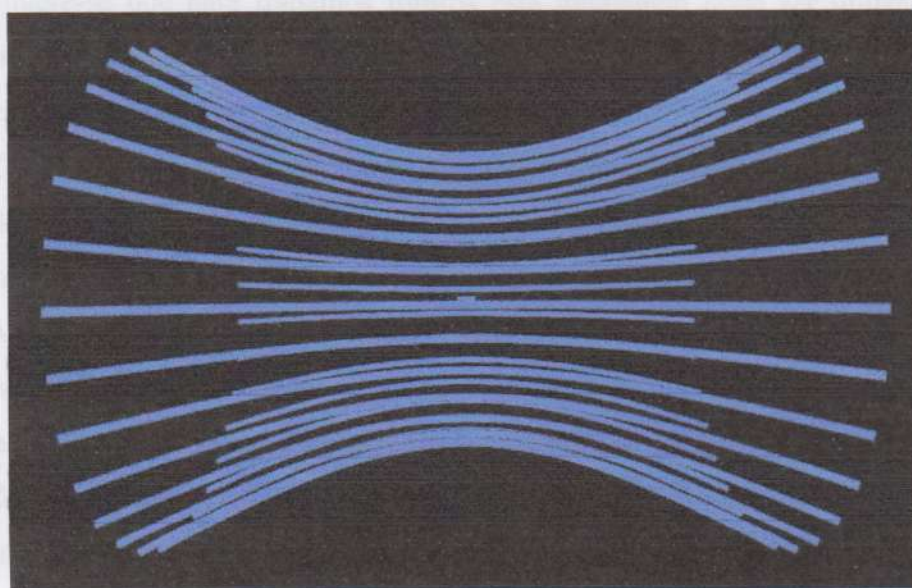
FIGURA 4 – Curva do Hiperbolóide



3.2.9. Construção da Estrutura

Para a construção do esqueleto do hiperbolóide foi feito uma rotação da curva geratriz em torno do eixo x com a variação angular 0.2 radianos. Veja o código em Anexo D.

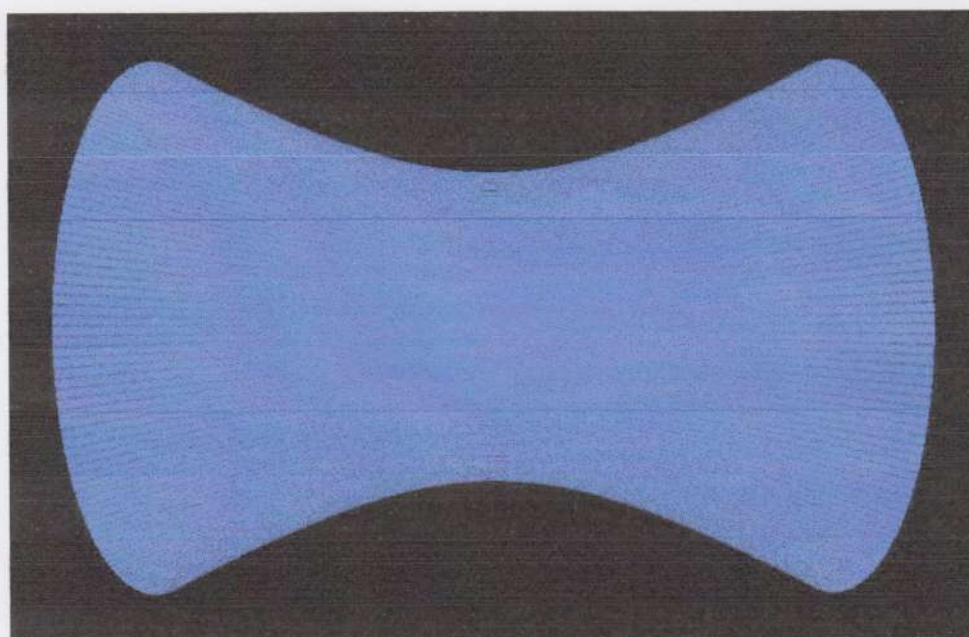
FIGURA 5 – Estrutura do Hiperbolóide



3.2.10. Refinamento do Hiperbolóide

Para fazer o refinamento do Hiperbolóide foi feita uma rotação da curva geratriz em torno do eixo x com a variação angular 0.03 radianos. A animação da construção do Elipsóide pode ser vista no Anexo I.

FIGURA 6 – Hiperbolóide



4. Conclusão Bibliográfica

Sugere-se que para trabalhos futuros esta linguagem pode ser utilizada para várias equações matemáticas como: equações do 2º grau, desenhos geométricos, e muitas outras utilidades.

Com esse trabalho tem-se uma visão mais ampla das superfícies quádricas, mostrando os cálculos da equação até chegar a construção da superfície, obtendo um aprendizado maior na matemática utilizando assuntos como: derivada, potenciação, equações e outros.

Ao final desse trabalho conclui-se que o VRML é muito importante. Pois é uma linguagem onde não depende de plataforma, permitindo a criação de ambientes virtuais e visualização de objetos tridimensionais por ângulos diferentes e até mesmo interagir com eles. Adequada para mostrar os gráficos matemáticos, projetos arquitetônicos e projetos da engenharia como todo, pois contem todas as ferramentas necessárias para criação dos mesmos. Juntamente com a computação gráfica que ajuda na criação de imagens complexas proporcionando uma relação entre luz, tempo e movimento, utilizando um computador.

MASSAR, Isabel Ruth. Introdução à VRML 2.0. Disponível em: <http://www.inf.pucsp.br/~maass/vrml/ComputingGraphics.html>. Acesso em: 05 de Maio de 2003.

MINHO, Márcio Scotti. Origens da Computação Gráfica - Faculdade de Informática de FLUMINENSE. Disponível em: <http://www.inf.pucsp.br/~minho/CG/OrigensIntroducao.html>. Acesso em: 19 de Junho de 2003.

MULLO, Luis Fernando. Software para a Criação Automática de Modelos 3D em VRML. Disponível em: www.inf.ufes.br/~gco/TG/udes.html. Acesso em: 21 de Abril de 2003.

STRASS, Gilberto. Virtual Reality Markup Language - Instituto de Artes - UNICAMP. Disponível em: <http://www2.arts.unicamp.br/AM5146/vrml/about.html>. Acesso em: 15 de Junho de 2003.

TRAIWA, Agneta; FERRIA, Maria Cristina; MINGHIM, Rosane. Introdução à Computação gráfica. Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Departamento de Ciências de Computação e Estatística, USP - Apostila de Computação, N° 1. Disponível em: <http://www.inf.usp.br/disciplinas/inf100/inf100/ingles/inglesa100.html>. Acesso em: 05 de Maio de 2003.

VEDAL, Creso Augusto. Computação Gráfica I GRAB - Grupo de Computação Gráfica, Departamento de computação - UFC. Disponível em:

5. Referencias Bibliográficas

AZEVEDO, Eduardo; CONCI, Aura: **Computação Gráfica: Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: ELSEVIER, 2003.

BRAMORSKI, Mônica Maria; MARQUES, Everlin Fighera. **Apostila de VRML Básico**: INE/ CTC/ UFSC, 1998.

CARDOSO, Alexandre. Computação Gráfica. Disponível em: www.compgraf.ufu.br Acesso em: 04 de Maio de 2005.

EDWARDS, C. H.; PENNEY, David E. **Cálculo: com Geometria Analítica**. Rio de Janeiro: PHB, 1997.

GOMES, Jonas; VELHO, Luiz. **Computação Gráfica: Imagem**. Rio de Janeiro: IMPA/SBM, 1994.

HIERTZ, José Guillermo Landi. **A Popularização da Computação Gráfica e os Atores Digitais**. Disponível em: <<http://www.ufscar.br/~cinemais/artcomputacao.html>> Acesso em: 04 de Maio de 2005.

MASSOUR, Isabel Harb. **Introdução à VRML 2.0**. Disponível em: <<http://www.inf.pucrs.br/~manssour/VRML/ConceitosImportantes.html>> Acesso em: 05 de Maio de 2005.

PINHO, Márcio Serolli. **Origens da Computação Gráfica** – Faculdade de Informática da PUCRS. Disponível em: <<http://www.inf.pucrs.br/~pinho/CG/Aulas/Intro/intro.htm>> Acesso em: 15 de junho de 2005.

POLLO, Luiz Fernando. **Software para a Geração Automática de Modelos 3D em VRML**. Disponível em: www.usr.inf.ufsm.br/~pollo/TG/index.html Acesso em: 21 de Abril de 2005.

PRADO, Gilberto. **Virtual Reality Markup Language** - Instituto de Artes – UNICAMP. Disponível em: <<http://wawrwt.iar.unicamp.br/AM514/6/vrml-about.html>> Acesso em: 15 de junho de 2005.

TRAINA, Agma; FERREIA, Maria Cristina; MINGHIM, Rosane. Introdução à Computação gráfica. **Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação**, Departamento de Ciências de Computação e Estatística, USP - Apostila de Computação, Nº 1. Disponível em: <http://www.dpi.ufv.br/disciplinas/inf390/files/paginas/gbdi.icmc.sc.usp.br/documentacao/apostilas/cg/ap01.html>. Acesso em: 05 de Maio de 2005.

VIDAL, Creto Augusto. **Computação Gráfica I: CRAb** – Grupo de Computação Gráfica Departamento de computação UFC Disponível em:

<www.lia.ufc.br/~cvidal/Cursos/CompGraf_I/Unidade01P6.PDF> Acesso em: 05 de Maio de 2005.

6. Anexos

Código-Fonte – Construção da Curva do Elipse

VRML V2.0 ed3

DEF Ellip Transform 1

children 1

DEF Cubo Transform 1

rotation 0 0 1 57

children 1

Shape 1

appearance Appearance 1

material Material 1

diffuseColor 0 0 1

1

4

geometry Box [size 0 0 0 25 0 10]

1

translation 0 0 0

1

Transform 1

translation 0 0 0

children USE Cubo

1

Transform 1

rotation 0 0 1 -0.1496

translation 0 2.2 9450 0

children USE Cubo

1

Transform 1

rotation 0 0 1 -0.2973

translation 0 4.2 9450 0

children USE Cubo

1

Anexo A

Código Fonte – Construção da Curva do Elipsóide

```
#VRML V2.0 utf8
```

```
DEF Elip Transform {
```

```
  children [
```

```
DEF Cubo Transform {
```

```
  rotation 0 0 1 1.57
```

```
  children [
```

```
Shape {
```

```
  appearance Appearance {
```

```
    material Material {
```

```
      diffuseColor 0 0 1
```

```
    }
```

```
  }
```

```
  geometry Box {size 0.02 0.25 0.10}
```

```
}
```

```
]
```

```
}
```

```
Transform {
```

```
  translation 0 3 0
```

```
  children USE Cubo
```

```
}
```

```
Transform {
```

```
  rotation 0 0 1 -0.1496
```

```
  translation 0.2 2.9850 0
```

```
  children USE Cubo
```

```
}
```

```
Transform {
```

```
  rotation 0 0 1 -0.2971
```

```
  translation 0.4 2.9394 0
```

```
  children USE Cubo
```

```
}
```

FARN

Transform {

rotation 0 0 1 -0.4408
translation 1 0.6 2.8618 0
children USE Cubo

}

Transform {

rotation 0 0 1 -0.5796
translation 1 0.8 2.7495 0
children USE Cubo

}

Transform {

rotation 0 0 1 -0.7137
translation 1 1.0 2.5981 0
children USE Cubo

}

Transform {

rotation 0 0 1 -0.7793
translation 1 1.1 2.5055 0
children USE Cubo

}

Transform {

rotation 0 0 1 -0.8442
translation 1 1.2 2.4 0
children USE Cubo

}

Transform {

rotation 0 0 1 -0.9087
translation 1 1.3 2.2798 0
children USE Cubo

}

Transform {

rotation 0 0 1 -0.9735
translation 1 1.4 2.1424 0
children USE Cubo

```

}
Transform {
    rotation 0 0 1 -1.0393
    translation 1.5 1.9843 0
    children USE Cubo
}

```

```

Transform {
    rotation 0 0 1 -1.1071
    translation 1.6 1.8 0
    children USE Cubo
}

```

```

Transform {
    rotation 0 0 1 -1.1790
    translation 1.7 1.5803 0
    children USE Cubo
}

```

```

Transform {
    rotation 0 0 1 -1.2174
    translation 1.75 1.4524 0
    children USE Cubo
}

```

```

Transform {
    rotation 0 0 1 -1.2585
    translation 1.8 1.3077 0
    children USE Cubo
}

```

```

Transform {
    rotation 0 0 1 -1.3035
    translation 1.85 1.1399 0
    children USE Cubo
}

```

```

Transform {
    rotation 0 0 1 -1.3551
    translation 1.9 0.9367 0
}

```

```

    children USE Cubo 0.3120 0
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -1.3787
    translation 1.92 0.84 0
    children USE Cubo 0.3350 0
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -1.4052
    translation 1.94 0.7293 0
    children USE Cubo 0.3394 0
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -1.4362
    translation 1.96 0.5970 0
    children USE Cubo 0.3618 0
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -1.4761
    translation 1.98 0.4232 0
    children USE Cubo 0.3405 0
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -1.4889
    translation 1.985 0.3667 0
    children USE Cubo 0.3281 0
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -1.5040
    translation 1.99 0.2996 0
    children USE Cubo 0.3055 0
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -1.5236

```

```
translation 1.995 0.2120 0
children USE Cubo
}
```

```
Transform {
rotation 0 0 1 0.1496
translation -0.2 2.9850 0
children USE Cubo
}
```

```
Transform {
rotation 0 0 1 0.2971
translation -0.4 2.9394 0
children USE Cubo
}
```

```
Transform {
rotation 0 0 1 0.4408
translation -0.6 2.8618 0
children USE Cubo
}
```

```
Transform {
rotation 0 0 1 0.5796
translation -0.8 2.7495 0
children USE Cubo
}
```

```
Transform {
rotation 0 0 1 0.7137
translation -1.0 2.5981 0
children USE Cubo
}
```

```
Transform {
rotation 0 0 1 0.7793
translation -1.1 2.5055 0
children USE Cubo
}
```

```
Transform {
```

```

rotation 0 0 1 0.8442
translation -1.2 2.4 0
children USE Cubo
}

```

```

Transform {
rotation 0 0 1 0.9087
translation -1.3 2.2798 0
children USE Cubo
}

```

```

Transform {
rotation 0 0 1 0.9735
translation -1.4 2.1424 0
children USE Cubo
}

```

```

Transform {
rotation 0 0 1 1.0393
translation -1.5 1.9843 0
children USE Cubo
}

```

```

Transform {
rotation 0 0 1 1.1071
translation -1.6 1.8 0
children USE Cubo
}

```

```

Transform {
rotation 0 0 1 1.1790
translation -1.7 1.5803 0
children USE Cubo
}

```

```

Transform {
rotation 0 0 1 1.2174
translation -1.75 1.4524 0
children USE Cubo
}

```

```

Transform {
    rotation 0 0 1 1.2585
    translation -1.8 1.3077 0
    children USE Cubo
}
]
}

```

Anexo B

Código Fonte – Construção da Estrutura do Elipsóide

```

#VRML V2.0 utf8

DEF Elip Transform {
    children [
DEF Cubo Transform {
    rotation 0 0 1 1.57
    children [
Shape {
    appearance Appearance {
        material Material {
            children USE diffuseColor 0 0 1
        }
    }
    geometry Box {size 0.02 0.25 0.10}
}
]
}
Transform {
    translation 0 3 0
    children USE Cubo
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -0.1496

```

```

        translation 0.2 2.9850 0
        children USE Cubo
    }
Transform {
    rotation 0 0 1 -0.2971
    translation 0.4 2.9394 0
    children USE Cubo
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -0.4408
    translation 0.6 2.8618 0
    children USE Cubo
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -0.5796
    translation 0.8 2.7495 0
    children USE Cubo
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -0.7137
    translation 1.0 2.5981 0
    children USE Cubo
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -0.7793
    translation 1.1 2.5055 0
    children USE Cubo
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -0.8442
    translation 1.2 2.4 0
    children USE Cubo
}
Transform {

```

```
rotation 0 0 1 -0.9087
translation 1.3 2.2798 0
children USE Cubo
}
```

```
Transform {
rotation 0 0 1 -0.9735
translation 1.4 2.1424 0
children USE Cubo
}
```

```
Transform {
rotation 0 0 1 -1.0393
translation 1.5 1.9843 0
children USE Cubo
}
```

```
Transform {
rotation 0 0 1 -1.1071
translation 1.6 1.8 0
children USE Cubo
}
```

```
Transform {
rotation 0 0 1 -1.1790
translation 1.7 1.5803 0
children USE Cubo
}
```

```
Transform {
rotation 0 0 1 -1.2174
translation 1.75 1.4524 0
children USE Cubo
}
```

```
Transform {
rotation 0 0 1 -1.2585
translation 1.8 1.3077 0
children USE Cubo
}
```

Transform {

rotation 0 0 1 -1.3035
translation 1.85 1.1399 0
children USE Cubo

}

Transform {

rotation 0 0 1 -1.3551
translation 1.9 0.9367 0
children USE Cubo

}

Transform {

rotation 0 0 1 -1.3787
translation 1.92 0.84 0
children USE Cubo

}

Transform {

rotation 0 0 1 -1.4052
translation 1.94 0.7293 0
children USE Cubo

}

Transform {

rotation 0 0 1 -1.4362
translation 1.96 0.5970 0
children USE Cubo

}

Transform {

rotation 0 0 1 -1.4761
translation 1.98 0.4232 0
children USE Cubo

}

Transform {

rotation 0 0 1 -1.4889
translation 1.985 0.3667 0
children USE Cubo

```

}
Transform {
    rotation 0 0 1 -1.5040
    translation 1 1.99 0.2996 0
    children USE Cubo

```

```

}
Transform {
    rotation 0 0 1 -1.5236
    translation 1 1.995 0.2120 0
    children USE Cubo

```

```

}
Transform {
    rotation 0 0 1 0.1496
    translation 1 -0.2 2.9850 0
    children USE Cubo

```

```

}
Transform {
    rotation 0 0 1 0.2971
    translation 1 -0.4 2.9394 0
    children USE Cubo

```

```

}
Transform {
    rotation 0 0 1 0.4408
    translation 1 -0.6 2.8618 0
    children USE Cubo

```

```

}
Transform {
    rotation 0 0 1 0.5796
    translation 1 -0.8 2.7495 0
    children USE Cubo

```

```

}
Transform {
    rotation 0 0 1 0.7137
    translation 1 -1.0 2.5981 0

```

```

    children USE Cubo
}
Transform {
    rotation 0 0 1 0.7793
    translation -1.1 2.5055 0
    children USE Cubo
}
Transform {
    rotation 0 0 1 0.8442
    translation -1.2 2.4 0
    children USE Cubo
}
Transform {
    rotation 0 0 1 0.9087
    translation -1.3 2.2798 0
    children USE Cubo
}
Transform {
    rotation 0 0 1 0.9735
    translation -1.4 2.1424 0
    children USE Cubo
}
Transform {
    rotation 0 0 1 1.0393
    translation -1.5 1.9843 0
    children USE Cubo
}
Transform {
    rotation 0 0 1 1.1071
    translation -1.6 1.8 0
    children USE Cubo
}
Transform {
    rotation 0 0 1 1.1790

```

```
    translation -1.7 1.5803 0
  Transform {
    rotation 1 0 0 1.2
  }
  Transform {
    rotation 0 0 1 1.2174
    translation -1.75 1.4524 0
    children USE Cubo
  }
  Transform {
    rotation 0 0 1 1.2585
    translation -1.8 1.3077 0
    children USE Cubo
  }
}
}
}
Transform {
  rotation 1 0 0 0.20
  children USE Elip
}
Transform {
  rotation 1 0 0 0.4
  children USE Elip
}
Transform {
  rotation 1 0 0 0.6
  children USE Elip
}
Transform {
  rotation 1 0 0 0.8
  children USE Elip
}
Transform {
  rotation 1 0 0 1.0
  children USE Elip
}
```

```

}
Transform {
    rotation 1 0 0 1.2
    children USE Elip
}
Transform {
    rotation 1 0 0 1.4
    children USE Elip
}
Transform {
    rotation 1 0 0 1.6
    children USE Elip
}
Transform {
    rotation 1 0 0 1.8
    children USE Elip
}
Transform {
    rotation 1 0 0 2.0
    children USE Elip
}
Transform {
    rotation 1 0 0 2.2
    children USE Elip
}
Transform {
    rotation 1 0 0 2.4
    children USE Elip
}
Transform {
    rotation 1 0 0 2.6
    children USE Elip
}
Transform {

```

```

    rotation 1 0 0 2.8
  children USE Elip
}
Transform {
  rotation 1 0 0 3.0
  children USE Elip
}
Transform {
  rotation 1 0 0 3.2
  children USE Elip
}
Transform {
  rotation 1 0 0 3.4
  children USE Elip
}
Transform {
  rotation 1 0 0 3.6
  children USE Elip
}
Transform {
  rotation 1 0 0 3.8
  children USE Elip
}
Transform {
  rotation 1 0 0 4.0
  children USE Elip
}
Transform {
  rotation 1 0 0 4.2
  children USE Elip
}
Transform {
  rotation 1 0 0 4.4
  children USE Elip
}

```

```

}
Transform {
    rotation 1 0 0 4.6

```

```

    children USE Elip
}

```

```

Transform {
    rotation 1 0 0 4.8
    children USE Elip
}

```

```

Transform {
    rotation 1 0 0 5.0
    children USE Elip
}

```

```

Transform {
    rotation 1 0 0 5.2
    children USE Elip
}

```

```

Transform {
    rotation 1 0 0 5.4
    children USE Elip
}

```

```

Transform {
    rotation 1 0 0 5.6
    children USE Elip
}

```

```

Transform {
    rotation 1 0 0 5.8
    children USE Elip
}

```

```

Transform {
    rotation 1 0 0 6.0
    children USE Elip
}

```

```

Transform {

```

```

        rotation 1 0 0 6.2
        children USE Elip
    }
    Transform {
        rotation 1 0 0 6.4
        children USE Elip
    }

```

Anexo C

Código Fonte – Construção da Curva do Hiperbolóide

```

#VRML V2.0 utf8

DEF Hiper Transform {
    children [
DEF Cilindro Transform {
    rotation 0 0 1 1.57
    children [
    Shape {
        appearance Appearance {
            material Material {
                diffuseColor 0 0 1
            }
        }
    }
    geometry Cylinder {radius 0.05 height 0.25}
    }
    ]
}
    Transform {
        translation 0 1.98 0
        children USE Cilindro
    }
    Transform {
        rotation 0 0 1 0.0442

```

```

        translation 0.2 1.9844 0
        children USE Cilindro
    }
Transform {
    rotation 0 0 1 0.0877
    translation 0.4 1.9975 0
    children USE Cilindro
}
Transform {
    rotation 0 0 1 0.1297
    translation 0.6 2.0192 0
    children USE Cilindro
}
Transform {
    rotation 0 0 1 0.1697
    translation 0.8 2.0492 0
    children USE Cilindro
}
Transform {
    rotation 0 0 1 0.2073
    translation 1.0 2.0871 0
    children USE Cilindro
}
Transform {
    rotation 0 0 1 0.2421
    translation 1.2 2.1325 0
    children USE Cilindro
}
Transform {
    rotation 0 0 1 0.2741
    translation 1.4 2.1850 0
    children USE Cilindro
}
Transform {

```

```

rotation 0 0 1 0.3033
translation 1.6 2.2440 0
children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
rotation 0 0 1 0.3297
translation 1.8 2.3091 0
children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
rotation 0 0 1 0.3534
translation 2 2.3797 0
children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
rotation 0 0 1 0.3747
translation 2.2 2.4553 0
children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
rotation 0 0 1 0.3937
translation 2.4 2.5356 0
children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
rotation 0 0 1 0.4108
translation 2.6 2.6201 0
children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
rotation 0 0 1 0.4260
translation 2.8 2.7084 0
children USE Cilindro
}

```

Transform {

rotation 0 0 1 0.4395
translation 3 2.8001 0
children USE Cilindro

}

Transform {

rotation 0 0 1 0.4517
translation 3.2 2.8950 0
children USE Cilindro

}

Transform {

rotation 0 0 1 0.4626
translation 3.4 2.9926 0
children USE Cilindro

}

Transform {

rotation 0 0 1 0.4723
translation 3.6 3.0929 0
children USE Cilindro

}

Transform {

rotation 0 0 1 0.4811
translation 3.8 3.1954 0
children USE Cilindro

}

Transform {

rotation 0 0 1 0.4889
translation 4 3.3 0
children USE Cilindro

}

Transform {

rotation 0 0 1 -0.0442
translation -0.2 1.9844 0
children USE Cilindro

```

}
Transform {
  rotation 0 0 1 -0.0877
  translation -0.4 1.9975 0
  children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
  rotation 0 0 1 -0.1297
  translation -0.6 2.0192 0
  children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
  rotation 0 0 1 -0.1697
  translation -0.8 2.0492 0
  children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
  rotation 0 0 1 -0.2073
  translation -1.0 2.0871 0
  children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
  rotation 0 0 1 -0.2421
  translation -1.2 2.1325 0
  children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
  rotation 0 0 1 -0.2741
  translation -1.4 2.1850 0
  children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
  rotation 0 0 1 -0.3033
  translation -1.6 2.2440 0
}

```

```

    children USE Cilindro
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -0.3297
    translation -1.8 2.3091 0
    children USE Cilindro
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -0.3534
    translation -2 2.3797 0
    children USE Cilindro
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -0.3747
    translation -2.2 2.4553 0
    children USE Cilindro
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -0.3937
    translation -2.4 2.5356 0
    children USE Cilindro
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -0.4108
    translation -2.6 2.6201 0
    children USE Cilindro
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -0.4260
    translation -2.8 2.7084 0
    children USE Cilindro
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -0.4395

```

```

    translation    -3 2.8001 0
    children USE Cilindro
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -0.4517
    translation    -3.2 2.8950 0
    children USE Cilindro
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -0.4626
    translation    -3.4 2.9926 0
    children USE Cilindro
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -0.4723
    translation    -3.6 3.0929 0
    children USE Cilindro
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -0.4811
    translation    -3.8 3.1954 0
    children USE Cilindro
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -0.4889
    translation    -4 3.3 0
    children USE Cilindro
}
]
}

```

Anexo D

Código Fonte – Construção da Estrutura do Hiperbolóide

```
#VRML V2.0 utf8
```

```
DEF Hiper Transform {
```

```
  children [
```

```
DEF Cilindro Transform {
```

```
  rotation 0 0 1 1.57
```

```
  children [
```

```
Shape {
```

```
  appearance Appearance {
```

```
    material Material {
```

```
      diffuseColor 0 0 1
```

```
    }
```

```
  }
```

```
  geometry Cylinder {radius 0.05 height 0.25}
```

```
}
```

```
]
```

```
}
```

```
Transform {
```

```
  translation 0 1.98 0
```

```
  children USE Cilindro
```

```
}
```

```
Transform {
```

```
  rotation 0 0 1 0.0442
```

```
  translation 0.2 1.9844 0
```

```
  children USE Cilindro
```

```
}
```

```
Transform {
```

```
  rotation 0 0 1 0.0877
```

```
  translation 0.4 1.9975 0
```

```
  children USE Cilindro
```

```
}
```

```

Transform {
  rotation 0 0 1 0.1297
  translation 0.6 2.0192 0
  children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
  rotation 0 0 1 0.1697
  translation 0.8 2.0492 0
  children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
  rotation 0 0 1 0.2073
  translation 1.0 2.0871 0
  children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
  rotation 0 0 1 0.2421
  translation 1.2 2.1325 0
  children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
  rotation 0 0 1 0.2741
  translation 1.4 2.1850 0
  children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
  rotation 0 0 1 0.3033
  translation 1.6 2.2440 0
  children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
  rotation 0 0 1 0.3297
  translation 1.8 2.3091 0
  children USE Cilindro
}

```

} children USE Cilindro

Transform {

rotation 0 0 1 0.3534

translation 2 2.3797 0

children USE Cilindro

} children USE Cilindro

Transform {

rotation 0 0 1 0.3747

translation 2.2 2.4553 0

children USE Cilindro

} children USE Cilindro

Transform {

rotation 0 0 1 0.3937

translation 2.4 2.5356 0

children USE Cilindro

} children USE Cilindro

Transform {

rotation 0 0 1 0.4108

translation 2.6 2.6201 0

children USE Cilindro

} children USE Cilindro

Transform {

rotation 0 0 1 0.4260

translation 2.8 2.7084 0

children USE Cilindro

} children USE Cilindro

Transform {

rotation 0 0 1 0.4395

translation 3 2.8001 0

children USE Cilindro

} children USE Cilindro

Transform {

rotation 0 0 1 0.4517

translation 3.2 2.8950 0

```
    children USE Cilindro 182 0
}
Transform {
    rotation 0 0 1 0.4626
    translation 3.4 2.9926 0
    children USE Cilindro 192 0
}
Transform {
    rotation 0 0 1 0.4723
    translation 3.6 3.0929 0
    children USE Cilindro 171 0
}
Transform {
    rotation 0 0 1 0.4811
    translation 3.8 3.1954 0
    children USE Cilindro 125 0
}
Transform {
    rotation 0 0 1 0.4889
    translation 4 3.3 0
    children USE Cilindro 150 0
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -0.0442
    translation -0.2 1.9844 0
    children USE Cilindro 140 0
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -0.0877
    translation -0.4 1.9975 0
    children USE Cilindro 191 0
}
Transform {
    rotation 0 0 1 -0.1297
```

```

        translation 0 0 -0.6 2.0192 0
        children USE Cilindro
    }

```

```

Transform {
    rotation 0 0 1 -0.1697
    translation 0 0 -0.8 2.0492 0
    children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
    rotation 0 0 1 -0.2073
    translation 0 0 -1.0 2.0871 0
    children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
    rotation 0 0 1 -0.2421
    translation 0 0 -1.2 2.1325 0
    children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
    rotation 0 0 1 -0.2741
    translation 0 0 -1.4 2.1850 0
    children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
    rotation 0 0 1 -0.3033
    translation 0 0 -1.6 2.2440 0
    children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
    rotation 0 0 1 -0.3297
    translation 0 0 -1.8 2.3091 0
    children USE Cilindro
}

```

```

Transform {

```

```

rotation 0 0 1 -0.3534
translation -2 2.3797 0
children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
rotation 0 0 1 -0.3747
translation -2.2 2.4553 0
children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
rotation 0 0 1 -0.3937
translation -2.4 2.5356 0
children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
rotation 0 0 1 -0.4108
translation -2.6 2.6201 0
children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
rotation 0 0 1 -0.4260
translation -2.8 2.7084 0
children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
rotation 0 0 1 -0.4395
translation -3 2.8001 0
children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
rotation 0 0 1 -0.4517
translation -3.2 2.8950 0
children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
    rotation 0 0 1 -0.4626
    translation -3.4 2.9926 0
    children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
    rotation 0 0 1 -0.4723
    translation -3.6 3.0929 0
    children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
    rotation 0 0 1 -0.4811
    translation -3.8 3.1954 0
    children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
    rotation 0 0 1 -0.4889
    translation -4 3.3 0
    children USE Cilindro
}

```

```

Transform {
    rotation 1 0 0 0.2
    children USE Hiper
}

```

```

Transform {
    rotation 1 0 0 0.4
    children USE Hiper
}

```

```

Transform {
    rotation 1 0 0 0.6
    children USE Hiper
}

```

```
Transform {  
    rotation 1 0 0 0.8  
    children USE Hiper  
}  
Transform {  
    rotation 1 0 0 1.0  
    children USE Hiper  
}  
Transform {  
    rotation 1 0 0 1.2  
    children USE Hiper  
}  
Transform {  
    rotation 1 0 0 1.4  
    children USE Hiper  
}  
Transform {  
    rotation 1 0 0 1.6  
    children USE Hiper  
}  
Transform {  
    rotation 1 0 0 1.8  
    children USE Hiper  
}  
Transform {  
    rotation 1 0 0 2.0  
    children USE Hiper  
}  
Transform {  
    rotation 1 0 0 2.2  
    children USE Hiper  
}  
Transform {  
    rotation 1 0 0 2.4
```

```

Transform {
  children USE Hiper
}
rotation 1 0 0 2.4
Transform {
  children USE Hiper
}
rotation 1 0 0 2.6
Transform {
  children USE Hiper
}
rotation 1 0 0 2.8
Transform {
  children USE Hiper
}
rotation 1 0 0 3.0
Transform {
  children USE Hiper
}
rotation 1 0 0 3.2
Transform {
  children USE Hiper
}
rotation 1 0 0 3.4
Transform {
  children USE Hiper
}
rotation 1 0 0 3.6
Transform {
  children USE Hiper
}
rotation 1 0 0 3.8
Transform {
  children USE Hiper
}
rotation 1 0 0 4.0
Transform {
  children USE Hiper
}
rotation 1 0 0 4.2

```

```

Transform {
    rotation 1 0 0 4.2
    children USE Hiper
}

Transform {
    rotation 1 0 0 4.4
    children USE Hiper
}

Transform {
    rotation 1 0 0 4.6
    children USE Hiper
}

Transform {
    rotation 1 0 0 4.8
    children USE Hiper
}

Transform {
    rotation 1 0 0 5.0
    children USE Hiper
}

Transform {
    rotation 1 0 0 5.2
    children USE Hiper
}

Transform {
    rotation 1 0 0 5.4
    children USE Hiper
}

Transform {
    rotation 1 0 0 5.6
    children USE Hiper
}

Transform {
    rotation 1 0 0 5.8

```

```

children USE Hiper
}

```

```

Transform {

```

```

rotation 1 0 0 6.0

```

```

children USE Hiper
}

```

Anexo F

Código Fonte – Animação da Construção da Curva Geratriz do Elipsóide

```

DEF ts TimeSensor {
    loop TRUE
    cycleInterval 10
}
DEF pi PositionInterpolator {
    key [0 0.027 0.054 0.081 0.108 0.135 0.162 0.189 0.216 0.243 0.270 0.297 0.324
        0.351 0.378 0.405 0.432 0.459 0.486 0.513 0.540 0.567 0.594 0.621 0.648
        0.675 0.702 0.729 0.756 0.783 0.810 0.837 0.864 0.891 0.918 0.945 0.972
        1]
    keyValue [0 0.1667 0, 0.2 0.1675 0, 0.4 0.1701 0, 0.6 0.1747 0, 0.8 0.1818 0, 1 0.1925
0,
        1.1 0.1996 0, 1.2 0.2083 0, 1.3 0.2193 0, 1.4 0.2334 0, 1.5 0.2520 0, 1.6 0.2778
0,
        1.7 0.3164 0, 1.75 0.3443 0, 1.8 0.3824 0, 1.85 0.4386 0, 1.9 0.5338 0, 1.92
0.5952 0,
        1.94 0.6856 0, 1.96 0.8375 0, 1.98 1.1815 0, 1.985 1.3634 0, 1.99 1.6688 0,
1.995 2.3585 0,
        -0.2 0.1675 0, -0.4 0.1701 0, -0.6 0.1747 0, -0.8 0.1818 0, -1 0.1925 0,
-1.1 0.1996 0, -1.2 0.2083 0, -1.3 0.2193 0, -1.4 0.2334 0, -1.5 0.2520 0, 1.6
0.2778 0,
        -1.7 0.3164 0, -1.75 0.3443 0, -1.8 0.3824 0, -1.85 0.4386 0, -1.9 0.5338 0,
1.92 0.5952 0,
        -1.94 0.6856 0, -1.96 0.8375 0, -1.98 1.1815 0, -1.985 1.3634 0, -1.99
1.6688 0, -1.995 2.3585 0 ]
}

```

ROUTE ts.fraction_changed TO pi.set_fraction

ROUTE pi.value_changed TO Cubo1.translation

Anexo G

Código Fonte – Animação da Construção do Elipsóide

```

DEF ts TimeSensor {
    loop TRUE
    cycleInterval 10
}
DEF oi OrientationInterpolator {
    key [0 0.004 0.008 0.012 0.016 0.020 0.024 0.028 0.032 0.036 0.040 0.044 0.048
0.052
0.056 0.060 0.064 0.068 0.072 0.076 0.080 0.084 0.088 0.092 0.096 0.100 0.104
0.108 0.112 0.116 0.120 0.124 0.128 0.132 0.136 0.140 0.144 0.148 0.152 0.156
0.160 0.164 0.168 0.172 0.176 0.180 0.184 0.188 0.192 0.196 0.200 0.204
0.208
0.212 0.216 0.220 0.224 0.228 0.232 0.236 0.240 0.244 0.248 0.252 0.256 0.260
0.264 0.268 0.272 0.276 0.280 0.284 0.288 0.292 0.296 0.300 0.304 0.308
0.312
0.316 0.320 0.324 0.328 0.332 0.336 0.340 0.344 0.348 0.352 0.356 0.360
0.364
0.368 0.372 0.376 0.380 0.384 0.388 0.392 0.396 0.400 0.404 0.408 0.412
0.416
0.420 0.424 0.428 0.432 0.436 0.440 0.444 0.448 0.452 0.456 0.460 0.464
0.468
0.472 0.476 0.480 0.484 0.488 0.492 0.496 0.500 0.504 0.508 0.512 0.516
0.520
0.524 0.528 0.532 0.536 0.540 0.544 0.548 0.552 0.556 0.560 0.564 0.568
0.572
0.576 0.580 0.584 0.588 0.592 0.596 0.600 0.604 0.608 0.612 0.616 0.620
0.624
0.628 0.632 0.636 0.640 0.644 0.648 0.652 0.656 0.660 0.664 0.668 0.672
0.676

```

0.680 0.684 0.688 0.692 0.696 0.700 0.704 0.708 0.712 0.716 0.720 0.724
 0.728
 0.732 0.736 0.740 0.744 0.748 0.752 0.756 0.760 0.764 0.768 0.772 0.776
 0.780
 0.784 0.788 0.792 0.796 0.800 0.804 0.808 0.812 0.816 0.820 0.824 0.828
 0.832
 0.836 0.840 0.844 0.848 0.852 0.856 0.860 0.864 0.868 0.872 0.876 0.880
 0.884
 0.888 0.892 0.896 0.900 0.904 0.908 0.912 0.916 0.920 0.924 0.928 0.932
 0.936
 0.940 0.944 0.948 0.952 0.956 0.960 0.964 0.968 0.972 0.976 0.980 0.984
 0.988
 0.992 0.996 1]

keyValue [0 1.98 0 0, 1 0 0 0.20, 1 0 0 0.23, 1 0 0 0.29, 1 0 0 0.32, 1 0 0 0.35,
 1 0 0 0.38, 1 0 0 0.41, 1 0 0 0.44, 1 0 0 0.47, 1 0 0 0.50, 1 0 0 0.53,
 1 0 0 0.56, 1 0 0 0.59, 1 0 0 0.62, 1 0 0 0.65, 1 0 0 0.68, 1 0 0 0.71,
 1 0 0 0.74, 1 0 0 0.77, 1 0 0 0.80, 1 0 0 0.83, 1 0 0 0.86, 1 0 0 0.89,
 1 0 0 0.92, 1 0 0 0.95, 1 0 0 0.98, 1 0 0 1.01, 1 0 0 1.04, 1 0 0 1.07,
 1 0 0 1.10, 1 0 0 1.13, 1 0 0 1.16, 1 0 0 1.19, 1 0 0 1.22, 1 0 0 1.25,
 1 0 0 1.28, 1 0 0 1.31, 1 0 0 1.34, 1 0 0 1.37, 1 0 0 1.40, 1 0 0 1.43,
 1 0 0 1.46, 1 0 0 1.49, 1 0 0 1.52, 1 0 0 1.55, 1 0 0 1.58, 1 0 0 1.61,
 1 0 0 1.64, 1 0 0 1.67, 1 0 0 1.70, 1 0 0 1.73, 1 0 0 1.76, 1 0 0 1.79,
 1 0 0 1.82, 1 0 0 1.85, 1 0 0 1.88, 1 0 0 1.91, 1 0 0 1.94, 1 0 0 1.97,
 1 0 0 2.00, 1 0 0 2.03, 1 0 0 2.06, 1 0 0 2.09, 1 0 0 2.12, 1 0 0 2.15,
 1 0 0 2.18, 1 0 0 2.21, 1 0 0 2.24, 1 0 0 2.27, 1 0 0 2.30, 1 0 0 2.33,
 1 0 0 2.36, 1 0 0 2.39, 1 0 0 2.42, 1 0 0 2.45, 1 0 0 2.48, 1 0 0 2.51,
 1 0 0 2.54, 1 0 0 2.57, 1 0 0 2.60, 1 0 0 2.63, 1 0 0 2.66, 1 0 0 2.69,
 1 0 0 2.72, 1 0 0 2.75, 1 0 0 2.78, 1 0 0 2.81, 1 0 0 2.84, 1 0 0 2.87,
 1 0 0 2.90, 1 0 0 2.93, 1 0 0 2.96, 1 0 0 2.99, 1 0 0 3.02, 1 0 0 3.05,
 1 0 0 3.08, 1 0 0 3.11, 1 0 0 3.14, 1 0 0 3.17, 1 0 0 3.20, 1 0 0 3.23,
 1 0 0 3.26, 1 0 0 3.29, 1 0 0 3.32, 1 0 0 3.35, 1 0 0 3.38, 1 0 0 3.41,
 1 0 0 3.44, 1 0 0 3.47, 1 0 0 3.50, 1 0 0 3.53, 1 0 0 3.56, 1 0 0 3.59,
 1 0 0 3.62, 1 0 0 3.65, 1 0 0 3.68, 1 0 0 3.71, 1 0 0 3.74, 1 0 0 3.77,

```

1 0 0 3.80, 1 0 0 3.83, 1 0 0 3.86, 1 0 0 3.89, 1 0 0 3.92, 1 0 0 3.95,
1 0 0 3.98, 1 0 0 4.01, 1 0 0 4.04, 1 0 0 4.07, 1 0 0 4.10, 1 0 0 4.13,
1 0 0 4.16, 1 0 0 4.19, 1 0 0 4.22, 1 0 0 4.25, 1 0 0 4.28, 1 0 0 4.31,
1 0 0 4.34, 1 0 0 4.37, 1 0 0 4.40, 1 0 0 4.43, 1 0 0 4.46, 1 0 0 4.49,
1 0 0 4.52, 1 0 0 4.55, 1 0 0 4.58, 1 0 0 4.61, 1 0 0 4.64, 1 0 0 4.67,
1 0 0 4.70, 1 0 0 4.73, 1 0 0 4.76, 1 0 0 4.79, 1 0 0 4.82, 1 0 0 4.85,
1 0 0 4.88, 1 0 0 4.91, 1 0 0 4.94, 1 0 0 4.97, 1 0 0 5.00, 1 0 0 5.03,
1 0 0 5.06, 1 0 0 5.09, 1 0 0 5.12, 1 0 0 5.15, 1 0 0 5.18, 1 0 0 5.21,
1 0 0 5.24, 1 0 0 5.27, 1 0 0 5.30, 1 0 0 5.33, 1 0 0 5.36, 1 0 0 5.39,
1 0 0 5.42, 1 0 0 5.45, 1 0 0 5.48, 1 0 0 5.51, 1 0 0 5.54, 1 0 0 5.57,
1 0 0 5.60, 1 0 0 5.63, 1 0 0 5.66, 1 0 0 5.69, 1 0 0 5.72, 1 0 0 5.75,
1 0 0 5.78, 1 0 0 5.81, 1 0 0 5.84, 1 0 0 5.87, 1 0 0 5.90, 1 0 0 5.93,
1 0 0 5.96, 1 0 0 5.99, 1 0 0 6.02, 1 0 0 6.05, 1 0 0 6.08, 1 0 0 6.11,
1 0 0 6.14, 1 0 0 6.17, 1 0 0 6.20, 1 0 0 6.23, 1 0 0 6.26, 1 0 0 6.29,
1 0 0 6.32, 1 0 0 6.35, 1 0 0 6.38, 1 0 0 6.41, 1 0 0 6.44 ]
}

```

ROUTE ts.fraction_changed TO oi.set_fraction

ROUTE oi.value_changed TO Elip1.rotation

Anexo H

Código Fonte – Animação da Construção da Curva Geratriz do Hiperbolóide

```

DEF ts TimeSensor {
  loop TRUE
  cycleInterval 10
}

DEF pi PositionInterpolator {
  key [0 0.025 0.050 0.075 0.1 0.125 0.150 0.175 0.2 0.225 0.250 0.275 0.3
      0.325 0.350 0.375 0.4 0.425 0.450 0.475 0.5 0.525 0.550 0.575 0.6
      0.625 0.650 0.675 0.7 0.725 0.750 0.775 0.8 0.825 0.850 0.875 0.9
      0.925 0.950 0.975 1]
  keyValue [0 1.98 0, 0.2 1.9844 0, 0.4 1.9975 0, 0.6 2.0192 0, 0.8 2.0492 0, 1 2.0871 0,
      1.2 2.1325 0, 1.4 2.1850 0, 1.6 2.2440 0, 1.8 2.3091 0, 2 2.3797 0, 2.2 2.4553 0

```

```

    2.4 2.5356 0, 2.6 2.6201 0, 2.8 2.7084 0, 3 2.8001 0, 3.2 2.8950 0, 3.4
2.9926 0
    3.6 3.0929 0, 3.8 3.1954 0, 4 3.3 0,
    -0.2 1.9844 0, -0.4 1.9975 0, -0.6 2.0192 0, -0.8 2.0492 0, -1 2.0871 0,
-1.2 2.1325 0, -1.4 2.1850 0, -1.6 2.2440 0, -1.8 2.3091 0, -2 2.3797 0,
    -2.2 2.4553 0, -2.4 2.5356 0, -2.6 2.6201 0, -2.8 2.7084 0, -3 2.8001 0,
    -3.2 2.8950 0, -3.4 2.9926 0, -3.6 3.0929 0, -3.8 3.1954 0, -4 3.3 0]
}
ROUTE ts.fraction_changed TO pi.set_fraction
ROUTE pi.value_changed TO Cil.translation

```

Anexo I

Código Fonte – Animação da Construção do Hiperbolóide

```

DEF ts TimeSensor {
    loop TRUE
    cycleInterval 10
}

DEF oi OrientationInterpolator {
    key [0 0.004 0.008 0.012 0.016 0.020 0.024 0.028 0.032 0.036 0.040 0.044 0.048
0.052
    0.056 0.060 0.064 0.068 0.072 0.076 0.080 0.084 0.088 0.092 0.096 0.100 0.104
0.108 0.112 0.116 0.120 0.124 0.128 0.132 0.136 0.140 0.144 0.148 0.152 0.156
0.160 0.164 0.168 0.172 0.176 0.180 0.184 0.188 0.192 0.196 0.200 0.204
0.208
0.212 0.216 0.220 0.224 0.228 0.232 0.236 0.240 0.244 0.248 0.252 0.256 0.260
0.264 0.268 0.272 0.276 0.280 0.284 0.288 0.292 0.296 0.300 0.304 0.308
0.312
0.316 0.320 0.324 0.328 0.332 0.336 0.340 0.344 0.348 0.352 0.356 0.360
0.364
0.368 0.372 0.376 0.380 0.384 0.388 0.392 0.396 0.400 0.404 0.408 0.412
0.416
0.420 0.424 0.428 0.432 0.436 0.440 0.444 0.448 0.452 0.456 0.460 0.464
0.468

```

0.520	0.472 0.476 0.480 0.484 0.488 0.492 0.496 0.500 0.504 0.508 0.512 0.516
0.572	0.524 0.528 0.532 0.536 0.540 0.544 0.548 0.552 0.556 0.560 0.564 0.568
0.624	0.576 0.580 0.584 0.588 0.592 0.596 0.600 0.604 0.608 0.612 0.616 0.620
0.676	0.628 0.632 0.636 0.640 0.644 0.648 0.652 0.656 0.660 0.664 0.668 0.672
0.728	0.680 0.684 0.688 0.692 0.696 0.700 0.704 0.708 0.712 0.716 0.720 0.724
0.780	0.732 0.736 0.740 0.744 0.748 0.752 0.756 0.760 0.764 0.768 0.772 0.776
0.832	0.784 0.788 0.792 0.796 0.800 0.804 0.808 0.812 0.816 0.820 0.824 0.828
0.884	0.836 0.840 0.844 0.848 0.852 0.856 0.860 0.864 0.868 0.872 0.876 0.880
0.936	0.888 0.892 0.896 0.900 0.904 0.908 0.912 0.916 0.920 0.924 0.928 0.932
0.988	0.940 0.944 0.948 0.952 0.956 0.960 0.964 0.968 0.972 0.976 0.980 0.984
	0.992 0.996 1]

keyValue [0 1.98 0 0, 1 0 0 0.20, 1 0 0 0.23, 1 0 0 0.29, 1 0 0 0.32, 1 0 0 0.35,
 1 0 0 0.38, 1 0 0 0.41, 1 0 0 0.44, 1 0 0 0.47, 1 0 0 0.50, 1 0 0 0.53,
 1 0 0 0.56, 1 0 0 0.59, 1 0 0 0.62, 1 0 0 0.65, 1 0 0 0.68, 1 0 0 0.71,
 1 0 0 0.74, 1 0 0 0.77, 1 0 0 0.80, 1 0 0 0.83, 1 0 0 0.86, 1 0 0 0.89,
 1 0 0 0.92, 1 0 0 0.95, 1 0 0 0.98, 1 0 0 1.01, 1 0 0 1.04, 1 0 0 1.07,
 1 0 0 1.10, 1 0 0 1.13, 1 0 0 1.16, 1 0 0 1.19, 1 0 0 1.22, 1 0 0 1.25,
 1 0 0 1.28, 1 0 0 1.31, 1 0 0 1.34, 1 0 0 1.37, 1 0 0 1.40, 1 0 0 1.43,
 1 0 0 1.46, 1 0 0 1.49, 1 0 0 1.52, 1 0 0 1.55, 1 0 0 1.58, 1 0 0 1.61,
 1 0 0 1.64, 1 0 0 1.67, 1 0 0 1.70, 1 0 0 1.73, 1 0 0 1.76, 1 0 0 1.79,
 1 0 0 1.82, 1 0 0 1.85, 1 0 0 1.88, 1 0 0 1.91, 1 0 0 1.94, 1 0 0 1.97,
 1 0 0 2.00, 1 0 0 2.03, 1 0 0 2.06, 1 0 0 2.09, 1 0 0 2.12, 1 0 0 2.15,
 1 0 0 2.18, 1 0 0 2.21, 1 0 0 2.24, 1 0 0 2.27, 1 0 0 2.30, 1 0 0 2.33,

1002.36, 1002.39, 1002.42, 1002.45, 1002.48, 1002.51,
1002.54, 1002.57, 1002.60, 1002.63, 1002.66, 1002.69,
1002.72, 1002.75, 1002.78, 1002.81, 1002.84, 1002.87,
1002.90, 1002.93, 1002.96, 1002.99, 1003.02, 1003.05,
1003.08, 1003.11, 1003.14, 1003.17, 1003.20, 1003.23,
1003.26, 1003.29, 1003.32, 1003.35, 1003.38, 1003.41,
1003.44, 1003.47, 1003.50, 1003.53, 1003.56, 1003.59,
1003.62, 1003.65, 1003.68, 1003.71, 1003.74, 1003.77,
1003.80, 1003.83, 1003.86, 1003.89, 1003.92, 1003.95,
1003.98, 1004.01, 1004.04, 1004.07, 1004.10, 1004.13,
1004.16, 1004.19, 1004.22, 1004.25, 1004.28, 1004.31,
1004.34, 1004.37, 1004.40, 1004.43, 1004.46, 1004.49,
1004.52, 1004.55, 1004.58, 1004.61, 1004.64, 1004.67,
1004.70, 1004.73, 1004.76, 1004.79, 1004.82, 1004.85,
1004.88, 1004.91, 1004.94, 1004.97, 1005.00, 1005.03,
1005.06, 1005.09, 1005.12, 1005.15, 1005.18, 1005.21,
1005.24, 1005.27, 1005.30, 1005.33, 1005.36, 1005.39,
1005.42, 1005.45, 1005.48, 1005.51, 1005.54, 1005.57,
1005.60, 1005.63, 1005.66, 1005.69, 1005.72, 1005.75,
1005.78, 1005.81, 1005.84, 1005.87, 1005.90, 1005.93,
1005.96, 1005.99, 1006.02, 1006.05, 1006.08, 1006.11,
1006.14, 1006.17, 1006.20, 1006.23, 1006.26, 1006.29,
1006.32, 1006.35, 1006.38, 1006.41, 1006.44]

}

ROUTE ts.fraction_changed TO oi.set_fraction

ROUTE oi.value_changed TO Hiper1.rotation