



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**

**Centro de Informática**

**Pós-Graduação em Ciências da Computação**

# **Batalha do Jenipapo: Uma Modelagem em Realidade Virtual**

**Antônio Alves de Carvalho Júnior**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências da Computação

**Prof. Dr. Alejandro César Frery Orgambide**

Orientador

**JANEIRO DE 2003**

# Batalha do Jenipapo: Uma Modelagem em Realidade Virtual

Antônio Alves de Carvalho Júnior

Esta dissertação foi julgada para obtenção do título de

**MESTRE EM CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO**

nas áreas de concentração Redes de Computadores, Sistemas Distribuídos e Mídias/Processamento Gráfico, e aprovada na sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação da Universidade Federal de Pernambuco.

## **BANCA EXAMINADORA**

---

Professor Alejandro C. Frery (Orientador)

---

Professora Ana Lúcia Bezerra Candeias (Membro Externo)

---

Professora Judith Kelner

# Agradecimentos

Agradeço a **Deus**, meu maior mestre.

Aos meus pais, **Geraldina** e **Antônio Ivo**, meus primeiros mestres.

Aos meus tios, especialmente a **Ana**, **Feliciano** e **Maria**, pela sabedoria e tempo dispensado.

Aos meus **irmãos**, **sobrinhos** e **amigos**, pelas alegrias e tristezas compartilhadas.

Agradeço especialmente a **Raimundo**, pela contribuição nesse trabalho.

Agradeço ao meu orientador Prof<sup>o</sup>. Dr. **Alejandro Frery**, pelo estímulo e orientação segura.

Agradeço aos professores **Djamel**, **Carlos Ferraz**, **Alejandro** e **Judith**, pela paciência às nossas limitações.

Agradeço ao corpo docente do DEPARTAMENTO/UFPE, em especial aos professores **Adeildo Antão** e **Ana Lúcia**, pelas valiosas explicações da área cartográfica.

Aos colegas de curso, especialmente a **Chico Demes**, **Eudes**, **Edenise**, **Constantino**, **Ricardo Queiroz** e **Geovani**, pela convivência harmoniosa nas estada em Recife.

Agradeço ao **Cin-UFPE**, por proporcionar a logística necessária ao curso.

Agradeço a direção do **CEFET-PI** pela oportunidade proporcionada.

A todos da **UNED-Florianópolis**, pelo incentivo e compreensão pelas ausências.

Agradeço ao **Prof<sup>o</sup>. Paulo**, que durante minhas ausências da UNED assumiu minhas turmas evitando problemas para a conclusão do ano letivo de 2002.

Aos professores **Fátima Brandão**, **Marinalva**, **Jaira**, **Giselda**, **Cláudia** e **Marlon** pelas orientações nas leituras e produção de texto.

**in memoriam**

A **Santilio** Alves da Costa Filho.

Amigo e incentivador das realizações.

# Sumário

<b><i>Agradecimentos</i></b>	<b><i>iii</i></b>
<b><i>Sumário</i></b>	<b><i>iv</i></b>
<b><i>Lista de Figuras</i></b>	<b><i>vi</i></b>
<b><i>Lista de Tabelas</i></b>	<b><i>vii</i></b>
<b><i>Resumo</i></b>	<b><i>viii</i></b>
<b><i>Abstract</i></b>	<b><i>ix</i></b>
<b><i>Capítulo 1: Introdução</i></b>	<b><i>10</i></b>
<b>1.1 Motivação</b>	<b>11</b>
<b>1.2 Objetivos</b>	<b>12</b>
<b>1.3 Estrutura da Dissertação</b>	<b>13</b>
<b><i>Capítulo 2: Fundamentação Histórica</i></b>	<b><i>14</i></b>
<b>2.1 Brasil: do Reinado de Dom João a Independência de Dom Pedro</b>	<b>14</b>
<b>2.2 A Pretensão Portuguesa</b>	<b>15</b>
<b>2.3 Adesão de Parnaíba</b>	<b>16</b>
<b>2.4 Exército Português Rumo a Campo Maior</b>	<b>17</b>
<b>2.5 Tensão em Parnaíba</b>	<b>18</b>
<b>2.6 Adesão de Oeiras</b>	<b>18</b>
<b>2.7 Os Preparativos do Confronto</b>	<b>19</b>
<b>2.8 A Mobilização</b>	<b>21</b>
<b>2.9 Estratégias</b>	<b>22</b>
<b>2.10 O Combate</b>	<b>23</b>
<b>2.11 Depois do Combate</b>	<b>24</b>
<b><i>Capítulo 3: Antecedentes</i></b>	<b><i>25</i></b>
<b>3.1 Trabalhos Co-relacionados</b>	<b>25</b>
3.1.1 Técnicas de Otimização e Realismo em Aplicações de Realidade Virtual.	25
3.1.2 Avaliação Comparativa de Tecnologias de Suporte à VRML.	25
3.1.3 VRML na Cartografia: Possibilitando Aplicações Militares.	25
3.1.4 Aplicações de Ambientes Virtuais na Área de História e seus Desdobramentos: Propondo o NEXUS.	25
3.1.5 Modelagem Digital de Terrenos com GPS.	26
3.1.6 VRML na Cartografia: Estudo de caso de Compatibilização de Arquivos.	26
3.1.7 Geração de Modelo Virtual de Terreno usando VRML.	26
<b>3.2 Webpages de Divulgação Histórica</b>	<b>26</b>
3.2.1 Análise do Conteúdo	26
3.2.2 Análise da Estrutura	29
<b><i>Capítulo 4: Tecnologias</i></b>	<b><i>31</i></b>
<b>4.1 GPS (Global Positioning System)</b>	<b>31</b>

4.1.1 Os Sistemas GPS	32
4.1.2 Princípios Básicos	32
4.1.3 Posicionamento Geográfico	35
4.1.4 Altimetria e UTM (Universal Transverso de Mercator)	37
4.1.5 Receptores	39
<b>4.2 VRML (Virtual Reality Modeling Language)</b>	<b>41</b>
4.2.1 Histórico: VRML e a Web3D	43
4.2.2 Principais Características	46
4.2.3 Primitivas	48
4.2.4 Modificadores	67
4.2.5 Animações	70
4.2.6 Editores	73
<b>Capítulo 5: Componentes do Mundo</b>	<b>78</b>
5.1 Modelo Numérico do Terreno	78
5.2 Atores	82
5.3 Componentes Adicionais	85
<b>Capítulo 6: Integração das Informações</b>	<b>88</b>
<b>Capítulo 7: Conclusões e Trabalhos Futuros</b>	<b>96</b>
7.1 Perspectivas e Tendências (XML e GeoVRML)	96
7.2 Contribuições e Conclusão	98
7.3 Trabalhos Futuros	100
7.4 Considerações Finais	100
<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>102</b>
<b>Anexos</b>	<b>105</b>

## Lista de Figuras

<i>Figura 1: O Grito do Ipiranga.</i>	15
<i>Figura 2: Concentração dos patriotas frente à igreja Santo Antônio.</i>	21
<i>Figura 3: Marcha rumo ao rio Jenipapo.</i>	22
<i>Figura 4: Bifurcação da estrada.</i>	22
<i>Figura 5: O combate do Jenipapo.</i>	23
<i>Figura 6: Fazenda Tombador.</i>	24
<i>Figura 7: Exemplo de iconografia empregada no site “Inconfidência Baiana”.</i>	29
<i>Figura 8: Exemplo de iconografia empregada no site “Balaiada”.</i>	30
<i>Figura 9: Constelação GPS.</i>	33
<i>Figura 10: Localização das Cinco Estações de Monitoramento.</i>	34
<i>Figura 11: Visão da Correção Diferencial.</i>	35
<i>Figura 12: Forma elipsóide de aproximação da Terra.</i>	36
<i>Figura 13: Ajustamento das Elipsóides.</i>	36
<i>Figura 14: Ilustração da determinação de uma posição através de triangulação.</i>	37
<i>Figura 15: Referências Altimétricas.</i>	38
<i>Figura 16: Exemplo de visualização VRML nos plug-ins VRML Viewer e Cortona.</i>	43
<i>Figura 17: Exemplo das relações entre nós da linguagem VRML.</i>	57
<i>Figura 18: Disposição dos eixos de coordenadas em relação aos dedos da mão direita.</i>	69
<i>Figura 19: Fluxo de eventos em uma animação VRML.</i>	72
<i>Figura 20: (a) Interface do editor VRMLPad e (b) Interface do editor Hiperion.</i>	77
<i>Figura 21: Conversão de uma amostra irregular para regular.</i>	81
<i>Figura 22: Visualização do modelo numérico do terreno.</i>	82
<i>Figura 23: Representação caricaturada de uma forma humana.</i>	83
<i>Figura 24: Modelagem das carnaubeiras.</i>	86
<i>Figura 25: Organização Hierárquica da Webpage Batalha do Jenipapo.</i>	91
<i>Figura 26: Página de Abertura da Webpage Batalha do Jenipapo.</i>	92
<i>Figura 27: Página Principal da Webpage Batalha do Jenipapo.</i>	92
<i>Figura 28: Localização do Piauí e de Campo Maior.</i>	93
<i>Figura 29: Exemplo de página da descrição histórica da Batalha do Jenipapo.</i>	94

## Lista de Tabelas

<i>Tabela 1: Nós do grupo A da organização de VRML através de grupo.</i>	48
<i>Tabela 2: Nós do grupo B da organização de VRML através de grupo.</i>	49
<i>Tabela 3: Nós do grupo C da organização de VRML através de grupo.</i>	50
<i>Tabela 4: Nós do grupo D da organização de VRML através de grupo.</i>	51
<i>Tabela 5: Nós do grupo E da organização de VRML através de grupo.</i>	52
<i>Tabela 6: Nós do grupo F da organização de VRML através de grupo.</i>	53
<i>Tabela 7: Nós do grupo G da organização de VRML através de grupo.</i>	54
<i>Tabela 8: Nós do grupo H da organização de VRML através de grupo.</i>	55
<i>Tabela 9: Nós do grupo I da organização de VRML através de grupo.</i>	56
<i>Tabela 10: Nós gráficos da linguagem VRML.</i>	56
<i>Tabela 11: Nós não gráficos da linguagem VRML.</i>	57
<i>Tabela 12: Exemplo do nó Box.</i>	58
<i>Tabela 13: Exemplo do nó Sphere.</i>	59
<i>Tabela 14: Exemplo do nó Cone.</i>	59
<i>Tabela 15: Exemplo do nó Cylinder.</i>	60
<i>Tabela 16: Exemplo do nó ElevationGrid.</i>	61
<i>Tabela 17: Exemplo do nó Extrusion.</i>	62
<i>Tabela 18: Exemplo 2 do nó IndexedFaceSet.</i>	64
<i>Tabela 19: Exemplo do nó IndexedLineSet.</i>	65
<i>Tabela 20: Exemplo do nó PointSet.</i>	66
<i>Tabela 21: Exemplo do nó Text.</i>	67
<i>Tabela 22: Detalhamento dos passos de uma animação VRML.</i>	72
<i>Tabela 23: Tabela com os resultados da avaliação dos editores VRMLPad e Hiperion.</i>	76
<i>Tabela 24: Quadro resumo da composição das forças da Batalha do Jenipapo.</i>	85

## Resumo

Este trabalho propõe uma metodologia para o desenvolvimento de conteúdo histórico para a Web utilizando diversas mídias e realidade virtual. A proposta desta metodologia inicia-se com uma investigação da expressividade de cada mídia, seguida de uma avaliação das alternativas disponíveis de ferramentas para sua criação e edição. As componentes de realidade virtual foram construídas procurando um equilíbrio entre realismo e leveza. A Batalha do Jenipapo foi escolhida como tema para validar a metodologia proposta, dadas a sua importância histórica e a mínima quantidade de material disponível na Web a seu respeito. Sendo que a paisagem onde esta batalha aconteceu ser ingrediente importante do evento, e que existe a possibilidade de descrever esse cenário utilizando realidade virtual, foi feita uma coleta de informações no campo utilizando GPS (*Global Positioning System*) para reconstruir de forma pictórica esse cenário. O cenário sintético assim construído descreve com boa fidelidade o cenário geográfico do evento. Dentre as diversas plataformas disponíveis para a construção de mundos virtuais na Internet, VRML (*Virtual Reality Modelling Language*) é analisada nos seus detalhes para, com ela, compor o mundo em questão. É feita uma coleta sistemática de informações sobre o evento de interesse: imagens, textos, fotografias do local, o modelo geográfico do cenário etc. que, depois de submetidas a uma triagem e preparação, são oferecidas no *site* de forma organizada, cronológica e intuitiva. O mundo virtual é construído de maneira a exibir um bom grau de realismo, mas sem que por isso a sua transferência e visualização demandem grandes recursos computacionais nem tempos de espera. A dinâmica do referido evento histórico é modelada com o uso de animações dos principais atores envolvidos no confronto. Os conteúdos de Realidade Virtual são validado com o uso de dois plug-ins diferentes: o VRMLViewer e o Cortona. A metodologia do desenvolvimento deste site poderá facilitar o desenvolvimento de outros *sites* históricos análogos.

**Palavras Chaves:** Batalha do Jenipapo, GPS (*Global Positioning System*), História do Brasil, Modelagem Numérica de Terrenos, Realidade Virtual, VRML (*Virtual Reality Modelling Language*).



## Abstract

This work proposes a methodology for the development of sites with historical content using multimedia and virtual reality. This is done by assessing the expressiveness of each media, followed by a careful evaluation of editing and creation tools for each media. In particular, the use of Global Positioning Systems (GPS) for the modeling of the terrain where the battle took place is analyzed. Using these technologies, a realistic geographic model of the scenario is built. Among the available platforms for building virtual Internet worlds, VRML (*Virtual Reality Modelling Language*) is carefully addressed and, then, chosen to build the virtual world. The necessary information is gathered: imagery, documents, pictures, the digital elevation model etc., and after a careful scrutiny and preparation these information is put forth in a site in an organized, chronological and intuitive manner. The virtual world is built bearing in mind realism, but taking care not to overload transfer times and rendering overloads. The dynamics of the events is modeled by the animation of the main characters of the event. The virtual reality content is assessed with two plug-ins, namely VRML Viewer and Cortona. The methodology here presented may help as a basis for the preparation of analogous historical sites.

**Keywords:** Battle of Jenipapo, Digital Elevation Models, GPS (*Global Positioning System*), History of Brazil, Virtual Reality, VRML (*Virtual Reality Modelling Language*).

## Capítulo 1: Introdução

A Abolição da Escravatura, a Independência do Brasil, a Proclamação da República, são vistas como transformações ocorridas em paz, sem violência, nas quais destacam-se personagens, mitos e heróis. A Independência do Brasil, por exemplo, instalou uma forte instabilidade política através das idéias de liberdade, promovendo no Piauí e no Maranhão lutas e combates que culminaram com a Batalha do Jenipapo, uns dos mais sangrentos combates pela Independência do Brasil [DIA96]. Entretanto, a atual historiografia brasileira tem buscado, através dos fragmentos da história, a realidade dos conflitos ocultos nos processos.

Contudo, muitos dos resultados das pesquisas acadêmicas brasileiras, até algum tempo atrás, ficavam na obscuridade por falta de mecanismos de divulgação, realidade minimizada com o surgimento e evolução da rede mundial de computadores (Internet). Cabe salientar que a maior parte da documentação eletrônica disponível encontra-se na forma de textos e imagens ilustrativas. Todavia, aspira-se que a internet ofereça uma interface interativa tridimensional, com o objetivo de aproximar a experiência eletrônica da realidade. Para tanto, faz-se um esforço de caráter multidisciplinar com intuito de viabilizar essa mudança.

Enquanto essa aspiração não se concretiza, busca-se aplicar as tecnologias já desenvolvidas. É no campo da engenharia, da ciência e na indústria do entretenimento que elas têm sido melhor aproveitadas. Ainda de forma bastante sutil, pode-se dizer que tecnologias 3D têm merecido atenção quando a discussão é educação, isso por que a simulação 3D propicia aos alunos a chance de testar suas hipóteses sem o perigo de uma atividade real. Abre-se um campo vasto para a escola, como viajar em cenários do passado ou futuro, construir modelos, realizar experimentos, estabelecer discussões criativas, simular condições de vida em outros planetas e simular situações de risco, dentre outras várias aplicações. Apesar dos avanços, ainda existe um longo caminho a ser percorrido pela “Web”.

Assim, agastado pelo pouco zelo a um dos marcos da Independência Brasileira, desenvolvemos um trabalho interdisciplinar de pesquisa histórica, de uso de tecnologia de GPS (*Global Positioning System*) e de Realidade Virtual para a divulgação na internet do evento histórico ocorrido a 13 de março de 1823, às margens do Rio Jenipapo, a nove quilômetros de Campo Maior, localizada na Unidade da Federação denominada Piauí, na região Nordeste do Brasil, conhecido como Batalha do Jenipapo.

## 1.1 Motivação

O estudo da historiografia provoca a reflexão e nos ensina muito sobre nós mesmos e sobre nossa própria sociedade, sobre os padrões de comportamento social e político que prevalecem em nosso tempo, as realizações e negligências de nosso próprio sistema [RAA01].

Para ilustrar essa afirmação, vejamos como transcorre uma apresentação corriqueira entre duas pessoas. De imediato suscitam-se várias questões como, por exemplo, a identificação dos interlocutores, a hierarquia pessoal, os elementos culturais prosaicos etc. Socialmente, busca-se encontrar elementos comuns para que o diálogo flua com mais facilidade. Se de imediato surgem essas trocas de informações básicas, com o passar do tempo os diálogos poderão tornar-se mais profundos, suscitando perguntas e respostas bem mais sofisticadas.

Todos os fragmentos historiados pelas pessoas envolvidas no diálogo, propiciam a afirmação de que a história de um dos componentes do diálogo é formada por todas as transformações vivenciadas por ele, quer sejam pessoais ou sociais. Somente olhando para as experiências vivenciadas é que percebemos as mudanças ocorridas, sejam elas internas ou externas. Quando a mudança nos é agradável procuramos melhorar o processo para continuar, caso contrário, tenta-se impedir a continuação do processo. Se o grupo social não dispõe dos elementos do processo histórico para suporte a sua evolução, ele estará condenado a se arrastar no seu processo evolutivo.

O estudo da história tem dois objetivos fundamentais. Por um lado, satisfaz nossa curiosidade sobre o passado, nossas origens, os começos e o desenvolvimento de nossa civilização; é o que podemos chamar de o “aspecto museu da história”, porque é um tipo de serviço comparável àquele proporcionado à sociedade por um museu. De outro lado, a história oferece um vasto tesouro da experiência humana, no que diz respeito a seus sucessos e fracassos, pelo que pode ser comparada a um laboratório: permite-nos estudar os esforços das sociedades humanas com relação aos desafios e crises, analisar as soluções dadas por elas, aprender lições, observar possibilidades, apanhar idéias e sugestões. Assim, estimulando nosso pensamento em muitas direções. A história nos ajuda a compreendermos melhor nossas próprias situações e problemas, e a tomar consciência dos processos que nos afligem a fim de darmos o primeiro passo para nos envolvermos e encontrar soluções para os problemas de hoje [RAA01].

Então, nossa motivação está enraizada no sentimento humano de rever a historiografia com intuito de atender suas necessidades históricas. Tecnicamente possuímos ferramentas

que permitem recriar esses acontecimentos históricos num ambiente computacional, com flexibilidade e interatividade sendo, portanto, salutar a proposta de dispor esses eventos históricos em um ambiente eletrônico de divulgação.

É impossível abarcar a totalidade dos eventos da nossa história, por isso direcionaremos nossos esforços no desenvolvimento de uma modelagem de um ambiente em Realidade Virtual, usando a linguagem VRML, de um fato histórico que é um marco entre os movimentos de independência: a Batalha do Jenipapo. Este fato possui interesse regional para o autor desta dissertação, além da sua incontestável importância nacional.

## 1.2 Objetivos

Os estudos desenvolvidos nesta dissertação visam o fortalecimento dos fundamentos históricos e tecnológicos que permitam o desenvolvimento de uma modelagem, em realidade virtual, do ambiente físico da Batalha do Jenipapo, com animações dos fatos que ocorreram durante esse episódio da historiografia brasileira, a fim de facilitar o entendimento das contribuições históricas da população piauiense no processo da Independência do Brasil. Esses estudos redundaram na construção de um *site* com informações históricas, didaticamente organizadas.

Com o intuito de atingir esses objetivos, outros problemas técnicos foram superados, tais como:

- Pesquisa historiográfica da Batalha do Jenipapo;
- Definição das tecnologias as quais pudessem fornecer os elementos necessários à modelagem que se desejava fazer;
- Definição do escopo histórico o qual permitisse uma modelagem na tecnologia escolhida;
- Realização do levantamento das coordenadas geográficas da região onde ocorrera a Batalha do Jenipapo, usando tecnologia GPS;
- Identificação dos atores principais a serem mapeados em VRML;
- Geração do código VRML dos objetos constituintes do mundo da Batalha do Jenipapo;
- Construção de uma *webpage* de divulgação do processo histórico que culminou com a Batalha do Jenipapo, permitindo ao usuário uma experiência não-imersiva do mundo virtual desenvolvido.

No decorrer da dissertação estaremos abordando os itens acima descritos, não necessariamente na ordem apresentada, mas organizada da forma que venha a prover melhor compreensão nas atividades a serem dissertadas.

### **1.3 Estrutura da Dissertação**

Esta dissertação está estruturada em sete capítulos. No Capítulo 1, é feita uma introdução visando apresentar a temática desse trabalho, a motivação que desencadeou sua realização, bem como a definição dos objetivos atingidos.

O Capítulo 2 descreve a fundamentação histórica do evento que se propôs modelar. Essa fundamentação traz um relato cronológico dos fatos históricos os quais culminaram com a Batalha do Jenipapo.

O Capítulo 3 está voltado aos antecedentes. Antecedentes que devem ser entendidos em duas dimensões: a primeira dimensão voltada à descrição de trabalhos co-relacionados e a segunda dimensão voltada à análise de conteúdos e estrutura de *webpages*<sup>1</sup> de divulgação histórica, com o objetivo de percebermos como está sendo feito o trabalho de divulgação historiográfica nos meios eletrônicos.

O Capítulo 4 objetiva descrever sobre as principais tecnologias usadas na definição da modelagem do cenário da Batalha do Jenipapo. São elas: o sistema GPS (*Global Positioning Systems*) e a linguagem VRML (*Virtual Reality Modelling Language*).

O Capítulo 5, por sua vez, aborda sobre o cenário geográfico montado, os atores envolvidos e sobre os componentes adicionais existentes.

O Capítulo 6 está voltado para a integração dessas tecnologias no sentido de atingir seu objetivo final, divulgação desse marco histórico na *web*.

Para finalizar, o Capítulo 7 traz a conclusão e trabalhos futuros, nos quais estão comentadas as principais perspectivas e tendências tecnológicas que podem trazer impacto em versões futuras desse trabalho.

---

<sup>1</sup> Usaremos os termos *site* e *webpage* indistintamente neste trabalho. O termo página para designar as diversas partes que compõem a *webpage*.

## Capítulo 2: Fundamentação Histórica

No Brasil, a definição das idéias liberais e republicanas antes de 1822, propiciou o início do processo de lutas e conflitos que culminam com a Proclamação da Independência, numa tentativa de barrar os ideais republicanos. Entretanto, não era desejo do governo português perder toda colônia brasileira, pretendia-se manter parte da área colonial que abrange o Piauí, Maranhão, Ceará e Pará. O interesse por essas áreas estava nas riquezas naturais e no gado piauiense, que representava produto estratégico da colônia, abastecendo até províncias ao sul da colônia.

A “Independência” do Brasil não foi uma simples passagem do poder dos portugueses aos brasileiros, e sim um processo violento em várias províncias, com luta armada. No Piauí e no Maranhão esse processo foi marcado por combates e lutas, intensificadas a partir 1822, com prolongamentos até o final da década de 1830 e começo de 1840 [DIA96].

### 2.1 Brasil: do Reinado de Dom João a Independência de Dom Pedro

Em março de 1821, Dom João VI juntamente com alguns membros da família real e súditos embarcaram do Rio de Janeiro de volta a Portugal. Consigo levavam uma soma considerável de alguns milhões de cruzados, bem como o ossário da Rainha Mãe e o do Príncipe Pedro Carlos [PeJC75].

Dom João VI com sua partida para Portugal deixou vazios os cofres do Banco do Brasil e do Erário Público, um regente — Príncipe Dom Pedro, caos político, econômico e uma grande discórdia provocada pela Revolução do Porto [PeJC75].

Com o caos em que estava mergulhada sua administração, Dom Pedro vacilava no executivo exercício de determinar os nortes aspirados pela nação. Em dezembro de 1821 chegaram ao Rio de Janeiro dois decretos da Corte de Lisboa: o primeiro reduzia novamente o Brasil a condição de Colônia, e o outro entregava o governo das capitanias a uma junta de 5 ou 7 membros obedecendo exclusivamente ao governo de Lisboa, como já estavam em quase todas as capitanias [PeJC75].

Os republicanos exultaram com a perspectiva da saída do Príncipe, pois alguns visavam as vantagens da recolonização e dos antigos monopólios. Entretanto, os liberais monarquistas ergueram-se ativos defensores da causa independente. Era um período conturbado devido aos conflitos entre os que apoiavam o Príncipe e os que defendiam continuar seguindo os mandos de Lisboa. Assim, em janeiro de 1822 o Príncipe Regente anuncia ao povo a sua permanência no território brasileiro [PeJC75].

O território brasileiro era guardado pelas tropas portuguesas. A partir da decisão de permanecer no Brasil, Dom Pedro ordenou a alguns generais brasileiros de confiança que se pusessem à frente das forças nacionais. Então, o General Português Avilez tentando antecipar-se ao golpe preparou-se para seqüestrar o Príncipe no Teatro São João e embarcá-lo à força para Europa, mas o Príncipe saiu às pressas e assumiu o comando dos brasileiros, já concentrados no Campo Sant'Ana. Dom Pedro intimou o comandante português a recolher as tropas aos quartéis e preparar-se para voltar à Europa. Como já se encontrava sem suprimentos, não lutou. Entretanto, as forças portuguesas do norte e nordeste mantinham-se em suas posições, executando ordens diretas de Lisboa [PeJC75].

Agora, com a ausência das forças portuguesas no sudeste, a 7 de setembro de 1822, em São Paulo, às margens do Rio Ipiranga, Dom Pedro brada o grito de Independência, tão bem retratado pelo artista Pedro Américo de Figueiredo Mello, como podemos ver na Figura 1.



Figura 1: O Grito do Ipiranga [IMR02].

Mais tarde, esse grito veio a repercutir de maneira sangrenta no Piauí.

## 2.2 A Pretensão Portuguesa

Apesar da crise em que estava mergulhado o governo brasileiro, economicamente falando, a situação do Piauí não era má. A população concentrava-se mais no norte estendendo-se pelo vale do Longá, Poti e do Canindé. A Vila da Parnaíba, porta aberta para o Atlântico, florescia com as exportações dos produtos da terra.

Nossa agricultura, além de cereais, concorria com fumo, algodão e cana de açúcar, apesar de serem fontes subsidiárias, uma vez que as finanças do Piauí tinham seus alicerces na pecuária. O rebanho bovino era nossa maior riqueza, tendo como grandes mercados o Ceará, Bahia, Pernambuco e Maranhão. As fazendas do fisco davam à Coroa renda líquida correspondente a 50% de rendimento bruto [PeJC75].

A posição geográfica do Piauí havia despertado a atenção do Governo de Lisboa para o caso de uma emergência, visto que no ano de 1821 mandara para o Piauí o major João José da Cunha Fidié (nomeado Governador das Armas), bem como armas e munições que foram desembarcadas em outubro de 1820, em São Luiz. Pois prevendo que a Independência do Brasil seria apenas uma questão de tempo, pretendia o Governo Português ficar com parte para ele, compreendendo as províncias do Pará, Maranhão e Piauí. Estrategicamente, esta Província possibilitava comunicação por terra com Ceará, Bahia e Pernambuco, onde os movimentos independentes eram fortes, assim como era o maior fornecedor de carne para essas províncias. Firmar-se militarmente seria cortar o abastecimento de carnes e ficar em posição de atacá-los por terra [PeJC75].

A história brasileira, bem como a história do Piauí, é marcada por contradições e deturpações. Então, seria verdade que a população piauiense vivia a tranquilidade econômica apresentada?

Em se tratando dos latifúndios é uma assertiva essa informação, mas a pobreza da população que constitui as camadas populares alcançava seu apogeu. Comiam mais da caça que de seus terreiros. Ainda havia muito alimento na natureza, como mel e frutos silvestres, pois não plantavam nem mesmo para o sustento do dia a dia. Faminta, seria material para qualquer revolução. De tal modo, que as pretensões portuguesas entraram em confronto com os anseios da comunidade, pois como afirma correspondências do governador da época, o Piauí e o Maranhão davam mais trabalho do que todo o resto das províncias [DIA96].

Sabe-se que movimentos de emancipações são liderados, em geral, por grupos ou setores que mantêm contato com o exterior. O movimento independente brasileiro não foi diferente. Os setores sociais com acesso às informações, às notícias e à correspondência iniciaram as manifestações a favor da causa independente. Pois em Parnaíba, Campo Maior e Oeiras já se sabia dos acontecimentos das outras províncias. Pasquins sediciosos apareciam nas vilas concitando o povo a rebelar-se contra os portugueses. Atento, Fidié pressionou a Junta para tomar providências imediatas, bem como transferiu o destacamento do Marvão para Campo Maior por apresentar maiores tendências separatistas (ver [PeJC75] e [DIA96]).

### **2.3 Adesão de Parnaíba**

O dr. João Cândido não executou a devassa em Campo Maior, nem na Parnaíba, desobedecendo assim às instruções e ordens das autoridades de Oeiras (sede do governo da província). Contudo, mandou à capital um ofício comunicando os acontecimentos da vila assim como informando ter recebido uma ordem de eleições para a Constituinte do Brasil, que



fora enviada pelo Príncipe Regente a algumas vilas da província piauiense, inclusive Oeiras. Apesar disso, somente Parnaíba atendeu ao ofício encaminhado, uma vez que a melhor, maior, mais rica e populosa parte do Brasil já se havia declarado independente. O juiz não via motivos para o Piauí ficar de fora, pois estava em ressonância ao princípio da Justiça e ao Direito conferido pela natureza humana, quando o dotou de liberdade [PeJC75].

As autoridades entenderam o recado e resolveram enviar o Major Fidié para acomodar aquela vila [PeJC75]. Esse ato da Parnaíba surpreende os historiadores.

Na Parnaíba, um documento que muitos assinaram foi levado à Câmara pedindo que se cumprisse a ordem de S. Alteza Real o Príncipe Dom Pedro, pois existia na vila um movimento popular favorável ao Príncipe. Então, em 19 de outubro de 1822, no paço da Câmara, proclamaram a Regência de Dom Pedro, a Independência do Brasil e sua União com Portugal e as futuras Cortes Constituintes do Brasil. Em seguida, enviaram uma comunicação às vilas de Campo Maior e Oeiras [PeJC75].

Suscitou algumas questões para os portugueses, tais como: Por que união com Portugal? Era para valer a independência ou não era [PeJC75]?

Ingenuidade? Mera tapeação de Parnaíba para enganar a Junta de Oeiras e ganhar tempo [PeJC75]?

De qualquer forma não deu certo. Os portugueses concluíram ser realmente um movimento separatista e que era preciso sufocá-lo logo. Major Fidié marcha para Parnaíba levando consigo a intenção de tornar Campo Maior, o centro das operações contra os rebeldes da Parnaíba.

## **2.4 Exército Português Rumo a Campo Maior**

Na marcha do exército de Fidié sobre Campo Maior, com exceção dos oficiais, todos se deslocavam caminhando. Os cavalos foram usados no transporte da bagagem de guerra.

Era novembro de 1822, nessa região o período de chuvas só começa em dezembro, assim os soldados marchavam às várzeas penosamente nuas e desoladas. Às vezes surgindo uma ou outra fazenda de gado, abandonada pelo medo da aproximação do Major Português, pois por onde passavam matavam reses e apropriava-se dos paióis das fazendas, donde descansavam e depois prosseguiam. E esse prosseguir era seguido de um silêncio preocupante por parte de Fidié, tranquilizado por notícias de Campo Maior e informações sobre o dr. João Cândido, o juiz que andava pelas vilas atendendo o ofício de Dom Pedro [PeJC75].

Parte da população portuguesa que vivia na vila fez um acolhimento caloroso a Fidié e a maior parte fez uma acolhida desconfiada e fria. A câmara amedrontada fez os desejos do Major Português, e perante o Governador das Armas e suas tropas deram vivas a toda casa de Bragança e às de Lisboa, em 25 de novembro de 1822. As tropas permaneceram em Campo Maior até o início de dezembro, quando soube que o Major Higinio falhara na sua missão de prender o dr. João Cândido, assumindo pessoalmente a execução de seus objetivos [PeJC75].

Com ajuda recebida de Caxias (Maranhão), do Governador do Maranhão e do comandante da Capela de Barras reforçou o poderio português na Vila dos Carnaubais (Campo Maior) e pôs em marcha para Parnaíba para sufocar o movimento independente.

## **2.5 Tensão em Parnaíba**

Com o esfriar dos ânimos após a Declaração de Independência, a decepção recai sobre o povo ao ver que tudo permanecia como antes, nada mudara. Não tinha armas, nem munição, nem fortificações, somente alguns poucos soldados sem preparo militar.

Avaliada a extensão do passo dado e as circunstanciais em que se encontrava, pedira ajuda do Ceará, que ainda tinha muitos problemas internos a resolver. Contudo, a mesma Câmara que pedira ajuda cearense, enviou-lhe ofício de suspensão da ajuda que porventura planejasse executar, já que a Vila da Parnaíba cometera um equívoco quando em outubro deliberou em favor do movimento separatista. Essas ações parnaibanas estão calcadas no medo que pairava sobre a vila, ao tomar conhecimento que o Governador das Armas marchava de Oeiras para sufocar o movimento separatista. Toda a culpa foi atribuída ao dr. João Cândido, que juntamente com outros cabecilhas refugiaram-se nos sertões da Ibiapaba [PeJC75].

As tropas portuguesas cercam a vila, Fidié entra na Parnaíba sem disparar um tiro e antes de alojar-se faz toda a guarda e a Câmara renovar o juramento de fidelidade a Dom João VI. No dia seguinte deslocou o Regimento de Cavalaria que se encontrava em Parnaíba para Oeiras, pois não confiava nos mesmos. Enfim, empenha-se a fundo nos preparativos para invasão da Província Cearense (ver [PeJC75] e [DIA96]).

## **2.6 Adesão de Oeiras**

De Jacobina (BA) chegou a Oeiras uma portaria com proclamações do Governo do Rio e um ofício do General Labatut o qual noticiava o grito do Ipiranga e convidava os piauienses a aderirem à Independência plena do Brasil. Informava ainda, que o Príncipe Regente estava à frente de um grande exército pretendendo tomar Salvador e que chegava a

hora dos piauienses sacudirem os brios lusitanos, pois logo após a queda de Salvador marchariam sobre o Piauí para ajudar [PeJC75].

A Junta do Piauí respondeu que jamais deixaria de está ao lado do Governo de Lisboa. Embora estivesse temerosa pelas decisões as quais poderiam ser tomadas em represália a resposta enviada. Com isso, Oeiras oficiou a Fidié sua volta urgente a Capital, pois esta se mostrava ser o primeiro alvo dos separatistas.

No dia 23 de janeiro de 1823, chefiados pelo Brigadeiro Manoel de Sousa Martins, na sua própria residência, os conspiradores se armam com o arsenal surrubiado aos poucos dos armazéns nacionais. Essa situação leva-nos acreditar que Fidié cometera um engano ao enviar o Regimento de Cavalaria sediado em Parnaíba para Oeiras, cujos soldados eram simpatizantes da causa independente. Essa mobilização resulta na aclamação de Dom Pedro Imperador do Brasil. Na manhã do dia 24, o Senado da Câmara oficia a todos a proclamação. Não houve opositores, afinal alguns membros da antiga Junta de Governo haviam fugido [PeJC75].

Nesse instante, vale lembrar que somente o Piauí, o Maranhão e o Pará ainda não haviam aderido a causa independente, embora Parnaíba já tivesse tentado.

Enquanto Fidié alimentava o desejo de invadir o Ceará, os cearenses anteciparam-se e entraram no Piauí. Pois, o chefe português custava muito a tomar uma decisão, a exemplo disso, é que mesmo sabendo da revolta da Capital permanecia na Parnaíba, donde veio levantar acampamento no dia 28 de fevereiro de 1823, mais de um mês depois [PeJC75].

## **2.7 Os Preparativos do Confronto**

Nesse período, cartas com proclamações que atacavam duramente Portugal e os portugueses circulavam nas vilas piauienses.

Entre os piauienses que tinham fugido de Parnaíba, encontramos Leonardo Carvalho Castelo Branco, que agora volta de Sobral no comando de patriotas piauienses e cearenses que somavam em torno de 600 homens para lutar no Piauí. No vigésimo segundo dia do mês de janeiro de 1823, Leonardo entra em Piracuruca surpreendendo a guarnição local e os aprisionando. As notícias logo chegam a Parnaíba e Campo Maior. O regimento deixado por Fidié em Campo Maior, quando soube que Leonardo marchava sobre a vila, muitos desertaram e os fiéis a causa portuguesa deixaram a vila com todo armamento. Leonardo entra na vila dos carnaubais sem dar um tiro sequer, a 5 de fevereiro de 1823, faz a aclamação de Dom Pedro de Alcântara Imperador do Brasil e no mesmo dia cantou-se na Matriz de Santo

Antônio um “*Te Deum*”. Leonardo efetuou algumas prisões para desestimular qualquer reação e oficiou a Caxias (Maranhão) o movimento pedindo adesão, mas não esperou a resposta retirando-se para a fazenda Melancias [CHA93].

Entrou em Campo Maior, em 12 de fevereiro, o Capitão cearense Luís Rodrigues Chaves acompanhado do Tenente João Costa Alecrim, que logo foi despachado para guarnecer o porto do Estanhado e fazer recrutamento. Prevendo um encontro com as tropas portuguesas enviou pedido de reforço a Oeiras, que contribuiu com o pouco equipamento que dispunha. A preocupação de Oeiras era em proteger os portos da margem do Parnaíba, esquecendo-se de Fidié que era o inimigo potencial bem armado e treinado para combate. Contudo, Oeiras tinha seus motivos, pois entrara num movimento de independência sem garantias militares mínimas, confiando nas promessas cearenses e baianas. Não perdendo tempo, o Governo abriu o voluntariado e colocou em prontidão as milícias das vilas do centro da província, dadas as informações que o Governo maranhense estaria reforçando os regimentos de Pastos Bons e Itapecuru-mirim, bem como estava aumentando consideravelmente seu potencial militar em Caxias, pois esta detinha da logística necessária ao exército maranhense [PeJC75].

Percebe-se uma verdadeira desorganização do movimento independente, pois se o Governo da província tivesse tomado a frente e dirigido as tropas para Campo Maior e Piracuruca, e deixando de lado a obsessão pelos portos do Parnaíba, talvez tivesse imposto um cerco a Parnaíba forçando o Major português a declinar as armas. Contudo, concedeu tempo suficiente para o mesmo disciplinar e armar suas tropas com o apoio do Maranhão.

No primeiro dia de março, as tropas de Fidié marcham sobre Piracuruca e os batedores (na época, chamados de espias) já haviam prevenido da situação de Piracuruca. A força cearense que naquela localidade encontrava-se, tinha debandado. Contudo, destacou um agrupamento de cavalaria para fazer reconhecimento e que por acaso, encontrou com um grupo de cearenses armados e montados (em retirada) nas proximidades da Lagoa Jacaré, onde se travou um ligeiro combate que resultou na fuga desse agrupamento português. O *Combate do Jacaré* tornou o Major português mais cauteloso e quando entrou em Piracuruca encontrou a vila abandonada. O Governo cearense sabendo do acontecido oficiou a Oeiras o infeliz sucesso, julgando que ocorreria o mesmo em Campo Maior [PeJC75]. Quão enganado estava o Governo do Ceará.

## 2.8 A Mobilização

Dada a circunstância vexatória na qual se encontrava o Cap. Luís Rodrigues, abandonado pelos Governos do Piauí e do Ceará, não se abateu, buscou ajuda no povo campomaiorense e contou com ele na hora decisiva. Em poucos dias conseguiu mobilizar e entusiasmar mais de mil homens de todas as classes sociais. Civis armados de facões, de ferrões, machados e foices que, somados aos quinhentos cearenses que já se encontravam na vila, impuseram mudanças no traçado da história.

Lembrou-se de chamar o Tenente João Costa Alecrim que estava no Estanhado fazendo recrutamento. Ao receberem o comunicado, os soldados de Alecrim juntaram-se aos 80 homens do Alferes Salvador Cardoso de Oliveira rumo a Campo Maior, chegando na madrugada do dia 13 de março. No dia anterior também tinham chegado mais alguns cearenses. Dentro de três dias as fileiras engrossaram, ninguém se recusou a acudir o brado de Rodrigues Chaves. Foi assim que perto de dois mil homens vibrando aglomeraram-se em frente à Igreja de Santo Antônio [PeJC75], como mostrado na Figura 2.



Figura 2: Concentração dos patriotas frente à igreja Santo Antônio.

No amanhecer do dia 13 de março, com a informação que Fidié encontrava-se numa fazenda próxima, e após as tropas terem formado no largo da Igreja, foi dada a ordem da marcha em direção ao Rio Jenipapo, onde pretendiam parar as tropas portuguesas [CHA93], como ilustra a Figura 3.



Figura 3: Marcha rumo ao rio Jenipapo.

Ninguém pensava na possibilidade da morte, mas na sonhada glória do regresso à vila.

## 2.9 Estratégias

A região próxima ao Rio Jenipapo é uma imensa várzea praticamente plana e aberta em que a espécie vegetal mais encontrada é a Carnaúba. Por esse motivo denominamos Campo Maior a *Terra dos Carnaubais*. Era um ano de estiagem, o rio estava praticamente seco, assim o contingente maior encobriram-se com o leito do rio.

A estrada que vinha do norte sofria uma bifurcação, então o Major Português destacou um pelotão para explorar o lado da direita, enquanto descia com o grosso das tropas pelo lado da esquerda [PeJC75], veja a Figura 4.



Figura 4: Bifurcação da estrada.

Quando o pelotão que explorava a direita distanciara-se da tropa, chocou-se com cearenses que faziam patrulhamento. A patrulha ao avistar o pelotão disparou contra os portugueses e os mesmos revidaram, mas resistiram pouco e recuaram. Os patriotas que guardavam o rio, ao ouvirem tiroteio não atenderam mais a nenhum comando, abandonaram

suas posições na intenção de combater os portugueses. Fidié, veterano de guerra, ficou sabendo do ocorrido e rapidamente passou suas tropas para o outro lado do rio, distribuindo linhas de atiradores para recepcionar os independentes [PeJC75].

## 2.10 O Combate

O comando patriota consciente dos fatos percebera que a batalha estaria perdida se não conseguisse reorganizar as tropas com o objetivo de avançar sobre os portugueses em todas as direções, fraccionando o combate num corpo a corpo violento e rápido.

Era 13 de março de 1823, 9 horas da manhã, quando o primeiro ataque foi repellido com graves perdas. Os armamentos portugueses varriam os campos em todas as direções. As investidas eram violentas e se sucediam, com alguns patriotas morrendo à boca de peças de artilharia num desamor pela vida que impressionava os soldados e o Major Fidié [PeJC75].

A Figura 5 traz uma imagem emblemática buscando visualizar esses atos heróicos.



Figura 5: O combate do Jenipapo.

Após cinco horas de combate, naquele sol abrasador, inicia-se a retirada. Nessa altura, tanto os patriotas como os portugueses não dispunham de força suficiente para prosseguirem escrevendo aquela epopéia. A vitória difícil não conseguiu empolgar o comandante português [PeJC75]. Afinal, se até metade do caminho entre Parnaíba e Oeiras passara por tão difícil combate, o que ainda poderia encontrar?

Na retirada, um Regimento Montado de Sobral, do comando do Capitão Alexandre Nereu, atacou o grupo que guarnecia a bagagem tomando-lhe armamentos e munições [PeJC75]. Entretanto, há muita controvérsias acerca do episódio, essa é a abordagem defendida pelo Padre Joaquim Chaves.

## 2.11 Depois do Combate

Com a retirada, o pavor se instala na vila dos carnaubais. A notícia da aproximação de Fidié à vila provocou uma exaltação popular contra os lusitanos levando a morte vários europeus que se encontravam na vila e adjacências.

Antes do cair da noite, as tropas portuguesas ocuparam a fazenda Tombador, a um quilômetro da vila, onde se estabeleceu seu quartel general. Permaneceu em Campo Maior por dois dias enterrando os mortos, tratando dos feridos, reorganizando as fileiras e tomando providências no sentido de reaver a bagagem. Logo abaixo, a Figura 6 compõe parte da descrição [CHA93].



Figura 6: Fazenda Tombador.

Passado os dois dias, e sem reaver a bagagem, Fidié marcha para o Estanhado. Contudo, a luta continuou com aqueles que conseguiram escapar. Adotando agora táticas de guerrilhas para combater as tropas portuguesas. Fustigado pela resistência e já sem suprimentos desviou sua marcha para Caxias, onde se aquartelou e foi cercado por piauienses e cearenses que o forçaram a se render [ROD01].

Com essa seção concluímos o capítulo Fundamentação Histórica, que teve como finalidade esclarecer sobre o evento Batalha do Jenipapo e construir o texto que está disponível no *site* objeto dessa dissertação, bem como fornecer subsídios para a definição do escopo histórico da modelagem em VRML do evento em questão. Em cumprimento dessa última premissa, esclarecemos que a modelagem abarcará a dinâmica do evento a partir da bifurcação da estrada que conduzia a Campo Maior, passando pelo primeiro encontro ocorrido na estrada da direita indo até o segundo encontro das forças na estrada da esquerda, às margens do Rio Jenipapo.



## Capítulo 3: Antecedentes

### 3.1 Trabalhos Co-relacionados

Podemos encontrar alguns trabalhos produzidos que tenham uma co-relação com nossa proposta e que resumidamente serão apresentados.

#### 3.1.1 Técnicas de Otimização e Realismo em Aplicações de Realidade Virtual.

**Autores:** Juliano Ipolito e Cláudio Kirner

**Descrição:** Este artigo apresenta um estudo e implementação de técnicas que podem ser utilizados no desenvolvimento de aplicações de Realidade Virtual que usem VRML. As sugestões de técnicas objetivam a simplificação de objetos tridimensionais complexos sem que estes objetos percam seu grau de realismo, possibilitando menor tráfego na rede [JIC97].

#### 3.1.2 Avaliação Comparativa de Tecnologias de Suporte à VRML.

**Autores:** Alejandro Frery, Judith Kelmer, Gustavo Eliano, Claurton Siebra, Danielle Silva, Verônica Teichrieb.

**Descrição:** Este artigo objetiva mostrar uma avaliação comparativa de algumas das ferramentas mais populares usadas para Realidade Virtual, a fim de classificar sua real aplicabilidade no estado de desenvolvimento de aplicações de RV, bem como mostrar algumas tecnologias emergentes na criação de mundos tridimensionais [FKE99].

#### 3.1.3 VRML na Cartografia: Possibilitando Aplicações Militares.

**Autores:** Maurício Capra, Antônio Freire.

**Descrição:** O trabalho trata do monitoramento de tropas motorizadas e controle de frotas em tempo real, utilizando Virtual Reality Modeling Language (VRML) para visualização das CENT (Carta Eletrônica de Navegação Terrestre) de maneira tridimensional [MCA99a].

#### 3.1.4 Aplicações de Ambientes Virtuais na Área de História e seus Desdobramentos: Propondo o NEXUS.

**Autores:** Roberto J. Rodrigues

**Descrição:** O propósito desse trabalho está na restauração de artefatos históricos em ambientes virtuais, com ênfase no produto NEXUS, voltado para a construção de museus, para que sejam disponíveis através da Internet, permitindo o acesso a informações de maneira mais fácil [RJR99].

### **3.1.5 Modelagem Digital de Terrenos com GPS.**

**Autores:** Alexandre Benevento Marques e Antonio Carlos Freire Sampaio.

**Descrição:** Apresenta uma metodologia de levantamento de campo com receptores GPS, objetivando obtenção de dados para a geração de um modelo Digital de Terreno (MDT). O objeto de pesquisa foi um cemitério indígena considerado de grande valor arqueológico, sendo hoje preservado pela prefeitura de Niterói [AMA99].

### **3.1.6 VRML na Cartografia: Estudo de caso de Compatibilização de Arquivos.**

**Autores:** Maurício Capra e Antônio Carlos Freire Sampaio

**Descrição:** Esse artigo avalia a compatibilidade de diferentes formatos de arquivos MDT. Para tanto, comparou os arquivos do software *Surfer* com VRML, e implementou um conversor de formato que faz, justamente, esta função de compatibilização: converter o arquivo *Surfer* para VRML e vice-versa [MCA99b].

### **3.1.7 Geração de Modelo Virtual de Terreno usando VRML.**

**Autores:** Wellington Pinheiros dos Santos, Ana Lúcia Bezerra Candeias, Bruno Carneiro da Silva, André Soares Florêncio Miranda.

**Descrição:** Objetiva gerar o modelo tridimensional das curvas de nível em VRML a partir do arquivo DXF. Para isso, foi desenvolvido um software em DELPHI que permitisse a geração de modelos topográficos na linguagem VRML, facilitando o desenvolvimento e a distribuição via Web de projetos geomorfológicos, geoambientais, dentre outros [WAB99].

## **3.2 Webpages de Divulgação Histórica**

A seguir, faremos uma análise dos conteúdos e da estrutura de *webpages* de alguns dos episódios históricos descritos na historiografia brasileira, pois em linhas gerais, são bastantes assemelhados.

### **3.2.1 Análise do Conteúdo**

#### **3.2.1.a Inconfidência Mineira [INM01]**

Episódio ocorrido em Minas Gerais, que objetivava promover a Independência Global do Brasil, e não a república de Minas Gerais, como ocorreu em outros eventos. Para levar avante a Inconfidência Mineira não houve uma única reunião formal preparada para decidir o levante, houve sim uma série de reuniões realizadas em Vila Rica, em que em nenhuma delas reuniu a totalidade dos líderes. Após a traição de Joaquim Silvério dos Reis, que denunciou o levante, houve a prisão e julgamento dos inconfidentes, que resultou em morte para alguns.

Esta página apresenta informações sobre a origem de Minas Gerais, sobre a sociedade mineira da época, faz uma descrição sobre o movimento inconfidente, bem como dos principais agentes históricos envolvidos. Traz ainda, um texto que relaciona o movimento Iluminista com a Inconfidência Mineira. Entretanto, não atenderia os anseios de um usuário que estivesse interessado em informações mais objetivas dos fatos em questão, pois não oferece um resumo dos acontecimentos que se julgam mais convenientes — tais como: a causa, a traição, os personagens etc. A fim de fornecer os aportes teóricos necessários a uma compreensão objetiva do evento.

### **3.2.1.b Inconfidência Baiana [BAI01b]**

Os mesmos ideais de república, liberdade e igualdade que estiveram presentes na Inconfidência Mineira, agitavam a Bahia. Esse movimento, também chamado de Revolta dos Alfaiates, foi uma conspiração de caráter emancipacionista, articulada por pequenos comerciantes e artesãos, destacando-se os alfaiates, além de soldados, religiosos, intelectuais e setores populares. A Conjuração Baiana, mais ampla em sua composição social, apresenta o componente popular que irá direcioná-la para uma proposta também mais ampla, incluindo a abolição da escravatura. Eis aí a singularidade da Conjuração Baiana, que também é pioneira, por apresentar pela primeira vez em nossa história elementos das camadas populares articulados para conquista de uma república abolicionista [BAI01a].

Neste endereço não existe um interesse particular pela Conjuração Baiana, mas por vários componentes da história brasileira do período monárquico. Por se tratar de um projeto maior — afinal envolve vários elementos historiográficos — e tentando evitar a prolixidade, os textos mostram objetividade e concisão. Contudo foi uma decisão que pode ter provocado uma perda da historicidade, a ponto de não deixar claro a dinâmica dos acontecimentos que deseja divulgar.

### **3.2.1.c Batalha do Jenipapo [DIA01]**

Torna-se desnecessário fornecer neste momento uma síntese do movimento, como fora feito nos itens acima, considerando que já foi fornecida uma sinopse histórica da batalha. Nesta página não se encontra recursos sofisticados utilizados na criação da *webpage*, mas textos e cópias de dissertações que viraram livros sobre a história do Piauí. Das páginas visitadas sobre a Batalha do Jenipapo, essa é a que disponibiliza as informações mais contextualizadas, embora tenhamos que se baixar os arquivos para obter as informações mais substanciais sobre o evento.

### **3.2.1.d Batalha dos Guararapes [PAZ02]**

Aqui não temos a descrição de um evento histórico, mas de um conjunto de elementos da historiografia pernambucana. São eles: Alemães em Pernambuco, Insurreição Pernambucana, Batalha das Tabocas, Invasões Holandesas, Batalha dos Guararapes, Jagunço, Cabanada, Judeus em Pernambuco, Cangaceiros, Quilombo, Colônia Suassuna, Quilombo dos Palmares, Comarca do São Francisco, Revolta Pernambucana de 1817, Confederação do Equador, Revolta Praieira, Greve do Cabo, Setembrizada e Guerra dos Mascates.

Essa página é parte de um objetivo maior que é divulgar Pernambuco. Nele constam informações sobre Arte e Cultura, Biografias, Comércio e Indústria, Ecologia, Educação, Escândalos e Crimes, Esportes, Fenômenos Naturais, História, dentre outros. Historicamente, está voltado para um público que esteja atrás de informações básicas, sem muito aprofundamento, onde se pode encontrar informações sobre a Batalha dos Guararapes. Batalhas que determinaram o fim do domínio holandês no Nordeste brasileiro, travadas no Monte Guararapes, localizado ao sul de Recife-PE, no povoado de Prazeres, atualmente um bairro do município de Jaboatão dos Guararapes, na Região Metropolitana do Recife. Para cada evento proposto, trás informações sucintas e esclarecedoras sobre o local de ocorrência, tempo dos acontecimentos e o relato dos fatos que caracterizaram os eventos históricos ressaltados.

### **3.2.1.e Balaiada [ASS02]**

Esta *webpage* não tem interesse específico num evento histórico, mas motiva-se na comemoração dos 500 anos de descoberta do Brasil. No mapa do *site*, podemos encontrar uma relação de tópicos divididos por períodos da historiografia brasileira, donde vamos ressaltar a Balaiada.

A Balaiada é tida como um movimento popular de revolta importante, que explodiu na província do Maranhão, entre os anos de 1838 a 1841. Nessa época, a economia agrária do Maranhão atravessava grande crise e quem mais sofria era a população pobre, ou seja, a multidão formada por escravos, sertanejos e vaqueiros. Esse descontentamento culminou com a revolta que passou a ser conhecida como Balaiada e teve como principais líderes populares: Manuel Francisco dos Anjos Ferreira (fazedor de balaaios, donde surgiu o nome balaiada); Cosme Bento das Chagas (chefe de um quilombo que reunia aproximadamente três mil negros fugitivos); Raimundo Gomes (vaqueiro).

## 3.2.2 Análise da Estrutura

### 3.2.2.a Inconfidência Mineira [INM01]

Encontramos inicialmente o título acompanhado da bandeira prototipada pelos inconfidentes, a qual abre um *link* (âncora) para a página das opções de conteúdo. O universo das escolhas disponíveis, apesar de serem poucas, contempla os fatos históricos mais relevantes. As imagens digitalizadas associadas aos textos, no geral são boas, mas algumas são muito pequenas e outras com um tratamento digital mal feito. É uma estrutura comum em *sites* encontrados na internet, não houve uma preocupação de apresentar as informações utilizando uma estrutura mais didática, a fim de prover maiores facilidades ao usuário.

### 3.2.2.b Inconfidência Baiana [BAI01b]

O *design* dessa *home page* está sincronizada com o período da baianada, uma vez que dispõe de imagens de fundo que lembram o período colonial, que é o seu objeto de divulgação, como podemos ver na Figura 7. Percolam os textos vários *hyperlinks* de esclarecimentos de termos que são pontes preciosas para o entendimento da dinâmica do período citado, mas deixa lacunas na historicidade da Conjuração Baiana na medida em que se excede na síntese dos fatos. O trabalho de digitalização das imagens é muito bom, pois tenta manter a homogeneidade nos tamanhos das imagens e sua visualização no navegador é bem nítida. Vale ressaltar, que o excesso de *hyperlinks* colocados pode proporcionar ao usuário a perda da cronologia histórica, uma vez que sua curiosidade pode levá-lo a esquecer os objetos de sua pesquisa e tornar esses momentos de aprendizado a meros clicar de mouse.

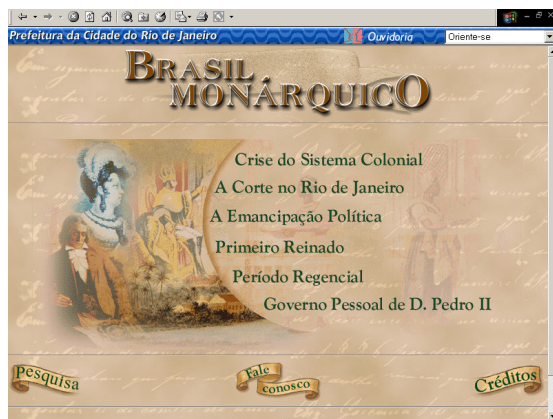


Figura 7: Exemplo de iconografia empregada no site “Inconfidência Baiana”.

### 3.2.2.c Batalha do Jenipapo [DIA01]

“Simplicidade” pode ser a denominação que podemos fornecer a essa página. Simples no sentido de não apresentar um apelo visual consistente, pois embora disponha de um texto

crítico, sua visualização no navegador ficou comprometida pela opção utilizada na formatação da fonte em função da textura utilizada como fundo. Não dispõe de gravuras associadas aos textos que permitam ao usuário a construção imaginária a que se refere o texto, embora será também uma das dificuldades a serem superadas nesta proposta de trabalho, uma vez que o tempo histórico aqui referenciado data de 1823.

### 3.2.2.d Batalha dos Guararapes [PAZ02]

A parte sobre história, apresenta duas formas de acesso: através da página principal de Pernambuco de A/Z ou através do link da referência dessa seção. Tem um *layout* simples, no qual apresenta uma página principal contendo todos os *links* para os eventos históricos mencionados e as páginas referenciadas contêm apenas a opção de voltar.

### 3.2.2.e Balaiada [ASS02]

A página principal junta a idéia do grupo de trabalho (B5) com o objetivo de divulgar o projeto Brasil 500 Anos, como ilustra a Figura 8. As opções históricas são acessadas a partir de uma lista de *hyperlinks* que levam aos conteúdos históricos que retratam o evento. Contudo esqueceram de colocar nas páginas dos eventos historiados, um link para retornar a lista de opções. Não houve uma preocupação de ilustrar os fatos históricos descritos, pois a maior parte das descrições não traz imagens que auxiliem a contextualização no tempo histórico.

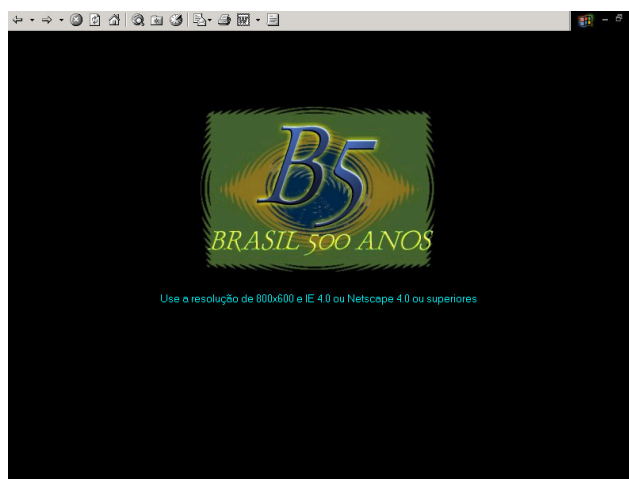


Figura 8: Exemplo de iconografia empregada no *site* “Balaiada”.

Com essa seção, finalizamos o capítulo referente à descrição dos trabalhos correlacionados a nossa proposta dissertativa e a análise de *webpages* de divulgação histórica, norteadores da execução dos nossos objetivos. A seguir, teremos o estado da arte das tecnologias de suporte a construção da modelagem sintética da Batalha do Jenipapo, a ser disponibilizada na *web*.

## Capítulo 4: Tecnologias

Este capítulo visa fazer um epítome das principais tecnologias que foram usadas para o desenvolvimento desse trabalho. São elas os sistemas de posicionamento global (GPS – *Global Positioning Systems*) e a linguagem de modelagem de mundos virtuais (VRML – *Virtual Reality Modelling Language*).

### 4.1 GPS (Global Positioning System)

Desde o surgimento dos micro-sistemas de computação a análise de dados espaciais sofreu profundas modificações. O advento desses equipamentos possibilitou o uso generalizado de sistemas computacionais nas áreas de desenho, consulta, armazenamento e compartilhamento de dados, que há alguns anos atrás só eram tratados manualmente. A mudança é sem precedentes em se tratando da coleta de dados de campo, pois evoluiu dos pesados teodolitos para receptores de dados espaciais que cabem na palma mão.

A geração CAD (*Computer Aided Design*) surge com outras ferramentas necessárias às áreas de desenho, armazenamento e análise de dados espaciais forçando uma reavaliação dos conceitos de precisão, confiabilidade, rapidez e apresentação. As ferramentas atualmente disponíveis no mercado permitem desenvolver projetos com uma riqueza de detalhes que impressiona quando comparada com os resultados obtidos pelos métodos manuais tradicionais.

No campo da digitalização óptica de documentos cartográficos, do sensoriamento remoto e dos bancos de dados georeferenciados, dentre outras aplicações, são os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs ou GIS — *Geographical Information System*) os que mais destaque têm.

Quando o assunto é coleta de dados de campo, as cadernetas de campo preenchidas manualmente com dados de instrumentos ópticos e mecânicos, hoje quase restritos a aplicações da construção civil, podem ser substituídas pela tecnologia GPS (*Global Positioning System*).

A tudo isso está associado uma gama de softwares dando o complemento necessário a essas tecnologias.

Pelo fato dos sistemas GPS terem sido escolhido para a coleta de dados espaciais deste trabalho, com o intuito de averiguar sua usabilidade na criação de cenários sintéticos voltados para a *web*, eles serão descritos a seguir.

### 4.1.1 Os Sistemas GPS

O projeto GPS nasce com o objetivo de superar a tecnologia existente e oferecer ao DoD (*Department of Defense* - Departamento de Defesa Americano) uma tecnologia de cobertura global de geoposicionamento que até 1973 não existia. Assim, um grupo de pesquisadores recebeu a missão do DoD de estabelecer, desenvolver, testar, adquirir e empregar um sistema de posicionamento espacial para aplicações militares capaz de gerar uma grade de coordenadas para mísseis balísticos, com o intuito de prover tecnologia para o projeto Guerra nas Estrelas. Em 1978 foram lançados os primeiros satélites NAVSTAR (*Navigation System With Timing and Ranging*), dando origem ao GPS como é conhecido atualmente [BER95].

Esse grupo de pesquisa estava subordinado à Divisão de Sistemas Espaciais da USAF (*United States Air Force*), encontrou o suporte que precisava na tecnologia de sinais da banda L (micro-ondas na faixa de frequências de 1 a 3 GHz e, portanto, de comprimento de 23 cm) desenvolvido pelo MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), que em conjunto com o Departamento de Ciências Planetárias e Terrestres haviam utilizado técnicas de interferometria para rastrear o módulo lunar da Apollo 16, usando o método geodésico conhecido por VLBI (*Very Large Baseline Interferometry*).

O sistema GPS como atualmente conhecido é o resultado dos trabalhos desenvolvidos sobre sinais da banda L. Este sistema possibilita o uso de uma onda portadora da banda L para cálculos da posição do usuário sobre a superfície terrestre por trilateração espacial [BER95].

Entretanto, o sistema estava totalmente voltado para aplicações militares. Contudo, devido ao custo pago pela sociedade americana, dentre outras excelentes aplicações possível constatadas pelo MIT e somada a disposição do Congresso Americano em abrir o sistema, na metade da década de 80, o presidente norte-americano pressionou o Pentágono a compartilhar os recursos dessa tecnologia com a comunidade civil, inclusive de outros países.

### 4.1.2 Princípios Básicos

A administração do sistema continua na jurisdição do DoD, que organizou o sistema em três segmentos: Espacial, de Controle e de Usuário.

O **Segmento Espacial** caracteriza-se pelos seus satélites e sinais de comunicação, que provêm cobertura de todo o globo terrestre, incluindo os pólos, de modo a se ter um mínimo de quatro satélites visíveis simultaneamente 24 horas por dia. Como foi concebido no projeto inicial, existem três satélites de reserva orbitando o planeta.



Os satélites circundam a terra em órbitas elípticas (com pequena excentricidade) inclinadas de  $55^\circ$  em relação ao equador. Os satélites estão distribuídos em seis planos orbitais com intervalos de  $60^\circ$  de longitude. Os satélites não são geoestacionários e possuem um período orbital de 12 horas siderais (ver [BER95] e [MOR01]), e a Figura 9 ilustra esta configuração.

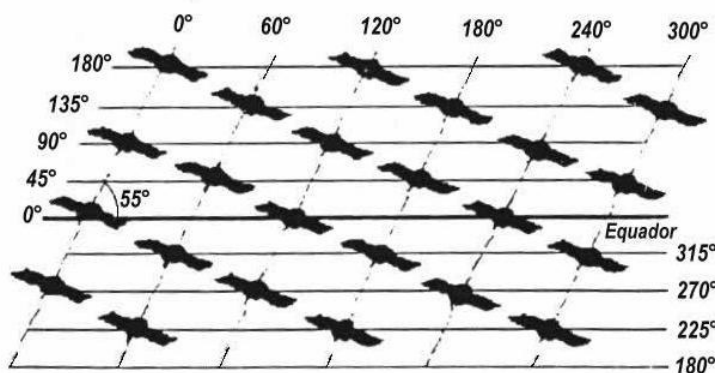


Figura 9: Constelação GPS [BER95].

Por uma necessidade de gerenciamento, os satélites deveriam possuir um sistema de identificação. Existem vários sistemas de identificação: número sequencial de lançamento, número de posição orbital, número de catálogo da NASA, código PRN (*Pseudo-Random Noise*) e designação internacional. Dentre eles, os fabricantes de receptores optaram pelo Código PRN que varia de 1 a 32 [MOR01].

O **Segmento de Controle** é o componente operacional do NAVSTAR. Ele é responsável pelo monitoramento, correções e avaliação de todo o sistema, compreendendo uma estação de controle mestra, estações de monitoramento mundial e estações de controle de campo [MOR01].

A Estação Mestra monitora os satélites que passam pelos Estados Unidos da América, reúne os dados das estações de monitoramento e de campo, processando e gerando os dados que serão transmitidos aos satélites.

No Atlântico Sul, no Oceano Índico, no Pacífico e em dois Estados norte-americanos encontram-se as Estações de Monitoramento dotadas de receptores precisos que rastreiam continuamente os satélites NAVSTAR, calculando e enviando aos satélites a correção dos erros promovidos por fenômenos atmosféricos (ver Figura 10). Esses dados são retransmitidos para todos os receptores do mundo [DAN01].



Figura 10: Localização das Cinco Estações de Monitoramento [DAN01].

A rede de Estações de Campo, que são antenas de rastreamento dos satélites, tem como finalidade à sincronização dos relógios com o tempo da Estação Mestre.

O **Segmento de Usuário** compreende o conjunto de usuários do sistema, os diversos tipos de receptores e os métodos de posicionamento por eles utilizados.

É importante ressaltar que o sistema fornece dois serviços de posicionamento em tempo real: o **SPS** (*Standard Positioning Service*), que utiliza o código **C/A** (*Coarse/Acquisition*); e **PPS** (*Precise Positioning Service*), que utiliza o código **P** (*Precise*) – quando encriptado transforma-se em código **Y**. Esses códigos são conhecidos como códigos pseudo-randômicos e são eles que permitem o DoD controlar o acesso ao sistema. O código C/A é um dos que todos os receptores civis usam e é menos preciso. O código P foi projetado para ser o mais preciso, além de poder ser criptografado, tornando-o quase impossível de ser alterado ou lido sem autorização; ele destina-se especificamente para uso militar. Um outro aspecto preponderante para receptores civis é o código **S/A** (*Selective Availability*), que é um método artificial de criar um erro no relógio dos satélites e quando implementado é a maior fonte de erros nos sistemas de GPS [HUN01].

A seguir serão enumeradas algumas características fundamentais do grupo de usuários civis que fazem o uso do serviço SPS.

1. Usuários que empregam receptores isolados;
2. A precisão oferecida está entre 30 metros (S/A desligado) e 100 metros (S/A ativo);
3. Os receptores são leves e portáteis;
4. Os receptores oferecem funções de navegação implícitas;
5. Os equipamentos possuem memória limitada para o armazenamento de pontos de percurso.

As aplicações técnicas de topografia exigem maior precisão do que a oferecida aos receptores civis. Para tanto, faz-se necessária à aplicação do DGPS (GPS Diferencial), que é a

implementação que a indústria fez em resposta a essa demanda por precisão exigida por usuários civis. Com esse processo, o GPS pode alcançar precisões em medidas menores que um metro, apesar de não estarem usando o código P.

No caso brasileiro, os sinais de correção diferencial de cada satélite são transmitidos por várias estações radiofaróis na costa brasileira. Isto é feito calculando a distância da estação a um determinado satélite do sistema GPS e depois medindo, através de um GPS padrão, a distância naquele momento. A estação compara o valor calculado e o valor medido, e determina a diferença. Essa diferença, que é aumentada pela S/A, é obtida para cada satélite e transmitida para os receptores DGPS nas áreas de cobertura das estações radiofaróis [HUN01]. Este mecanismo é ilustrado na Figura 11.

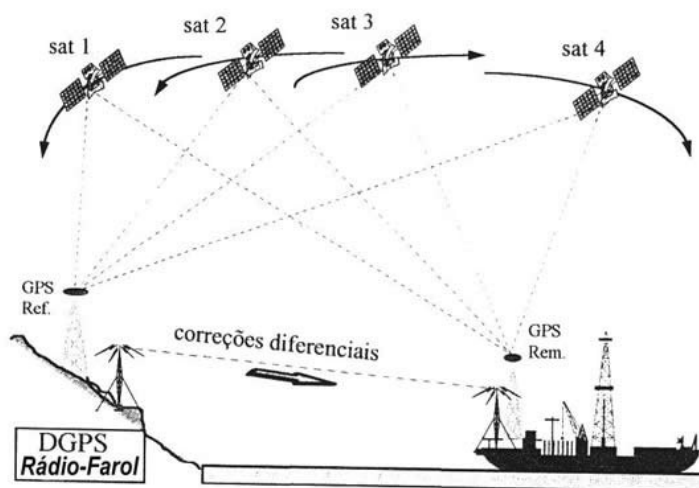


Figura 11: Visão da Correção Diferencial [PES98].

No nordeste brasileiro temos quatro estações instaladas: em São Marcos (MA), Calcanhar (RN), Aracaju (SE) e Abrolhos (BA) [DAN01].

#### 4.1.3 Posicionamento Geográfico

A geometria em que se enquadra a forma terrestre é o primeiro aspecto a se considerar quando da compreensão dos elementos envolvidos na determinação de uma posição geográfica. A terra não é um corpo esférico e rígido, mas podemos aproximá-la por uma elipsóide de revolução cujo eixo menor é a linha que liga os dois pólos instantâneos CIO (*Conventional International Origin*), e o eixo maior é definido como o diâmetro terrestre medido no plano do equador [BER95], tal como ilustrado na Figura 12.

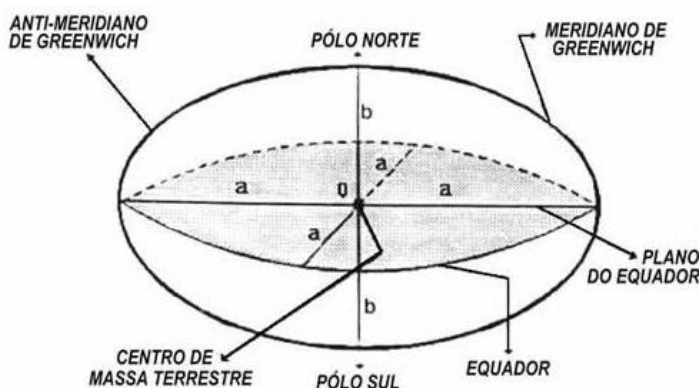


Figura 12: Forma elipsóide de aproximação da Terra [BER95].

Com o aperfeiçoamento do instrumental geodésico, as elipsóides tornam-se cada vez mais precisas, entretanto as particularidades físicas de cada região dificultam uma maior precisão por parte da UGGI (*União Geodésica e Geofísica Internacional*). Por esta razão definem-se elipsóides globais (representando a Terra como um todo) e elipsóides locais (atendendo especificidades continentais ou de partes da terra), como ilustra a Figura 13.

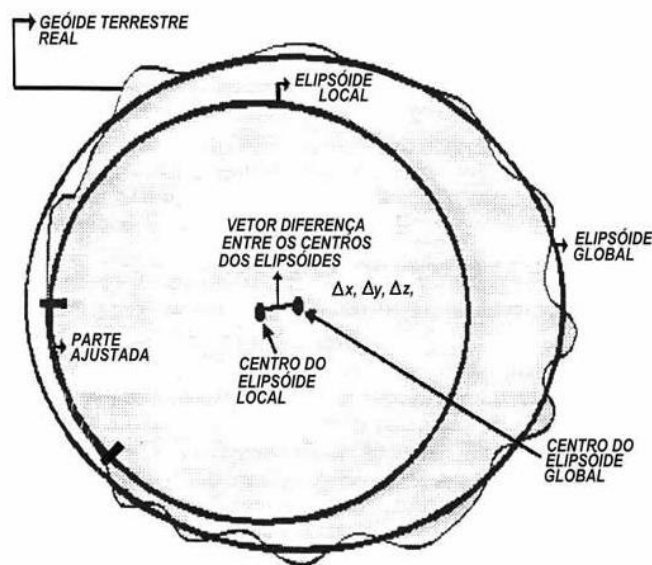


Figura 13: Ajustamento das Elipsóides [BER95].

A elipsóide local para a América do Sul é o UGGI-67 que tem como ponto de amarração o vértice Chuá em Minas Gerais.

Na Cartografia referencia-se um sistema de coordenadas terrestres a uma determinada elipsóide originando o conceito de *datum* horizontal, excetuando-se as coordenadas astronômicas. Dado que diferenciamos a existência de elipsóides globais e locais, teremos a sub-divisão de dois tipos de *data*: **globais**, quando a elipsóide for global e não tiver ponto de

amarração sobre a superfície terrestre que não os definidores do sistema, e **locais**, quando a elipsóide for local. Essas coordenadas podem ser cartesianas, geográficas ou planas, quando se utiliza um sistema de projeção, como é o caso do UTM (*Universal Transverso de Mercator*) [BER95].

Para a determinação das coordenadas de um ponto desejado, o sistema emprega o princípio da triangulação, segundo o qual o observador conhece a posição de um conjunto de satélites em relação a um referencial inercial e a sua posição em relação a este conjunto. Com estas informações, o usuário obtém sua própria posição no sistema de referência. A Figura 14 ilustra a triangulação para um satélite [MOR01].

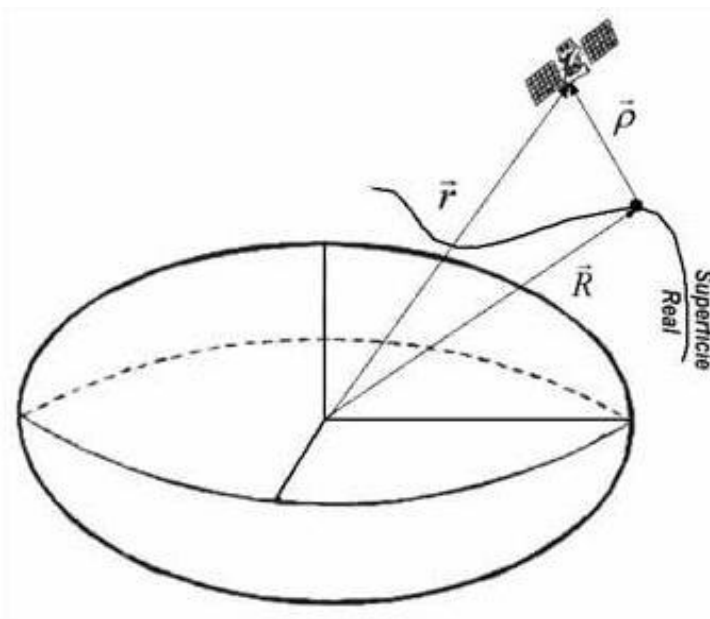


Figura 14: Ilustração da determinação de uma posição através de triangulação.

Se o usuário precisa que o sistema realize medições em 3-D, faz-se necessário que se tenha no mínimo quatro satélites sobre o horizonte do receptor, e que esse receptor tenha também no mínimo quatro canais para recepção simultânea.

#### 4.1.4 Altimetria e UTM (Universal Transverso de Mercator)

Falou-se muito de elipsóide, mas será que sabemos onde passa exatamente a superfície da elipsóide?

É muito difícil definir com exatidão a localização da elipsóide terrestre, por esse motivo adota-se uma referência mais fácil de ser percebida: o nível médio dos mares, que tecnicamente chamamos de **Geóide**.

A característica fundamental do geóide é constituir-se numa superfície equipotencial e, portanto, possuir a mesma aceleração gravitacional em todos os pontos de sua superfície.

Contudo, o nível médio dos mares não é um fator constante e, dessa forma, faz-se necessário à definição de um ponto fixo para o estabelecimento do marco inicial. No Brasil adotou-se a cidade de Imbituba (SC) para o monitoramento dos mares, com a finalidade de permitir a criação do referencial altimétrico brasileiro [BER95].

A representação altimétrica de um ponto pode ser representada de duas maneiras:

- através da **Altitude Elipsoidal ( $h$ )**, referenciada a elipsóide do *Datum* Horizontal escolhido, que fornece uma medição diferente para cada *datum* horizontal escolhido;
- através da **Altitude Ortométrica ( $H$ )**, referenciada ao geóide medido em Imbituba (SC), que fornece uma medição única seja qual for o *datum* escolhido. A diferença entre essas altitudes é chamada de **Ondulação Geoidal ( $N$ )** [BER95]. A altitude ortométrica também é conhecida como altitude geoidal, definida em relação ao nível médio dos mares e usada para caracterizar as referências de nível do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). A Figura 15 ilustra esses conceitos.

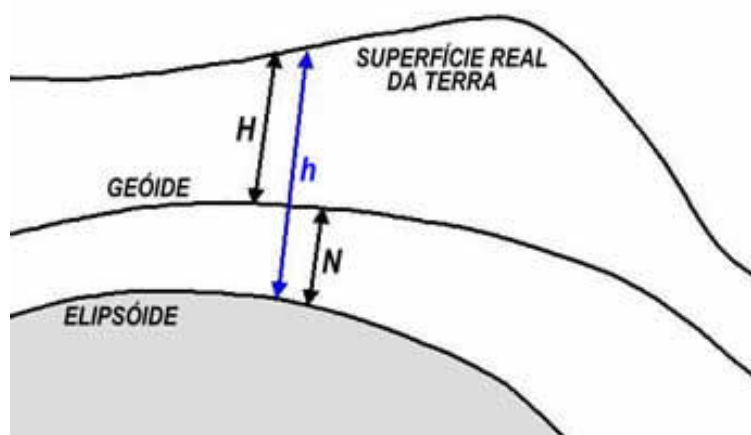


Figura 15: Referências Altimétricas.

Em geral os receptores GPS fornecem coordenadas elipsoidais em que a altitude  $h$  calculada para os receptores GPS é feita com base no *datum* horizontal escolhido no próprio receptor. Em virtude da altitude ortométrica ser invariante, seria aconselhado o uso dessa medida. A saída é optar no rastreador para altitudes MSL (Mean Sea Level — Nível Médio dos Mares) que calcula a ondulação geoidal para as coordenadas, permitindo o rastreador transformar altitudes elipsoidais, em ortométricas. Entretanto, o MSL utiliza o princípio da interpolação para o cálculo de  $N$ , que traz um certo grau de imprecisão, comprometendo a

precisão final alcançada em termos de altimetria. Contudo, o método diferencial apresenta-se como uma boa solução para aliviar a degradação altimétrica [BER95].

Se precisamos determinar as coordenadas tridimensionais de um ponto, temos que identificarmos as três grandezas que definem sua localização: Altitude, Latitude e Longitude. Em relação à primeira, a altitude, dispõe-se do arrazoado acima. Falta definir as outras grandezas e para isso escolhemos o sistema de coordenadas UTM.

A grande utilidade da grade UTM está na facilidade e precisão que ela oferece para realizar leituras cartográficas com muitos detalhes. O Sistema de Projeção UTM divide a Terra em 60 zonas de 6° de largura e, em seguida, planifica essas zonas e projeta as coordenadas geográficas em um cilindro transversal, forçando a perda da característica esférica. As Zonas Longitudinais são cotadas de seis em seis graus a partir do antimeridiano de Greenwich para Leste, e as Latitudes são divididas de oito em oito graus, a partir do equador, para o Norte e para o Sul, sendo a última subdivisão de 12°. A linha que divide uma zona em duas metades é chamada de Zona Meridiana [GOR01].

A grade UTM é a melhor opção para quem vai trabalhar com modelagem sintética em VRML, pois suas coordenadas são fornecidas pelo sistema métrico. Contudo, se a região a ser mapeada com GPS possui mais de uma zona UTM, deve-se optar por trabalhar num sistema geográfico para que não haja erros por parte do usuário, no cálculo de ângulos e distâncias em função de coordenadas métricas, uma vez que o usuário esteja interessado nessa métrica angular [BER95].

#### **4.1.5 Receptores**

Receptores são verdadeiros computadores que dispõem de sistemas de referências, sistemas de medidas, sistemas de coordenadas, possibilidade de armazenamento de dados e troca de dados, dentre outras funcionalidades. A interação entre receptor e usuário é feita por meio de algumas teclas e de um visor de cristal líquido. Alguns modelos são ricos em mapas detalhados em suas memórias.

Como características principais podemos citar [GOR01]:

- o armazenamento de pontos na memória, através de coordenadas lidas em uma carta;
- a estruturação de rotas;
- a gravação do caminho percorrido, a fim de disponibilizar o traçado de volta ao ponto da partida;

- nos países onde há mapas digitalizados, os receptores oferecem serviços de informações, dentre outros.

Esses aparelhos possuem uma classificação quanto ao Número de Canais, quanto ao Tipo de Canais, quanto ao Tipo de Sinal Observado e quanto ao Método de Geoposicionamento.

Quanto ao **Número de Canais** podem ser de Monocanais, quando possuem apenas um canal que se move de um satélite a outro, e Multicanais, quando se tem um número de canais maior que um, aumentando a capacidade de rastreamento.

Quanto ao **Tipo de Canais**, são subdivididos em Sequenciais, onde cada canal rastreia um único satélite por vez, e Multiplexados, análogos aos sequenciais, exceto pela velocidade com que mudam de satélite.

Tratando-se da classificação por **Tipo de Código**, iremos nos balizar na informação de que está relacionada aos códigos de comunicação entre o satélite e o receptor, aos quais já fizemos referência a alguns (C/A, S/A, P e modo DGPS).

Para finalizar a classificação, o **Método de Geoposicionamento** está dividido em Absoluto, Diferencial e Relativo ou Interferométrico. Não discorreremos sobre essa classificação, por envolver uma fundamentação matemática que foge aos objetivos desse trabalho [BER95].

No presente momento, a precisão de todos os receptores GPS comerciais pode variar de 15 a 100 metros, dependendo do nível de degradação imposto pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América.

Finalizamos esta secção certos de que fornecemos o referencial teórico necessário ao entendimento da configuração recomendada para o receptor a ser descrito na secção 5.1 (página 78 deste documento). Esse receptor é usado neste trabalho para a coleta dos dados necessários a modelagem do terreno em VRML.

Ressaltamos que a proposta dessa dissertação não aspira a gerar um produto de qualidade cartográfica, mesmo que a mesma esteja propondo o uso de algumas ferramentas que, em geral, são mais utilizadas nessa área de conhecimento. Sendo assim, desaconselhamos o uso da retórica aqui apresentada para trabalhos que exijam a acuidade metodológica da área cartográfica.



## 4.2 VRML (*Virtual Reality Modeling Language*)

A rede mundial de computadores que conecta Universidades, Empresas, Residências, Governos etc. é uma poderosa ferramenta de comunicação. Esta ferramenta nos últimos anos popularizou preponderantemente o recurso hipertexto, provendo uma forma de acesso e recuperação de informações através de *links* direcionados a documentos, textos e imagens, dentre outras opções.

A variedade de aplicações oferecidas pela Internet cresce a cada dia, sendo que as mais comuns são os navegadores, que interpretam as linguagens de que são feitas as *webpages*, permitindo ao cliente *web* ter acesso às informações disponibilizadas. HTML (*HyperText Markup Language*) é o código de marcação mais utilizado e que apresenta maior integração com outras codificações existentes no meio eletrônico.

Até alguns anos atrás, a *web* estava restrita a visualizações estáticas em duas dimensões, contudo as pesquisas voltadas para aplicações em rede buscaram também implementar mudanças nas interfaces, nas interações e na visualização das informações, tais como sons, vídeos e animações. Uma das mudanças de maior porte neste sentido é o advento de VRML.

A linguagem VRML permite descrever mundos tridimensionais de forma rápida e orientada a *web*. Esta linguagem é escrita em ASCII, e permite compactação para agilizar a sua descarga. Além da descrição de objetos tridimensionais, ela oferece recursos de multimídia e interações avançadas. Esta linguagem será descrita com mais detalhes nas seções seguintes.

Para visualizar arquivos VRML, é necessário uma aplicação *helper* ou um *plug-in*. Um *helper* consiste em um programa que entende o conteúdo e o formato de aplicações ao qual o navegador não foi preparado para interpretar, e um *plug-in*, por sua vez, é um programa que permite visualizar informações que não sejam HTML dentro da janela do navegador. De uma forma ou de outra, as duas opções estendem as funcionalidades dos navegadores, pois permitem que os navegadores realizem operações para as quais não foram projetados. A principal diferença entre *plug-ins* e *helpers*, é que os *plug-ins* podem exibir ou usar os arquivos com que eles trabalham diretamente com o navegador, enquanto os *helpers* agem como se fosse uma extensão do navegador [PAN02].

Na própria rede podemos encontrar vários *plug-ins* para arquivos VRML, sendo os mais comuns o *VRML Viewer* (da *Microsoft*), o *Cortona* (da *ParallelGraphics*), o *CosmoPlayer* (da *Silicon Graphics*), o *World View* (da *Intervista*), o *Community Place* (da

*Sony*), o *Wirl* (da *VREAM*) e o *Liquid Reality* (da *Dimension X*). Como exemplo de *helper*, podemos citar o *Voyager*, da *Virtus* e o *VR Scout*, da *Chaco* que trabalha com *Netscape Navigator* ou *Internet Explorer*. Não obstante, a maioria dos *helpers* possui uma versão que funciona como *plug-ing*, como é o caso dos citados [W3D02].

É importante frisar que nem todo visualizador de VRML, seja qual for a tecnologia empregada, necessariamente implementa todas as funcionalidades que a linguagem oferece teoricamente. Assim sendo, é importante validar os desenvolvimentos em pelo menos dois visualizadores mais disseminados de forma a garantir a sua adequada utilização.

Para validar nossa modelagem em VRML, utilizamos para os testes de visualização durante a implementação os dois primeiros *plug-ins* citados inicialmente, o *VRML Viewer* e o *Cortona*. Todos os teste referenciados neste trabalho, inclusive o desenvolvimento da modelagem, foram realizados em uma plataforma pessoal com as seguintes características: Processador Pentium de 1GHz; 250Mb de memória RAM; Sistema Operacional Windows 2000 Profissional; e tendo como navegador padrão o Internet Explorer 5, distribuído com o Sistema Operacional e licenciado para o CEFET-PI/UNED-Florianópolis. Contudo, chegamos a verificar o comportamento da modelagem em duas máquinas com taxa de processamento menor (uma com 266Mhz e a outra com 500MHz) e rodando o Sistema Operacional Windows 98, também licenciado em nome do CEFET-PI/UNED-Florianópolis. Essa atitude vai garantir algumas afirmações que serão feitas em secção à frente.

Excluindo qualquer conotação comercial, o primeiro *plug-ing* foi escolhido com base nas informações das referências [FKE01] e [FKE99] que caracterizam sua interface como “*bem intuitiva, organizada e de fácil navegação, mas não possui uma boa qualidade de imagem. Os tempos de carga e transição são muito bons*”. A escolha do *Cortona* é para suprir a deficiência apresentada no primeiro, pois esse proporciona uma ótima qualidade de imagens. No entanto, enfatizamos que o *VRML Viewer* é um *plug-ing* mais leve quando comparado ao *Cortona*, que privilegia a visualização de imagens em detrimento da capacidade de navegabilidade. A Figura 16 traz uma visualização executada pelo *VRML Viewer* e *Cortona*, respectivamente. É possível notar a melhor qualidade da visualização oferecida pelo *Cortona*, especialmente no gradiente de cores do céu do mundo. Enfatizamos, que o comentário acima sobre os *plug-ing VRML Viewer* e *Cortona*, segue a metodologia usada na referência [FKE99], bem como espelha a avaliação dos editores feita na secção 4.2.6

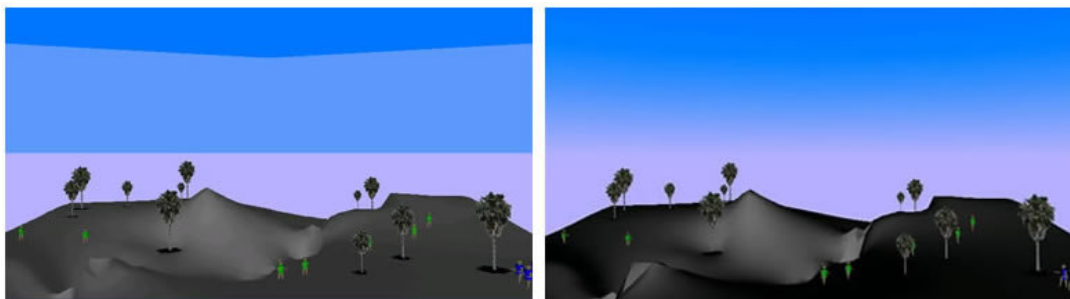


Figura 16: Exemplo de visualização VRML nos *plug-ins VRML Viewer e Cortona*.

A linguagem VRML tem sido cada vez mais aceita como uma tecnologia padrão da *Web* para exibição de arquivos gráficos 3D e representa um meio de expressão de idéias na *Web*, uma vez que é interativa e pode oferecer animações, som e outros recursos como chamada a programas externos. Esta linguagem constitui-se num primeiro passo a caminho da *Web* 3D imersiva e interativa.

#### 4.2.1 Histórico: VRML e a Web3D

A cronologia oferecida nesta seção é baseada nas referências [PMS95], [W3D02], [OYE02] e [FKE01], que oferecem estas informações de forma nem sempre consistente.

No final da década de 80, a *Silicon Graphics* (SGI) inicia o projeto *Scenario*, que objetiva projetar e desenvolver uma infra-estrutura para aplicações gráficas 3-D. Como resultado dessa investida, em 1992 surgiu a biblioteca gráfica *Iris Inventor 3-D*, para permitir que programadores desenvolvessem, com rapidez, programas gráficos 3D interativos, baseados nos conceitos de cena e na descrição de objetos. Esta biblioteca gráfica era formada por um conjunto de ferramentas desenvolvidas em linguagem C++ com características do VRML que conhecemos atualmente.

Em 1993, quatro anos depois que o Tim Berners-Lee criou o primeiro navegador para a *Web*, o Centro Nacional para Aplicações de Supercomputador (NCSA) apresenta uma versão do *Mosaic*. Usando o *Mosaic*, Mark Pesce percebeu o grande potencial da hipermídia no mundo globalizado ou em vias de globalização pelo advento da Internet, mas ainda faltava a experiência tridimensional: eventos e imagens que compõem a realidade. Com isso, Mark Pesce dedicou-se à tarefa de acrescentar três dimensões a *Web*. Analisando o código HTML ele percebeu que precisaria desenvolver uma nova linguagem, pois as tecnologias existentes não davam suporte a criação de mundos 3-D. Mark Pesce e Tony Parisi, um engenheiro de software, envolveram-se no projeto de criação de um novo programa chamado *Labyrinth*. Este programa foi projetado para prover uma interface 3D para o usuário da *Web*.

Em Maio de 1994, em Genebra, na I Conferência da World Wide Web, o grupo de discussão de realidade virtual decidiu desenvolver uma linguagem de descrição de cenas tridimensionais que pudesse ser usada na *Web*. Nesse mesmo ano, é distribuída a segunda versão do *Íris*, chamada agora de *Open Inventor* (baseada no OpenGL). Mark Pesce e Tony Parisi apresentam um protótipo de navegador 3-D para a *web* chamado *Labyrinth*. David Raggett discutiu o possível uso do formato DXF para o armazenamento de arquivos de Realidade Virtual, apresentando um esboço da Linguagem de Remarcação<sup>2</sup> de Realidade Virtual, possivelmente o primeiro uso do termo VRML (*Virtual Reality Markup Language*).

Durante esta reunião, Mark Pesce conheceu Brian Behlendorf, o administrador de sistema de uma revista e entusiasta da possibilidade de uma linguagem 3D para a *Web*. Com o aval da revista, que colaborou com um espaço no servidor, foi decidido estabelecer uma lista de clientes interessados pelo desenvolvimento de VRML. Cria-se uma lista de discussão sobre VRML e, em seguida, decide-se usar o *Open Inventor* como ponto de partida. Em outubro do mesmo ano, na II Conferência da *World Wide Web*, foi decidida a adoção de um formato baseado no *metafile* do *Open Inventor*, com algumas modificações para sua utilização em rede.

Um ano depois da I conferência da WWW, a especificação da VRML 1.0 foi completada, permitindo a criação de cenas estáticas e atendendo os seguintes requisitos:

- independência de plataforma;
- extensibilidade, e
- habilidade de funcionar em redes de baixa velocidade.

Em 1995, colaboradores da comunidade de VRML formaram o VRML *Architecture Group* (VAG). Iniciou-se uma discussão sobre extensões à linguagem que suportassem animação e interação. Em janeiro de 1996 foi lançada a versão 1.0c de VRML, corrigindo alguns problemas constatados na versão 1.0.

Em março de 1996 o VAG decidiu por larga maioria adotar esta proposta como ponto de partida para VRML 2.0, anunciada no Siggraph'96, após intensa discussão. Esta especificação redefiniu a sintaxe de VRML, e introduziu várias modificações para permitir animação, interação, som, fundos e extensões à linguagem. Surgia o Consórcio VRML, com o propósito de promover a linguagem VRML.

---

<sup>2</sup> Nos dicionários consultados o termo Markup é traduzido como “remarcação”; cientes que na prática profissional o termo mais usado é “marcação”, empregaremos ambos de forma indistinta no decorrer deste trabalho.

No ano de 1997, iniciou-se um esforço para apresentar a especificação a *International Standards Organization* (ISO). Alguns pontos foram revistos, e a especificação reescrita e chamada de VRML 97. O primeiro *plug-in* aderente a esta especificação foi o *Cosmo Player* da SGI.

A última versão da linguagem, chamada VRML-NG (VRML *Next-Generation*), adiciona funcionalidades que permitem a criação de mundos compartilhados, ou seja, diversos usuários interagem simultaneamente dentro de ambientes virtuais tridimensionais. Todavia ainda existem versões betas de *plug-ins* do início de 1997, que têm diferentes níveis de adesão à especificação.

Nos últimos anos, ocorreu um crescimento substancial no desenvolvimento de padrões nas mais variadas áreas da informática, objetivando estabelecer normas a serem seguidas pelo setor de fabricação. VRML desperta interesse tanto pelo conteúdo técnico do padrão, quanto pela metodologia usada no desenvolvimento de sua especificação. As fases iniciais do desenvolvimento da especificação foram caracterizadas por propostas abertas, debates em torno das propostas e sugestões que se davam através de uma lista de discussão na *Internet*. As fases finais de desenvolvimento foram levadas a cabo como um esforço cooperativo entre ISO/IEC JTC 1 e a comunidade VRML.

De 1994 a 1996, o VRML assinalou sua época áurea: neste período foram publicados aproximadamente dez livros versando sobre o assunto e sociedades diferentes nasceram com a intenção de desenvolver novas tecnologias visando um retorno econômico que não chegou.

Assim, a maior parte das sociedades 3D mudou de atividade ou propriedade. Pensou-se que VRML era um fracasso e que ia desaparecer. Porém, não foi deste modo. Passado algum tempo, o grupo tornou-se o Consórcio *Web 3D*, com uma orientação menos utópica e principalmente dirigida ao comércio eletrônico. VRML não tinha que se constituir em um limite à criatividade e a experimentação, deveria mostrar-se, sim, como um ponto de partida para a construção do novo paradigma da *Web 3D* interativa. Esta atitude nova contribuiu progressivamente para revitalizar a comunidade 3D e as empresas interessadas nesse tipo de negócio, começaram a propor soluções com a finalidade de identificar um valor comercial para os possíveis produtos a serem desenvolvidos.

*Web 3D* utiliza-se da intuitiva percepção humana de misturar espaço e tempo, na medida que disponibiliza mundos tridimensionais passivo de interações, que são propostas através de interfaces visuais programadas em padrões abertos, provendo assim, uma nova tecnologia para a *Internet*.

Desde seu começo em 1994, o Consórcio *Web 3D* investe em padrões abertos de alta qualidade, resultando na confecção de produtos mais rápidos e melhores. Devido a esses resultados, fortes companhias de navegadores, tais como *Blaxxun*, *Nexternet*, *OpenWorlds* e *ParallelGraphics*, tem apoiado a proposta de padronização desse grupo lançada em agosto de 2001, que prevê a consolidação da extensão X3D.

X3D é um padrão extensível que pode ser apoiado facilmente por ferramentas de criação, navegadores proprietário e outras aplicações 3D com propriedades de importação e exportação. Neste momento, os termos importação e exportação fazem menção aos níveis de X3D. Por exemplo, se uma companhia resolvesse desenvolver uma aplicação que envolvesse animações, logo não estaria interessada em características geográficas. Por causa disso, agrupam-se características que encapsuladas dão origem a um componente. Para compreendemos melhor, faremos uma comparação com VRML, lembrando que este é agrupado em componentes e perfis. Os componentes agrupam-se em nós ou funcionalidade e têm diferentes níveis. Por exemplo, o nó componente geométrica de nível 1 não contém o nó caixa (*box*), mas o nível 2 possui. Um perfil é uma coleção de componentes que cobrem várias áreas diferentes de funcionalidade, sendo que um perfil pode conter a funcionalidade de vários perfis. Assim, o perfil básico consistiria de componentes de nível 1 (X3D-1) que incorporam elementos geométricos e animações. O X3D-2 perfila os componentes de VRML e algumas funcionalidades adicionais. Companhias podem criar aplicações que necessitem importar e exportar perfis ou componentes, apoiando versões diferentes de suas aplicações.

Então, podemos afirmar, que essa nova proposta substitui VRML, contudo proporciona compatibilidade com o conteúdo de VRML existente nos navegadores. Apóia codificações múltiplas e APIs, podendo ser facilmente integrado com navegadores *Web* por XML (*eXtensible Markup Language*) ou com outras aplicações.

#### **4.2.2 Principais Características**

VRML é a linguagem que dá suporte a aplicações de Realidade Virtual para a *Internet*, oferecendo a possibilidade de criação de mundos tridimensionais simples ou complexos, sem a exigência de plataformas gráficas robustas, pois permite que projetos sejam desenvolvidos e visualizados em plataformas mais simples como os PC's.

Na “Babel” das linguagens de programação, essa linguagem usa instruções específicas baseadas em texto (ASCII) e é caracterizada como uma Linguagem de Descrição. Apesar dos documentos VRML serem do tipo texto (embora a compactação por GZIP seja adotada como padrão – oferecido pela *Free Software Foundation*), para os internautas apresenta-se

completamente gráficos. A razão disto é que essa especificação define objetos e efeitos que, quando apresentados no navegador ou em um software específico de visualização, se transformam em cenas tridimensionais interagentes. Assim sendo, VRML trouxe para *Internet* a possibilidade de representar objetos 3D complexos usando uma codificação descritiva simples, independente de plataforma, capaz de representar cenas estáticas e dinâmicas de objetos tridimensionais, bem como cria vínculos com outros formatos de arquivos do tipo texto, som, imagens e vídeo. A sua natureza interativa procede da sua habilidade de interpretação do comportamento das cenas programadas [W3D02].

Um arquivo VRML possui extensão `.wrl`, e deve conter os seguintes componentes funcionais:

**o cabeçalho:** uma única linha de texto de utf-8 identificando o arquivo como um arquivo de VRML e identificando o tipo de codificação do arquivo, como segue: `#VRML V2.0 <codificando tipo> [comentário opcional] <terminator de linha>`

Com exceção dessa primeira linha, todas as outras que começarem com `#` será considerada um comentário, que não compromete a cena descrita [FKE01].

**o texto:** com uma seqüência de nós que conterà a descrição dos objetos.

O *Nó* é o elemento chave da linguagem. Existem vários tipos de nós cujos nomes são escritos com letra maiúscula, seguidos de um par de chaves que delimitará os campos que deveram ser detalhados. E o conjunto total de nós que definem um mundo é conhecido como gráfico.

**os campos** contendo as informações sobre os objetos.

Os campos começaram com letras minúsculas e poderão conter todas as especificações de um dado nó, como fora comentado.

A interpretação, execução, e apresentação de arquivos de VRML serão empreendidas por navegadores que exibem as formas descritas no arquivo de extensão `.wrl`. Esta apresentação gráfica é conhecida como *mundo virtual*, e nele o usuário navega e interage com as componentes que assim o permitem.

O navegador VRML é um *plugin* do visualizador de páginas HTML. Ele provê o paradigma da navegação (como caminhar ou voar), permitindo o usuário a mover-se como espectador no mundo virtual. Além de navegação, o navegador possibilita a interação com o mundo através de nodos de sensor que possivelmente possam estar descritos numa

cena [ANM97]. Existem, contudo, navegadores *stand-alone*, isto é, que não requerem o uso de um visualizador de páginas HTML, mas o seu uso está restrito a aplicações específicas e não serão considerados neste trabalho.

### 4.2.3 Primitivas

Nos verbetes que segue, descreveremos os conceitos chave definidos na especificação ISO/IEC 14772 sem a intenção de sermos completos, mas com o intuito de fornecer um arrazoado de VRML. E por uma questão de praticidade, forneceremos antecipadamente as referências utilizadas, uma vez que estaremos tratando da descrição de uma linguagem com especificação já aprovada, bem como se tornaria repetitiva sua utilização no texto, visto que a pesquisa bibliográfica prevista no projeto aponta para [W3D02], [ANM97], [CRC01] e [FKE01].

Podemos apresentar VRML com os nós organizados em grupos ou em primitivas. A primeira opção permite organizar a linguagem em nove grupos, como podemos visualizar nas Tabela 1, Tabela 2, Tabela 3, Tabela 4, Tabela 5, Tabela 6, Tabela 7, Tabela 8 e Tabela 9.

A Tabela 1 mostra os nós do grupo *Grouping Nodes*, bem como uma descrição sucinta dos mesmos. Estes nós têm em comum aglomerar outros nós e aplicar neles operações e propriedades.

Grupo	Nós	Descrição
A – Grouping Nodes	Anchor	Recupera o conteúdo de uma URL ( <i>Uniform Resource Locator</i> ) quando o usuário ativa alguma geometria contida na cena que esteja apontada para um arquivo VRML válido.
	Billboard	Nó de agrupamento que modifica o sistema de coordenada, de forma que o eixo <i>z</i> local fica apontado para o espectador.
	Collision	Agrupamento que especifica as propriedades que permitem ativar ou desativar a detecção de colisão com determinados objetos na cena. Por <i>default</i> , todos os nodos geométricos de uma cena detectam colisões com o espectador, menos <i>IndexedLineSet</i> , <i>PointSet</i> e <i>Text</i> .
	Group	É o nó de agrupamento básico. Usado para agrupar nós e criar hierarquias que não necessitam de transformação. O grupo como um todo pode ser então nomeado com um <i>DEF</i> e reinstanciado com <i>USE</i> .
	Transform	Nó que define um sistema de coordenada local para os nós filhos.

Tabela 1: Nós do grupo A da organização de VRML através de grupo.



Na Tabela 2 encontra-se os nós e uma descrição dos nós que define o grupo *Special Groups*. Percebe-se que os nós desse grupo apresentam características diferenciadas.

Grupo	Nós	Descrição
<b>B – Special Groups</b>	Inline	Lê nós filhos de qualquer endereço URL. Um nó do tipo <code>Inline</code> com uma URL vazia nada faz.
	LOD	O nó <code>LOD</code> especifica vários níveis de detalhe ou complexidade para um determinado objeto, e fornece sugestões permitindo que o navegador escolha automaticamente a versão mais apropriada do objeto baseado na distância do usuário. Os nós filhos de <code>LOD</code> devem ser listados em ordem decrescente de nível de detalhe.
	Switch	<code>Switch</code> ativa apenas um dos nós filhos ou nenhum.

Tabela 2: Nós do grupo B da organização de VRML através de grupo.

O grupo *Common Nodes*, apresentado na Tabela 3, especifica os nós mais freqüentes de VRML. Nós disponibilizam ao usuário a percepção visual e auditiva das cenas VRML.

Grupo	Nós	Descrição
C – Common Nodes	AudioClip	Um nó do tipo AudioClip especifica dados de áudios que podem estar referenciados por nós de som. Som é mais um recurso que o VRML oferece para dar realismo à cenas. Suportam formatos de som do tipo WAV (indicado para efeitos sonoros) e MIDI (indicado para músicas de fundo).
	DirectionalLight	Define a direção do feixe de luz como se a fonte estivesse no infinito. Este tipo de iluminação é a que causa menor impacto no desempenho do navegador.
	PointLight	Especifica uma fonte de luz tridimensional localizada no sistema de coordenada local, irradiando luz em todas as direções. PointLight tem um campo radius que indica a distância que a luz pode atingir. Objetos fora desse raio não são iluminados pelo nó.
	Script	Utilizado para programar um comportamento em uma cena. Script fornece uma maneira flexível e poderosa de estender as funcionalidades de VRML. VRMLScript é um subconjunto de JavaScript. Scripts escritos em VRMLScript podem ser incluídos diretamente no arquivo VRML.
	Shape	Descreve a geometria e a aparência de objetos.
	Sound	Define os parâmetros espaciais do som em uma cena VRML. O alcance de uma fonte sonora é definido por duas elipsóides, permanecendo constante na elipsóide mais interna e vai diminuindo gradativamente na elipsóide externa.
	SpotLight	Produz uma iluminação em forma cônica no sistema de coordenada local. O cálculo desse tipo de iluminação é bastante lento.
	WorldInfo	Contém informações sobre o mundo. Destinado a documentação do mundo desenvolvido, não tendo efeito visual ou de comportamento do mundo.

Tabela 3: Nós do grupo C da organização de VRML através de grupo.

A Tabela 4 lista e descreve os nós do grupo *Sensors*, que no geral monitoram geometrias para disparar um dado evento.

Grupo	Nós	Descrição
D – Sensors	CylinderSensor	Monitora os nós de geometria pertencentes ao seu grupo, interpretando o movimento de ponteiro (um mouse, por exemplo) como uma rotação em um cilindro invisível que está alinhado com o eixo <i>y</i> do sistema de coordenada local.
	PlaneSensor	Monitora nós de geometria que pertencem ao seu grupo, interpretando o movimento de arrasto como uma translação no plano <i>xy</i> do sistema de coordenadas local.
	ProximitySensor	Gera eventos quando o espectador entra, sai, e move-se dentro de uma região espacial definida. Cada nó do tipo ProximitySensor comporta-se independente de outros nós ProximitySensor.
	SphereSensor	Análogo ao nó tipo CylinderSensor. Exceto que a geometria invisível projetada nesse nó é esférica, portanto, quando o usuário pressiona o cursor sobre a geometria monitorada, o navegador gera uma esfera conceitual com o raio dado pela distância entre o ponto apontado e a origem.
	TimeSensor	Gera evento vinculado a passagem de tempo.
	TouchSensor	Monitora nós de geometria que pertencem ao seu grupo, gerando eventos quando o cursor aponta para uma geometria que está sendo monitorada.
	VisibilitySensor	Descobre mudanças de visibilidade quando o usuário navega o mundo, ou seja, usado para detectar quando um dado usuário pode ver um objeto específico ou uma dada região na cena.

Tabela 4: Nós do grupo D da organização de VRML através de grupo.

Na Tabela 5 é apresentado e descrito os nós do grupo *Geometry Nodes*, que tratam das geometrias propriamente ditas e de texto.

Grupo	Nós	Descrição
E – Geometry Nodes	Box	Especifica caixas centradas na origem do sistema de coordenada local.
	Cone	Especifica cones centrados na origem do sistema de coordenada local.
	Cylinder	Especifica cilindros centrados na origem do sistema de coordenada local.
	Sphere	Especifica esferas centradas na origem do sistema de coordenada local.
	ElevationGrid	Especifica uma malha retangular uniforme (topografia) e a altura dos nós da malha no sistema de coordenadas local.
	Extrusion	Especifica formas geométricas baseadas em cortes transversais ao longo de uma espinha definida no sistema de coordenada local. O corte transversal pode ser escalado e pode ser girado a cada ponto de espinha para produzir uma larga variedade de formas.
	IndexedFaceSet	Constrói formas tridimensionais através da construção de faces.
	IndexedLineSet	Constrói formas geométricas a partir de linhas definidas no espaço tridimensional.
	PointSet	Especifica um conjunto de pontos tridimensionais no sistema de coordenada local.
	Text	Permite adicionar textos bidimensionais ao mundo VRML, sendo possível manipular os textos pelo nó <code>FontStyle</code> que define tamanho, direção, tipo de fonte e estilo de fonte que está sendo exibida.

Tabela 5: Nós do grupo E da organização de VRML através de grupo.

O grupo *Geometric Properties*, mostrado na Tabela 6, define regras, padrão e localização de cores e texturas que podem ser utilizados nos objetos.

Grupo	Nós	Descrição
<b>F – Geometric Properties</b>	Color	Este nó define um conjunto de cores do sistema <b>RGB</b> ( <b>R</b> de <i>red</i> , <b>G</b> de <i>green</i> e <b>B</b> de <i>blue</i> ), que é representado como uma combinação das três cores primárias: vermelho, verde, e azul.
	Coordinate	Especifica a localização tridimensional de um ponto no sistema de coordenadas local.
	Normal	Define um conjunto tridimensional de vetores normais a serem usados no campo <code>vector</code> de alguns nós de geometria ( <code>IndexedFaceSet</code> e <code>ElevationGrid</code> , por exemplo).
	TextureCoordinate	Usado por nós geométricos, mapeia as coordenadas do mapa de textura (par <i>s, t</i> ) para os vértices do objeto (que tem coordenadas tridimensionais <i>x, y, z</i> ). Através de <code>TextureTransform</code> ou de <code>TextureCoordinate</code> pode-se criar efeitos de movimento como água corrente e nuvens que passam.

Tabela 6: Nós do grupo F da organização de VRML através de grupo.

O grupo *Appearance*, apresentado e descrito na Tabela 7, definir as propriedades visuais dos nós de geometria.

Grupo	Nós	Descrição
<b>G – Appearance</b>	Appearance	O valor para cada um dos campos desse nó pode ser nulo. Porém, se o campo não for nulo, conterá um nó que definirá alguma propriedade visual para o objeto projetado.
	FontStyle	Define tamanho, direção, fonte e estilo de fonte usados na exibição de um nó de texto.
	ImageTexture	Define um mapa de textura (imagem bidimensional) a ser mapeada em um objeto. Um arquivo de textura pode ter formato <b>JPEG</b> ou <b>PNG</b> . O formato <b>GIF</b> também é suportado, inclusive com o uso de transparências.
	Material	Permite definir uma única cor para um nó de geometria.
	MovieTexture	Define um mapeamento de textura animada para um objeto, possuindo campos com vários atributos de controle para esse tipo de textura.
	PixelTexture	Define uma textura plana com uma ordem explícita de valores de <i>pixel</i> (no campo <i>image</i> ) e parâmetros que controlam a repetição da textura sobre geometria.
	TextureTransform	Permite operar transformações em uma textura antes que ela seja aplicada à uma geometria.

Tabela 7: Nós do grupo G da organização de VRML através de grupo.

Na Tabela 8 é apresentado o grupo *Interpolators* com nós e descrição, que visam adicionar animação aos mundos de VRML.

Grupo	Nós	Descrição
<b>H – Interpolators</b>	ColorInterpolator	O nó ColorInterpolator permite animar cores em uma geometria.
	CoordinateInterpolator	Este nó interpola linearmente uma lista de coordenadas para um determinado caminho e os tempos nos quais se deve estar a cada ponto definido. A interpolação preenche os valores entre os valores-chave fornecidos.
	NormalInterpolator	É usado para animar vetores normais em um nó Normal.
	OrientationInterpolator	Anima a orientação de objetos em uma cena VRML.
	PositionInterpolator	Converte um tempo de entrada em uma posição de saída. Descreve um caminho de posições-chave e tempos-chave fracionados. Anima a escala de um objeto em uma cena VRML.
	ScalarInterpolator	Anima a transparência de objetos em uma cena VRML.

Tabela 8: Nós do grupo H da organização de VRML através de grupo.

Por fim, o último grupo intitulado *Bindable Nodes*, trata do posicionamento de observação das cenas e elementos periféricos envolvidos em uma modelagem.

Grupo	Nós	Descrição
I – Bindable Nodes	Background	Enriquecer a cena com uma paisagem de fundo, sem sobrecarregar o mundo VRML, permitindo um maior realismo ao ambiente.
	Fog	Define uma região com visibilidade reduzida, para simular neblina ou fumaça. O background não é afetado pelo nó Fog.
	Navigationinfo	Informa-se ao navegador qual o método de interação com o mundo. Nesse nó, o <i>default</i> define uma lanterna na cabeça do observador que pode ser ligada ou desligada pelo nó NavigationInfo.
	Viewpoint	Define uma localização específica no sistema de coordenadas local de onde o usuário vai observar o mundo. Por <i>default</i> , o observador entra no mundo na posição (0.0,0.0,10.0). Este nó pode ser transformado com o nó Transform.

Tabela 9: Nós do grupo I da organização de VRML através de grupo.

A segunda opção organizacional para VRML, isto é, através de primitivas, apresenta duas grandes categorias: as gráficas e as não gráficas. Na Tabela 10 apresentamos alguns nós da organização que compõem as primitivas gráficas que quando descritas num arquivo `.wrl` constroem as cenas [LMM96].

Grouping Nodes	Geometry Nodes	Attribute Nodes
Shape	Box	Appearance
Anchor	Cone	Color
Billboard	Cylinder	Coordinate
Collision	Sphere	FontStyle
Group	ElevationGrid	ImageTexture
Transform	Extrusion	Material
Inline	IndexedFaceSet	MovieTexture
LOD	IndexedLineSet	Normal
Switch	PointSet	PixelTexture
	Text	TextureCoordinate
		TextureTransform

Tabela 10: Nós gráficos da linguagem VRML.



Na Tabela 11 apontamos alguns nós das primitivas não gráficas que permitem realizar efeitos de som, gatilhos de eventos e animações [LMM96].

Sound	Event Triggers	Animation Data
AudioClip	CylinderSensor	ColorInterpolator
Sound	PlaneSensor	CoordinateInterpolator
	ProximitySensor	NormalInterpolator
	SphereSensor	OrientationInterpolator
	TimeSensor	PositionInterpolator
	TouchSensor	ScalarInterpolator
	VisibilitySensor	
	Script	

Tabela 11: Nós não gráficos da linguagem VRML.

Contudo, independentemente da estrutura organizacional que se possa escolher, existem nós que funcionam como campos de outros nós, como ilustra a Figura 17.

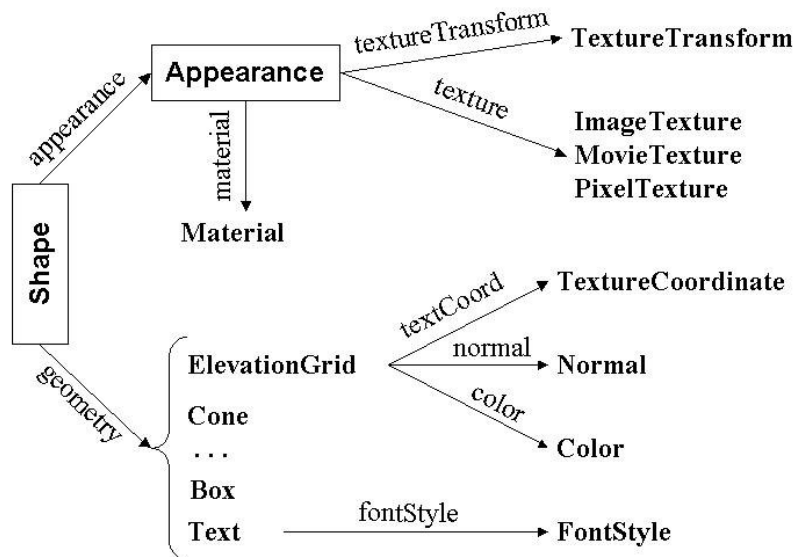


Figura 17: Exemplo das relações entre nós da linguagem VRML.

O nó Shape associa um nó de geometria com nós que definem aparecimento de uma geometria específica. Além da geometria, um nó do tipo Shape também possui propriedades, como material e textura, que definem seu aspecto. As formas geométricas específicas que referenciamos são definidas nos nós do tipo Geometry que seguem: Box, Sphere, Cone,

Cylinder, ElevationGrid, Extrusion, IndexedFaceSet, IndexedLineSet, PointSet, Text.

Vejam os a descrição genérica do código de Shape e dos nós geometry acima, que só podem ser utilizados no campo geometry de um nó Shape.

```
#VRML V2.0 utf8
Shape {
  appearance Appearance {
    material ...
    texture ...
    ...
  }
  geometry ...
}
```

O nó geometry Box representado na Tabela 12, cria uma caixa centrada na origem e com tamanho default de  $x=2$ ,  $y=2$  e  $z=2$  (estendendo-se de  $-1$  a  $+1$ ).

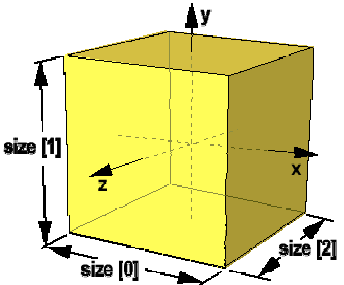
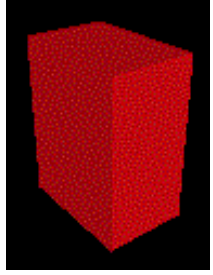
	<pre>#VRML V2.0 utf8 #Curso de VRML 2.0 #Exemplo - Sphere Shape {   appearance Appearance   {     material Material {       diffuseColor 1 0 0     }   }   geometry Box { } }</pre>	
<p><b>Visão Geométrica 3D</b></p>	<p><b>Código</b></p>	<p><b>Cena VRML</b></p>

Tabela 12: Exemplo do nó Box.

Texturas só podem ser aplicadas individualmente a cada face de uma caixa, se a mesma for construída com o nó IndexedFaceSet. Assim, a textura pode se mapeada na frente (sentido  $+z$ ), costa (sentido  $-z$ ), direita (sentido  $+x$ ), esquerda (sentido  $-x$ ), em baixo (sento  $-y$ ) e em cima (sentido  $+y$ ), ou seja, sobre cada face com a mesma orientação como se a imagem fosse exibida normalmente em 2D.

O nó geometry Sphere especifica uma esfera centrada no ponto  $(0,0,0)$  do sistema de coordenadas local. O campo que especifica o raio da esfera tem de ser maior que zero e tamanho default do raio é igual a um. A Tabela 13 exemplifica o nó Sphere.

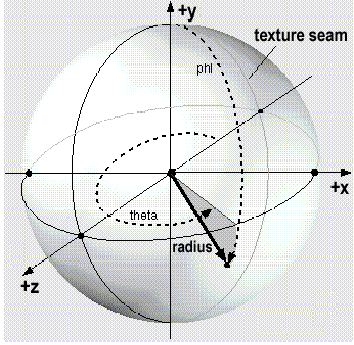
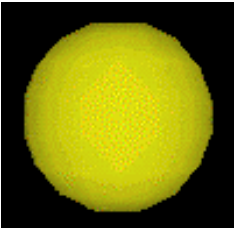
	<pre>#VRML V2.0 utf8 #Curso de VRML 2.0 #Exemplo - Sphere Shape {   appearance Appearance   {     material Material {       diffuseColor 1 1 0     }   }   geometry Sphere {     radius 2   } }</pre>	
<p><b>Visão Geométrica 3D</b></p>	<p><b>Código</b></p>	<p><b>Cena VRML</b></p>

Tabela 13: Exemplo do nó Sphere.

Quando uma textura é aplicada em uma esfera, a textura cobre a superfície inteira, movimentando-se no sentido anti-horário da costa da esfera, ou seja, acompanhando o arco longitudinal entrecortando o eixo  $z$ . A visão geométrica 3D ajuda a esclarecer o que foi enunciado.

O nó `geometry Cone` especifica um cone que é centrado no sistema de coordenadas locais e cujo eixo central é alinhado com o eixo  $y$  local. O campo do `bottomRadius` especifica o raio de base do cone, e o campo `height` especifica a altura do cone do centro da base ao ápice. Por default, o cone tem um raio de uma unidade na base e uma altura de 2 unidades. Ambos `bottomRadius` e `height` são maiores que zero. As informações da Tabela 14 ilustram o nó Cone.

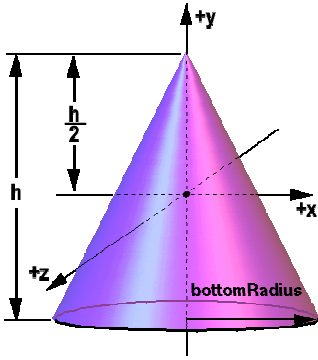
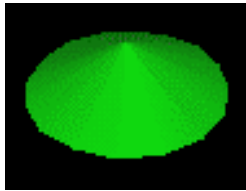
	<pre>#VRML V2.0 utf8 #Curso de VRML 2.0 #Exemplo - Cone Shape {   appearance Appearance {     material Material {       diffuseColor 0 1 0     }   }   geometry Cone {     bottomRadius 2     height 1   } }</pre>	
<p><b>Visão Geométrica 3D</b></p>	<p><b>Código</b></p>	<p><b>Cena VRML</b></p>

Tabela 14: Exemplo do nó Cone.

O campo `side` especifica a criação dos lados do cone e o campo `bottom` especifica a formação da base do cone. `side` e `bottom` são variáveis do tipo booleana, logo se

verdadeiro para `bottom` então se defini a existência da base do cone, enquanto se falso, implica que o cone não terá a base. Quando uma textura é aplicada aos lados do cone, a textura movimenta-se no sentido anti-horário (de acima) começando na costa do cone.

O nó `geometry Cylinder` especifica um cilindro fechado centrado em  $(0,0,0)$  no sistema de coordenadas local e com um eixo central orientado ao longo o eixo  $y$  local. Por *default*, o cilindro estendendo-se de  $-1$  a  $+1$  nas três dimensões. O campo `radius` especifica o raio do cilindro e o campo `height` especifica a altura do cilindro ao longo do eixo central. Os campos da especificação do raio e da altura são maiores que zero. A Tabela 15 ilustra a descrição.

	<pre>#VRML V2.0 utf8 #Curso de VRML 2.0 #Exemplo - Cylinder Shape {   appearance Appearance {     material Material {       diffuseColor 0 0 1     }   }   geometry Cylinder {     height 4     radius 0.5   } }</pre>	
<p><b>Visão Geométrica 3D</b></p>	<p><b>Código</b></p>	<p><b>Cena VRML</b></p>

Tabela 15: Exemplo do nó `Cylinder`.

O cilindro tem três *partes*: o *lado*, o *topo* (em  $y = +h/2$ , onde  $h$  denota a altura que é especificada no campo `height` e a *base* (em  $y = -h/2$ ). Cada parte tem um campo do tipo `SFBool`, que é definido como uma variável booleana, que indicará se uma determinada parte existe (verdadeira) ou não existe (falsa). Quando uma textura é aplicada em um cilindro, esta é aplicada diferentemente aos lados, topo, e base. Nos lados, a textura movimenta-se no sentido anti-horário (de acima) começando na costa do cilindro, enquanto que no topo e na base, a textura é aplicada rotacionando-se do centro do círculo para as bordas.

`ElevationGrid` especifica uma grade retangular uniforme  $(x,z)$  com altura medidas a partir de  $y$  igual a zero no sistema de coordenada local. É a maneira usual de descrever cenários topográficos em VRML.

A sintaxe deste nó de geometria requer a especificação do número de pontos amostrados na coordenada  $x$  (campo `xDimension`), o número de pontos amostrados na

coordenada  $z$  (campo `zDimension`), o espaçamento entre pontos no eixo  $x$  (campo `xSpacing`), o espaçamento entre pontos no eixo  $z$  (campo `zSpacing`) e as alturas observadas em cada um destes pontos (campo `height`). O número total de alturas deve ser o resultado do produto entre o número de pontos em cada eixo. A Tabela 16 esclarece melhor.

<b>Visão Geométrica 3D</b>	
<pre> #VRML V2.0 utf8 # The VRML 2.0 Sourcebook # Copyright [1997] By # Andrea L. A., David R. N., and John L. M. Shape {   appearance Appearance {     material Material { }   }   geometry ElevationGrid {     xDimension 9     zDimension 9     xSpacing 1.0     zSpacing 1.0     solid FALSE     creaseAngle 0.785     height [ 0.0, 0.0, 0.5, 1.0, 0.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 2.5, 0.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.5, 0.5, 3.0, 1.0, 0.5, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.5, 2.0, 4.5, 2.5, 1.0, 1.5, 0.5, 1.0, 2.5, 3.0, 4.5, 5.5, 3.5, 3.0, 1.0, 0.0, 0.5, 2.0, 2.0, 2.5, 3.5, 4.0, 2.0, 0.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.5, 1.5, 1.0, 2.0, 3.0, 1.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 2.0, 1.5, 0.5, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.5, 0.0, 0.0, ]   } }         </pre>	
<b>Código</b>	<b>Cena VRML</b>

Tabela 16: Exemplo do nó `ElevationGrid`.

O modelo *default* de VRML, supõe que a topografia é sólida. Para que a visão inferior seja construída é necessário especificar que o modelo não é sólido, isto é feito usando a variável lógica *solid*. E a suavidade com que as faces são construídas pode ser controlada com o parâmetro *creaseAngle* (ângulo de dobra). Quando não é especificado o *creaseAngle*, o valor admitido será zero, fazendo com que não seja feita nenhuma tentativa de suavização da superfície.

No nó *Extrusion* é definido um polígono (*crossSection*) que percorre um caminho (*spine*) no espaço no sistema de coordenadas local. É possível mudar a escala do campo *crossSection* e rodá-la ao longo do *spine* produzindo uma vasta variedade de formas.

O nó de Extrusão está definido por:

1. Um conjunto orientado de pontos coplanares.
2. Um caminho linear tridimensional *spine* (também descrito através de uma série de vértices conectados).
3. Uma lista de parâmetros de escala que atuará ao longo dos vértices do corte transversal bidimensional;
4. Uma lista de parâmetros de escala que atuará ao longo do caminho linear tridimensional *spine*;

A Tabela 17 trás um exemplo do nó *Extrusion*.

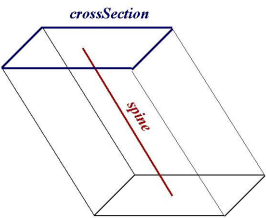
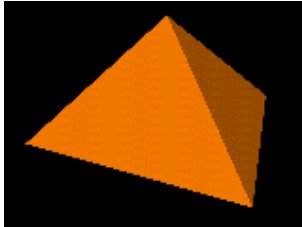
	<pre>#VRML V2.0 utf8 # The VRML 2.0 Sourcebook # Andrea L. A., David R. # N. and John L. M. Shape {   appearance Appearance {     material Material {       diffuseColor 1.0 0.5 0.0     }   }   geometry Extrusion {     crossSection [       -1.0 1.0, 1.0 1.0,       1.0 -1.0, -1.0 -1.0,       -1.0 1.0 ]     spine [       0.0 0.0 0.0, 0.0 1.0 0.0 ]   } }</pre>	
<p><b>Visão Geométrica 3D</b></p>	<p><b>Código</b></p>	<p><b>Cena VRML</b></p>

Tabela 17: Exemplo do nó *Extrusion*.

Nas curvas produzidas por `cross-section` impõem-se as ações de escala primeiro no parâmetro  $x$  e em seguida em  $z$ . Este procedimento realizado em todos os pontos da espinha permitirá a construção de variadas formas de objeto. Ressaltamos que se o número de escala ou valores de orientação é maior que o número de pontos de espinha, os valores de excesso são ignorados.

Superfícies curvas podem ser representadas por um conjunto de faces planas. Para isso, VRML dispõe do nó `IndexedFaceSet` onde cada uma dessas faces é descrita através de uma lista de vértices e da especificação da ligação entre os vértices.

O campo `coord` contido no nó `Coordinate` define os vértices referenciados pelo campo `coordIndex` (nesse campo são definidas as ligações dos vértices). O campo `coordIndex` especifica uma lista de coordenadas que definirá as faces que serão desenhadas. Para separar as coordenadas de uma face utiliza-se o valor  $-1$ , pois o índice  $-1$  indica que o rosto corrente está terminado.

Cada face do `IndexedFaceSet` tem:

- a. ao menos três vértices não coincidentes;
- b. vértices que definem um polígono planar;
- c. vértices que definem um polígono não-entrecortado.

Como exemplo, considere os seguintes valores para o `coord`:

```
coord Coordinate{
    point [ 0 0 0, 1 0 0, 1 1 0, 0 1 0 ]
}
```

Foram definidos quatro pontos que quando unidos constroem uma face quadrada. O `coordIndex` utilizado para enumerar e unir os pontos da face quadrada proposta, é:

```
coordIndex [ 0 1 2 3 ]
```

A descrição acima significa que o primeiro ponto (0) da lista de coordenadas será unido ao segundo ponto (1), que se une ao terceiro (2) e este ao quarto (3), finalizando com o fechamento da região. Na Tabela 18 apresentamos um outro exemplo que fortalece os esclarecimentos prestados.

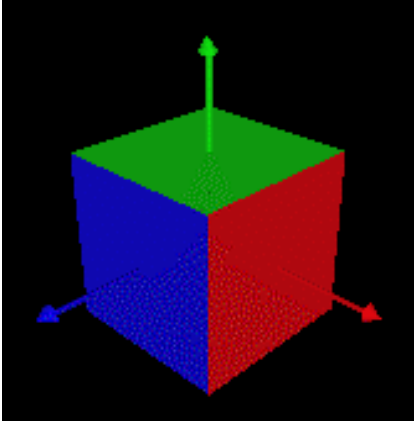
<pre> #VRML V2.0 utf8 #Cubo com faces de diferentes cores. #Eixos Inline { url "../coord.wrl" } # Desenho do cubo Shape {   appearance Appearance {     material Material { }   }   geometry IndexedFaceSet {     coord Coordinate {       point [         # Coordenadas do cubo         1.0 1.0 1.0, 1.0 -1.0 1.0,         -1.0 -1.0 1.0, -1.0 1.0 1.0,         1.0 1.0 -1.0, 1.0 -1.0 -1.0,         -1.0 -1.0 -1.0, -1.0 1.0 -1.0       ]     }     coordIndex [       # Faces do cubo       #Face vermelhas (perpendiculares ao eixo x)       2, 3, 7, 6, -1,       0, 1, 5, 4, -1,       #Faces verdes (perpendiculares ao eixo y)       0, 4, 7, 3, -1,       1, 2, 6, 5, -1,       #Faces azuis (perpendiculares ao eixo z)       0, 3, 2, 1, -1,       4, 5, 6, 7, -1,     ]     color Color {       color [         1.0 0.0 0.0, 0.0 1.0 0.0, 0.0 0.0 1.0       ]     }     colorPerVertex FALSE     colorIndex [       0, 0, 1, 1, 2, 2, -1     ]   } } </pre>	
<b>Código</b>	<b>Cena VRML</b>

Tabela 18: Exemplo 2 do nó IndexedFaceSet.

De maneira análoga podem ser contruídas geometrias a partir de linhas usando o nó IndexedLineSet. Neste caso, o *default* para cada coordenada definida em um nó Coordinate é implicitamente numerada (0 para a primeira coordenada, 1 para a segunda, etc). Vejamos a Tabela 19 que ilustra uma situação.



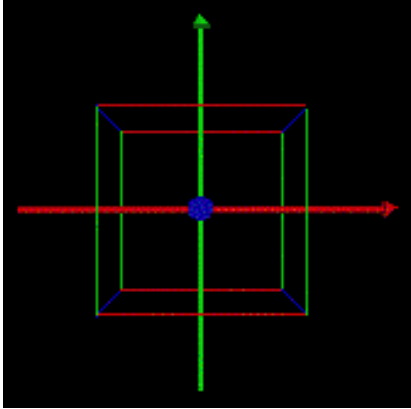
<pre>#Desenho de linhas coloridas em forma de cubo Shape {   appearance Appearance {   }   geometry IndexedLineSet {     coord Coordinate {       point [         # Cubo         1.0 1.0 1.0, 1.0 -1.0 1.0,         -1.0 -1.0 1.0, -1.0 1.0 1.0,         1.0 1.0 -1.0, 1.0 -1.0 -1.0,         -1.0 -1.0 -1.0, -1.0 1.0 -1.0       ]     }     color Color {       color [         1.0 0.0 0.0, 0.0 1.0 0.0, 0.0 0.0 1.0       ]     }     coordIndex [       # Linha vermelha (paralela ao eixo x)       0, 3, -1, 1, 2, -1, 4, 7, -1, 5, 6, -1,       # Linha verde (paralela ao eixo y)       0, 1, -1, 2, 3, -1, 4, 5, -1, 6, 7, -1,       # Linha azul (paralela ao eixo z)       0, 4, -1, 1, 5, -1, 2, 6, -1, 3, 7, -1     ]     colorIndex [       0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 2     ]     colorPerVertex FALSE   } }</pre>	
<p><b>Código</b></p>	<p><b>Cena VRML</b></p>

Tabela 19: Exemplo do nó IndexedLineSet .

O nó PointSet especifica um conjunto de pontos tridimensionais no sistema de coordenada local. Este nodo contém dois campos: *color* e *coord*. O campo *color* define um nó de cor e o campo *coord* especifica um nó de coordenada. Esses pontos isolados podem formar segmentos ou faces. Um exemplo do nó PointSet é mostrado na Tabela 20.

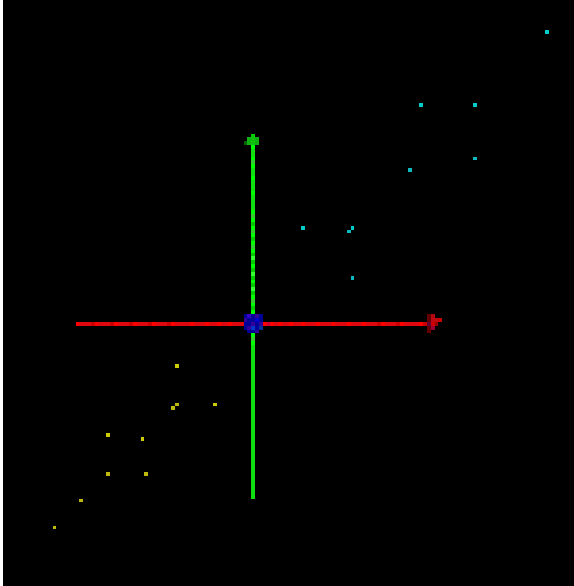
<pre> #VRML V2.0 utf8 #Exibicao de pontos #Eixos Inline { url "../coord.wrl" } #Conjunto de Pontos Shape {   appearance Appearance {   }   geometry PointSet {   coord Coordinate {   point [   # Pontos ciano   1.0 1.0 1.0, 0.5 1.0 1.0,   1.5 1.5 1.5, 1.0 0.5 1.0,   2.0 2.0 2.0, 1.0 1.0 0.5,   2.5 2.5 2.5, 1.5 2.0 2.0,   3.0 3.0 3.0, 2.0 1.5 2.0,   # Pontos Amarelos   -1.0 -1.0 -1.0, -0.5 -1. -1.0,   -1.5 -1.5 -1.5, -1.0 -0.5 -1.0,   -2.0 -2.0 -2.0, -1.0 -1.0 -0.5,   -2.5 -2.5 -2.5, -1.5 -2.0 -2.0,   -3.0 -3.0 -3.0, -2.0 -1.5 -2.0   ]   }   color Color {   color [   # Pontos ciano   0.0 1.0 1.0, 0.0 1.0 1.0,   0.0 1.0 1.0, 0.0 1.0 1.0,   0.0 1.0 1.0, 0.0 1.0 1.0,   0.0 1.0 1.0, 0.0 1.0 1.0,   # Pontos amarelos   1.0 1.0 0.0, 1.0 1.0 0.0,   1.0 1.0 0.0, 1.0 1.0 0.0,   1.0 1.0 0.0, 1.0 1.0 0.0,   1.0 1.0 0.0, 1.0 1.0 0.0,   1.0 1.0 0.0, 1.0 1.0 0.0,   ]   }   } } </pre>	
<b>Código</b>	<b>Cena VRML</b>

Tabela 20: Exemplo do nó PointSet.

Assim como num editor de texto, VRML também oferece a opção de formatação de texto através do nó `text`. Para inserir um texto num cenário virtual, declara-se o texto desejado num nó `shape` e manipula-se os atributos disponíveis para assim obter o resultado desejado. Essas modificações são feitas da mesma forma dos conteúdos, através dos campos, que possibilitam alterar o tipo de fonte, o tamanho da fonte, o estilo da fonte etc. Com o exemplo da Tabela 21 fica mais simples perceber o que fora enunciado.


<pre>#VRML V2.0 utf8 Shape {   geometry Text {     string "Realidade Virtual - UFPE"   } }</pre>	
<b>Código</b>	<b>Cena VRML</b>

Tabela 21: Exemplo nó Text.

Como já fora mencionado, é possível promover alterações no texto usando o campo `fontStyle` contido no nó `FontStyle`, que especifica o tamanho de fonte, tipo de fonte e estilo, direção do texto e quaisquer outras mudanças específicas que possam ser utilizadas para o texto.

#### 4.2.4 Modificadores

Os modificadores VRML são os elementos da linguagem que permitem maior flexibilidade das características visuais dos objetos declarados para um dado cenário. Cada objeto possui seus próprios modificadores em função da sua geometria particular. Assim sendo, estaremos especialmente interessados nos três modificadores que podem ser aplicados com maior abrangência às primitivas de VRML: Cor, Textura e Transformações Geométricas.

“Cor” pode ser entendida como a manifestação perceptual de um sinal eletromagnético visível, que pode ser representado por um modelo matemático. Essa representação matemática pode ser codificada a fim de permitir a representação das cores em um ambiente computacional viabilizando, no nosso caso, a modificação dos objetos virtuais como desejado. Para isso, usa-se a codificação de um conjunto de três cores, ditas primárias, formadas pelo vermelho, pelo verde e pelo azul. Através de combinações lineares destas cores obtêm-se as demais cores do espaço espectral [AFC02] visível pelo ser humano.

A especificação de cores em VRML é feita através da representação de valores em ponto flutuante, onde o mínimo vale 0 e o máximo vale 1. Três valores devem ser especificados, um para cada componente primária (RGB).

É conveniente ressaltar que a propriedade de cor está associada à declaração `Shape`, porém fora da declaração `geometry`, isto é, vários objetos podem possuir a mesma cor. Controlamos assim, a aparência de qualquer `Shape` especificando atributos do material a partir do qual ele é feito. Atributos do material incluem cor, quando ele brilha e qual é a cor

do brilho, quando e o quanto ele é transparente, etc. Usando os nós `Appearance` e `Material` é possível controlar estes atributos [ANM97].

O fato de podermos controlar os atributos de cor não é garantia de um grau de realismo satisfatório e barato nas cenas projetadas. Para resolver o problema VRML permite empregar texturas. Essa técnica viabiliza a descrição de um projeto com o menor número de objetos possível, o que reduz bastante o impacto no momento de dispor a aplicação na rede [FKE01].

Mas o que é uma textura? Evitando uma busca por um conceito matemático e mantendo nossos conceitos dentro do escopo de VRML e da percepção de estímulos visuais, Frery [FKE01] afirma que “*textura será toda imagem a ser mapeada sobre objetos virtuais*”. São imagens que funcionam como um revestimento das primitivas geométricas.

A especificação das propriedades texturais é realizada no mesmo nível que a especificação de cor. O campo `texture` do nó `Material` é o nó que especifica a imagem da textura a ser aplicada a um `Shape`. Tal nó pode ser `ImageTexture`, `PixelTexture` ou `MovieTexture`. O nó `ImageTexture` especifica uma imagem 2D a ser mapeada sobre um objeto, enquanto `PixelTexture` especifica uma imagem no próprio arquivo VRML e o nó `MovieTexture` permite mapear uma textura animada sobre um objeto virtual.

Um arquivo de imagem para ser usado como textura, pode ter formato JPEG ou PNG (permite construir formas com partes transparentes - janelas, buracos, árvores, etc.). Alguns autores não recomendam o uso do formato GIF, devido aos problemas legais de direitos autorais que o mesmo envolve. Após uma calorosa disputa judicial, a Unisys, detentora dos direitos do algoritmo base deste formato, liberou o seu uso quando sem fins comerciais. Os arquivos de imagem animada suportados são MPEG1-Systems e MPEG1-Video [BLC01].

Para tratarmos do nosso terceiro modificador, o nó `Transform`, é conveniente fazermos um arrazoado sobre sistemas de coordenadas cartesianas. Vamos iniciar definido o sistema cartesiano bidimensional como um sistema formado por dois eixos orientados ( $x$  e  $y$ ) dispostos ortogonalmente, dando origem à divisão do plano em quatro partes, onde cada uma das partes é conhecida como quadrante [GOD02]. Um ponto é definido por um valor no eixo  $x$  e por um valor no eixo  $y$ . Desta forma, para desenhar uma figura vetorial plana nesse sistema basta fornecer uma seqüência de coordenadas para os pontos que a formam, seguida das ligações entre eles. Contudo, VRML exige um sistema que permita desenhos em três

dimensões; para tanto é acrescentado um terceiro eixo ao sistema de coordenadas, o eixo  $z$ , ficando os eixos  $x$ ,  $y$  e  $z$  a formar o sistema de coordenadas 3D, cuja origem consiste na coordenada espacial  $(0,0,0)$ .

Para facilitar a identificação do arranjo tridimensional dos eixos, usaremos o termo “regra da mão direita”, muito utilizada no estudo de grandezas vetoriais na Física. A Figura 18 é auto-explicativa e define essa relação para os sistemas de coordenadas usadas em VRML.

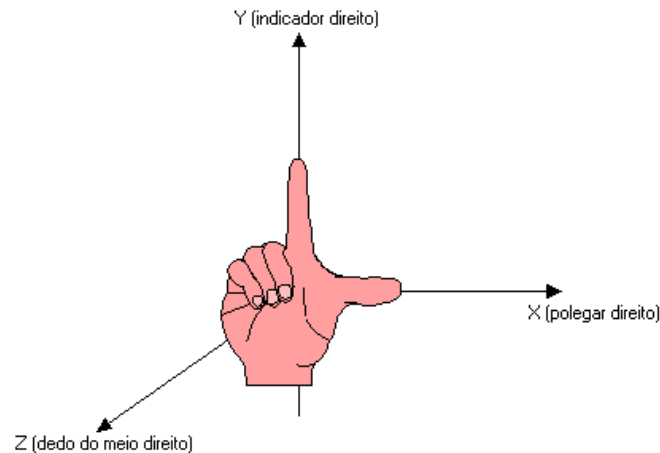


Figura 18: Disposição dos eixos de coordenadas em relação aos dedos da mão direita [INT01].

Em VRML definimos dois sistemas de coordenadas, um chamado de Global e o outro de chamado de Local. O Sistema de Coordenadas Global consiste na definição do local onde as cenas são montadas e o Sistema de Coordenadas Local é relativo ao espaço do objeto, assim uma cena pode conter um número arbitrário de sistemas de coordenadas locais. As modificações realizadas sobre um objeto virtual são aplicadas sobre os espaços tridimensionais locais e estes mapeados sobre o sistema global. As transformações geométricas são realizadas pelo nó `Transform`, que afeta tudo que está dentro do seu escopo. As transformações que podem ser aplicadas com este nó são a translação, a rotação e a mudança de escala, podendo ainda ser combinadas no mesmo nó `Transform` desse mesmo objeto. Estas transformações são conhecidas como Transformações Geométricas Elementares, e qualquer combinação das mesmas dá origem a uma Transformação Geométrica [JGL94].

A translação é efetuada através do campo `translation` do nó `Transform`, tornando possível transladar `Shapes` e grupos de `Shapes` em relação ao sistema de coordenadas global. Para se efetuar uma translação, especifica-se um valor no campo

referente ao eixo de translação que se deseja promover essa ação, sendo que esse valor pode ser positivo ou negativo. Se o valor for positivo, estaremos promovendo o deslocamento do Shape no sentido do eixo positivo do sistema de coordenada global e se for negativo, esse deslocamento será no sentido do eixo negativo do sistema de coordenada global.

A rotação é semelhante à translação, exceto pelo campo que é definido como `rotation` e que a rotação é especificada como um ângulo medido em radianos, logo podem também admitir valores positivos ou negativos, fornecendo a opção de se rotacionar um objeto para um lado ou para outro em relação a um eixo determinado.

Usando o campo `scale` do nó `Transform`, pode-se alterar a escala de um Shape e grupos de Shape para qualquer tamanho. Assim, o sistema de coordenadas local pode ter seu tamanho aumentado ou diminuído em relação ao sistema de coordenadas global. Em outras palavras, o tamanho original das unidades no mundo VRML é trocado por valores maiores ou menores dependendo do fator de escala. Fator de escala corresponde a um fator de multiplicação. Por exemplo, para construir uma árvore com a metade de seu tamanho original, utiliza-se um fator de escala 0.5, e com o dobro do seu tamanho, utiliza-se um fator de escala 2.0. O campo `scale` usa três fatores de escala, um valor para cada eixo. Para aumentar e diminuir a escala de um sistema de coordenadas sem deformá-lo, deve-se especificar o mesmo fator de escala nas direções  $x$ ,  $y$  e  $z$  [ANM97].

Ressaltamos, que VRML dispõe de um nó que cria um grupo de coordenadas especiais que é automaticamente rotacionado para ficar sempre de frente para o usuário. Esse nó é denominado `Billboard`, e é útil na inclusão de imagens 2D como recursos de aumento de realismo à cena, bem como facilitador da geração de cenas com árvores [CRC01].

Na referência [ANM97] mais detalhes destas transformações podem ser vistas, bem como exemplos de aplicação.

#### **4.2.5 Animações**

“Animação por computador” é o uso uma seqüência de imagens que, exibidas a uma determinada velocidade, fornece a sensação perceptiva de movimento. Esse conceito se baseia no fato do olho humano reter toda imagem por alguns instantes, fenômeno conhecido como *persistência da visão*. Dependendo da velocidade com a qual um conjunto de imagens é passado, podemos simular a sensação de movimento. Para obtermos esse efeito é necessário que as imagens sejam exibidas com uma velocidade mínima de dez quadros por segundo. Dependendo da qualidade pretendida, um minuto de animação requer entre 720 e 1800

imagens fixas, daí a dificuldade na criação de animações pela grande quantidade de imagens que o animador deve produzir. Com o intuito de amenizar esse fato e aumentar a produtividade dos artistas gráficos, os primeiros desenvolvedores de animações perceberam que podiam implementar seus projetos utilizando-se somente dos quadros mais importantes chamados *quadros-chave*, desconsiderando os quadros ditos *intermediários*. Atualmente, já existe um percentual considerável de ferramentas de animação capaz de gerar esses quadros intermediários automaticamente [AFC02] a partir de quadros chave. No caso de mundos VRML, a animação nativa é o resultado de alterar as propriedades vetoriais (tamanho, posição etc.) e materiais (cor, textura etc.) dos objetos de um mundo.

Existem alguns elementos básicos a levar em conta em toda animação: o número de participantes, a movimentação e a velocidade ou ritmo da cena.

Uma animação onde somente um elemento da cena será animado é bem diferente de uma onde existem vários elementos participantes a serem animados. Os objetos podem ter uma relação de dependência ou não, definindo um grau maior ou menor de complexidade na implementação da cena projetada.

A movimentação é aplicada aos objetos geométricos da cena, possibilitando esses objetos girar, ir de um lado para o outro, seguir um caminho preestabelecido e às vezes, produzir uma combinação de movimentos.

Os objetos, independentes ou não, têm uma velocidade própria. Esse ritmo deve ser previsto para cada objeto ou grupo de objetos de uma cena, no sentido de atingir os objetivos da animação.

A animação é um recurso que prende e chama a atenção do usuário e, se bem aplicada, é capaz de produzir efeitos interessantes, que podem ser o ponto chave para o sucesso de determinadas aplicações, tornando-as atrativas e interessantes. Na área de educação, por exemplo, já podemos encontrar aplicações que utilizam recursos de animação com o intuito de evitar distrações dos educandos.

Já há algum tempo, que a internet tornou-se um pólo de desenvolvimento de aplicações animadas, impulsionando cada vez mais o desenvolvimento de ferramentas de animação para a *web*, e VRML não ficou fora disso.

De acordo com o exposto, o princípio básico para realizar animações é a habilidade de mudar o estado do ambiente com o passar do tempo. Em VRML, isso significa poder alterar valores dos campos dos objetos, isto é, algumas das suas propriedades, em função do tempo.

Para modificar um campo de um objeto, é preciso enviar um *evento*, por meio de uma *rota*, para este campo. A maioria dos nós em VRML tem pelo menos uma definição *eventIn* e pode, assim, receber eventos. Eventos de entrada são mensagens enviadas por outros nós para modificar algum estado no nó receptor. Alguns nós também possuem eventos de saída (*eventOuts*), usados para enviar mensagens para outros nós, avisando os receptores que algum estado foi modificado no nó remetente [LFP02].

O envio de eventos de VRML segue uma seqüência de passos, embora a maior parte das animações possa omitir um ou mais passos. A Figura 19 mostra um diagrama do fluxo de eventos em uma animação.

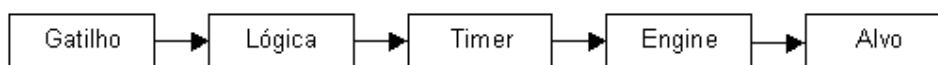


Figura 19: Fluxo de eventos em uma animação VRML [LFP02].

A Tabela 22 esclarece os passos ilustrados na Figura 19.

<b>Gatilho</b>	Gatilho é quase sempre um sensor que envia um evento quando o usuário executa uma ação em particular (início da animação, por exemplo);
<b>Lógica</b>	Envolve a realização de algum processamento sobre o evento enviado pelo gatilho antes de iniciar o <i>Timer</i> . Geralmente usado com nó <i>Script</i> , e desnecessária em animações simples.
<b>Timer (relógio)</b>	Este sensor gera eventos de tempo por um período determinado ou continuamente até que seja explicitamente interrompido.
<b>Engine (máquina de execução)</b>	Consiste de um nó <i>Interpolador</i> , mas pode incluir um nó <i>Script</i> para realizar qualquer tipo de tarefa que seja necessária;
<b>Alvo</b>	O navegador envia a saída da máquina de execução para um nó relevante na hierarquia da cena, cujos campos possam ser modificados de acordo com os valores da saída produzida, alterando o seu estado.

Tabela 22: Detalhamento dos passos de uma animação VRML [LFP02].

A rota referenciada no texto acima é tida como uma conexão entre um nó que gera um evento e o nó que recebe um evento, e a sua sintaxe é “ROUTE `NodeName1.eventOutName_changed` TO `NodeName2.set_eventInName`”.

`NodeName1` é o nome do nó que envia o evento, `eventOutName` é o nome do evento de saída, `NodeName2` é o nome do nó que recebe o evento e `eventInName` é o



nome do evento de entrada. Os nomes dos nós indicados na sintaxe acima precisam ter sido definidos antes no arquivo com DEF. A rota criada é válida para todas as instâncias do objeto criadas com USE, já que as cópias são apenas referências ao objeto original. Destacamos que rotas não são nós. A palavra-chave ROUTE é meramente uma construção sintática usada para estabelecer um caminho de mensagens entre nós através da estrutura da cena [LFP02].

O primeiro passo ilustrado na Figura 19, faz referencia a *sensores*. Sensores são nós que têm a capacidade de gerar eventos respondendo à ações do usuário (ProximitySensor, VisibilitySensor, TouchSensor, CylinderSensor, PlaneSensor, SphereSensor e o nó de agrupamento Collision) ou ao passar do tempo (TimeSensor). Estes são nós que “esperam” por um evento em particular para realizar alguma ação em resposta. Uma vez que um sensor tenha gerado um evento inicial, o evento é propagado através de quaisquer rotas para outros nós. Estes nós podem responder gerando eventos adicionais, e assim sucessivamente. Todos os eventos gerados têm o mesmo *timestamp* (tempo de execução) que o evento inicial (considera-se que todos ocorrem instantaneamente) [LFP02].

Além de sensores, VRML possui outro recurso para animações chamado interpoladores, que permitem incorporar animações quadro-a-quadro à cena. Basta prover descrições do objeto em alguns pontos críticos para que o interpolador faça todos os cálculos necessários para as descrições intermediárias, garantindo uma maneira compacta e eficiente de criar as animações [LFP02].

O nó Script é mais uma opção de animação em VRML. Ele permite utilizar rotinas escritas em alguma linguagem de programação compatível (como *JavaScript* ou *Java*) para realizar desde simples decisões lógicas até análises complexas de todos os eventos do ambiente, para então responder de maneira inteligente. Contudo, manteremos nossa aplicação centrada nos recursos exclusivos de VRML, sem recorrer a rotinas *Script* para implementação de nosso projeto [LFP02].

#### **4.2.6 Editores**

Sendo o arquivo VRML do tipo ASCII, tem-se a facilidade de gerar e editar esse tipo de arquivo em qualquer editor ou processador de textos. Contudo, encontramos disponível no mercado ferramentas de autoria que visam a diminuição dos esforços de criação de mundos virtuais, pois a edição do código de um arquivo VRML num editor de texto é braçal e traz uma série de desvantagem, dentre outras a dificuldade de identificação de erros na sintaxe do

código, já que essa linguagem não dispõe de compilador, apenas é interpretada no navegador, é a mais relevante.

Uma avaliação de cunho histórico nos permite dizer que VRML está passando por uma evolução semelhante ao que ocorreu com HTML, uma vez que não existe hoje a necessidade de criarmos “à mão” o código HTML de uma *webpage*, visto que se dispõe de várias opções de software de autoria e alguns com recursos WYSIWYG (*What You See Is What You Get* – o que você vê é o que você obtém) que permitem a visualização em tempo de projeto. Acreditamos que deve ser o que vai acontecer com VRML, já que podemos encontrar algumas ferramentas dessa natureza na internet e a sofisticação é crescente [LFP02].

Verônica Teichrieb, em sua dissertação de mestrado [VET99], propõe uma classificação para as ferramentas de autoria dividindo-as em três categorias:

- 1) **Ferramentas de autoria para modelagem de avatares:** permitem apenas a modelagem de avatares, que poderão ser importados posteriormente para algum mundo virtual através de outra ferramenta de autoria ou manualmente;
- 2) **Ferramentas de autoria para modelagem de objetos tridimensionais:** permitem a modelagem de objetos tridimensionais, porém não permitem a montagem simultânea de cenários;
- 3) **Ferramentas de autoria para modelagem de objetos e mundos tridimensionais:** permitem tanto a modelagem de objetos tridimensionais quanto a montagem de mundos virtuais.

Algumas ferramentas atualmente encontradas no mercado mostram-se eficientes para a realização de uma grande quantidade de tarefas, tais como: modelagem geométrica, alteração dos modificadores, definição de animações e suporte à multimídia. Entretanto, as ferramentas de autoria, navegadores e *plug-ins* ainda apresentam alguns problemas de natureza técnica que merecem atenção como a incompatibilidade entre ferramentas e rejeição de código que use palavras acentuadas ou com *cê-cedilha*, em alguns casos.

Devemos salientar que ferramentas profissionais de autoria permitem gerar cenas com muito mais detalhes do que as produzidas em editores comuns e disponibilizam uma vasta variedade de extensões que podem ser convertidas para VRML, contudo geram um problema no tamanho do código, pois esses serão bem superiores aos escritos diretamente em ASCII, uma vez que essas ferramentas empregam uma precisão numérica maior do que a necessária,

na maioria das aplicações. Como exemplo de ferramentas profissionais podemos citar: *3D Studio Max*, *Maya*, *Caligari True Space* e *V-Realm Builder*.

Como nosso projeto não dispõe de recursos que viessem a permitir uma avaliação voltada para ferramentas profissionais, limitaremos nossa avaliação a editores verdadeiramente de VRML e que tenham uma versão gratuita educacional ou que possuam uma versão *shareware* (versão com tempo de gratuidade pré-definido). Nessa perspectiva escolhemos o VRMLPad versão 2.0 (da *Parallel Graphics* [VPG02]) e o *Hiperion* versão 1.5 (da Arandu Sistemas [ASH02]). Esta avaliação será realizada no tocante às funcionalidades relevantes para a criação de componentes de realidade virtual para mundos como o aqui considerado. Será levada em conta a interface, facilidade de aprendizagem da ferramenta, facilidade da visualização dos resultados, facilidade da localização da mensagem de erro, bem como o tamanho dos arquivos gerados.

Para essa avaliação simulamos primitivas geométricas de VRML e apresentaremos nossas conclusões na Tabela 23. Lembramos que o autor desconhecia as ferramentas em avaliação, fato que garante uma certa imparcialidade nos resultados apresentados.

	<b>VRMLPad versão 2.0</b>	<b>Hiperion versão 1.5</b>
<b>Interface</b>	Disponibiliza uma barra de ferramentas em cima e divide o restante da tela em duas partes, a primeira para registro da hierarquia dos nós e a segunda para edição do código VRML. Ver Figura 20(a).	Apresenta uma interface mais amigável, com uma barra de ferramentas contendo os agrupamentos nós e o restante da tela está dividido em duas partes, a primeira para gerar o código VRML e a segunda disponibiliza o <i>plug-in</i> instalado na máquina. Ver Figura 20(b).
<b>Facilidade de aprendizagem</b>	As duas ferramentas exigem um conhecimento considerável da linguagem VRML, não apresentando nenhum dos recursos comumente encontrados em ferramentas do tipo WYSIWYG. Contudo, se uma ferramenta dispõe de uma documentação que venha a favorecer o entendimento do uso de seus recursos, com certeza essa documentação tende a abreviar o tempo dispensado a sua aprendizagem.	
	Em algumas telas do menu ajuda, dispõe-se de imagens que auxiliam na visualização dos recursos de modelagem disponíveis nesse editor e um texto com informações variadas de como lidar com o editor. Deixa a desejar nos exemplos fornecidos.	Não dispõe de um apelo visual que facilite o uso da ferramenta, contudo é bem mais objetivo nas suas colocações. Permite desenvolver trabalhos nas versões 1.0 e 2.0 de VRML. Seu recurso de ajuda traz as informações necessárias sobre a linguagem, de forma sucinta e simples, além de dispor de alguns exemplos que, quando implementados, são muito interessantes.
<b>Visualização do resultado</b>	Esse editor, como descrito no item <b>Interface</b> , não dispõe na sua tela de um visualizador dos projetos que estão sendo executados (Figura 20(a)). Tem um ícone na barra de ferramentas que aciona o navegador padrão que deve possuir um <i>plug-in</i> .	A Figura 20(b) é uma afirmação da existência do visualizador, que funciona como descrito no item interface. Vale ressaltar que como esse editor permite trabalhos nas duas versões de VRML, ao inicia-lo vai exibir uma mensagem de erro se não existirem <i>plug-ins</i> das versões referenciadas.
<b>Facilidade na localização das mensagens de erro</b>	Quando da edição das linhas de código de objeto virtual, esse editor vai enumerando lateralmente as linhas editadas, o que facilita sua localização.	Esse editor não dispõe do recurso de enumeração das linhas em edição.
<b>Tamanho dos arquivos gerados</b>	Simulamos objetos com as mesmas características nos dois editores e obtivemos valores iguais para os arquivos gerados.	

Tabela 23: Tabela com os resultados da avaliação dos editores *VRMLPad* e *Hiperion*.

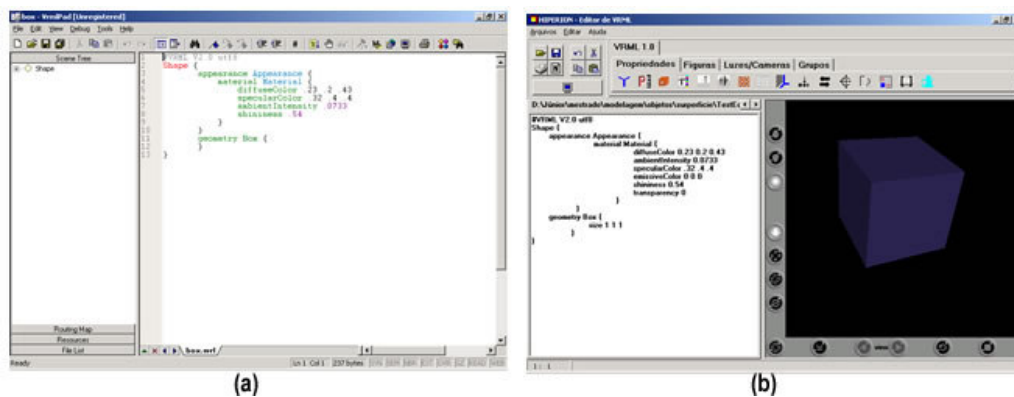


Figura 20: (a) Interface do editor *VRMLPad* e (b) Interface do editor *Hiperion*.

A definição de utilização de um editor VRML, assim como qualquer outra ferramenta, se dá a partir das necessidades do projetista. Comparando as duas ferramentas analisadas: se o interesse estivesse voltado para um editor que disponibilize a visualização do projeto na própria tela inicial, então a escolha estaria voltada para o *Hiperion*; se o recurso mais desejado fosse um enumerador de linhas de código, então a solução estaria voltada para o *VRMLPad*. Cada aplicativo tem suas potencialidades e cabe ao usuário definir a solução mais pertinente, sendo, no caso de VRML, até mesmo o bloco de notas uma plataforma potencialmente adequada.

Com o fechamento desse capítulo, estamos de posse das tecnologias necessárias para a modelagem em Realidade Virtual dos componentes do cenário da Batalha do Jenipapo, usando VRML. Desse modo, no capítulo seguinte estaremos focando a construção da realidade sintética objeto dessa dissertação.

## Capítulo 5: Componentes do Mundo

O mundo a que se refere o título é um espaço virtual composto de cenários e objetos inseridos em um ambiente tridimensional. Entenderemos os cenários como os locais virtuais onde estarão inseridos os objetos. Como exemplo podemos citar: uma sala, um campo de futebol, um edifício ou até mesmo a simulação do universo. Esses cenários podem estar conectados a outros mundos menores, que podem ser denominados de micromundos, os quais são agregados com o intuito de incorporar realismo às cenas ou adicionar objetos. Já os objetos são figuras geométricas tridimensionais que possuem propriedades, dentre as quais podemos citar forma, tamanho, cor e textura.

Nesse projeto, classificaremos os objetos em estáticos ou dinâmicos. Serão definidos como estáticos quando não houver translações e/ou rotações do sistema de eixos locais em relação ao sistema de referência global, e como dinâmicos quando houver translações e/ou rotações do sistema de eixos locais em relação ao sistema de referência global. Nas seções que segue discutiremos mais sobre nossos cenários e objetos.

Retornando a fala sobre os cenários, alertamos que não há uma ordem sequencial explícita de navegação pelos cenários, pois essa navegação depende muito das escolhas do usuário, caso o mundo projetado não tenha sido construído com limitações espaciais para o visitante. Outras formas de controle de navegação podem ser utilizadas pelo usuário. A primeira utiliza-se do conceito de *Avatar* e a outra do conceito de *Agente*. Conceitua-se *avatar* como a representação física de um usuário dentro de um mundo virtual, enquanto que o conceito de *agente* ainda é alvo de muita controvérsia entre pesquisadores, como afirma Wooldridge e Jennings citado em [AFA99]. Alguns pesquisadores acharam por bem limitar o conceito afirmando que *agentes* são sistemas de computador que possuem propriedades de autonomia, habilidade social, reatividade e pró-atividade; enquanto outros adicionam ao conceito, estados mentais humanos como conhecimento, convicção, intenção e emoção [VET99]. Contudo, não aprofundaremos esses conceitos visto que não há pretensões, a priori, de implementações dos mesmos.

### 5.1 Modelo Numérico do Terreno

As ferramentas computacionais de visualização utilizadas na área de geoprocessamento, além de caras, na medida em que evoluem exigem um esforço computacional cada vez maior. Para piorar essa situação, essas ferramentas em geral não oferecem ao usuário uma boa navegabilidade nos modelos tridimensionais gerados e, nas

atuais condições de tráfego que se encontra a *web*, é praticamente inviável pensar em dispor de uma modelagem CAD tridimensional na rede. A indústria de software voltada para aplicações de modelagem digital de terreno precisa absorver o paradigma da visualização 3D interativa (ver [MCA99b] e [WAB99]).

Dentro do “cenário” descrito, a indústria 3D tem disponibilizado algumas opções tecnológicas que já oferecem algumas dessas características desejáveis, dentre as quais encontra-se VRML. Essa linguagem de descrição de cenas, estudada na secção 4.2, permite a criação e visualização de cenários 3D interativos na *web*. Por conseguinte, construímos nossa modelagem em VRML associada à tecnologia GPS e ao software acadêmico *Surfer*.

Neste caso, o processo de criação do modelo matemático da superfície envolvida, que será usado como cenário desse projeto, seguiu o procedimento: primeiro foram coletadas manualmente coordenadas espaciais da região do rio Jenipapo; de posse desses dados, utilizamos o software *Surfer* para realizar a interpolação dos dados coletados; para finalizar, extraímos a matriz numérica do arquivo `.grd` gerado para ser usada no arquivo `.wrl` a ser criado com o nó *ElevationGrid*, estudado na secção 4.2.3. Esse modelo serviu de base cenográfica para a construção do mundo virtual. Ratificamos que essa proposta não está fundamentada nos princípios metodológicos exigidos em um mapeamento cartográfico, por isso, não recomendamos o uso do procedimento aqui apresentado para nenhum fim de natureza cartográfica. Contudo, neste trabalho mostra-se como uma boa solução para criação da base cenográfica das animações em VRML da Batalha do Jenipapo.

Para a coleta de dados desse trabalho usamos o receptor GPS eTrex, produzido pela GARMIN, que dispõe dos seguintes recursos [TREX01]:

- **Waypoints:** Ferramenta para marcação, através de ícones, de até quinhentos pontos com nomes e símbolos gráficos diferentes, no terreno;
- **Track Log:** Traçado automático de até dez rotas; permite que as trajetórias sejam refeitas em ambas as direções;
- **Rotas:** permite que se navegue até cinquenta *waypoints* em seqüência;
- **Trip Computer:** Computador de bordo, que informa a velocidade atual, a velocidade média, a velocidade máxima, a direção de movimentação, a altitude, os horários do nascer e do pôr do sol, etc;
- **Datums:** mais de 100;
- **Formatos:** Lat/Lon, UTM/UPS, MGRS, Maidenhead e outros;
- **Canais:** 12 canais paralelos;

- **Taxa de atualização:** 1 segundo (contínuo);
- **Antena:** Embutida;
- **Interfaces:** NMEA 183, RTCM 104 (para correção DGPS) RS-232 para interface com PC.

As opiniões convergem para o desempenho superior no emprego do GPS para trabalhos planimétrico quando comparado com outros métodos de levantamento geodésico, mas muitos apologistas dessa tecnologia reservam seu emprego para levantamentos altimétricos [AMA99]. Contudo, vários estudos de caso já foram realizados na área de modelagem digital de terrenos com GPS, onde se têm registros aceitáveis de resultados altimétricos no Brasil. Dado que esse trabalho não trás nenhum objetivo que exija maior acuidade de seus resultados, não há motivos que justifiquem o abandono desses dados numa aplicação VRML, visto que é uma excelente oportunidade para averiguar se os resultados obtidos, usando essa tecnologia, apresentam-se satisfatórios para aplicações associadas ao nó *ElevationGrid* de VRML.

No decorrer do levantamento estático *in loco* dos pontos com o GPS eTrex, a configuração do aparelho deve está ajustada para o sistema de projeção UTM e para o sistema geodésico SAD-69 (*South American Datum – 1969*), que utiliza a elipsóide UGGI-67 comentado na secção 4.1.3 . Para as demais configurações podem ser mantidos os ajustes padrão.

A superfície da região próxima ao rio Jenipapo é praticamente plana, visto que não existe na região nenhum acidente geográfico que empeça sua visualização radial a uma distância apreciável, portanto, a região sinuosa é o rio. Assim sendo, selecionou-se uma área piloto numa extensão apreciável do rio, de um lado ao outro. Não há interesse na determinação da área objeto do trabalho, senão dos pontos considerados estratégicos num levantamento topográfico nessa área. Foi feita a coleta de 117 pontos que se encontram disponíveis no anexo I. No anexo II, apresentamos o conjunto de quarenta pontos que foram usados na modelagem, compreendendo as regiões mais próximas ao rio, onde supostamente ocorreu o evento historiado. Uma quantidade maior de pontos geraria um número maior de polígonos, aumentando desnecessariamente o peso do arquivo VRML a ser gerado. É conveniente lembrar que o objetivo desta modelagem é ilustrar de forma convincente o cenário da batalha, e não fazer uma descrição realista minuciosa do mesmo.

Entretanto, para simular uma superfície de um terreno em VRML, é necessário que o conjunto de pontos forme uma grade regular. Como os pontos coletados não se enquadram



nas condições exigidas, a solução é fazer com que essa condição seja alcançada. Para tornar essa grade irregular em uma grade regular, utilizou-se do recurso de interpolação padrão do Surfer, denominado *Triangulation w/ Linear Interpolation*. A interpolação é um processo matemático de estimativa de valores de um atributo em locais não amostrados, a partir de pontos amostrados na mesma região. A Figura 21 ilustra uma interpolação em uma amostra de pontos irregulares.

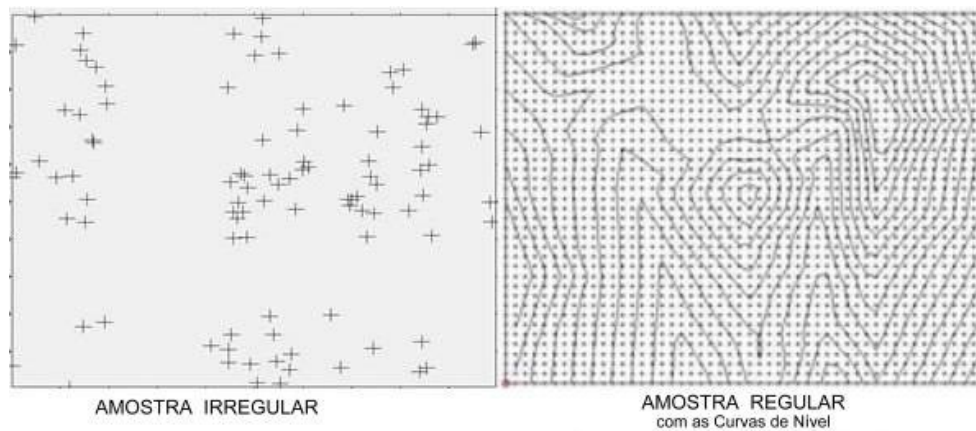


Figura 21: Conversão de uma amostra irregular para regular.

Para realizar nossa interpolação, contaremos com uma versão educacional gratuita do software Surfer 6.01 adquirida em [SAS02]. Para iniciar, editamos um arquivo `.dat` com pontos coletados. Esse arquivo pode ser construído com os recursos do próprio software ou pode ser editado em uma planilha eletrônica qualquer, tal que as colunas da tabela obedeçam a seqüência  $x$ ,  $y$  e  $z$ . Em seguida, gerou-se o arquivo `.grd` através da função *Data* disponível no menu *Grid*, usando o arquivo `.dat` editado. Esse é o arquivo binário que contém os dados após os cálculos de interpolação que deve ser convertido para ASCII no formato `out.grd`, que permitirá o acesso à matriz numérica do terreno que deverá ser implementada no arquivo VRML.

Finaliza-se a criação do modelo numérico do terreno em VRML, implementando a matriz numérica adquirida no *Surfer* no campo *height* de *ElevationGrid*. O modelo passa a ser descrito por uma lista de alturas, correspondendo cada uma ao valor em cada interseção linha versus coluna da grade. É importante frisar que a localização dos vértices no espaço 3D são definidas pelas medidas de altura do campo *height* e pelos valores dos campos *xDimension* e *zDimension*. Lembrando que *xDimension* e *zDimension* determinam número de vértices na direção de seus respectivos eixos e o campo *height* é a lista de alturas para os vértices da grade.

A cor de qualquer cenário ou objeto VRML é cinza, caso não seja especificada uma cor para o cenário ou objeto modelado. A Figura 22 apresenta uma visão em perspectiva do resultado final da modelagem numérica do terreno empregando quarenta pontos de entrada.

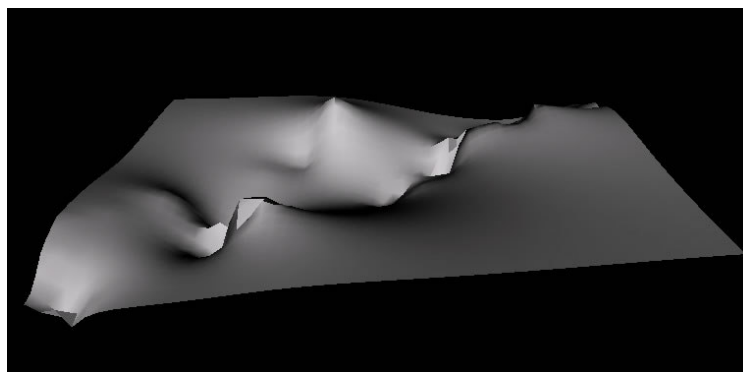


Figura 22: Visualização do modelo numérico do terreno.

O processo de interpolação sempre é acompanhado de perdas de dados, pois se trata de uma estimativa de valores numéricos não amostrados. Em virtude disso, faz-se uma análise visual do modelo gerado, e se houver necessidade, decidi-se por um ajuste no modelo. Para realizar esse ajuste, o *Surfer* dispõe da função *Grid Nodo Editor* que permite mudar os valores de  $y$ , acomodando as curvas de níveis e permitindo atingir resultados que tragam maior realismo ao cenário que se está projetando.

## 5.2 Atores

Nossa compreensão de atores não estará ligada à modelagem de agentes inteligentes, que é uma das áreas de interesse na pesquisa de Inteligência Artificial, denominados tecnicamente de Atores Sintéticos. Em vez disso, optamos por um conceito que não imponha características complexas aos objetos a serem modelados, pois o uso de um conceito mais simples em ambientes virtuais constitui-se numa boa metáfora para simulação computacional. Estamos cientes das potencialidades do conceito de agentes e certos de que o mesmo também traria limitações, dificuldades e atrasos na implementação, dada a complexidade que apresenta esse conceito, contudo viabilizaria uma interação mais sofisticada entre atores e usuários, na medida em que permitisse usuários assumirem identidades físicas de objetos contidos no cenário da história (real ou ficção), propiciando maior grau de realismo e dinamismo à simulação. Entretanto, não pretendemos em momento algum atingir esse nível de abstração, até por que estamos lidando com uma simulação histórica, não com um produto voltados para a área de entretenimento (jogos de computadores).

Centramos nosso conceito na analogia de nosso objeto de estudo com uma cena desenvolvida para um filme do cinema mudo, onde nossos atores, que são objetos dinâmicos, representam os personagens da história a ser contada. É uma atitude conveniente, visto que as habilidades dos atores estão voltadas a atender as características dos personagens envolvidos na história a ser contada. Assim, atores são objetos dinâmicos que, imersos num cenário virtual, desempenham o papel de “agentes” da história. Dentro da história foco deste trabalho podemos isolar dois grupos de personagens: os contra a independência (portugueses) e os a favor da independência (brasileiros e patriotas), que serão nossos atores.

Persistindo na analogia feita, os atores irão ser colocados no mundo virtual, no qual eles têm uma representação gráfica e podem mover-se a cada instante de tempo. Cada ator no palco executa o seu papel e, como resultado final, tem-se um ambiente onde as ações ocorrem virtualmente de forma paralela.

De forma geral, nossos atores são uma representação caricaturada de uma forma humana composta de cabeça, pescoço, tronco, braços e pernas, como podemos comprovar na Figura 23.

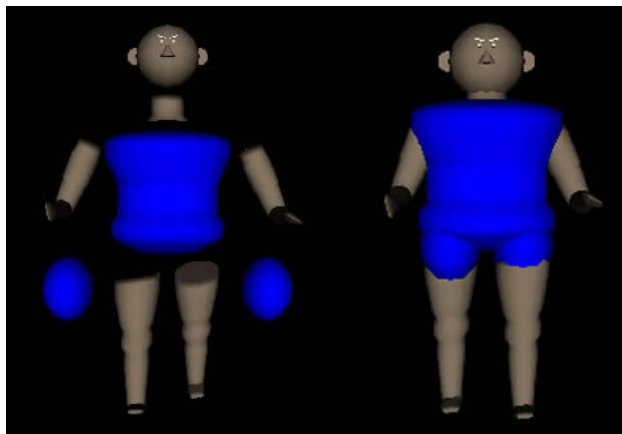


Figura 23: Representação caricaturada de uma forma humana.

A cabeça modelada no ator é resultado de um projeto do grupo de Realidade Virtual e Multimídia da UFPE, que investiu na caracterização de feições humanas modeladas em VRML [FKE01], de onde foi isolada uma feição que estivesse mais adequada para apresentar os atores no momento histórico em evidência.

Exceto pelas esferas achatadas que foram usadas como suporte para a articulação das pernas, modeladas com o nó *Sphere*, o pescoço, o tronco, os braços e as pernas foram construídos com o nó *Extrusion*. No tronco houve a necessidade de se criar uma inclinação, semelhante a um halterofilista, para que se pudessem encaixar os braços.

Os personagens principais de nossa história (portugueses e patriotas) estarão sendo representados pelo objeto ora mostrado, em que os portugueses usarão o tórax azul e os brasileiros usarão o tórax verde, para que seja possível a diferenciação desses personagens em nossa aplicação. A cor mais amarronzada do restante do corpo lembra uma pele maltrada pelo sol escaldante da região piauiense.

Para implementar a animação dos atores na superfície sintética modelada para o cenário da Batalha do Jenipapo são usados dois interpoladores: `PositionInterpolator` e o `OrientationInterpolator`. O `OrientationInterpolator` vai realizar animações lineares alterando a posição dos atores de acordo com a lista de posições fornecida, especificada no campo `keyValue`. Os valores interpolados são as diferentes posições que o objeto deve assumir nas frações de tempo correspondentes listados no campo `key`. O `OrientationInterpolator` vai realizar as rotações nos atores, caso contrário, eles manteriam sempre a orientação do início da animação. Para realizar essa tarefa, devemos informar o eixo de rotação e o ângulo desejado. Para ilustrar a descrição, abaixo é apresentada uma pequena parte do código usado na implementação VRML objeto desse trabalho.

```
DEF Port1Mover PositionInterpolator {
  key [0.00, 0.09, 0.18,
       0.27, 0.36, 0.45,
       0.54, 0.63, 0.72,
       0.81, 0.90]
  keyValue [
    90.0 5.5 70.0, 90.0 5.8 65.0, 90.0 6.2 60.0,
    90.0 6.7 55.0, 90.0 7.3 50.0, 85.0 6.4 53.0,
    85.0 5.9 56.0, 82.0 5.3 58.0, 79.0 4.8 61.0,
    76.0 4.3 64.0, 74.0 3.9 66.0]
}
DEF Port1Orit OrientationInterpolator {
  key [0.00, 0.09, 0.18,
       0.27, 0.36, 0.45,
       0.54, 0.63, 0.72,
       0.81, 0.90]
  keyValue [
    0.0 1.0 0.0 3.141, 0.0 1.0 0.0 3.141, 0.0 1.0 0.0 3.141,
    0.0 1.0 0.0 3.141, 0.0 1.0 0.0 5.498, 0.0 1.0 0.0 5.498,
    0.0 1.0 0.0 5.498, 0.0 1.0 0.0 5.498, 0.0 1.0 0.0 5.498,
    0.0 1.0 0.0 5.498, 0.0 1.0 0.0 5.498,
  ]
}
```

Mas, quantos objetos devem ser alocados na cena para atender os propósitos do trabalho?

Na história dessa batalha existe muita controvérsia acerca do número de combatentes envolvidos, e seria inviável fazer a modelagem com uma proporção de um para um. Nos balizaremos pela Tabela 24, por parecer mais realista historicamente, para definir uma proporcionalidade mais adequada e que atenda nossas necessidades.

	<b>Portugueses</b>	<b>Brasileiros</b>
<b>Contendores</b>	Forças sob o comando do Coronel João José da Cunha Fidié, então Governador das armas do Piauí.	Forças sob o comando do Capitão Luiz Rodrigues Chaves.
<b>Composição das Forças</b>	Militares portugueses e brasileiros recrutados.	Trabalhadores das fazendas, lavradores, vaqueiros, a população mestiça, cabocla, mulata, soldados cearenses e maranhenses.
<b>Características das Forças</b>	Linhas bem armadas e municadas.	Agrupamentos sem nenhum preparo e armados com: espingardas velhas, espadas, chuços, machados, foices, dentre outros apetrechos utilizados nas fazendas.
<b>Distribuição das Forças</b>	1600 soldados	Aproximadamente 500 soldados cearenses e 1300 a 1400 piauienses e maranhenses.
<b>Total das Forças</b>	1600 combatentes	Cerca de 2000 combatentes

Tabela 24: Quadro resumo da composição das forças da Batalha do Jenipapo (ver [PeJC75] e [DIA96b]).

Observando o item total das forças, optaremos pela proporção de 1 para 200, ou seja, um objeto representará duzentos combatentes. Essa opção se justifica em função dos testes realizados com as animações. Usando uma proporção de 1 para 100, quando colocamos doze atores em movimento em nosso cenário, era perceptível um aumento do tempo de execução para carregar a aplicação.

As coordenadas das animações foram determinadas com a ajuda de elementos auxiliares (esferas coloridas) para aferir a adequação das mesmas.

### 5.3 Componentes Adicionais

Será implementado apenas um componente adicional na simulação, com o intuito de compor uma caracterização do local onde ocorreu esse episódio histórico, a carnaubeira. A utilização de um modelo que represente a vegetação preponderante do local pretende propiciar um maior grau de realismo nas cenas, ademais, os usuários que conhecem essa realidade histórica inclinam-se a uma identificação apurada dos elementos reais modelados,

tornando a modelagem da carnaubeira uma opção de convencimento dentro da cena. Uma modelagem dessa natureza só tem a contribuir com o cenário a ser apresentado ao público.

A modelagem de uma vegetação pode implicar numa implementação muito complexa de faces voltadas para todas as direções, traduzindo-se num trabalho braçal para criá-las e impondo um gasto de tempo maior para baixar uma aplicação dessa natureza. E como já mencionamos que a intenção é desenvolver uma modelagem que se traduza numa visão emblemática da Batalha do Jenipapo, não há necessidade de implementações que cheguem a tece detalhas ao nível de folha nas árvores, o que se deseja é obter uma aparência que seja consistente com o modelo real [DKM97].

Poderíamos propor essa simulação recorrendo a formas que lembrassem uma árvore de natal, construída combinando o nó `Cylinder` com diversos nós `Cone`, ou com formas básicas assemelhando-se a um “pirulito”, que em seguida poderia ser melhorada com o mapeamento de texturas. Contudo, optamos por usar uma parte do código de uma aplicação `VRMLScript` de um curso de VRML ministrado no Sibgrapi 97 realizado em Campos do Jordão [CRC01], pois a mesma apresenta grande semelhança com uma carnaubeira e foi modelada usando o nó `Billboard`, que rotaciona o objeto modelado para que sempre fique de frente para o visitante. A modelagem da referencia [CRC01], segue em parte o raciocínio da segunda opção sugerida para a confecção da modelagem das árvores.

Nossa árvore é composta de superfícies transparentes e texturas com suporte a transparência (.PNG). As texturas mencionadas são usadas para tornar a modelagem semelhante à árvore de origem imprimindo realismo às palmeiras e as sombras, como podemos confirmar na Figura 24.



Figura 24: Modelagem das carnaubeiras.

É importante frisar que nossas carnaubeiras virtuais são definidas como objetos dinâmicos, pois existe rotação do sistema de coordenadas local em relação ao sistema de coordenadas global, em acordo com nossa definição.

As principais componentes de um mundo de realidade virtual em VRML são os elementos geométricos, as texturas e outras mídias (texto, som e vídeo), os pontos de vistas e rotas de navegação, as animações, as interações e a comunicação com outras entidades de software (scripts etc.). Este trabalho empregou extensivamente elementos geométricos e animações para reconstruir o cenário geográfico da Batalha do Jenipapo, utilizando animações nativas (sem chamadas a programas externos) para ilustrar as principais ações que definem esse evento histórico. As texturas foram utilizadas apenas para fornecer realismo às árvores de carnaúba, planta típica da região de Campo Maior. A única interação permitida ao usuário é o “disparo” do início das simulações, feito através de um sensor de toque. A navegação é por conta da cada visitante, e não foram empregadas outras mídias dentro do mundo.

Neste capítulo juntamos os dados coletados no GPS, os fragmentos históricos e VRML para modelar a superfície e os objetos que juntos compõem o cenário da Batalha do Jenipapo. A seguir, descreveremos o *site* que integrará a modelagem e a historiografia da Batalha do Jenipapo, descritas em capítulos anteriores.

## Capítulo 6: Integração das Informações

As vantagens das aplicações *web* vão desde argumentos associados à facilidade de acessibilidade até a independência de plataforma, visto que as aplicações podem ficar disponíveis a uma grande quantidade de usuários e que qualquer plataforma pode disponibilizar essas aplicações. Resumidamente, uma das palavras de ordem que impulsionou o desenvolvimento de aplicações no meio eletrônico foi Integração.

No mundo *web* sempre se está falando de integração, pois sua crescente popularidade está associada ao aumento substancial de novas tecnologias que permitam maior flexibilidade e dinamismo desse mundo eletrônico.

As tecnologias básicas, como HTTP (*HyperText Transfer Protocol*) e HTML (*HyperText Markup Language*), ainda possuem algumas limitações dentre as quais vamos destacar a falta de controle sobre a aparência da interface, a lentidão de realimentação (*feedback*) e o fato do protocolo HTTP não oferecer garantias quanto à taxa de transmissão dos dados [RMR02].

HTML deixa a decisão sobre a visualização da aparência da interface a cargo dos navegadores, causando diferenciações na geração das UIs (*User Interface* - interface com o usuário) em navegadores diferentes.

As interfaces na *web* só mudam de estado após a conexão com o servidor e a realização do processamento necessário. Esse processo demora bem mais do que o usuário está acostumado em interfaces fora da *web*. A comunicação é sempre iniciada pelo cliente, não havendo suporte para a comunicação iniciada pelo servidor, nem para a comunicação cliente/cliente ou servidor/servidor. Isso dificulta a implementação de aplicações que exigem comunicação ponto-a-ponto ou um papel mais ativo do servidor.

HTTP não fornece garantias quanto à taxa de transmissão, o que pode comprometer aplicações que necessitam de transmissão contínua de dados, como áudio e vídeo, presentes nas UIs mais sofisticadas.

Apesar dessas e de outras limitações não citadas, modificações nas atuais tecnologias e novas opções tecnológicas têm surgido para superá-las, proporcionando o desenvolvimento de aplicações relativamente sofisticadas na *web*.

Dentro dessa discussão a realidade virtual para a *web* pode ser centrada na linguagem VRML, por ser este um novo paradigma para a construção de interfaces na *web* ao propor



novas formas de apoio à interação. VRML pode ser vista como uma espécie de HTML tridimensional [RMR02].

O presente capítulo está voltado à apresentação dos elementos que foram escolhidos para a montagem da *webpage* de divulgação histórica, que servirá de meio pelo qual disponibilizaremos a simulação construída em VRML da Batalha do Jenipapo.

Antes de iniciarmos uma descrição da construção da nossa *webpage*, vamos levantar alguns questões acerca de imagens e simbolismo, pois como afirma Carlos Byington [CBY98] “*tudo que entra no campo psíquico se torna símbolo, podemos dizer que nossa espécie, mais do que racional, é simbólica*”. Como exemplo podemos citar as inscrições rupestres feitas no tempo das cavernas, onde o homem manifestava sua luta pela sobrevivência através de imagens simbólicas construídas a partir de tintas feitas de sangue e ervas. Essas manifestações pitorescas devem ser também entendidas como um manifesto artístico realizado por caçadores, que muitas vezes faziam parte de rituais de magia por meio do qual procurava-se interferir na captura dos animais que fossem representados através dessas imagens.

Com o passar do tempo a comunicação através da arte passou por diversos aprimoramentos permitindo aos seus criadores a manifestação das condições sociais e políticas da época por eles vivenciadas. Na era romana, por exemplo, a Igreja recorria à pintura e à escultura para narrar histórias bíblicas ou para comunicar valores religiosos aos fiéis. Com o passar do tempo, a imagem deixa de ser criada para atender caprichos burgueses, e torna-se um meio de comunicação. Assim, o desenvolvimento de novas técnicas e tecnologias de criação de imagens, fontes, cores, dentre outros ícones da arte visual, traduziu-se em mudanças nas mais diferentes áreas do conhecimento quando se associou ao mundo eletrônico. Portanto, é salutar tecer alguns comentários acerca da Psicologia da Imagem, Mensagem Visual, Arte/Computação Gráfica e Identidade Visual [MRW02].

Em uma imagem podemos embutir significados ou sensações que tecnicamente não tem nenhuma ligação explícita com a complexidade emblemática produzida, mas com a referência simbólica mental do receptor. Por exemplo, qual a sensação do consumidor ao ver a logomarca da Coca-Cola? Essa logomarca traduz-se na sensação de consumir uma bebida gelada, uma vez que temos associado a ela o sentimento de alívio ao estímulo sede. No caso de nossa aplicação, as imagens devem atender as expectativas de um público interessado na historiografia do Combate do Jenipapo, tornando-se um dos pontos de maior dificuldade a ser superado nesse trabalho, visto que na literatura específica não dispomos de imagens emblemáticas dos fatos historiados. Por isso, contamos com o apoio do artista Raimundo

Nonato de Sousa Filho, natural de Campo Maior que se encontra cursando o nono período de Educação Artística (Habilitação em Desenho) na Universidade Federal do Piauí. Para a confecção das imagens desse trabalho adotou-se matérias experimentais, explicitamente para o caso da tinta foi usada uma junção de tinta para pintura de paredes externa, comumente conhecida como PVA, com tinta nanquim (material de grande uso em projetos arquitetônicos e desenhos voltados para artes). A escolha baseia-se na experiência do artista mencionado que tem tido excelentes resultados no uso dessa composição. As ilustrações foram feitas em papel vergê em formato A4, buscando manter o máximo de fidelidade às informações historiadas no Capítulo 2.

Vale ressaltar, que as imagens utilizadas têm que possuir propósito e finalidade bem definidos, pois as mesmas não podem ser apenas belas composições de cores. As imagens têm que ser complemento das informações que se pretende fornecer. Se houver ressonância entre imagens e informação, estaremos garantindo o máximo da mensagem visual.

A arte associada à computação gráfica trouxe ao mercado eletrônico uma gama de novas ferramentas de desenvolvimento onde a limitação está apenas na capacidade do desenvolvedor. Empresas como *Adobe*, *Macromedia* e *Corel* tem promovido uma verdadeira revolução na área de *design* para *web*. As ferramentas utilizadas para criar nossa *webpage* são o *FrontPage* (do pacote Office da Microsoft – um editor WYSIWYG da linguagem HTML), o *Photoshop* (da Adobe – software de edição de imagens) e o *iPhoto Express* (da *Ulead Systems, Inc* – usado para digitalização e que dispõe de funções básicas de edição de imagens), uma vez que o Centro de Informática da UFPE conta com licenças dos dois primeiros softwares mencionados e o terceiro é distribuído junto com o scanner que foi usado para digitalização das imagens. Ratificamos que as soluções em software e hardware escolhidas para serem usadas nesse trabalho, justificam-se por serem as ferramentas de maior usabilidade, disponibilidade, facilidade de acesso e por não acarretar custos ao desenvolvimento do trabalho.

A Identidade Visual está associada à consistência visual revelada através da tipografia utilizada, posicionamento dos menus, botões, molduras e formatação dos textos. Nessa perspectiva temos que garantir um padrão de riquezas visuais, mantendo na medida do possível a relação entre textual/imagem constante. Razão esta difícil de ser mantida nesse trabalho, em virtude do local e período historiado. Todavia, levando em conta o tempo e os recursos historiográficos disponíveis, o desvio dessa relação é aceitável.

Agora iniciaremos a descrição organizacional de nossa *webpage* apresentando os elementos básicos de sua construção, com o intuito de finalizar o atendimento dos objetivos propostos para esse trabalho.

É comum em documentos dessa natureza encontrarmos um mapa que auxilie o usuário em sua navegação, mas por se tratar de uma aplicação de objetivos muito específicos, e visto que a mesma não busca oferecer informações diversificadas, mas sim disponibilizar informações de cunho histórico e oferecer aos internautas a oportunidade de vivenciar uma experiência em RV não-imersiva sobre a Batalha do Jenipapo, julgamos não haver necessidade de dispor essa função em nossa *webpage*, contudo usaremos nesse texto a hierarquia construída, apresentada na Figura 25, para melhor orientação da descrição que segue.

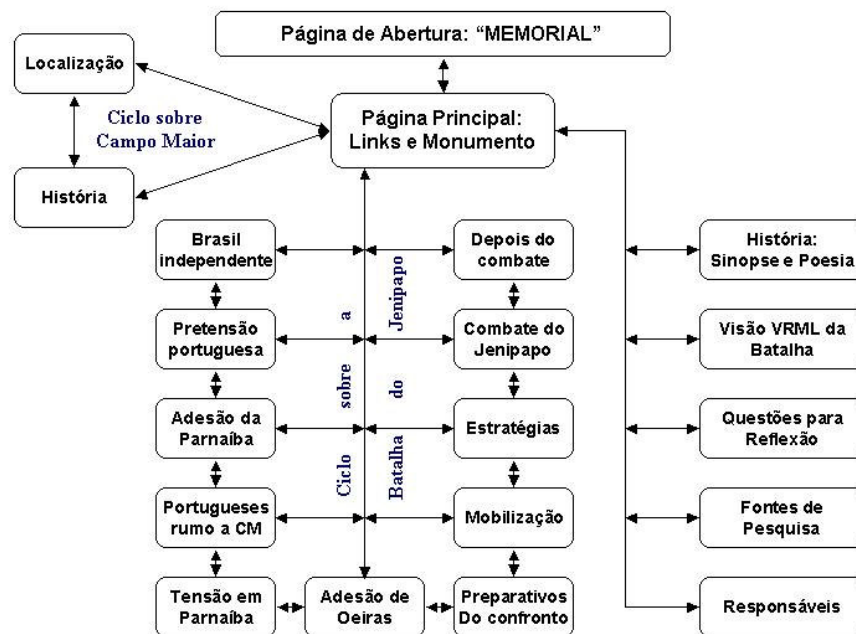


Figura 25: Organização Hierárquica da *Webpage* Batalha do Jenipapo.

As *webpages* analisadas na secção 3.2.2.a e secção 3.2.2.b são iniciadas com uma iconografia que lembra o período histórico referenciado nesses documentos eletrônicos, inspirando a prototipação de uma imagem gráfica de um memorial (juntando atores e componentes adicionais do evento – Sertanejo, Português e Carnaubeira) para a página de abertura, como mostra a Figura 26.



Figura 26: Página de Abertura da Webpage Batalha do Jenipapo.

Através do diagrama podemos perceber que a página principal dará acesso a todos os *links* da *webpage* e vice-versa. É identificado na parte centro-esquerda a formação de ciclos: um ciclo sobre Campo Maior e um ciclo sobre a Batalha do Jenipapo. Do lado direito temos acessos diretos, visto que seus conteúdos não exigem cronologia. Além dos *links* que citamos existir nesta página, colocamos fotos dos monumentos construídos em homenagem aos Combatentes do Jenipapo, como mostra a Figura 27, onde podemos encontrar um museu na edificação mais recente dessa homenagem.



Figura 27: Página Principal da Webpage Batalha do Jenipapo.

No ciclo sobre Campo Maior temos uma sinopse de sua história e a opção de localização, onde disponibilizamos um vídeo da localização do Piauí e um mapa com a localização da cidade de Campo Maior. O arquivo de vídeo está em formato AVI e foi

desenvolvido para o projeto da Piemtur (Empresa de Turismo do Piauí); ele é denominado “Os Caminhos do Piauí” e é oferecido pela referida empresa para divulgação. Este é um arquivo muito grande para a rede de dados que dispomos, necessitando da aplicação de um *codec* que reduza o peso dessa aplicação. Contudo, mantivemos devido ao apelo visual que dispõe e pela possibilidade em curto prazo de podermos reduzir o seu tamanho. A Figura 28 apresenta a descrição acima e permite que qualquer internauta, se assim for seu desejo, obtenha informações para deslocar-se até a cidade de Campo Maior e presenciar os resquícios históricos da Batalha do Jenipapo ainda existentes na região.

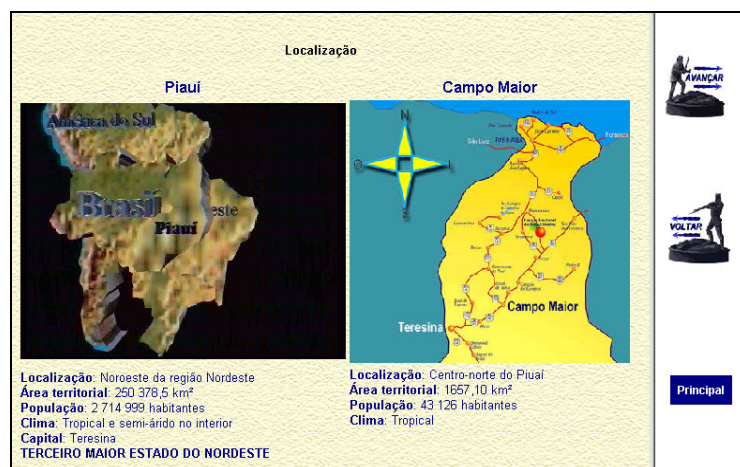


Figura 28: Localização do Piauí e de Campo Maior.

O segundo ciclo mencionado, traz a descrição historiada no Capítulo 2 dessa dissertação. Cada secção foi transformada em uma página com as informações históricas, exceto por ter sido acrescentado as mesmas uma textura amarelada como plano de fundo no texto e nas figuras, e quase todas terem sido submetidas a uma pequena rotação. Vejamos na Figura 29 uma das páginas como exemplo do comentário desse parágrafo.



Figura 29: Exemplo de página da descrição histórica da Batalha do Jenipapo.

Para finalizar, temos cinco páginas independentes:

1. Sinopse Histórica e Poesia – composto de uma síntese histórica que está disponível no Monumento aos Combatentes do Jenipapo, bem como uma poesia de Clodoaldo Freitas acerca dessa batalha;
2. Questões para Reflexão – contendo sugestões e inquietações acerca do conteúdo historiado;
3. Fontes de Pesquisa – que é a referência bibliográfica a qual possibilitou o desenvolvimento desse trabalho;
4. Responsáveis – as pessoas que mais diretamente estiveram envolvidas nessa realização;
5. e a página da Modelagem em VRML da Batalha do Jenipapo.

No Capítulo 3 foi realizada uma análise de algumas webpages de divulgação histórica, focada nos conteúdos e nos elementos estruturais das mesmas. Esta análise serviu de referencial para nossa proposta. No tocante a conteúdos, nosso *site* aloca-os em duas dimensões: uma contendo uma narrativa dos pressupostos históricos da Batalha do Jenipapo até a consumação do combate; e a outra dimensão compõe-se de uma síntese historiográfica que também pode ser encontrada no Monumento aos Heróis do Jenipapo. Esta abordagem não foi encontrada em nenhuma das propostas avaliadas, já que todas elas optaram por um longo texto narrativo ou se limitaram a resumir os fatos. Em relação à perspectiva estrutural, seguimos a tendência dos *sites* avaliados. Aqui, cabe um destaque especial à bela composição iconográfica feita para o *site* sobre a Inconfidência Baiana (ver referência [BAI01b]). Nosso

diferencial gráfico está centrado na apresentação do cenário em realidade virtual da Batalha do Jenipapo, bem como na animação por ele sustentada.

Neste capítulo vimos as principais características dos componentes que constitui o *site* de interesse. No próximo capítulo discutiremos as principais conclusões e comentaremos trabalhos futuros.



## Capítulo 7: Conclusões e Trabalhos Futuros

Consciente do potencial evolutivo das aplicações em realidade virtual na *web*, este capítulo estará tecendo alguns verbetes acerca das principais tendências e perspectivas tecnológicas que poderão vir a ter impacto em extensões e futuras versões do trabalho aqui apresentado, bem como propostas de trabalhos que foram despertadas durante o desenvolvimento dessa dissertação.

### 7.1 Perspectivas e Tendências (XML e GeoVRML)

Iremos agora tratar das duas tecnologias que pretendem adicionar mudança no projeto *web3D* e que está re-allocando espaço nas agendas dos grupos de discursos que visam desenvolver tecnologias 3D para *web*. São elas: GeoVRML e XML. As informações apresentadas nessa secção provem das páginas dos consórcios que administram a pesquisa GeoVRML e XML, que são as seguintes referências [GEO02] e [W3C02].

GeoVRML é um grupo de trabalho do Consórcio de Web3D formado em fevereiro 1998 com a meta de incorporar nodos na linguagem VRML para a representação de dados geográficos, viabilizando aplicações mais leves de geo-processamento e aplicações geográficas em Realidade Virtual na *web*. Atualmente GeoVRML agrupa um número superior a 180 sócios das mais variadas nacionalidades, inclusive sócios de indústria, governo, e academia, que tem fornecido as condições financeiras necessárias para o desenvolvimento dessa proposta. Este trabalho está sendo acompanhado pela ISO para que o processo de padronização se concretize com mais facilidade.

Para que o projeto GeoVRML venha a ter impacto nas tecnologias de representação de dados geográficos alguns pontos carecem de uma discussão mais profunda, no sentido de promover compatibilidade técnica entre as tecnologias existentes e que incorpore os elementos técnicos essenciais ao geo-processamento. Como exemplo desses elementos, podemos citar: Sistemas Coordenadas, Visualização de Dados Geográficos, Nível de Detalhe, Precisão e Portabilidade de Dados.

Existe uma grande variedade de sistemas de coordenadas desenvolvidos pelas mais diversas agências do ramo cartográfico, que dentre esses podemos citar o sistema UTM, muito usado pelo Sistema de Posicionamento Global. Enquanto VRML possui um sistema de coordenadas cartesianas simples. Os dois já estudados neste trabalho. O problema consiste em superar a transição desses sistemas de coordenadas. Contudo, a atual proposta está centrada



no sistema de referencia conhecido como SEDRIS (*Spatial Reference Model*) que apóia 12 sistemas de coordenada. O grupo já dispõe de proposta que administra esse problema.

A visualização gráfica de boa parte das aplicações geográficas não pode ser realizada em computadores pessoais comuns, exigindo em geral, plataformas de hardware mais robustas, enquanto o padrão VRML trabalha com qualquer plataforma pessoal existente no mercado. Desenvolver uma aplicação com o maior grau de realismo possível, sem impor uma alta taxa de transmissão na rede é o desafio a ser superado dentro dessa proposta, pois uma aplicação simples de dados geográficos pode chegar a transmitir 1.4 milhões de definições de polígono. Não podemos esquecer que esta visualização esta intimamente relacionada com o nível de detalhes gerado na modelagem do terreno. GeoVRML transfere o foco das aplicações geográficas digitalizadas para um modelo verdadeiramente digital.

VRML restringe os valores de ponto flutuante para algo em torno de 6 dígitos de precisão, porém muitas aplicações geográficas requerem precisão mais alta, em torno de 15 dígitos de precisão. Para resolver o problema, pretende-se dobrar a precisão de ponto flutuante e estender essa proposta para o padrão de X3D em desenvolvimento.

Dados geográficos são muito caros e uma proposta que tenham entre suas metas a portabilidade, coloca a tecnologia em evidência entre aqueles que desenvolve e usam tecnologias de geo-processamento. Assim, podemos encontrar sistemas equipados com tecnologias diferentes mas que possam trocar ou compartilhar dados geográficos.

O grupo produziu recentemente o GeoVRML 1.0, que implementa extensões a VRML bem como soluções para os problemas descritos e para outros problemas não citados neste documento.

A segunda tecnologia a ser discutida nessa secção, está sendo desenvolvida pelo Consórcio W3C (*Consortium de World Wide Web*) e é denominada de XML(*Extensible Markup Language*). Esta tecnologia é tida pelos seus criadores como a linguagem do futuro. Ela é uma linguagem de marcação, não importa se de processamento de texto, de banco de dados, de páginas web. Ela é uma linguagem onde todos os aplicativos podem ser escritos e lidos. XML tem as virtudes da SGML (*Standard Generalized Markup Language* - Linguagem de Marcação Padrão Generalizada) e de HTML, sem suas limitações. Dentre os pontos fortes de XML, vamos fazer uma descrição rápida sobre: Inteligência, Adaptação, Manutenção, Ligação e Portabilidade.

XML é inteligente para qualquer nível de complexidade. A marcação pode ser alterada de uma marcação mais geral para uma mais detalhada; é a língua-mãe de outras linguagens.

Assim, linguagens como ufpML e cinML tornam-se possíveis. Marcações personalizadas podem ser criadas para qualquer necessidade. A adaptação é infinita; fácil de manter, pois contém somente idéias e marcações. Folhas de estilos e links vêm em separado, e não escondidos no documento. Cada um pode ser alterado separadamente quando preciso com fácil acesso e fáceis mudanças; possui uma maneira de ligar que inclui todas as formas de ligação. Ela liga de maneira que HTML não pode, uma vez que ligar dois ou mais pontos a uma idéia; e sua existência está fincada na portabilidade. Pode ser navegada com ou sem o seu DTD (*Document Type Definition* - Definição de Tipo de Documento - as normas que definem como as marcas são estruturas nos documentos XML), tornando o *download* mais rápido. Se uma validação específica é necessária, o seu DTD pode acompanhá-la e fornecer detalhes exatos da sua marcação.

Avaliando as alternativas tecnológicas que viabilizassem a construção da proposta X3D do Consórcio Web3D, XML surgiu como a solução mais viável para a concretização de X3D, pois é flexível e extensível. XML só descreve regras que permitem as comunidades de usuário definirem suas próprias marcas. Assim, o Consórcio Web3D em acordo com o Consórcio W3C, deliberaram uma especificação de um único DTD que favorecesse a implementação de X3D.

O interessante nisso tudo é o uso de padrão livre e sem licença, todos podem usá-los e compreendê-los. Contudo, essa descrição ainda é visão de futuro, pois somente os navegadores mais modernos suportam parcialmente aplicações em XML, visto que sua padronização ainda se encontra em andamento.

## **7.2 Contribuições e Conclusão**

Essa dissertação concatena três áreas diferentes: História (com foco na Batalha do Jenipapo), Ferramentas Cartográficas (especificamente GPS) e Multimídia (em particular com realidade virtual em VRML). Assim, apresentaremos nossas contribuições particularizando cada área de interesse.

Na literatura oficial brasileira, a Batalha do Jenipapo não recebe o destaque merecido quando se fala dos movimentos que ocorreram em função do Grito do Ipiranga. Se não fosse o brado dos professores e pesquisadores da História do Piauí, é provável que esse fato da historiografia brasileira já tivesse sucumbido ao esquecimento. Discordando dessa situação vexatória, à qual oficialmente foi submetido esse relevante marco da historiografia do Brasil, esse trabalho garante o fortalecimento da divulgação eletrônica do conteúdo histórico da Batalha do Jenipapo e socializa mais um fragmento esquecido da História do Brasil.

Em relação às ferramentas cartográficas, para os casos em que as exigências técnicas de localização e escala de um modelo digital de terreno possam ser desprezadas, apresentamos uma maneira prática de usar dados numéricos colhidos em um receptor GPS portátil, que depois de interpolados com o Surfer, gera uma grade altimétrica regular que atende os requisitos técnicos de VRML para modelagem de superfícies.

Com a construção da modelagem sintética da Batalha do Jenipapo, contendo animações dos fatos mais relevantes que se sucederam no momento do combate, estamos reafirmando as potencialidades de VRML com mídia para desenvolvimento de modelagens dinâmicas de eventos históricos.

A seguir, apresentamos sinteticamente nossas conclusões:

- VRML é uma boa solução para aplicações 3D na *web*. VRML se integra muito bem às idéias e tecnologias da cartografia.
- Apesar do relativo redirecionamento das tecnologias na *web*, o grupo *web* 3D tem propostas de melhorias.
- Toda mudança de paradigma terá VRML como ponto de partida

É importante comentar que desde o início de nosso projeto a internet apresentou-se como a solução mais viável para a divulgação do nosso trabalho junto à comunidade. Contudo, após os primeiros resultados na *web*, percebemos que o mesmo poderia ter tido um maior impacto, se o projeto da modelagem sintética da Batalha do Jenipapo viesse acompanhado de uma narrativa dos acontecimentos modelados. Sabemos que VRML suporta sons, mas a junção das animações existente com a narrativa pode produzir um impacto negativo na visualização da modelagem, uma vez que já percebemos uma queda de performance quando executada localmente em PC's com taxa de processamento inferior a 300MHz.

Uma proposta alternativa seria mudar o foco da *web* para uma aplicação local centrada no desenvolvimento multimídia em CD-ROM. Esse redirecionamento permitiria uma maior liberdade no aperfeiçoamento do realismo sintético da Batalha do Jenipapo, exigindo por outro lado, a necessidade de investimento financeiro que garanta a aquisição de plataformas de hardware e software que permitam atingir esses objetivos mais ousados, além do limitado impacto deste tipo de mídia quando comparado ao alcance praticamente universal da Web.

Nessa perspectiva de aperfeiçoamento do realismo da modelagem em questão, citaremos na secção trabalhos futuros, sem definir as características do aperfeiçoamento desejado, pois nesse caso estaremos limitados por um futuro orçamento que possa aparecer.

Contudo, nosso trabalho firma-se como um espelho de aplicações dinâmicas em VRML para eventos históricos, visto que até o momento só identificamos aplicações estáticas, como modelagem de cenários e peças de museus.

### 7.3 Trabalhos Futuros

Abaixo apresentamos a lista de trabalhos que foram sugeridos no decorrer dessa dissertação.

- Aperfeiçoar a modelagem VRML da Batalha do Jenipapo, a fim de torná-la mais realista.
- Usamos apenas o método de interpolação *default* do Surfer. Seria interessante verificar o comportamento dos diversos métodos de interpolação disponível no Surfer junto a VRML e o seu impacto no resultado visual do modelo gerado.
- Como VRML só aceita modelar superfícies geográficas usando matrizes numéricas interpoladas, é salutar a investigação de como a nova proposta do grupo *web 3D (X3D)* trata esse problema.
- Uma pergunta que desperta mais um trabalho é se GeoVRML dispõe de nodos que resolvem o problema da interpolação numérica para descrição de cenários geográficos.

### 7.4 Considerações Finais

Tivemos a oportunidade de discorrer nesse trabalho sobre tecnologias que apresentam tendências convergentes, no que tange à concretização da *web 3D* interativa. Estas tecnologias de alguma forma complementam-se favorecendo a consolidação de propostas inovadoras para o mundo eletrônico, na medida que buscam implantar novos paradigmas para esse meio de informação, que nos últimos anos tem carregado o estigma de ser a tecnologia que concretizou a idéia de um mundo globalizado.

Talvez seja essa a razão do lento progresso da realidade virtual na *web*, uma vez que as barreiras técnicas têm sofrido as mais variadas mutações, exercendo um forte impacto negativo sobre as tecnologias que possibilitam aplicações dessa natureza.

Através da indústria do entretenimento, novas aplicações em realidade virtual têm despertado interesses mais concretos, sem os excessos apologéticos dos céticos dessa área. Com isso, aplicações nas ciências da natureza, história, marketing, treinamentos, dentre outros, já estão sendo projetadas ou em fase de finalização definitiva. Nesse levante das

tecnologias voltada à realidade virtual grupos de interesse em VRML evoluem adaptando-se às novas tendências previstas para a *web*.

Para os que aspiram ou trilham caminhos no desenvolvimento de jogos de estratégias, este trabalho oferece um referencial histórico sobre a Batalha do Jenipapo que possibilita implementações do tipo sugerido por Siebra [CAS00], quando sugere o desenvolvimento de um jogo intitulado “Batalhas Brasileiras”, com o objetivo de valorizar nossa cultura, explorando momentos importantes da história do Brasil.

## Referências Bibliográficas

- [INM01] **A Inconfidência Mineira.** <http://www.geocities.com/athens/marathon/9563/>. Período da Consulta: agosto de 2001.
- [ANM97] AMES, A.L.; NADEAU, D.R.; MORELAND, J.L. **VRML 2.0 sourcebook**, 2. ed. New York, Wiley, 1997.
- [AFA99] ANDRADE, Adja Ferreira de. **Uma Proposta Metodológica para Criação de Roteiros em Ambientes Virtuais para Aplicação Educacional.** Dissertação de Mestrado apresentado programa de Pós-graduação em Ciências da Computação do Departamento de Informática e Estatística da Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.
- [ASH02] **Arandu Sistemas - Hiperion.** <http://arandusistemas.com.br/hiperion.htm>. Período da Consulta: agosto de 2002.
- [ASS02] ASSIS, Pedro Horácio Borges de e ASSIS JR, Eli Donizeth de. **B5 – Brasil 500 Anos.** <http://members.tripod.com/br500/>. Período da Consulta: maio de 2002.
- [BER95] BERALDO, Primo e Soares, Sérgio Monteiro. **GPS: Introdução e Aplicações Práticas.** Brasília-DF: Editora e Livraria Luana LTDA, 1995.
- [CBY98] BYINGTON, Carlos. **Dimensões Simbólicas da Personalidade.** São Paulo: Editora Ática SA, 1998.
- [MCA99a] CAPRA, Mauricio; SAMPAIO, Antônio C. Freire. **VRML na Cartografia: Possibilitando Aplicações Militares.** Anais do II Workshop de Realidade Virtual – WRV’99, Marília - SP, novembro de 1999.
- [MCA99b] CAPRA, Mauricio; SAMPAIO, Antônio C. Freire. **VRML na Cartografia: Estudo de caso de Compatibilização de Arquivos.** In: XIX Congresso Brasileiro de Cartografia – CBC’99, Recife/Olinda - PE, 1999.
- [PeJC75] CHAVES, Pe. Joaquim. **O Piauí nas Lutas da Independência do Brasil.** Teresina-PI: Plano Editorial do Piauí, 1975.
- [CRC01] CASTIER, Beatriz; REIS, L. P.; COHEN, M.. **Tutorial de VRML.** <http://www.dcc.ufba.br/mat056/CursoVrml/> Período da Consulta: Setembro de 2001.
- [BAI01a] **Conjuração Baiana.** <http://historianet.zip.net/main/conteudos.asp?conteudo=257> Período da Consulta: maio de 2001.
- [BAI01b] **Conjuração Baiana.** [http://www.multirio.rj.gov.br/historia/modulo02/conj\\_baiana.html](http://www.multirio.rj.gov.br/historia/modulo02/conj_baiana.html) Período da Consulta: maio de 2001.
- [DAN01] DANA, Peter H. **Global Positioning System.** <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps.html> Período da Consulta: Outubro de 2001.
- [DIA01] DIAS, Claudete Maria Miranda. **QUE HISTÓRIA É ESSA DE "BATALHA DO JENIPAPO"?** <http://www.claudetedias.hpg.ig.com.br/artigo3.htm> Período da Consulta: maio de 2001.
- [DIA96] DIAS, Claudete Maria Miranda. **Balaios e bem-te-vis: a guerrilha sertaneja.** Fundação Cultural Monsenhor Chaves, 1996.
- [TREX01] **eTrex: Owner’s Manual.** <http://www.garmin.com/> Período da Consulta: setembro de 2001.
- [FKE99] FRERY, Alejandro C. et al. **Avaliação Comparativa de Tecnologias de Suporte à VRML.** Anais do II Workshop de Realidade Virtual – WRV’99, Marília - SP, novembro de 1999.
- [FKE01] FRERY, Alejandro C.;KELNER, Judith. **Realidade Virtual e Multimídia.** <http://www.cin.ufpe.br/~if124> Período da Consulta: agosto de 2001.

- [AFC02] FRERY, Alejandro C. **Computação Gráfica**. <http://www.cin.ufpe.br/~if291>  
Período da Consulta: Junho de 2002.
- [CHA93] FUNDAÇÃO Mons. Joaquim Chaves. **Cadernos Históricos**. Teresina-PI: Gráfica Mendes, 1993.
- [GEO02] **GeoVRML.org** <http://www.geovrml.org/> Período da Consulta: maio de 2002.
- [GOR01] GORGULHO, Miguel. **GPS – O Sistema de Posicionamento Global**.  
<http://www.gpsglobal.com.br/> Período da Consulta: maio de 2001.
- [JGL94] GOMES, Jonas;VELHO, Luiz. **Computação Gráfica: Imagem**. Rio de Janeiro: IMPA/SBM, Série de Computação Gráfica, 1994.
- [HUN01] HURN, Jeff. **Guia GPS**. <http://www.gpsglobal.com.br/> Período da Consulta: maio de 2001.
- [GOD02] IEZZI, Gelson;DOLCE, Osvaldo;DEGENSZAJN, David; PÉRIGO, Roberto e ALMEIDA, Nilze de. **MATEMÁTICA: Ciência e Aplicação**. São Paulo: Atual Editora, Volume 3, 2001.
- [IMR02] **Imagem e Realidade**. [http://www.uol.com.br/fof/brasil500/500\\_26.htm](http://www.uol.com.br/fof/brasil500/500_26.htm) Período da Consulta: julho de 2002.
- [INT01] **Introdução à VRML 2.0**.  
<http://www.inf.pucrs.br/~manssour/VRML/ConceitosImportantes.html> Período da Consulta: agosto de 2001.
- [JIC97] IPOLITO, Juliano; KIRNER, Claudio. **Técnicas de Otimização e Realismo em Aplicações de Realidade Virtual**. Anais do I Workshop de Realidade Virtual – WRV’97, São Carlos - SP, novembro de 1997.
- [DKM97] KAY, David C.; MUDER, Douglas. **VRML & 3D na Web para Leigos**. São Paulo, Editora Berkeley Brasil, 1997.
- [LMM96] LEA, Rodger; MATSUDA, Kouichi; MIYASHITA, Ken. **Java for 3D and VRML Wolds**. News Riders Publihing, Idianapolis-USA, 1997.
- [AMA99] MARQUES, Alexandre B.; SAMPAIO, Antônio C. Freire. **Modelagem Digital de Terrenos com GPS**. In: XIX Congresso Brasileiro de Cartografia – CBC’99, Recife/Olinda - PE, 1999.
- [MOR01] MORAES, Rodolpho Vilhena de & outros. **O Sistema GPS**.  
<http://www.gpsglobal.com.br/> Período da Consulta: maio de 2001.
- [OYE02] **Objetivo y especificaciones**. <http://www.sc.ehu.es/> Período da Consulta: março de 2002.
- [RAA01] RAAFLAUB, Kurt UM.(trad. Ivan E Rocha). **POR QUE ESTUDAR HISTÓRIA ANTIGA?** <http://www.femanet.com.br/~ierocho/texto.htm> Período da Consulta: agosto de 2001.
- [RJR99] RODRIGUES, Roberto J. **Aplicações de Ambientes Virtuais na Área de História e seus Desdobramentos: Propondo o NEXUS**. Anais do II Workshop de Realidade Virtual – WRV’99, Marília - SP, novembro de 1999.
- [MRW02] ROMANO, Marcelo. **Imagem**. **Revista WEB DESIGNER**. São Paulo: Editora Escala, Ano 01, número 07, 2002.
- [PAZ02] **Pernambuco de A/Z**. <http://www.pe-az.com.br/historia.htm> Período da Consulta: abril de 2002.
- [PES98] PESSOA, Luciano M. da Cunha. **GPS: Teoria e Prática**. Apostila do Curso de Aplicações GPS em Topografia e Agrimensura, Salvador, 1998.
- [PAN02] **Plug-ins and Helpers**.  
[http://www.msln.maine.edu/circ\\_rider/plugins.htm#Helper%20Applications](http://www.msln.maine.edu/circ_rider/plugins.htm#Helper%20Applications)  
Período da Consulta: março de 2002.
- [LFP02] POLLO, Luis Fernando. **Software para a Geração Automática de Modelos 3D em VRML**. Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de Informática do Departamento de Eletrônica e Computação da Universidade

- Federal de Santa Maria, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Informática. <http://www.inf.ufsm.br/~pollo/> Período da Consulta: Junho de 2002.
- [RMR02] RAPOSO, Alberto B.; Magalhães, Léo P.; Ricarte, Ivan L. M. **INTERAÇÃO NA WEB**. [http://www.dca.fee.unicamp.br/~alberto/pubs/JAI99/curso\\_jai99.html](http://www.dca.fee.unicamp.br/~alberto/pubs/JAI99/curso_jai99.html) Período da Consulta: abril de 2002.
- [ROD01] RODRIGUES, Joselina Lima Pereira. **Estudos Regionais do Piauí**. Gráfica e Editora Halley S/A, Teresina, 2001.
- [WAB99] SANTOS, Wellington P. dos et al. **Geração de Modelo Virtual de Terreno Usando VRML**. In: XIX Congresso Brasileiro de Cartografia – CBC’99, Recife/Olinda - PE, 1999.
- [CAS00] SIEBRA, Claurton de Albuquerque. **Uma Arquitetura para Suporte de Atores Sintéticos em Ambientes Virtuais: Uma Aplicação em Jogos de Estratégia**. Dissertação de Mestrado apresentado programa de Pós-graduação em Ciências da Computação do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco, 2000.
- [SAS02] **Software and Shareware**. <http://casal.upc.es/aee/> Período da Consulta: fevereiro de 2002.
- [PMS95] SUMMITT, Paul M.; SUMMITT, M.J. **Creating Cool 3D Web with Worlds VRML**. IDG Books Worldwide, Chicago - IL, 1995.
- [VET99] TEICHRIEB, Verônica. **Avatares como Guias Interativos para Auxílio na Navegação em Ambientes Virtuais Tridimensionais**. Dissertação de Mestrado apresentado programa de Pós-graduação em Ciências da Computação do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco, 1999.
- [VPG02] **VrmlPad – Products – ParallelGraphics (a 3D VRML company)**. <http://www.parallelgraphics.com/products/vrmlpad/> Período da Consulta: agosto de 2002.
- [W3C02] **W3C Consortium**. <http://www.w3.org/> Período da Consulta: maio de 2002.
- [W3D02] **Web3D Consortium**. <http://www.web3d.org/> Período da Consulta: março de 2002.



## Anexos

### Anexo I) Tabela de Dados Numéricos Colhidos com GPS (Receptor Etrex)

<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
0817030	9471492	116
0817082	9471202	118
0817089	9471106	120
0817091	9471078	114
0817102	9470842	115
0817123	9470766	118
0817115	9470754	113
0817112	9470734	115
0817108	9470716	119
0817111	9470478	118
0817119	9470326	119
0817126	9470188	117
0817330	9470048	115
0817466	9469962	115
0817741	9469784	113
0817952	9469664	113
0818144	9469480	114
0818224	9469382	116
0818233	9469302	116
0815135	9466372	116
0814879	9466454	114
0814657	9466428	113
0814446	9466322	115
0814295	9466248	113
0814143	9466302	115
0813870	9466366	112
0813706	9466438	115
0813717	9466356	113
0813898	9466290	114
0814063	9466142	116
0814230	9466090	116
0814494	9465962	114
0814762	9465820	115
0814847	9465788	117
0814951	9465738	114
0816936	9471518	116
0816942	9471520	109
0816991	9471504	109
0817028	9471500	116
0819961	9471010	130

<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
0819960	9471038	126
0819969	9471102	130
0819584	9471178	126
0819604	9471170	130
0819620	9471192	131
0819509	9471176	123
0819491	9471166	126
0819472	9471234	128
0819308	9471206	126
0819280	9471218	118
0819259	9471236	126
0819267	9471278	117
0819277	9471288	125
0819230	9471278	123
0819211	9471330	112
0819194	9471370	118
0819203	9471422	118
0819068	9471502	118
0819052	9471482	114
0819037	9471452	117
0818960	9471572	113
0818970	9471602	115
0818925	9471562	113
0818922	9471560	115
0818424	9472050	131
0818367	9472064	108
0818422	9471970	115
0818387	9471984	116
0818376	9471996	110
0818368	9472034	125
0818355	9471958	117
0818353	9471890	111
0818348	9472010	119
0818026	9472538	115
0817994	9472562	110
0817936	9472548	114
0817969	9472576	116
0817964	9472564	111
0817932	9472554	114
0817910	9472420	121

**Continuação do Anexo I**

<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
0817878	9472272	124
0818007	9472128	123
0818161	9471904	122
0818449	9471458	120
0818607	9471302	119
0818720	9471202	133
0819318	9471046	121
0819635	9470782	121
0819691	9470648	125
0819508	9472844	124
0819087	9473168	125
0818769	9473438	125
0818298	9474010	128
0818016	9474336	125
0817670	9474728	121
0820506	9473768	131
0820341	9474100	132
0820161	9474404	131

<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
0820009	9474654	131
0819819	9474994	129
0819604	9475238	131
0819332	9475240	132
0815157	9465538	129
0814984	9465576	131
0814845	9465700	132
0814560	9465812	128
0814227	9466068	130
0813806	9466138	129
0813673	9466198	128
0813705	9465930	130
0813916	9465884	132
0814035	9465790	135
0814316	9465558	135
0814873	9465506	134
0814945	9465434	131

OBS: A tabela fornece todos os dados coletados, totalizando 117 pontos.

**Anexo II) Tabela de Dados Numéricos de Parte do Rio Jenipapo**

<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
819961	9471010	130
819960	9471038	126
819969	9471102	130
819584	9471178	126
819604	9471170	130
819620	9471192	131
819509	9471176	123
819491	9471166	126
819472	9471234	128
819308	9471206	126
819280	9471218	118
819259	9471236	126
819267	9471278	117
819277	9471288	125
819230	9471278	123
819211	9471330	112
819194	9471370	118
819203	9471422	118
819068	9471502	118
819052	9471482	114
819037	9471452	117
818960	9471572	113
818970	9471602	115
818925	9471562	113
818922	9471560	115
818424	9472050	131
818367	9472064	108
818422	9471970	115
818387	9471984	116
818376	9471996	110
818368	9472034	125
818355	9471958	117
818353	9471890	111
818348	9472010	119
818026	9472538	115
817994	9472562	110
817936	9472548	114
817969	9472576	116
817964	9472564	111
817932	9472554	114

OBS: A tabela fornece os dados próximo ao rio, totalizando 40 pontos.