



Pós-Graduação em Ciência da Computação

**“Ferramentas Gratuitas para Sites com
Realidade Virtual: o caso Metrô de Teresina”**

Por

Francisco Cesar Demes de Castro Lima

Dissertação de Mestrado



Universidade Federal de Pernambuco
posgraduacao@cin.ufpe.br
www.cin.ufpe.br/~posgraduacao

RECIFE, Fevereiro/2003

Dissertação de Mestrado em Ciência da Computação



Francisco Cesar Demes de Castro Lima

**Ferramentas Gratuitas para Sites com Realidade Virtual: o caso
Metrô de Teresina**



Recife, julho de 2002.

Agradecimentos:

Aos professores do mestrado por propiciarem-me a oportunidade de estudar e crescer intelectualmente ao longo destes dois anos; e em especial ao professor, orientador e amigo Dr. Alejandro César Frery Orgambide pelas suas valorosas críticas e incentivos.

Dedicatória:

Dedico este trabalho aos meus pais, esposa, filhos e a minha tia Josefina Demes (in memoriam) que deixou muitas saudades.

Resumo

Com o desenvolvimento tecnológico dos sistemas computacionais, a Realidade Virtual tornou-se mais viável, acessível e barata, podendo ser construída e explorada através de um simples computador pessoal. Este trabalho faz uma avaliação detalhada de ferramentas gratuitas para a construção de conteúdo *web*, incluindo realidade virtual: editores HTML, editores de imagens, linguagens e ambientes de construção de mundos virtuais. Esta avaliação é validada, posteriormente, com a criação de um site contendo um mundo virtual, onde é possível observar o projeto do Metrô de Teresina-PI. O projeto desenvolvido permite verificar a viabilidade e vantagens do uso da Realidade Virtual, quando utilizada em aplicações urbanas, em relação a mídias mais clássicas (texto e imagens). Conceitos referentes à Realidade Virtual na Arquitetura, Computação Gráfica e Modelagem, dentre outros necessários para o desenvolvimento do trabalho, são tratados aqui.

Os critérios para avaliar as ferramentas aqui analisadas foram objetivos (documentação, quantidade de ferramentas etc.) e subjetivos (facilidade de uso, qualidade da documentação etc.). As linguagens e ferramentas de realidade virtual foram avaliadas do ponto de vista da qualidade dos resultados produzidos, da facilidade de uso e da sua portabilidade. Em todo momento se procurou produzir informação relevante e estruturada para que futuros usuários leigos possam fazer comparações e escolhas similares, mesmo diante das mudanças tecnológicas.

Os editores HTML avaliados foram CoolPage e CoffeeCup HTML, ambos nas versões gratuitas (*free*). Os editores de imagens analisados foram GIMP e VicsMan's Photo Editor. As plataformas de realidade virtual analisadas foram VRML e ALICE.

Optou-se por trabalhar com ALICE dado o ineditismo do uso desta linguagem no âmbito acadêmico Brasileiro na data de preparação deste trabalho, e por ela atender as necessidades do projeto piloto desenvolvido.

O trabalho conclui com uma série de recomendações quanto ao uso deste tipo de ferramentas para o desenvolvimento de conteúdo para a *web*.

Abstract

Virtual Reality has become a widely available, accessible and inexpensive media due to the technological development of computer systems. Virtual Reality content can now be built and explored using a personal computer. This work makes a detailed assessment of free tools that may permit the development of Web content using Virtual Reality. This assessment includes editors for HTML and for images, as well as editors for virtual reality languages. This evaluation is validated by creating a site containing a virtual world: the Teresina-PI Subway Project. The developed project allows verifying the viability and advantages of using Virtual Reality content in urban applications, with respect to more classic media (text and images). Concepts regarding Virtual Reality in Architecture, Computer Graphics and Modeling, among others, necessary are treated here.

The criteria used to evaluate the tools here analyzed were objective (documentation, amount of tools, etc.) and subjective (easy of use, the documentation quality, etc.). The Virtual Reality languages and tools were evaluated from the viewpoint of the quality of the worlds, easy of use and portability. Producing relevant and structured information, aiming to help future users in making similar comparisons and choices, even before technological changes, is one of the main purposes of this thesis.

The HTML editors evaluated were CoolPage and CoffeeCup HTML, both in the free versions. The image editors analyzed were GIMP and VicsMan's Photo Editor. The Virtual Reality platforms analyzed were VRML and ALICE.

It was chosen to work with ALICE because it has not been, to the date of preparation of this work, subject of academic scrutiny in the Brazilian community.

The work ends with a series of recommendations as for the use of this type of tools for the development of content for the web that includes Virtual Reality components.

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Capítulo 1: Introdução	11
Capítulo 2: Tecnologias	13
2.1 HTML	13
2.1.1 Linguagem de Marcação	13
2.1.2 Histórico	15
2.1.3 Versões de HTML	16
2.2 Realidade Virtual	18
2.2.1 Espaço e Ciberespaço	20
2.2.2 Tempo e Cibertempo	20
2.2.3 Níveis de Imersão	21
2.2.4 Tipos de Modelagem segundo a Informação	22
2.2.5 Tipos de Modelagem segundo a Descrição	23
2.2.6 Sistemas de Realidade Virtual	25
2.2.7 Linguagens para Internet	27
2.3 Imagens	30
2.3.1 Tipos de Dados	31
2.3.2 Métodos de Codificação de Imagem	31
2.3.3 Otimizando Gráficos para a Internet	32
Capítulo 3: Editores	42
3.1 Editores HTML	42
3.1.1 Cool Page 2.7 Free	42
3.1.2 CoffeeCup HTML Free	44
3.2 Editores de Realidade Virtual	45
3.2.1 Anim8or	45
3.2.2 Alice99	47
3.3 Editores de Imagens	51
3.3.1 Gimp	51
3.3.2 VCW VicsMan's Photo Editor	52
Capítulo 4: Estudo de Caso: O Metrô de Teresina	54
4.1 Relevância	54
4.1.1 O Sistema de Transporte Público de Passageiros de Teresina	54
4.1.2 Distribuição de Demanda	56
4.1.3 A Malha Viária e de Circulação	58
4.1.4 Aspectos Institucionais e Legais	59
4.1.5 Aspectos Operacionais	60
4.1.6 O Projeto do Metrô	61
4.1.7 Situação Atual	62
4.1.8 Viabilidade/Justificativas	64
4.1.9 Conclusões	66
Capítulo 5: O Site do Metrô de Teresina	69
5.1 Apresentação do Site	69
5.2 Desenvolvimento do Site	69
5.2.1 Componentes Textuais	70
5.2.2 Componentes Gráficas	71
5.2.3 Componentes de Realidade Virtual	71
5.3 Integração e Navegabilidade	78
Capítulo 6: Resultados Alcançados	86

6.1 Avaliação	86
6.1.1 Do ponto de Vista do Software	86
6.1.2 Do ponto de Vista do Software	86
6.2 Conclusões e Dificuldades Encontradas	87
6.2.1 Conclusões	87
6.2.2 Dificuldades Encontradas	88
5.3 Trabalhos Futuros	88
Capítulo 6: Referências Bibliográficas	90
Capítulo 7: Anexos	92
7.1 Anexo 1	92
7.2 Anexo 2	95

Lista de Tabelas

Tabela 01 – População Urbana Prevista para o Aglomerado Urbano Teresina/Timon	55
Tabela 02 – Distribuição da População Economicamente Ativa por Setor de Atividade	56
Tabela 03 – Div. Modal das Viagens no Modo Ônibus – Div. Modal das Viagens - 1983	57
Tabela 04 – Motivos das Viagens no Modo Ônibus	59
Tabela 05 – Capacidade dos Trens (com 4 carros)	63
Tabela 06 – Pontos da Modelagem da Estação Bandeira no Anim8or	95

Lista de Figuras

Figura 01 – Interface do Cool Page 2.7 Free	43
Figura 02 – Interface do CoffeeCup HTML Free	44
Figura 03 – Interface do Anim8or	46
Figura 04 – Interface do Alice99	48
Figura 05 – Erro de Idioma	49
Figura 06 – Erro de Importação	50
Figura 07 – Interface do Gimp	52
Figura 08 – Interface do VCW VicsMan’s Photo Editor	53
Figura 09 – Anim8or – Selecionando o comando Cube	72
Figura 10 – Anim8or – Janela de Propriedades do Cubo	73
Figura 11 – Anim8or – O piso da Estação Bandeira	73
Figura 12 – Estação Bandeira – Vista Frente	74
Figura 13 – Estação Bandeira – Vista Lateral	74
Figura 14 – Estação Bandeira – Vista Aérea	75
Figura 15 – Estação Bandeira – Vista Perspectiva	75
Figura 16 – Alice – Adição dos Objetos através do Botão Add Object	76
Figura 17 – Alice – Fazendo Animação através do Botão Make Animation	77
Figura 18 – Alice – Escolhendo o Evento	77
Figura 19 – Mapa do Site	78
Figura 20 – Página Inicial do Site do Metrô de Teresina	79
Figura 21 – Página Introdução do Site do Metrô de Teresina	79
Figura 22 – Página Projeto do Site do Metrô de Teresina	80
Figura 23 – Página Estações do Site do Metrô de Teresina	80
Figura 24 – Página Tarifa do Site do Metrô de Teresina	81
Figura 25 – Página Expansão do Site do Metrô de Teresina	81
Figura 26 – Página Viabilidade do Site do Metrô de Teresina	82
Figura 27 – Página Mapas do Site do Metrô de Teresina	82
Figura 28 – Página Conclusões do Site do Metrô de Teresina	83
Figura 29 – Página O Modelo Virtual do Site do Metrô de Teresina	83
Figura 30 – Página Estações Existentes do Site do Metrô de Teresina	84
Figura 31 – Página Enquetes do Site do Metrô de Teresina	84
Figura 32 – Página A Cidade Teresina do Site do Metrô de Teresina	85
Figura 33 – Página Links Relacionados do Site do Metrô de Teresina	85
Figura 34 – Mapas do Metrô de Teresina – Área de Estudos	92
Figura 35 – Principais Pólos de Viagens de Teresina	93
Figura 36 – Principais Corredores e Vias Utilizadas pelos Ônibus	93
Figura 37 – Metrô de Teresina – Projeto Original	94
Figura 38 – Metrô de Teresina – Trecho Implantado	94

Capítulo 1: Introdução

Neste trabalho será demonstrada a viabilidade de, empregando ferramentas de distribuição gratuita, criar conteúdo multimídia para *web* incluindo componentes de realidade virtual. Para alcançar esses objetivos serão comparadas as tecnologias envolvidas (HTML, padrões de realidade virtual para Internet e imagens) bem como editores e outras ferramentas associadas para cada uma delas. A avaliação terá como foco o desenvolvimento de um caso de estudo: a construção de um site institucional descrevendo o projeto do Metrô de Teresina (PI).

As possibilidades de utilização de computadores como auxiliares no projeto arquitetônico há muito deixaram de restringir-se à transposição do desenho de prancheta para o desenho de computador. Modelos tridimensionais em computador vêm substituindo as maquetes de apresentação. Imagens geradas a partir de modelos tridimensionais substituem as perspectivas de apresentação, de estudos de massas e de localização. Animações de modelos tridimensionais (*walk-throughs* e vôos de pássaro) gravadas em vídeo podem ser usadas, com relativa facilidade, por todos os que dispõem de recursos computacionais utilizados para CAD [4].

Além disso, aplicações simples e acessíveis disponíveis na área conhecida como Realidade Virtual permitem, mais do que somente, a modelagem para geração de perspectivas e as animações em vídeo para apresentações de um produto. A Realidade Virtual oferece a possibilidade da modelagem, do *walk-through* e visualizações simultâneas e interativas. Não só a apresentação, mas a criação e o desenvolvimento do projeto podem ser executados em verdadeiros canteiros de obras virtuais e interativos [12].

Para divulgar o projeto do Metrô de Teresina, através de um *site* na Internet, com o uso de técnicas de computação gráfica em realidade virtual utilizando ferramentas gratuitas, construiremos um ambiente virtual, com projeções em perspectiva, interatividade e com a possibilidade de navegação com *mouse* e teclado.

Para alcançar esse objetivo, e para produzir um conjunto de recomendações úteis para projetistas e desenvolvedores atuais e futuros, é feita uma avaliação detalhada de ferramentas gratuitas para as três principais componentes de conteúdo: HTML (os editores CoolPage e CoffeeCup HTML), imagens (GIMP e VicsMan's Photo Editor) e de realidade virtual (VRML e ALICE, e o editor de componentes virtuais Anim8or).

As ferramentas escolhidas para a implementação das componentes de realidade virtual do projeto foram os *freewares* ALICE e Anim8or. Trata-se de *softwares* para criação interativa de objetos em 3D e “mundos” virtuais.

O *software* ALICE foi desenvolvido para criação de mundos em Realidade Virtual e tem compatibilidade com a Internet, podendo ser usado para aplicações, como nas áreas de engenharia, ciência, entretenimento, treinamento e educação. A escolha entre VRML e ALICE favoreceu esta última linguagem dado o ineditismo do seu uso no âmbito acadêmico do Brasil na data de preparação deste trabalho, e porque a mesma atendeu (com algumas limitações) os requerimentos impostos pelo projeto alvo.

Para a construção do mundo virtual, utilizaremos apenas objetos primitivos: caixas, cilindros, cones, esferas, texto 2D, etc., apesar de ser possível a criação de objetos mais complexos com grande número de vértices. Nos objetos aplicaremos as transformações geométricas: translação, rotação, e escalonamento, para reutilizá-los aplicamos texturas e fotos.

Não são discutidos aqui os sistemas mais complexos de simulação e Realidade Virtual “imersiva”. O projeto baseado em computador pode beneficiar-se da modelagem em três dimensões e da interatividade em tempo real com equipamentos simples, sem a utilização de luvas, capacetes, óculos ou de outro equipamento associado à Realidade Virtual.

Apesar das atuais limitações no que se refere a *Hardware* e *Software*, e da reduzida penetração da Realidade Virtual - inclusive devido ao seu custo restritivo - vislumbra-se que o avanço tecnológico e sua popularização possibilitarão economias de escala e, subseqüentemente, a difusão no meio técnico como uma ferramenta poderosa para suporte do processo de elaboração de projetos.

O estudo de caso aqui abordado, o projeto do Metrô de Teresina, capital do Estado do Piauí, é interessante no contexto em que o trabalho foi desenvolvido. Teresina é uma cidade que está crescendo, e um dos serviços a ser oferecido em curto prazo é o de trens metropolitanos (metrô). As empresas envolvidas na construção desse metrô ainda não divulgam informações institucionais nem de nenhum outro tipo na web, deixando vago um nicho de aplicação interessante pelos potenciais interessados nessas informações.

Capítulo 2: Tecnologias

Neste capítulo são comentadas as principais tecnologias de suporte à criação do *site*: HTML, realidade virtual e imagens.

2.1 HTML

Esta seção irá abordar a linguagem de marcação de hipertextos HTML, seu histórico, descreverá a versão atual e comentará as principais tendências da mesma.

2.1.1 Linguagens de Marcação

HTML é uma linguagem bastante prática e simples, que permite ao usuário criar textos formatados de diferentes formas e cores, a criação de relacionamentos entre textos ou imagens e a outros documentos, e visualizar essas informações utilizando diversas plataformas. Esta linguagem usa um sistema de “marcas” no documento para comunicar ao visualizador (navegador) qual deverá ser o formato daquele texto marcado [2].

As marcações ou *tags* estão contidas entre o sinal “menor que” (<) e o “maior que” (>). Isso significa que para criar um documento utilizando esta linguagem de marcação, apenas é preciso começar com o texto da página e incluir marcações especiais no início e no final de determinadas palavras ou parágrafos. As marcações indicam as diversas partes da página e produzem diferentes efeitos no navegador.

A primeira página a ser exibida geralmente recebe o nome de *index* ou *welcome*, com a extensão “.htm” para servidor *Windows*, e “.html” para servidor UNIX.

As marcações normalmente são especificadas em pares, delimitando um texto que sofrerá algum tipo de formatação. Entre os sinais < > são especificados os comandos propriamente ditos. As marcações necessitam envolver um texto, e sua finalização deve ser feita usando-se a barra de divisão “/”. O formato genérico de uma marcação é: <nome da marcação>texto</nome da marcação>. Algumas marcações não possuem finalização.

Assim como em outras linguagens, HTML possui uma estrutura básica. Para que um navegador interprete corretamente a entrada, ele deve possuir alguns comandos básicos que sempre deverão estar presentes. Alguns navegadores até dispensam seu uso, porém é melhor assumir como parte fundamental do documento tais comandos.

Uma página HTML possui três partes básicas: a estrutura principal, o cabeçalho e o corpo. O documento deve iniciar com a marcação `<html>` e ser encerrado com a marcação `</html>`, esse par de marcações é essencial. A área de cabeçalho é opcional e é delimitada pela marcação `<head>` e `</head>`. Estas marcações são usadas para especificar alguns poucos comandos e são opcionais, ou seja, uma página HTML pode funcionar sem elas. Porém, é conveniente usá-las, pois o título da página é acrescentado através delas. As marcações `<Title>` e `</Title>` especificam o texto que irá aparecer na barra de título do navegador. A maioria das marcações serão especificadas no corpo da página que é delimitado pelas marcações `<body>` e `</body>`, é uma marcação obrigatória.

2.1.1.a Principais Elementos de uma Página HTML

Uma página HTML é composta basicamente de títulos, textos, parágrafos, imagens e links, responsáveis pela chamada de outras páginas para a tela. Todos esses elementos, bem como outros que possam vir a ser acrescentados, são posicionados na página por meio de marcações específicas da linguagem. No que segue são descritas algumas funcionalidades importantes de alguns componentes de páginas HTML.

Título - É o texto que aparece na barra de título do navegador. O título de uma página *web* indica qual o assunto abordado e irá aparecer na barra de título do navegador. Este título é utilizado por programas de lista (*hotlist*) do seu navegador e também por outros programas que catalogam páginas da *Internet*. Cada página poderá ter apenas um título, sem outras marcações.

Imagem - São figuras, desenhos e fotos usados para ilustrar a página.

Texto - É a informação mais comum dentro da página. Pode ser formatado através de várias marcações.

Link - É um trecho que aparece destacado do restante do texto, normalmente sublinhado e com outra cor. Ao clicar no *link*, o navegador acessa outra região da página atual ou uma página localizada em qualquer lugar da *Internet*. Uma figura também pode ser usada como um *link*, ou seja, clicando na figura saltamos para outro local.

Cabeçalho - São linhas de texto visualizadas com tamanhos especiais, empregadas para dividir seções do texto como capítulos de um livro. HTML oferece seis tamanhos de cabeçalhos, de H1 a H6, que aplicam um tamanho de fonte diferenciado no texto e dão um efeito de negrito. O maior tamanho é o H1 e o menor é o H6. `<H1>Texto</H1>`.

2.1.1.b Edição de Documentos HTML

Os documentos HTML são como arquivos ASCII comuns, que podem ser editados com *vi*, *emacs* (que já tem versão para editar arquivos HTML), *textedit*, ou qualquer editor simples.

Para facilitar a produção de documentos, existem editores HTML específicos:

- Editores de texto fonte: inserem automaticamente as etiquetas, orientando a inserção de atributos e marcações.

- Editores *WYSIWYG* (*what you see is what you get*): oferecem ambiente de edição com “um” resultado final das marcações.

2.1.2 Histórico

A “antiga” *Internet*, antes da *Web*, exigia do usuário disposição para aprender comandos em *Unix* (linguagem de computador usada na *Internet*) bastante complicados e enfrentar um ambiente pouco amigável, unicamente em texto.

O poder da *WWW* reside em sua capacidade em associar uma determinada parte de um documento eletrônico a outro computador a milhares de quilômetros afastado. Esta conexão entre documentos é possível graças à utilização do protocolo de comunicação chamado *HTTP* ("*HyperText Transfer Protocol*") e da linguagem *HTML* ("*HyperText Markup Language*").

HTML (*HyperText Markup Language* - Linguagem de Formatação de Hipertexto) é fruto do "casamento" dos padrões *HyTime* e *SGML*:

- *HyTime* - *Hypermedia/Time-based Document Structuring Language*

HyTime (ISO 10744:1992) - padrão para representação estruturada de hipermídia e informação baseada em tempo. Um documento é visto como um conjunto de eventos concorrentes dependentes de tempo (áudio, vídeo, etc.), conectados por *webs* ou *hiperlinks*. O padrão *HyTime* é independente dos padrões de processamento de texto em geral. Ele fornece a base para a construção de sistemas hipertexto padronizados, consistindo de documentos que aplicam os padrões de maneira particular.

- *SGML* - *Standard Generalized Markup Language*

Esta linguagem obedece ao padrão ISO 8879 de formatação de textos. Ela não foi desenvolvida para hipertexto, mas torna-se conveniente para transformar documentos em hiper-objetos e para descrever as ligações. *SGML* não é padrão aplicado de maneira padronizada; os

produtos SGML têm seu próprio sistema para traduzir as etiquetas para um particular formatador de texto.

HTML nasceu em 1991 no CERN (*European Council for Nuclear Research*), na Suíça. Seu criador, o inglês Tim Berners-Lee, a concebeu unicamente como uma linguagem que serviria para interligar computadores do laboratório e outras instituições de pesquisa e exibir documentos científicos de forma simples e fácil de acessar.

Um desenvolvimento fundamental aconteceu em Julho de 1992 com a liberação da biblioteca de desenvolvimento para *World Wide Web*. Foi essa biblioteca que deu origem à construção de vários navegadores WWW e servidores que tornaram a Web viável. Um desses foi o *Mosaic*, o primeiro navegador multi-plataforma que explorava completamente a capacidade de hipermídia da Web. Desenvolvido por Marc Andreessen, então do NCSA, o MOSAIC foi que iniciou o crescimento explosivo da WEB. No outono 1993 tornou-se disponível a milhões de usuários, com a liberação das versões para *Mac e Windows*. Se por um lado novos navegadores têm superado os recursos do MOSAIC, por outro foi esse programa que se tornou sinônimo da *Web*.

2.1.3 Versões de HTML

No que segue faremos uma breve apresentação histórica das versões da linguagem HTML, desde as suas origens até as tendências futuras, passando pela versão disponível atualmente.

2.1.3.a Versões prévias de HTML

HTML 2.0: HTML 2.0 (RFC 1866) foi desenvolvida pelo HTML *Working* do IETF (*Internet Engineering Task Force*) que fixou o padrão para as características da linguagem, e foi colocada na prática em 1994. Com a liberação do RFC (*Requests for Comments*) 2854 e RFC 1866 esta versão ficou obsoleta e seu estado atual é histórico.

HTML 3.2: A grande recomendação do W3C em 1996 para HTML que representou os consensos em características de HTML.

HTML 4.0: Apresentada como uma recomendação do W3C no dia 18 de dezembro de 1997. Uma segunda liberação foi emitida no dia 24 de abril de 1998 com mudanças limitadas a correções editoriais. Esta especificação foi substituída pela versão 4.01 de HTML.

HTML 4.01: Sua recomendação veio em 24 de dezembro de 1999 trazendo melhorias em muitos problemas encontrados na especificação do HTML 4.0.

2.1.3.b Versão Atual

Existem várias versões (também chamadas “atualizações”) da linguagem HTML, no momento está vigente a versão 4.0, sendo que as atualizações oficiais da linguagem HTML estão na *webpage* do Consórcio W3C [21]. Devido às discrepâncias entre as versões da linguagem, isso tem causado diferenças de apresentação de uma página quando visualizada entre os diversos navegadores *Web* (*Netscape*, *Internet Explorer*, *Opera* etc.). Algumas marcações podem aparecer no *Netscape* e não no *Internet Explorer* e vice-versa ou em outro navegador.

Cada versão de HTML tem tentado refletir o consenso entre a indústria de *software*, para que o investimento feito pelos autores de conteúdo *Web* não seja desperdiçado com perdas ou modificações na apresentação dos documentos elaborados por programas distintos. HTML tem sido desenvolvido com a visão que todos os equipamentos fossem capazes de usar a informação da *Web*: computadores com monitores de diversas resoluções e vários números de cores, equipamentos com navegação ativada por voz, leitura de conteúdo, computadores com várias qualidade de acesso (largura de banda).

HTML 4.0 oferece novas possibilidades com o uso de *style sheets* (folhas de estilo), *scripting*, *frames* (janelas), *embedding objects* (objetos embutidos), e dá melhor suporte para organizar textos (justificado à esquerda, à direita, e ambos), tabelas mais facilmente visualizáveis, melhorias nos formulários, melhor acessibilidade para pessoas com incapacidades etc.

Nessa imensa biblioteca composta por páginas *Web* há de tudo e em grande quantidade. Muito do que a imaginação humana pode conceber foi parar na rede, que se tornou uma grande arena de conhecimento e diversão.

2.1.3.c Tendências (DHTML)

O advento do *Dynamic HTML* estabelece um novo ponto de referência em termos da interatividade na *World Wide Web*. Até aqui as páginas HTML eram majoritariamente de uma natureza estática: o utilizador descarrega a página do servidor para visualizá-la no seu navegador cliente. A inclusão, por outro lado, de pequenos programas (*applets*) e controles *ActiveX* introduz um certo nível de interatividade, no entanto, a página em si continua a ser algo estático.

Numa perspectiva totalmente inovadora, as páginas desenvolvidas recorrendo a DHTML ganham uma vida própria, utilizando *scripts* simples, fáceis de desenvolver, em que cada elemento da página é verdadeiramente dinâmico.

O Dynamic HTML não é uma extensão da linguagem HTML nem tão pouco é uma nova linguagem de programação. O DHTML estabelece um nível superior de interatividade entre os *scripts* e todos os elementos da linguagem HTML incluídos na página. Nesta perspectiva, qualquer um dos elementos de uma página é modificável em tempo real, rapidamente e, mais, do lado do cliente. Esta arquitetura, por si só, abre novas possibilidades de interatividade como, por exemplo, a facilidade de mostrar e esconder texto como resposta às ações do utilizador.

Dado que o DHTML funciona no navegador do utilizador - do lado cliente da ligação navegador/servidor - uma vantagem pode ser imediatamente apontada: a redução drástica dos tempos de resposta.

Utilizando o DHTML para deslocar a maior parte do trabalho para o lado cliente, torna-se possível proporcionar ao utilizador novos graus de interatividade. Por exemplo, a utilização de "*pre-caching*", que faz o carregamento em *background* de conteúdo, permitindo ao utilizador navegar entre páginas com um tempo de espera mínimo.

Finalmente, não sendo menos importante, esta tecnologia abre novas perspectivas no que se refere ao desenvolvimento de conteúdo para operar do lado do cliente. Utilizando *scripts* e HTML é perfeitamente viável desenvolver aplicações *Internet* completas. O nível de complexidade dessas aplicações passará a estar apenas dependente da imaginação de cada um.

2.2 Realidade Virtual

É uma técnica adiantada de interface, onde o usuário pode realizar imersão e interação em um ambiente produzido artificialmente, tridimensional, gerado por computador utilizando canais multi-sensoriais. O objetivo destes mundos é garantir o envolvimento do usuário com o conteúdo para que, com isso, seja facilitada a descoberta de informações. A realidade virtual é a representação gráfica do espaço cibernético. A idéia de usar objeto ou representações gráficas do mundo real é uma maneira de tornar a interface homem-máquina mais acessível e amigável. A raiz do conceito está na capacidade inerente aos computadores de mudar de função, pela mudança do software.

O termo "realidade virtual" foi criado pelo MIT [22] no final da década de 1970, para expressar a idéia de presença humana num espaço gerado por computador. Ela consiste de uma

combinação de software, computadores de alto desempenho e periféricos especializados, que permitem criar esse ambiente gráfico tridimensional (eixos cartesianos (x, y, z)) no qual o usuário pode se locomover nos seis graus de liberdade (posição e orientação no mundo tridimensional). O sistema - software e hardware - é capaz de definir e reconhecer os seis tipos de movimento: para frente/para trás, acima/abaixo, esquerda/direita, inclinação para cima/para baixo, angulação à esquerda/à direita e rotação à esquerda/à direita.

Além de se locomover no espaço cibernético, os sistemas mais sofisticados permitem que as pessoas manipulem informações num computador como manipulam objetos na natureza (respeitando as leis matemáticas, físicas, químicas etc. que governam o universo). Isso implica não somente o uso de visão, mas também da audição, do tato, do toque, associados a todas as sensações relacionadas à resistência à força, movimento, temperatura, peso, inércia etc.

Uma ferramenta, muito útil para a construção e simulação dos mundos virtuais, é o editor de realidade virtual, que permite ao projetista verificar imediatamente os resultados da criação ou edição de objetos simulados.

Os sistemas de desenvolvimento de realidade virtual, portanto, ajudam na integração do sistema e no desenvolvimento das aplicações, podendo reduzir substancialmente o tempo de programação.

A programação de realidade virtual requer o conhecimento de sistemas em tempo real, orientação a objetos, redes, modelagem geométrica, modelagem física, multitarefas etc. Para facilitar essa tarefa, diversas empresas e algumas universidades produziram sistemas de desenvolvimento de realidade virtual, conhecidos como "*VR ToolKits*". Esses sistemas são bibliotecas ampliáveis de funções orientadas a objeto, voltadas para especificações de realidade virtual, onde um objeto simulado passa a ser uma classe e herda seus atributos inerentes (*default*). Isto simplifica enormemente a tarefa de programar mundos complexos, uma vez que as bibliotecas, sendo ampliáveis, permitem aos projetistas escreverem módulos específicos de aplicações e ainda usar o mesmo núcleo de simulação. Além disso, esses sistemas costumam ser independentes de hardware, suportam alguma forma de conexão em rede, importam mundos virtuais de outros softwares como o *AutoCAD*, possuem *drivers* de comunicação com dispositivos convencionais e não convencionais de entrada e saída, suportam alguma forma de iluminação, sombreamento, textura, etc.

A Realidade Virtual pode ser vista sob vários aspectos, sejam eles culturais, políticos, científicos ou técnicos. Devido a esta diversidade, é necessário fundamentá-la através de conceitos que possam ter um relacionamento mais profundo com ela. Por isso será mostrado a seguir um introdutório dos assuntos “Espaço e Ciberespaço” e “Tempo e Cibertempo”, que são necessários ao estudo da Realidade Virtual.

2.2.1 Espaço e Ciberespaço

Espaço é o local real de volume infinito sem nenhum limite em que um ponto qualquer é caracterizado por três coordenadas. Em termos urbanos o espaço é um lugar limitado pelos elementos arquitetônicos ou naturais, e no qual se manifestam, para quem nele demora, as diferentes dimensões da forma (visual, tátil, auditiva, odorífica).

O Ciberespaço é um ambiente sintético, gerado por computador, que permite, dentre outras coisas, realizar simulações realistas ou não, do mundo real, e caracteriza-se pela simulação e pela interação. As simulações são, na verdade, apenas uma das possibilidades oferecidas pelo ciberespaço. Como essas simulações são inspiradas no mundo real, podemos afirmar que o ciberespaço está “conectado” com a realidade.

O usuário, ao mergulhar no ambiente do ciberespaço, experimenta uma sensação de “abolição do espaço” e trafega em um mundo desterritorializado, no qual as referências de lugar e caminhos que ele percorre para se deslocar de qualquer ponto a outro se modificam substancialmente.

Estão sendo desenvolvidas tecnologias de *hardware* para integrar o corpo físico com o Ciberespaço. Estas tecnologias enquadram-se em dois tipos de desenvolvimento computacionais: o primeiro é a Realidade Virtual e o segundo, Computação Onipresente. Os últimos têm por objetivo prover um ambiente de computação no qual cada pessoa está interagindo continuamente com centenas de computadores interconectados por um ambiente de rede sem fios.

2.2.2 O Tempo e o Cibertempo

O tempo é a sucessão dos anos, dos dias, das horas etc., que envolve, para o homem, a noção de presente, passado e futuro. É também uma coordenada que, juntamente com as coordenadas espaciais, é necessária para localizar univocamente uma ocorrência física.

O “Cibertempo” é a contagem do tempo nos computadores; mede a passagem do tempo ocorrido em eventos de mundos virtuais. É a nossa própria experiência subjetiva do tempo, tal como quando interagimos com e através das tecnologias de computadores.

2.2.3 Níveis de Imersão

Nesta seção serão comentados os quatro principais níveis de imersão em realidade virtual, fazendo ênfase nos desafios tecnológicos associados a cada um deles.

2.2.3.a Imersão de Texto

A imersão de texto é aquela ocorrida na leitura de uma escrita em que o indivíduo se dedica intensivamente e exclusivamente ao assunto durante certo período de tempo, sem que haja mediação tecnológica [25].

2.2.3.b Imersão de Janela

Este tipo de imersão é caracterizado como grau de imersão mínimo. A imersão é alcançada utilizando dispositivos de entrada e saída convencionais, como teclado, mouse e monitor. Nesse tipo de sistema, o usuário visualiza um ambiente bidimensional ou tridimensional na tela plana do monitor, e navega pelo mundo virtual com o uso do mouse e do teclado. Os requerimentos tecnológicos para implementar este tipo de imersão são baixos, limitando-se a um computador dotado, idealmente, de boas capacidades gráficas e de multimídia [25].

2.2.3.c Imersão de Projeção

Neste tipo de imersão o usuário está fora do mundo virtual, mas pode se comunicar com personagens ou objetos dentro dele. A imagem do(s) usuário(s) é capturada e projetada numa grande tela, na qual também é projetado o mundo virtual. Nesse mundo virtual usuários podem interagir uns com os outros ou com objetos. Este tipo de imersão requer maior poder computacional que os dois anteriores, mas como contrapartida, oferece uma riqueza maior de interação e pode motivar mais os usuários, pois os mundos virtuais irão ocupar uma área maior da percepção e o usuário estará presente (projetado) neles [25].

2.2.3.d Imersão de Cabine

Esta imersão imita o interior de um carro, de um avião ou de outro veículo ou espaço limitado, colocando o participante dentro de um ambiente que simula uma cabine com controles. Dentro dessa cabine, telas de vídeo e monitores apresentam um mundo virtual que reage aos comandos do usuário. O mundo exibido pode criar a ilusão de 3D através do uso de óculos de

realidade virtual. Esses óculos sincronizam a exibição de perspectivas diferentes do mundo sintético para cada olho, e podem ser ativos ou passivos. Os óculos passivos são tipicamente construídos com material polarizado, e o sistema exibe simultaneamente duas imagens, uma de cada ponto de vista, empregando luz polarizada. Os óculos irão filtrar as imagens, fazendo com que cada olho receba a que lhe corresponde. Os óculos ativos são sincronizados, tipicamente através de sinais infravermelhos, com a exibição das imagens de cada ponto de vista. Estas imagens são mostradas uma de cada vez enquanto os óculos permitem a passagem da informação visual para o olho correspondente. Em ambos casos a exibição das imagens que irão criar a ilusão 3D deve ser rápida, alternando não menos de dez quadros por segundo, para não quebrar a ilusão de continuidade. Em alguns sistemas as cabines são montadas sobre plataformas móveis, além de dispor de controles com *feedback* tátil e auditivo [25].

2.2.4 Tipos de Modelagem Segundo a Informação

Para construir mundos virtuais é necessário descrever as componentes que o descrevem. É importante notar, contudo, que esta categorização não é taxativa e que na grande maioria das situações práticas os tipos de modelagem se sobrepõem para compor o mundo virtual de interesse.

2.2.4.a Conceitual

Em muitas ocasiões os objetos a serem modelados não possuem dimensões que lhes sejam características. Tal é o caso de se modelar sólidos platônicos que, embora sendo objetos geométricos, qualquer associação de unidades é arbitrária [11]. Outro exemplo é a modelagem e organização espacial do conhecimento através de cores [19]. O desafio neste caso reside em capturar a essência do que se deseja modelar, já que nem sempre o conceito pode ser transposto a entidades geométricas.

2.2.4.b Geográfica

A modelagem geográfica se preocupa com os maiores objetos possíveis, aqueles cujas escalas são de, no mínimo, da ordem de quilômetros. Objetos típicos desta modelagem são montanhas, rios, planetas e até galáxias.

O principal desafio deste tipo de modelagem reside em alcançar níveis toleráveis de precisão para oferecer o realismo desejado. A principal dificuldade deste tipo de modelagem reside na aquisição das medidas, dada a escala dos objetos de interesse.

Além das informações geográficas objetivas, este tipo de modelagem pode ser acrescido de outras informações, exibidas na forma de números e caracteres, associadas a grandezas relacionadas ao mundo, por exemplo, altitude, temperatura, densidade etc. A representação e a análise destas variáveis ambientais no contexto computacional passam primeiramente pela aquisição de amostras. Contudo, devido à complexidade da natureza, à imprecisão na medida das amostras, às aproximações de modelagem, aos interesses de estudo e às limitações computacionais, os modelos são representações simplificadas da realidade. Um bom modelo é aquele que prevê correta e consistentemente o funcionamento do mundo real através das variáveis de interesse [19].

2.2.4.c Urbana

A modelagem urbana apresenta um universo de detalhes a ser modelado, o qual integra os mais diferentes tipos de dados provenientes de diversas fontes como mapas, imagens de satélites, fotos terrestres, plantas arquitetônicas, e outros. Para compor uma visão de escala humana, isto é, os objetos a serem descritos são de, no mínimo, alguns centímetros e de, no máximo, algumas centenas de metros. Este tipo de modelagem permite que um projeto urbano possa ser vivenciado e as interações espaciais analisadas sob o ponto de vista dos observadores, considerando aspectos distintos como a acessibilidade e o tráfego, a imagem da cidade, a qualidade de vida, o impacto ambiental, a valorização do patrimônio histórico, a infra-estrutura e os recursos existentes etc [19].

2.2.5 Tipos de Modelagem Segundo a Descrição

Os tipos de modelagem segundo a descrição podem ser classificados em Modelagem Geométrica, Modelagem Física e Comportamento do Objeto, conforme definidos a seguir:

2.2.5.a Modelagem Geométrica

A modelagem geométrica abrange a descrição da forma dos objetos virtuais através de elementos geométricos simples, tais como polígonos ou vértices, e da descrição da sua aparência usando textura, reflexão da superfície, cores etc.

A forma poligonal dos objetos pode ser criada usando-se bibliotecas gráficas, como a biblioteca *OpenGL*, usando-se modelos prontos de bancos de dados comerciais ou ainda através de dados obtidos por digitalizadores tridimensionais. Os objetos também podem ser criados por

programas *CAD*, como *AutoCAD*, *3-D Studio*, ou com o uso de editores específicos de realidade virtual (estes serão abordados no Capítulo 3).

A aparência dos objetos está relacionada principalmente com as características de reflexão da superfície e com sua textura. A reflexão da superfície depende do modelo empregado, sendo os mais comuns o de *Phong* e o de *Gouraud*. O sombreado facetado (*Gouraud*) é o mais simples e menos realista, enquanto o de *Phong* é o mais complexo e mais realista [23].

A textura dos objetos é obtida a partir do mapeamento de um padrão bidimensional repetitivo sobre os objetos tridimensionais. Isto se dá como se um pedaço de plástico com o padrão da textura fosse ajustado e colocado sobre o objeto, fazendo parte integrante dele. A textura oferece várias vantagens para a realidade virtual, uma vez que aumenta o nível de detalhe e de realismo de cena, fornece melhor visão de profundidade, e permite a redução substancial do número de polígonos da cena, propiciando o aumento da taxa de quadros por segundo.

2.2.5.b Modelagem Física

Visando a obtenção de realismo nos mundos virtuais, os objetos virtuais, incluindo a imagem do usuário, precisam comportar-se como se fossem reais. No mínimo, os objetos sólidos não poderão passar um pelo outro e as coisas deverão mover-se de acordo com o esperado, quando puxadas, empurradas, agarradas etc. Nesse sentido, os objetos virtuais também deverão ser modelados fisicamente pela especificação de suas massas, pesos, inércia, texturas (lisas ou ásperas), deformações (elásticas ou plásticas) etc. Essas características, juntas com a modelagem geométrica e com as leis de comportamento, determinam uma modelagem virtual próxima da realidade. A simulação mecânica do mundo virtual, para ser realista, deverá ser executada de maneira confiável, contínua, automática e em tempo real [11].

2.2.5.c Comportamento do Objeto

As modelagem anteriores limitaram-se à modelagem matemática das propriedades cinemáticas e físicas dos objetos, visando uma resposta realista as ações do usuário. Também é possível modelar o comportamento de objetos independentes do usuário, como o exibido por relógios, calendários, termômetros e outros “agentes” (inteligentes ou não) independentes, acessando quando necessário alguns sensores externos.

Segmentação e Alteração de Detalhes

A modelagem geométrica e física de mundos virtuais com muitos objetos deverá resultar em um modelo muito complexo, difícil e caro de ser mostrado. Normalmente, esses mundos possuem vários espaços específicos, distâncias razoáveis e objetos móveis com velocidades diferentes.

O problema da complexidade pode ser contornado pela segmentação do mundo, pelo controle explícito do nível de detalhe dos objetos em função da distância ao observador, da alteração da resolução de imagens, pela pré-computação de alguns pontos de vista privilegiados etc.

A segmentação do mundo baseia-se na divisão do mundo geral em mundos menores, de forma que somente os objetos do mundo menor sejam mostrados. É o caso de uma casa com diversas salas, onde cada sala é um mundo menor. Embora o mundo geral seja muito complexo, a visão do usuário sempre será mais simples.

Uma abordagem semelhante é usada para cenas de movimentação. Objetos que estejam movendo-se rapidamente, não conseguem ser vistos claramente. Assim pode-se representar os objetos rápidos de maneira simplificada, conseguindo o mesmo efeito e economizando processamento e transmissão de dados.

Em alguns casos, unem-se também tamanhos diferentes de janela, para cenas onde o usuário esteja parado (janela grande) ou em movimentação (janela pequena), alterando assim a resolução. Usa-se também a pré-computação para mapear previamente texturas complexas, mas isto pode limitar a interação não permitindo a deformação de objetos, por exemplo.

2.2.6 Sistemas de Realidade Virtual

Nesta seção serão abordados os sistemas de telepresença, de realidade virtual *stricto senso*, de realidade aumentada e de realidade melhorada.

2.2.6.a Sistema de Telepresença

“Telepresença” é o termo que designa a presença humana no ambiente virtual, que pode ser obtida pelo uso da janela do monitor do computador ou de interfaces mais sofisticadas. Telepresença é a habilidade para agir e interagir em um ambiente distante por tecnologia

cibernética. A telepresença é a situação da pessoa atuar num ambiente remoto como se realmente lá estivesse.

Para isto deve-se utilizar um mecanismo de teleoperação através do uso de sensores e atuadores no local de controle (onde está a pessoa) e no local remoto (onde será executada a operação). Uma maneira de fazer isto é acionar um telerobô, através de sensores colocados na pessoa e da visualização do local remoto através de sinal de vídeo.

Exemplos de sistemas de telepresença são os que permitem operações remotas no fundo do mar, em ambientes radioativos e em plataformas espaciais.

A telepresença pode ser dividida em:

- Presença remota

O usuário opera computadores no mundo real (robô). Esta tecnologia une sensores remotos no mundo real com as sensações de um operador humano. Um exemplo são os cirurgiões que usam instrumentos minúsculos em cabos para fazerem operações sem necessidade de fazer grandes cortes e, por vezes, sem estarem presentes no lugar da cirurgia.

- Teleconferência

O usuário é representado dentro do ambiente virtual (avatar) e pode interagir com guias, agentes ou personagens artificiais ou reais.

2.2.6.b Sistema de Realidade Virtual

O Sistema de Realidade Virtual faz com que o usuário através dos dispositivos de realidade virtual, participe de um mundo virtual gerado por computador, interagindo com ele em tempo real. O ambiente virtual pode ser um mundo imaginário ou simular um ambiente real com seus elementos e comportamentos.

No ambiente virtual, o usuário pode ou não ser atrelado às restrições do mundo real. Se o mundo assim o permitir, ele pode voar, atravessar paredes e objetos, navegar em alta velocidade, ser teletransportado de um ambiente a outro, e assim por diante.

Os sistemas de telepresença e de realidade virtual são semelhantes no uso de interfaces bem elaboradas. Eles diferem na atuação sobre o ambiente. Enquanto a telepresença faz com que a interface atue sobre o telerobô que vai atuar sobre o mundo real, o sistema de realidade virtual faz com que a interface atue diretamente sobre o computador que vai atuar sobre um mundo virtual ou um mundo real simulado.

2.2.6.c Sistema de Realidade Aumentada

O sistema de Realidade Aumentada é uma combinação da visão do ambiente real com o ambiente virtual. Esse tipo de sistema é obtido mesclando-se sistemas de telepresença e realidade virtual.

No geral, utilizam-se óculos ou capacetes com visores semitransparentes, de forma que a visão do ambiente real possa ser sobreposta com a informação do ambiente virtual. Também é possível coletar a imagem real com uma câmera de vídeo e misturá-la com a imagem virtual antes de ser apresentada. Com isso é possível enxergar-se, por exemplo, um objeto real com o seu detalhamento interno gerado por realidade virtual. O ponto crítico desse tipo de sistema é a superposição exata do mundo virtual com o mundo real.

Um sistema típico de realidade aumentada baseado em vídeo é composto de um capacete de visualização com sistema de rastreamento de posição, sobre o qual é disposta uma câmera de vídeo. Nesse caso, a imagem real é obtida pela câmera de vídeo montada sobre o capacete, enquanto que a imagem virtual é gerada por um computador que considera o posicionamento do rastreador. Um misturador combina as duas imagens e mostra o resultado final ao usuário.

2.2.6.d Sistema de Realidade Melhorada

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

2.2.7 Linguagens para Internet

Uma das linguagens mais importantes de realidade virtual para Internet é a *Virtual Reality Modelling Language* (VRML). Uma referência completa para a versão mais atual desta linguagem são os textos [3], [9] e [15]. Uma outra linguagem importante, a que será considerada para a execução deste trabalho, é Alice.

2.2.7.a Virtual Reality Modelling Language (VRML)

VRML é Computação gráfica 3D interativa na *Web*. Ela é uma linguagem textual utilizada para descrição de cenas e ambientes interativos em 3D. Os arquivos VRML têm

extensão “.wrl” e podem ser vistos com um navegador VRML, localmente ou através da Internet. O navegador pode ser uma *helper-application* ou um *plug-in*.

VRML pode ser usado numa página *Web* preenchendo a página, apenas um retângulo da página ou ainda um *frame* ou parte do *frame* [8].

Tipos de Navegadores VRML

Um arquivo VRML, contendo uma cena 3-D pode residir em qualquer lugar ou computador. O padrão VRML foi desenvolvido especificamente para permitir inclusão de cenas 3-D na *Web*, onde todo mundo possa experimentá-las. Por este motivo, os navegadores VRML são projetados para funcionar conjuntamente com os navegadores *Web* convencionais [10]. Alguns exemplos de navegadores são:

- **Plug-ins:** projetados para funcionar com um determinado navegador *Web*, os dois operam de maneira tão similar que talvez não se consiga perceber onde o navegador convencional termina e o navegador VRML começa.
- **Aplicativos-assistentes:** operam com vários tipos diferentes de navegadores *Web*. Um navegador *Web* ativa um aplicativo-assistente para funcionar como um especialista quando encontra algo que não sabe como exibir na tela. Nessas circunstâncias, o navegador VRML abre sua própria janela para exibir o mundo VRML.
- **Navegadores/construtores:** alguns aplicativos-assistentes para VRML possuem determinadas capacidades adicionais. Além de visualizar mundos VRML criados por outros usuários, dão recursos para construirmos os nossos próprios mundos VRML usando a mesma ferramenta.

2.2.7.b VRML - História

VRML nasceu em 1994 na conferência anual da *Web* em Genebra, Suíça, em resposta à necessidade de se ter uma linguagem para representar ambientes 3D interativos na Internet. Nessa conferência Tim Berners-Lee e Dave Roggett organizaram uma sessão para discutir interfaces de realidade virtual na *Web*, e ficou estabelecido que essa linguagem fosse para especificação de mundos 3D e *hyper links Web* – uma analogia do HTML para a realidade virtual. Após o nome “*Virtual Reality Markup Language*” ter sido apresentado, o termo “Markup” foi substituído por “Modeling” para refletir a natureza gráfica da VRML.

Após a conferência de Genebra, o grupo resolveu criar uma lista de *e-mails* para discutir a especificação da primeira versão da VRML. A participação na lista foi imensa. Pouco tempo depois, Mark Pesce do *Labyrinth Group*, anunciou sua intenção de ter uma versão esboçada da especificação pronta para a *Web*. A lista aceitou o conjunto de requerimentos da versão 1 e logo começaram as buscas por tecnologias que pudessem ser adaptadas para as necessidades da VRML.

Depois de muito debate a lista chegou a um consenso: o *Open Inventor ASCII Format* da *Silicon Graphics Incorporation*. O *Inventor File Format* suporta descrições completas de mundos 3D com objetos poligonais renderizados, luz, materiais, propriedades de ambiente e efeitos de realismo. Um subconjunto do *Inventor File Format*, com extensões para suporte de rede, formam as bases da VRML [17].

2.2.7.c Alice

ALICE é um programa com gráficos interativos em 3D para ser utilizado no ambiente *Windows 95/98/NT* e *2K*, construído por um grupo de pesquisa da Universidade *Carnegie Mellon*, Pittsburgh. O seu objetivo é facilitar o desenvolvimento por parte de iniciantes nas aplicações 3D e explorar as novidades de gráficos interativos. A versão atual da ferramenta ALICE é gratuita e pode ser executada em qualquer computador. Os mundos criados com este programa podem ser vistos em um navegador *Web* se o *plug-in* ALICE estiver instalado no computador.

O *freeware* ALICE é antes de tudo um ambiente de *scripting* e prototipagem para a análise e descrição do comportamento de objeto 3D, não é um modelador 3D. Isto faz com que o ALICE seja mais parecido com o LOGO do que com o AutoCAD, mas ele lê muitos formatos comuns de arquivos 3D, inclusive .DXF (o formato DXF, *Drawing Interchange file*, foi desenvolvido para auxiliar a comunicação entre o AutoCAD e outros programas) e formatos de .OBJ (arquivos de vários programas gráficos como, por exemplo, o *Wavefront*). O formato .3DS do *3D Studio Max* pode ser convertido para arquivo no formato do ALICE. Na distribuição do ALICE é incluída uma grande biblioteca de modelos de texturas. Um modelo do ALICE poderá ser visualizado por qualquer *plug-in* do ALICE.

Escrevendo *scripts* simples, os usuários do ALICE podem controlar o aparecimento e o comportamento de objetos. Enquanto os *scripts* estiverem executando, os objetos são manipulados pelo usuário interativamente através do *mouse* e teclado.

O ALICE usa Java para conectar com navegadores *web* e criar ferramentas 2D *GUI* (*Graphic User Interface*). A ferramenta de autoria ALICE não usa Java, mas usa uma linguagem de programação chamada *Python* que é uma linguagem de alto nível, interpretada, orientada a objetos com uma semântica dinâmica. Suas estruturas de alto nível, combinadas com sua tipagem de vinculação dinâmica a fazem muito atrativa para desenvolvimento de aplicativos, e também para o uso como linguagem de script.

2.3 Imagens

As imagens são os elementos mais comuns, característicos e facilmente acessados da WWW, e são extremamente poderosas na transmissão de informação, atração de público para uma página e aumento do interesse para algum produto. No entanto, há alguns cuidados que se deve tomar para que o efeito não seja o oposto do esperado [6].

O grande problema é a baixa velocidade com que a maioria das pessoas tem acesso à *Internet*. Mesmo que assim não fosse, o uso racional da quantidade de dados que trafegam pela rede é melhor para todos. O que essa baixa velocidade representa na prática é que o tamanho dos arquivos transferidos deve ser o menor possível para não prejudicar a experiência da navegação. Daí os formatos de imagens mais usados serem os que oferecem melhor compressão de dados e, com isso, redução efetiva do número de bytes a serem transmitidos. Além disso, tentar reduzir a quantidade e dimensão dos gráficos sem comprometer o efeito desejado é um diferencial de um bom projeto visual e de conteúdo de um site.

As informações visuais para a Internet podem ser armazenadas e exibidas empregando duas grandes classes de formatos: os vetoriais e os matriciais.

Daremos ênfase exclusivamente aos formatos matriciais que podem ser entendidos de maneira nativa por navegadores de Internet, isto é, aos formatos JPG, GIF e PNG.

Um elemento gráfico bem acabado dá credibilidade a um site. Ele informa a todos que você dá valor suficiente a este site a ponto de investir o tempo necessário para torná-lo atraente visualmente. As imagens também adicionam funcionalidade ao site e podem comunicar volumes de informações com apenas uma olhada.

Na Internet, a qualidade também exige rapidez. Para isso, as imagens devem ser descarregadas rapidamente ou pelo menos parecer que são descarregadas com rapidez. Alguns fatores determinam a velocidade de uma descarga: o tamanho físico da imagem (número de

pixels e número de cores por pixel), quantidade de memória utilizada, a velocidade do servidor onde ela está sendo armazenada, o uso de um servidor (quantas pessoas estão acessando o servidor em um dado momento), a velocidade do acesso do usuário da Internet, a velocidade do processamento do computador do usuário etc [7].

2.3.1 Tipos de Dados

Existem dois grandes tipos de dados de imagens: dados matriciais (também conhecidos como do tipo *raster* ou *bitmap*) e dados vetoriais.

No formato matricial a informação gráfica é descrita como um conjunto de pixels, normalmente organizados da maneira como são vistos no monitor ou numa impressão: da esquerda para a direita e de cima para baixo. Cada pixel tem uma localização específica e uma cor atribuída a ele. Alguns exemplos de programas que usam imagens matriciais são Photoshop [1], Photo Paint e Microsoft Paint.

No formato vetorial a informação gráfica é descrita em termos de equações matemáticas ou de objetos tais como círculos, linha, retângulos etc. Este formato é usado normalmente em programas de CAD e desenho gráficos como o Adobe Illustrator e o Corel Draw [5].

2.3.2 Métodos de Codificação de Imagem

Estes métodos descrevem como os pixels são organizados e representados dentro da memória do computador. Os principais métodos são:

RGB (24 bits): sistema que usa três componentes por pixel (R-*Red*, vermelho; G-*Green*, verde e B-*Blue*, azul), permitindo reproduzir até 16,7 milhões de cores. Cada cor é representada em 8 bits (1 *byte*), permitindo 256 níveis ou valores por componente. O valor (0, 0, 0) de R, G e B equivale ao preto, e o valor (255, 255, 255) de R, G e B equivale ao branco. O sistema é baseado na combinação da luz emitida por três fontes de luz, cada uma de uma cor primária, e esta combinação é chamada aditiva.

CMYK (32 bits): sistema que usa quatro componentes por pixel. Cada componente é representado em 8 bits, permitindo 256 valores diferentes. O sistema CMYK se baseia na qualidade da luz absorvida por uma tinta impressa sobre papel. Desta forma, quanto maior a quantidade de tinta, mais escura será a imagem impressa. Os valores de CMYK são representados como a porcentagem de cada tinta que é depositada no papel. Assim, valores de 0% de C, M Y e K corresponde ao branco, e valores de 100% de C, M, Y e K correspondem ao

preto. Como o modo CMYK usa 4 *bytes* por *píxel*, ele ocupa 33% mais espaço em memória e em disco do que o modo RGB.

Escala de Cinza (8 bits): sistema que usa 256 níveis de cinza por pixel, ou um *byte* por píxel. O valor 0 corresponde ao preto, e o valor 255 ao branco. No *Photoshop*, uma escala de cinza é representada como um percentual de preto (K): 0% equivale ao branco e 100% equivale ao preto. Este modo é o recomendado para armazenar imagens em preto e branco guardando tons contínuos.

Preto e Branco (1 bit): também conhecido como imagem binária, pois cada pixel é representado por um único bit. Neste sistema, cada pixel pode assumir o valor 0 (preto) ou 1 (branco). Programas de manipulação costumam oferecer 4 modos de conversão para preto e branco: linha artística (*50% Threshold*), ordenado, difusão de erro e meio-tom. Dentre todos os modos, o binário é o que resulta em imagem com menor tamanho. Este modo é usado para dar saída em duas cores.

Cor Indexada (de 1 a 8 bits): também conhecido como 256 cores. Neste modo, cada pixel assume um valor presente numa paleta (tabela) de 256 cores. Existem vários tipos de paletas. Programas de manipulação permitem definir paletas e criar uma nova fazendo uma amostragem da imagem a ser convertida. Este modo é útil para aplicações multimídia e para publicar na *Web* dado que os arquivos tendem a ser menores.

2.3.3 Otimizando Gráficos para a Internet

A meta principal em um projeto gráfico da *Web* é a criação de imagens atraentes e de rápida transferência. Para isso, deve-se reduzir o número de cores e selecionar um formato com a melhor compactação possível, mantendo a qualidade. Esse processo de busca do equilíbrio entre tamanho e qualidade é chamado de “otimização”. Para um controle maior das opções de compactação e gerenciamento de cores, é importante ter um bom editor de imagens específico para a *Internet*.

A otimização de imagens consiste basicamente em:

- 1- Escolher o melhor formato de arquivo: cada formato de arquivo tem uma forma diferente de compactar informações de cores no arquivo. A escolha do formato apropriado para determinados tipos de gráficos pode reduzir sensivelmente o tamanho do arquivo. Os formatos mais comuns na *Internet* são o GIF (*Graphics Interchange Format*) e o JPEG (*Joint*

Photographic Experts Group). O PNG (*Portable Network Graphic*), por ser um formato mais novo, está em grande expansão na Internet nos últimos tempos, principalmente pela sua versatilidade. Mais adiante, veremos as vantagens, desvantagens e aplicações de cada formato.

- 2- Definir opções específicas de formato: cada formato citado acima tem um conjunto exclusivo de opções para controle de compactação de imagem. Por exemplo, pode ser usado o pontilhamento em um GIF para compensar o número menor de cores armazenados na imagem, ou usar a suavização em um JPEG para embaçar um pouco a imagem, ajudando a compactação JPEG a reduzir o tamanho do arquivo.
- 3- Ajustar as cores da imagem: as cores podem ser limitadas, restringindo a imagem um conjunto específico de cores. Esse conjunto é chamado “paleta de cores” de uma imagem. Quanto menor o número de cores da paleta, menor o número de cores na imagem, resultando em um arquivo de tamanho menor. Mas tem que se ter um cuidado especial ao definir uma paleta de cores a uma imagem, pois a redução do número de cores pode também diminuir a qualidade da imagem, por isso é interessante experimentar várias paletas de cores para encontrar o melhor equilíbrio entre qualidade e tamanho.
- 4- Selecionar o melhor formato de arquivo: a compactação de imagens garante uma transferência mais rápida pela Internet. No entanto, a aparência de um gráfico pode variar de um formato para outro, dependendo do método de compactação de cada um. Abaixo está uma descrição de cada formato.

2.3.3.a Formato GIF

É provavelmente o formato de arquivos gráficos mais popular. GIF87a foi a primeira versão do GIF e surgiu em 1987. Em 1989 a *CompuServe* lançou a especificação GIF89a, que implementava o recurso da cor transparente.

As duas versões de GIF estão em uso na *Web*; o original GIF87a e o mais novo GIF89a. Ambas as versões podem usar entrelaçamento; armazenando imagens que usam quatro passagens em vez de uma. Normalmente, quando uma imagem é exibida em um navegador é transmitida uma linha de cada vez, começando com a fila de topo e preenchendo a página. Quando salvo como um GIF entrelaçado, primeiro é enviado no seu tamanho cheio, mas com uma baixa resolução. Isto permite para uma pessoa ter uma idéia do conteúdo da imagem antes que esta seja completamente transmitida. Como mais pixels são enviados nas próximas três passagens, a

imagem vai se enchendo e eventualmente alcança sua resolução total. O GIF da mais nova versão 89a adiciona novas capacidades, incluindo transparência. Para utilizar este recurso, o usuário deve especificar qual cor na tabela será transparente. Quando visto com um navegador de *Web*, o navegador substitui todo pixel na imagem que é desta cor por um pixel do fundo da página da *Web*. Isto permite o fundo se mostrar através da imagem nessas áreas, como se as áreas fossem transparentes. O usuário tem que escolher a cor transparente cuidadosamente. Selecionando uma cor que esteja em vários lugares na imagem, além do fundo, a imagem parecerá ter “buracos”.

Imagens podem ser “animadas”. Exibindo rapidamente uma série de imagens adequadas os objetos podem parecer animados como em um filme de animação. Isto trabalha melhor com desenhos de linha, mas também pode ser feito com fotografias. Dependendo da sua rapidez de conexão com a *Web*, a animação pode não trabalhar a primeira vez que é exibida, porém, uma vez é salva em memória local e reexibida, o efeito será o desejado.

Imagens GIF estão limitadas a um máximo de 256 cores. Estas cores, armazenadas em uma tabela, *index* ou paleta, são freqüentemente chamadas de “cores indexadas”. Quando se converte uma fotografia para o formato GIF, a maioria dos programas gráficos permitirá usar *dither* nela. Isto substitui cores perdidas com padrões disponíveis na paleta. O *dither* melhora a aparência da imagem, mas também aumenta o tamanho do arquivo. Embora fotografias de GIF sejam freqüentemente visualizadas muito bem em tela, elas sofrem se comparadas lado-a-lado com imagens salvas em JPEG e outros formatos. O formato de GIF é mais bem usado com desenhos como caricaturas, gráficos, esquemas, logotipos e texto que têm um número limitado de cores e limites distintos entre regiões de cor.

As imagens em formato GIF são comprimidas usando uma forma de compressão sem perdas chamada LZW (*Lempel-Ziv-Welch*). A taxa de compressão alcançada depende da freqüência de mudanças de cor em cada linha da imagem. Isto é porque quando dois ou mais pixels têm a mesma cor seguida, eles são registrados como um único bloco. Conseqüentemente, um quadro de faixas horizontais comprimirá mais que um de faixas verticais, porque as linhas horizontais seriam armazenadas como um único bloco. Fotografias com áreas grandes de cores idênticas como céus, nuvens e assim por diante, comprimirão mais que imagens com muitas cores e padrões.

Para salvar uma imagem de 24 bits como um GIF, basta reduzir a profundidade do pixel até 8 bits. Para reduzir tamanhos de arquivo em formatos GIF, é preciso reduzir o número de

cores na imagem. Isto é difícil com a maioria das fotografias, mas não com desenhos. Por exemplo, se a imagem tem 16 cores ou menos, deve-se convertê-la para uma paleta de 4 bits (16 cores); a maioria dos programas gráficos permite fazer isto.

As cores descartadas são aquelas que são raramente usadas ou que apenas servem para fazer a transição entre cores mais freqüentes. Quando trabalhando com imagens de escalas de cinza, o GIF trabalha tão bem quanto o JPEG porque quase todos programas usam 8 bits (256 cores) para imagens de escalas de cinza.

Quando usar o GIF?

- Sempre que for armazenar imagens no modo indexado (*indexed color*), uma vez que este modo prevê uma paleta de no máximo 256 cores;
- Quando a imagem contiver desenho (linhas, curvas e figuras);
- Quando a imagem tiver áreas transparentes;
- Quando se desejar fazer uma animação.

Opções do GIF

Imagem entrelaçada: usada quando a imagem será visualizada num navegador da *Internet*. Esta opção informa ao navegador que a imagem deverá ser mostrada com resolução crescente, permitindo que se veja uma imagem completa em baixa resolução. Se a opção entrelaçada não for usada, a imagem será mostrada na sua resolução máxima desde o início. Quando a opção entrelaçada é usada, o navegador mostra a imagem em 4 passos: no primeiro e segundo passos, as linhas são mostrada de 8 em 8 (12,5% + 12,5%). No terceiro, de quatro em quatro (25%) e no último os 50% restantes.

Cor transparente: em alguns programas de manipulação como o *Photoshop*, é possível definir áreas da imagem que serão transparentes. A cor transparente é uma extensão do GIF (introduzida no GIF89a), que permite com que determinados *pixels* da imagem recebam o atributo transparente. Quando esta imagem GIF é mostrada num navegador da *Web*, os *pixels* transparentes assumem a cor de fundo da tela do navegador. A cor transparente visa eliminar as bordas retangulares de imagens que apareciam em páginas da *Web*.

GIF é um formato gráfico popular para a *Web*. Embora possa conter apenas 256 cores, o formato GIF oferece uma boa compactação de imagens sem muitas perdas de qualidade. Além

disso, imagens compactadas no formato GIF podem conter áreas transparentes e múltiplos quadros para se compor uma animação.

As imagens compactadas normalmente não perdem a sua qualidade. O GIF é compactado digitalizando-se horizontalmente por uma fileira de pixels, encontrando áreas sólidas de cores e então, abreviando-se áreas idênticas de *pixels* no arquivo.

Portanto, as imagens com áreas respectivas de cores chapadas compactam melhor quando exportadas como GIFs. O GIF é geralmente ideal para imagens gráficas como desenhos, logotipos, gráficos com áreas transparentes e animações.

Alguns efeitos otimizadores do GIF, como pontilhamento e suavização de serrilhado produzem imagens maiores.

GIF é um formato usado para comprimir imagens que contenham até 8 bits de informação de cor (ou seja, até 256 cores). Este tipo de gráfico é comprimido por um algoritmo que não produz perdas na imagem. Por isso, a qualidade de um GIF geralmente é melhor que o JPEG, que tem perdas maiores, mas o tamanho do arquivo gerado é maior. O formato GIF também permite que se use cores transparentes, ou seja, você pode selecionar que a cor do fundo de uma imagem será transparente, resultando numa melhor integração com a página.

O formato GIF usado atualmente data de 87 e foi criado para ser utilizado pela CompuServe, na época em que 256 cores eram suficientes para as imagens, já que os usuários não tinham mais do que isso em suas placas de vídeo. Sua motivação básica foi a possibilidade de guardar várias imagens em um mesmo arquivo (daí as GIFs Animadas).

GIFs Entrelaçados

Quando uma página é aberta e nela se ver uma imagem que inicialmente aparenta estar borrada, em blocos, e aos poucos vai ganhando nitidez. Isso são GIFs entrelaçados.

O entrelaçamento não afeta o tamanho de um GIF. Em teoria, ele possibilita que o internauta ao visualizar a imagem tenha uma vaga idéia do desenho e opte por esperar ou clicar para prosseguir antes que a imagem receba acabamento e seja finalizada.

Supõe-se que isso economize tempo. Infelizmente, para o visualizador final ser forçado a esperar até que a imagem inteira entre em foco para poder ler as informações básicas,

normalmente é uma experiência frustrante. Em outras palavras, com imagens entrelaçadas economiza-se tempo a não ser que tenha de esperar até as imagens ficarem completas.

Não se deve usar GIFs entrelaçados para informações visuais importantes que sejam cruciais para a visualização em um site. Um *imagemap* (mapa de navegação) ou ícone de navegação, por exemplo, devem ser vistos em sua totalidade. Os GIFs entrelaçados podem economizar um bom tempo de navegação se não forem essenciais à navegação, mas se forem, isso pode ser bem frustrante.

GIFs Animados

Os GIFs animados fazem parte da especificação GIF89a, e são formados de vários arquivos GIFs seqüenciais, dando a sensação de movimento à imagem.

Os GIFs animados funcionam como apresentações de slide automatizadas. Podem incluir informações de paleta personalizada e serem definidos para passarem em diferentes velocidades. Eles também podem incluir entrelaçamento e transparência, sem problemas. A facilidade dos GIFs animados está no fato de eles não precisarem de *plug-ins* e de as ferramentas de criação, geralmente serem gratuitas e fáceis de se aprender. Além disso, é aceito pela maioria dos navegadores, sendo que você pode incluí-los em páginas da *Web* sem ter que se preocupar com a compatibilidade e acessibilidade.

Assim como outros arquivos GIF, o número de cores e a quantidade de ruído nos quadros afetam o tamanho do arquivo. Mas tanta facilidade tem seu preço, e um preço muito alto: se você tiver uma animação de 200 quadros, com cada um totalizando 5 Kb, seu GIF animado terá 1.000 Kb! Uma imensidão em se tratando de Internet.

As famosas GIFs animadas se tornaram muito populares na *Web*, especialmente após o lançamento do navegador *Netscape*, em sua versão 2.0, de suportar o formato para animações simples que adicionaram vida a muitas páginas sem necessidade de *JAVA* ou *ActiveX*. Consistem em GIFs com várias imagens (ou quadros) gravados em um único arquivo que podem ser tocados em velocidade especificada e quantas vezes se desejar.

2.3.3.b Formato JPEG

JPEG (Joint Photographic Experts Group): foi criado em 1990 pelo comitê que deu o nome a este método de compressão. Ele foi projetado para comprimir imagens de sujeitos reais (tais como fotos), tanto coloridas quanto em escala de cinza. O JPEG tem como característica

intrínseca à perda de qualidade da imagem, ou seja, uma imagem descomprimida não é exatamente igual à original. Por outro lado, permite taxas de compressão muito mais elevadas do que métodos sem perda.

JPEG é uma alternativa para o formato GIF desenvolvida pelo Joint Photographic Experts Group especificamente para imagens fotográficas. O formato JPEG suporta milhões de cores (24 bits).

O JPEG permite armazenar imagens *true color* (24 ou 32 bits por *píxel*); o GIF, armazena apenas 8 bits/*píxel*. Uma imagem JPEG pode ser progressiva, como no formato GIF.

No JPEG, o grau de compressão pode ser controlado. Quanto mais compressão, menor o tamanho do arquivo. Porém, quanto maior a compressão, maior será a perda de informação. O JPEG é muito eficiente em imagem de tons contínuos, tais como fotografias, e menos eficiente em gráficos ou *line art*, onde a quantidade de tons diferentes é menor. O JPEG permite graus de compressão de 10:1 a 20:1 sem perdas visíveis na qualidade da imagem. Graus de compressão de 30:1 a 50:1 podem ser atingidos com perda moderada de qualidade, enquanto imagens com qualidade baixa podem ser geradas permitindo uma compressão de 100:1.

JPEG é um formato com muita perda, o que significa que alguns dados de imagem são descartados quando compactados, reduzindo a qualidade do arquivo final. Entretanto, os dados de imagens muitas vezes podem ser descartados com pouca ou nenhuma diferença perceptível em qualidade.

O formato JPEG é o melhor para fotografias digitalizadas, imagens com texturas, com transição de cores de *dégradé* ou qualquer imagem que exija mais de 256 cores.

JPEG também é comprimido através de um algoritmo e suporta até 24 bits de informação de cor (um pouco mais que 16 milhões de cores), e conseguem comprimir imagens com muito mais eficiência que o formato GIF, gerando arquivos menores. Por outro lado, este formato apresenta pequenas perdas na qualidade da imagem.

O JPEG, é um algoritmo de compressão com perda (*lossy*), projetado para compactar imagens de 24 bits ou 8 bits de tom de cinza (*grayscale*), e é extremamente eficiente. Seu uso é indicado para fotografias ou imagens com grande gama de cores. Ao se gravar uma imagem neste formato, pode-se escolher o grau de compressão, inversamente proporcional ao grau de

qualidade. Cada imagem tem um ponto ideal entre Tamanho X Qualidade, e para acertar o único jeito é tentar [18].

Uma imagem originalmente de 8 bits de cor (256 cores) nunca deve ser gravada em formato JPEG. Ao se converter uma imagem de 24 *bits* para 8 *bits*, inevitavelmente se perde informação, que não pode ser recuperada. O algoritmo do JPEG só trabalha no espaço de 24 *bits* e iria converter novamente a imagem para este espaço, aumentando o volume de dados sem ganho de qualidade. Além disso, experimentalmente, as GIFs e PNGs têm arquivos menores do que o JPEG.

O método de compressão usado pelo JPEG acarreta em perda da qualidade da imagem, ou seja, uma imagem comprimida em JPEG, quando descomprimida, nunca será igual à original. Por outro lado, o método de compressão do JPEG permite taxas de compressão mais altas do que o LZW (usado pelo GIF).

JPEGs progressivos

JPEGs progressivos, como GIFs entrelaçados, são exibidos em baixa resolução e então aumentam em qualidade à medida que a sua transferência continua a ser feita.

2.3.3.c Formato PNG

O formato gráfico PNG é o mais versátil para a *Web*. No entanto, nem todos os navegadores podem aproveitar todas as vantagens das características do PNG sem usar *plug-ins*. O formato PNG pode suportar cores de até 32 bits, converter transparência ou um canal de cor alfa e ser progressivo [13].

Não há nenhuma lei sobre qual formato de imagens usar, mas os mais usados atualmente são o JPEG e o GIF. Há um novo formato, o PNG, que foi criado para substituir o GIF, pois o algoritmo de compressão usado por este último deixou de ser de domínio público, e ninguém quer saber de ficar pagando para usar o formato. Neste trabalho é dada uma rápida introdução ao assunto, para uma boa discussão sobre os formatos, suas compressões e tamanhos relativos, há um grande conteúdo na página *Webreference*[24].

PNG de *Portable Network Graphics*, é o novo formato recomendado pelo W3C que deve substituir o GIF com o tempo, já que este tem problemas de *Copyright*. Abaixo um resumo das características do PNG, que ao que parece veio para ficar.

Características do formato GIF que existem no PNG:

- Imagens de cores indexadas de até 256 cores;
- Mostra progressiva (vai melhorando a imagem durante o *download*);
- Transparência - partes da imagem podem ser marcadas transparentes, para melhor encaixar com o fundo;
- Possibilidade de informação textual no arquivo;
- Completamente independente de plataforma;
- Compressão eficiente e sem perda;

Além destas, são novos atributos do formato:

- Imagens *true color* de até 48 *bits* por *pixel*;
- Imagens *grayscale* de até 16 *bits* por *pixel*;
- Transparência por *Alpha Channel* (Canal Alfa) - cada *pixel* pode ter um grau de transparência independente;
- Informação de *Gamma*, que permite fidelidade de reprodução de cor nos mais diversos *displays*;
- Representação da primeira imagem mais rápido: o PNG codifica tanto horizontal quanto verticalmente o entrelaçamento;
- Algoritmo de compressão mais eficiente que o do GIF.

PNG pronunciado "ping", foi desenvolvido para substituir o antigo formato GIF e é apoiado pelo *Microsoft Internet Explorer* e *Netscape Navigator*. O PNG, como o GIF é um formato de *lossless*, mas tem algumas características que o formato GIF não possui. Estes incluem 254 níveis de transparência (GIF apóia um único), mais controle sobre o brilho da imagem, e apoio para mais de 48 bits por pixel (GIF suporta 8 para 256 cores). PNG também suporta distribuição progressiva, como os GIFs interlaçados fazem e tende a comprimir melhor que um GIF.

A compactação PNG não apresenta perdas, mesmos em grandes intensidades de cor. Ele compacta fileiras e colunas de *pixels*, muitas vezes produzindo uma compactação melhor que o GIF, que varre somente fileiras.

O formato PNG é o melhor para a criação de transparência complexa ao vivo, imagens gráficas *high-color* e imagens gráficas *low-color* melhor compactadas.

Uso de Imagens no Estudo de Caso

No Estudo de Caso foram utilizados imagens do tipo Gif e Jpeg. A imagem Gif foi escolhida quando esta não passava de 256 cores ou quando era preciso fazer uma animação. Já a imagem Jpeg foi utilizada na colagem de fotos ou em imagens que seu espectro ultrapassava mais de 256 cores. Neste trabalho não foi utilizado arquivo do tipo PNG devido aos programas de imagens escolhidos não trabalharem com esta extensão.

Capítulo 3: Editores

Este capítulo trata dos editores HTML, Imagens e Realidade Virtual usados na confecção da Homepage do Metrô de Teresina.

3.1 Editores HTML

Editores HTML são softwares capazes de criarem páginas empregando a linguagem HTML que é o padrão WWW para publicação de documentos. Desta forma, eles são programas que auxiliam na criação de homepages. Existem ainda muitos editores de HTML utilizando a forma precursora, manual e trabalhosa, de desenvolver páginas na Internet através da edição de “código fonte”, como se fosse em um bloco de notas ou em outro editor de textos qualquer. Atualmente, em vista da facilidade dos novos editores HTML, o código fonte é utilizado somente quando uma programação necessita ser verificada ou recursos adicionais devem ser empregados [16].

No nosso trabalho foram avaliados dois editores de HTML gratuitos (Cool Page 2.7 Free e CoffeeCup HTML free) e decidimos utilizar um que atende melhor aos propósitos desta dissertação. Escolhemos para avaliação editores do tipo WYSIWYG (*What You See Is What You Get* – o que você vê você consegue) por serem mais fáceis de manusear do que os editores convencionais, já que não é preciso editar o seu código fonte e o trabalho se resume praticamente a colar figuras e escrever textos. O resultado final será o mesmo do visualizado na montagem da página.

3.1.1 Cool Page 2.7 Free

É um editor de fácil usabilidade, que oferece com clareza seus recursos para o usuário, também por ser caracterizado como um software para usuários iniciantes e intermediários. É possível construir uma página sem que se tenha conhecimento da linguagem HTML. As páginas criadas são mostradas como uma simulação de como seriam vistas através do navegador (WYSIWYG). Outra opção interessante é o redimensionamento de imagens apenas clicando duas vezes nelas. Possui opção para a visualização e publicação [27].

Os principais recursos disponíveis para a confecção de páginas são:

- Editor do tipo WYSIWYG;
- Criação de tabelas com retângulos e linhas;

- Inserção, redimensionamento e mapeamento de imagens;
- Inserção de background sólido e de imagem;
- Inserção de contador;
- Inserção de arquivos de sons;
- Opções para modificação do layout da página, como escolha das cores de fonte, link ativo, *link* visitado e link inativo;
- Opções de formatação de texto;
- Criação e inserção de *Banners Flash*;
- Criação e inserção de aplicativos Java (*Applets* Java);
- Criação de *links* e âncoras;
- Opção para a visualização da página no formato HTML;

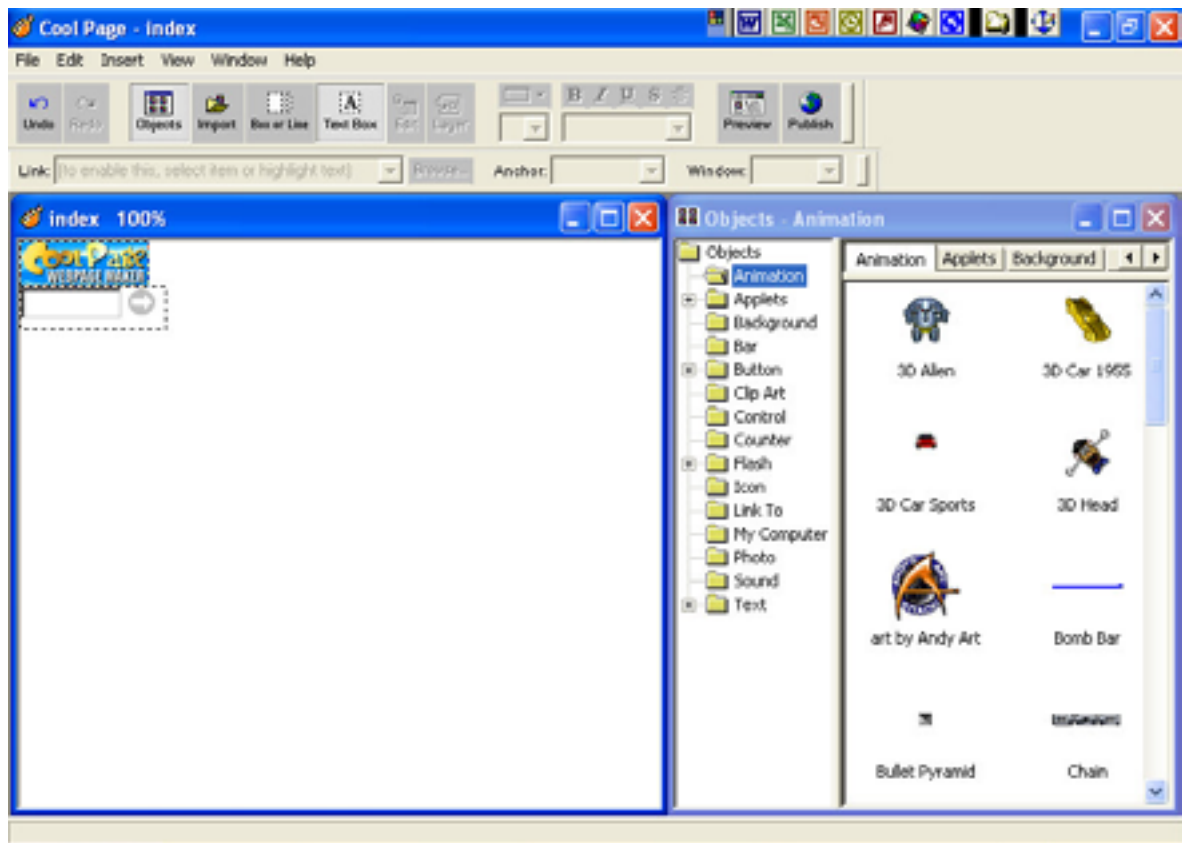


FIGURA 01: Interface do Cool Page 2.7 Free

3.1.2 CoffeeCup Free

Este é um dos mais antigos editores de HTML. Não perdeu sua força, mesmo contra os programas que editam visualmente páginas. Embora considerado um software “para principiantes”, ele oferece recursos sofisticados de efeitos especiais para compor *links*, tabelas, menus, ícones, botões, barras de separação etc., além de possuir uma vasta biblioteca de imagens e símbolos. Possibilita ao usuário mais leigo criar sua própria *homepage* rápida e facilmente. O software já vem com 35 imagens de fundo para escolher, 60 botões e *bullets*, e 60 *templates* completos pré-configurados. Este editor dificulta muito para o usuário quando na execução de um projeto mais arrojado dado que as suas ferramentas de trabalho não apresentam recursos para executar tais projetos [29].

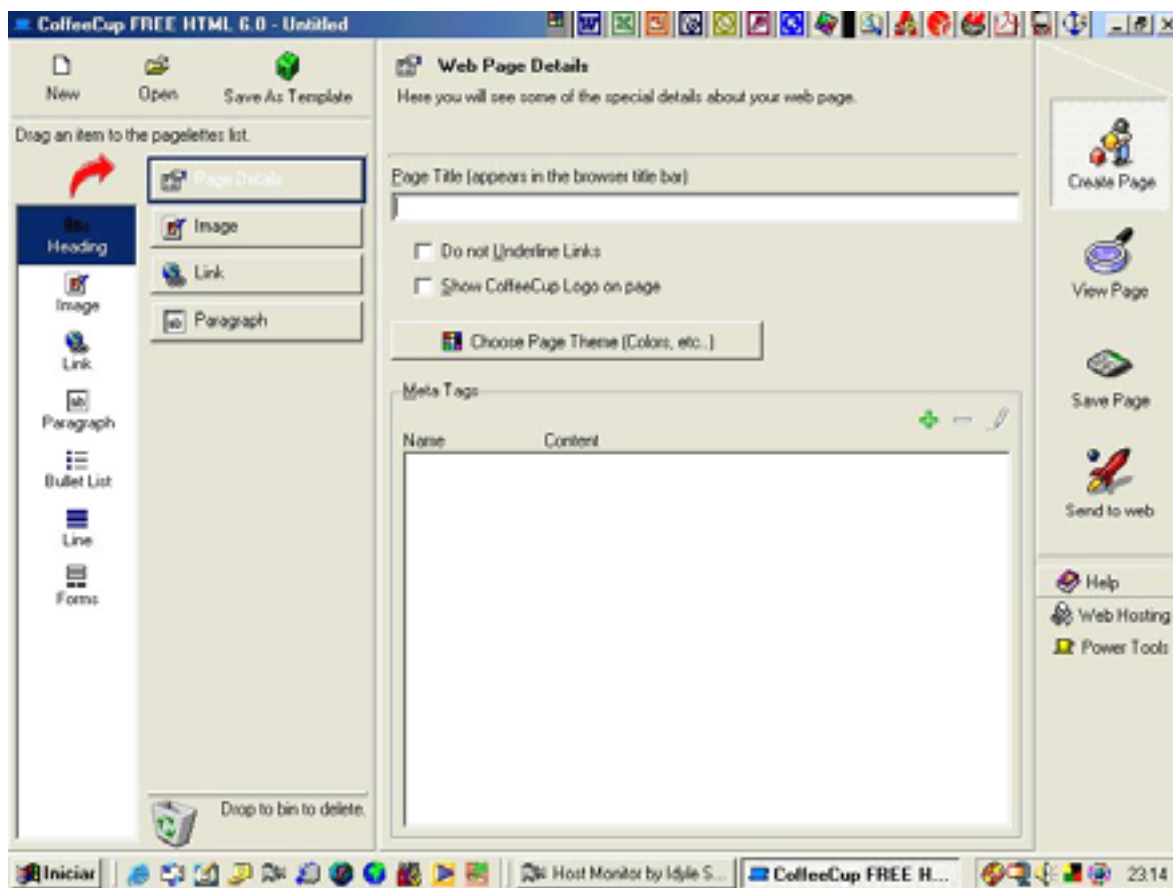


FIGURA 02: Interface do CoffeeCup HTML Free

Seus principais recursos e características são:

- Não é um editor 100% do tipo WYSIWYG;
- Criação de tabelas;

- Inserção de background sólido e de imagem;
- Opções para modificação do layout da página, como escolha das cores de fonte, link ativo, link visitado e link inativo;
- Opções de formatação de texto;
- Criação de links e âncoras;
- Opção para a visualização da página no formato HTML;
- Revisão e reparo de links, etc.

Se optou pelo uso do *Cool Page Free* em relação ao *CoffeeCup Free* devido aos muitos recursos apresentados pelo primeiro, pela facilidade no manuseio e também por este ser do tipo WYSIWYG, o que facilita muito a confecção de uma *homepage*.

3.2 Editores de Realidade Virtual

Um bom editor para criação de componentes de Realidade Virtual permite definir objetos com comportamentos (propriedades físicas) e programá-los para ativar algum tipo de *feedback* visual, auditivo ou tátil quando um evento específico acontece, além de gerenciar toda a seqüência de eventos. A maioria dos sistemas de construção de mundos virtuais compartilham alguns conceitos básicos que caracterizam o desenvolvimento de componentes de Realidade Virtual e que permitem aos desenvolvedores a criação de uma simulação bastante realística.

3.2.1 Anim8or

Anim8or é um programa “gratuito” de modelagem e de animação em 3D, compatível com o Windows 95, Windows 98, WinNT, Win2K, WinME, e WinXP [26]. Porém, para se utilizá-lo com o Windows 95 é preciso ter no sistema o OpenGL32.dll da Microsoft, que é gratuito.

Anim8or é de fácil utilização, pois foi projetado para ter uma resposta rápida diante da criação de animações. Nele se pode, interativamente, criar e editar objetos, figuras, e cenas. Sua interface básica é similar à maioria dos programas 3D e CAD. É possível controlar vários aspectos do trabalho usando o mouse ou o teclado. Nele se pode selecionar, arrastar, rotacionar, escalar e colocar objetos clicando nas distintas vistas do trabalho. Há duas Barras de Tarefas, sendo que uma delas fica na parte superior para comandos gerais, e a outra na vertical esquerda da tela e permite combinar o modo de operação para tarefas comuns no editor.

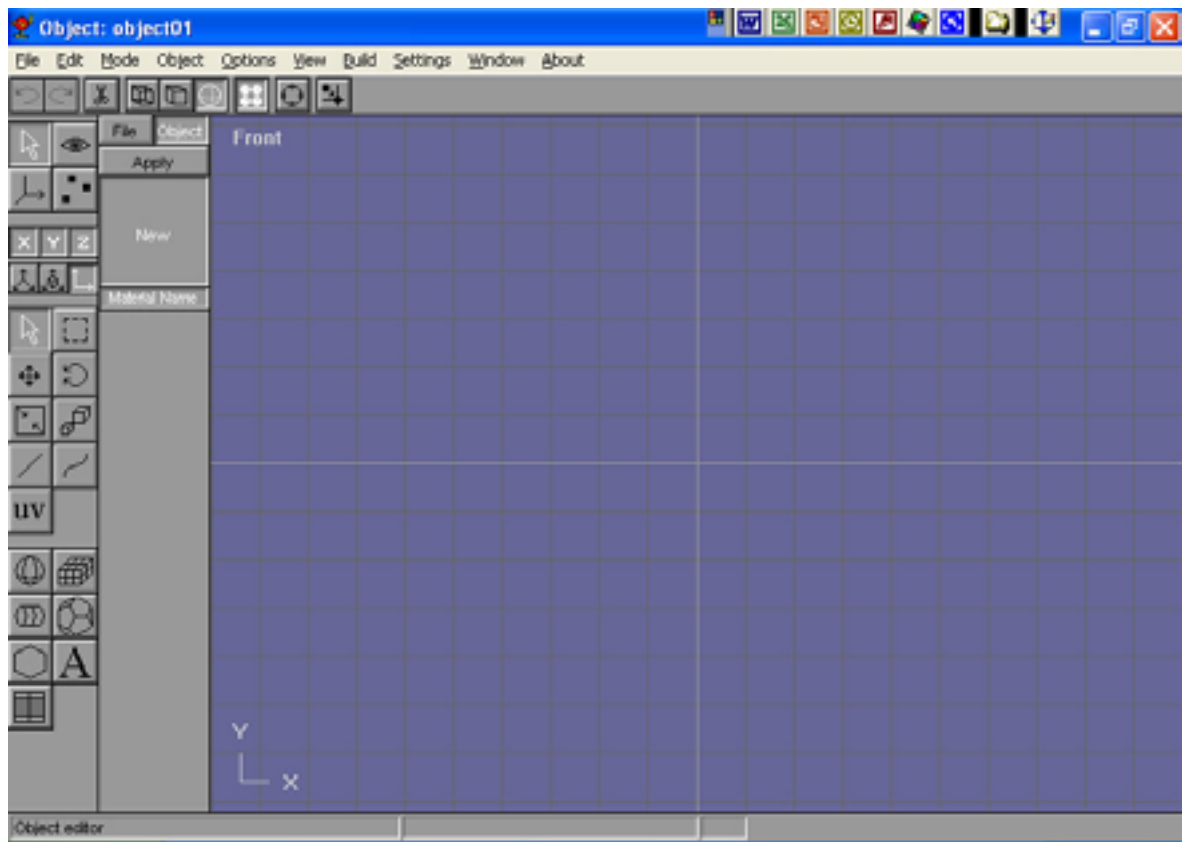


FIGURA 03: Interface do Anim8or

Com o Anim8or é possível controlar a apresentação dos objetos para vê-los de frente, de lado, vistos de cima, em perspectivas, etc. Ele ainda pode exibir múltiplas vistas simultaneamente.

Há quatro modos principais de trabalho e um modo de navegação de objeto. O primeiro é um “Editor de Objeto” que se usa para construir (principalmente) objetos estáticos. O segundo é um “Editor de Figura” ou Character, usado para definir a estrutura da figura que se quer animar, mediante a conexão de bornes articulados entre si, formando uma rótula, e vinculando os objetos a eles. Podem-se mover as articulações de muitas maneiras diferentes. O terceiro é um “Editor de Seqüências” que é empregado para definir segmentos de movimento. Ele serve para definir segmentos de movimento como um ciclo de seqüência. Os segmentos podem ser unidos em cadeias no Editor de Cenas para formar sucessões mais longas. O quarto é onde se pode juntar as cenas, o “Editor de Cenas”, onde se coloca os objetos e figuras criadas em outras partes do programa para a elaboração do mundo final. Este modo de trabalho permite controlar como as

componentes do mundo se moverão, bem como o posicionamento da câmara. Pode-se também colocar classes distintas de luzes na cena.

Uma vez criado o modelo do cenário, pode-se renderizar imagens “.jpg” e “.bmp” de alta qualidade, películas “.avi”, e ainda guardá-los em disco para uso posterior.

Finalmente, há o “Buscador de Objetos” para ajudar a ver e organizar os objetos Anim8or guardados. Pode-se ainda buscar no disco objetos com outros formatos.

Anim8or é um programa que permite criar objetos através de polígonos e visualizá-los levando em conta a perspectiva e a posição do observador. A coleção de objetos criados formará o mundo virtual que poderá ser explorado usando dispositivos comuns como *mouse* e teclado. Uma característica interessante deste *software* é que, apesar de gerar imagens em tempo real e possuir recursos de animação, ele é bastante rápido pelo fato de executar todos os seus cálculos baseados em aritmética inteira.

A modelagem do mundo virtual no Anim8or consiste em definir o raio de visão do observador, o fator de escala para objetos a serem visualizados, a posição inicial do sistema, as cores do ambiente e as animações correspondentes a objetos específicos, num arquivo “.an8”. A partir daí este arquivo irá incorporar as figuras e polígonos definidos a partir dos arquivos de extensão “.obj” ou “.3ds” formando os objetos “virtuais”.

Uma grande falha deste programa é na exportação de objeto colorido com a extensão “.obj”. Neste caso o Anim8or faz com esse objeto perca sua cor original e se torna um objeto com a cor branca ou incolor.

3.2.2 Alice99

O *freeware* ALICE99 é antes de tudo um ambiente de *scripting* e prototipagem para a análise e descrição do comportamento de objeto 3D, não é um modelador 3D. Para se criar um mundo é preciso usar a biblioteca que acompanha Alice ou então elaborar os objetos 3D necessários à criação desse mundo utilizando ferramentas comerciais ou gratuitas, como por exemplo, o Anim8or, 3D Studio, AutoCAD, Wavefront etc., e depois importá-los. Alice aceita a importação de arquivos com a extensão “.mdl”, “.obj”, “.3ds”, “.dxf” e salva o mundo criado com o seu formato “.ali”, ou ainda em “.html” para ser visto diretamente de uma página na Internet [20].

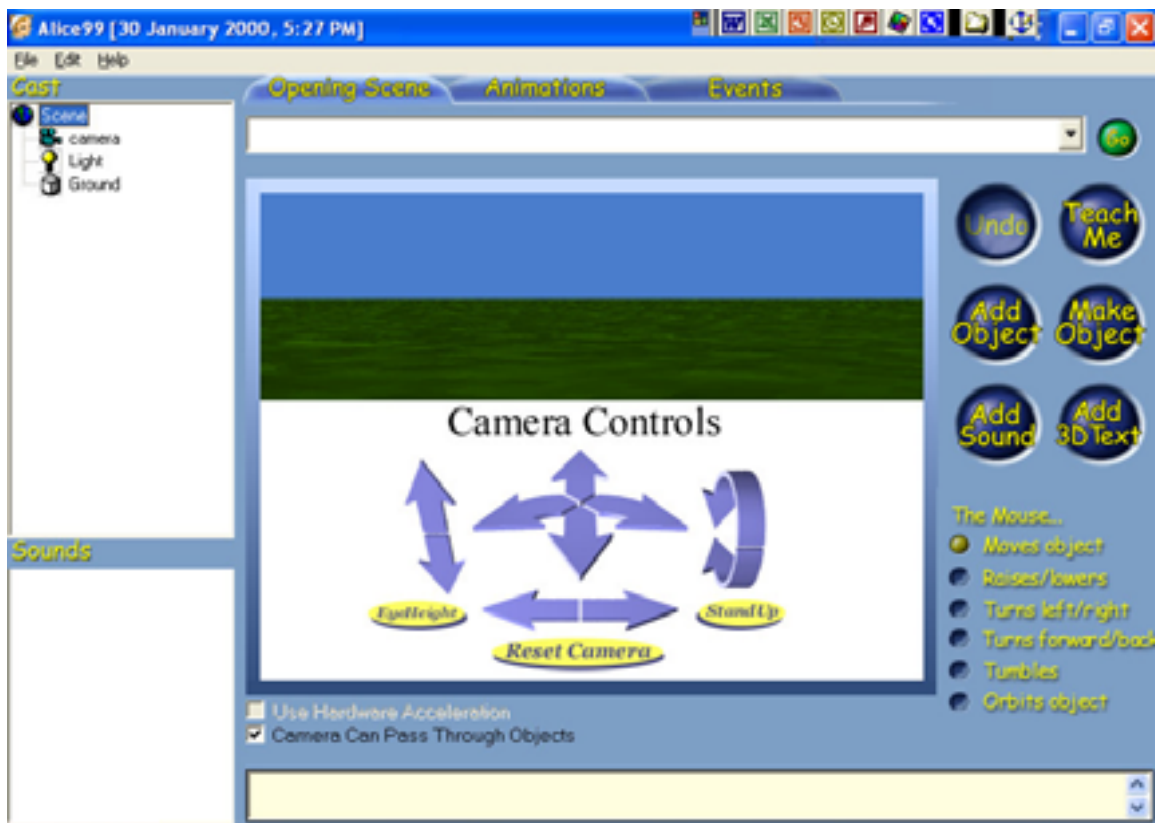


FIGURA 04: Interface do Alice99

A interface de Alice é dividida em Menu superior, Botões superiores, Botões laterais, Setas de Controles, Gerenciador de arquivos, Caixa de Comandos e uma Janela Câmera.

Para iniciar o Alice, é colocado, na instalação do programa, um atalho na área de trabalho do computador ou executar o arquivo Alice.exe que se encontra em C:\Arquivos de programas\Alice99.

O Menu superior tem as opções de abrir uma janela nova ou uma de um mundo já previamente criado em Alice, e ainda os comando para edição.

Os Botões servem para a inserção de objetos e efeitos no mundo a ser criado. Com estes Botões se torna possível à colocação de sons, textos e a importação de objetos, para a criação do mundo, provenientes da biblioteca que acompanha Alice ou de objetos criados em programas 3D. Também há nos Botões a opção desfazer visualizada no botão Undo.

As Setas de controles são recursos de Alice para se controlar, com o mouse, os objetos do cenário. Para tanto basta clicar com o mouse em cima de cada recurso desejado.

O Gerenciador de arquivos mostra todos os elementos do mundo, nele se pode mudar as características desses elementos individualmente como cor, posição, rotação, dimensões, e ainda possibilita a exclusão de elementos, como também modificar as propriedades de luz, câmara e cenário.

A Caixa de comando dá a opção precisa para a execução dos comandos de Alice, para tanto é preciso digitar nesta caixa o comando escolhido.

A Janela câmara é o local que mostra visualmente o mundo criado ou a ser criado em Alice. Ela inicialmente se apresenta com a câmara apontando para um gramado verde e um céu azul.

Algumas falhas encontradas em Alice:

Uma falha no programa Alice foi constatada após a sua instalação, no momento da sua execução ocorreu um erro impedindo a abertura do programa. Para corrigir esse problema é preciso configurar o idioma do Windows para inglês, pois se este estiver configurado para um idioma diferente do Inglês, o programa só executará uma única vez. O Alice só funciona no idioma Inglês. A figura abaixo mostra o erro relacionado ao idioma:

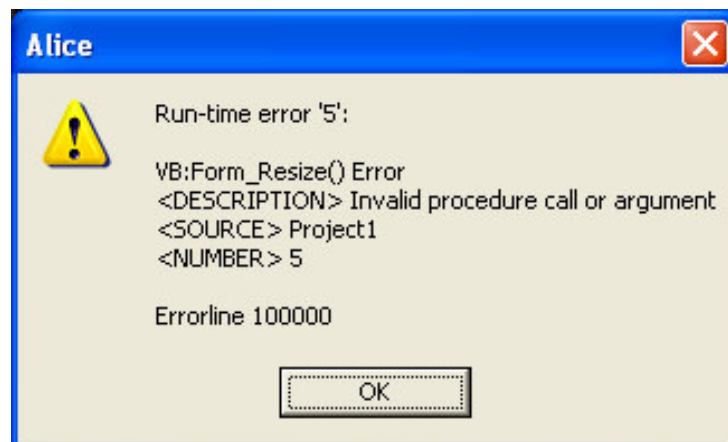


FIGURA 05 – Erro de Idioma

O programa Alice, mostra em seus exemplos de mundos, que foi projetado para criação de mundos 3D que utilizam poucos elementos ou entidades, principalmente que não tenham precisão nas suas localizações, pois a locação desses objetos é feita visualmente, o que se torna

difícil devido ao Alice não ter nenhum sistema de referência para auxiliar na colocação dos mesmos no espaço.

O *freeware* Alice não aceita a importação de arquivos com nomes numéricos ou nomes compostos separados por espaço. Na utilização desses nomes aparecerá o seguinte erro conforme mostra a figura a seguir:

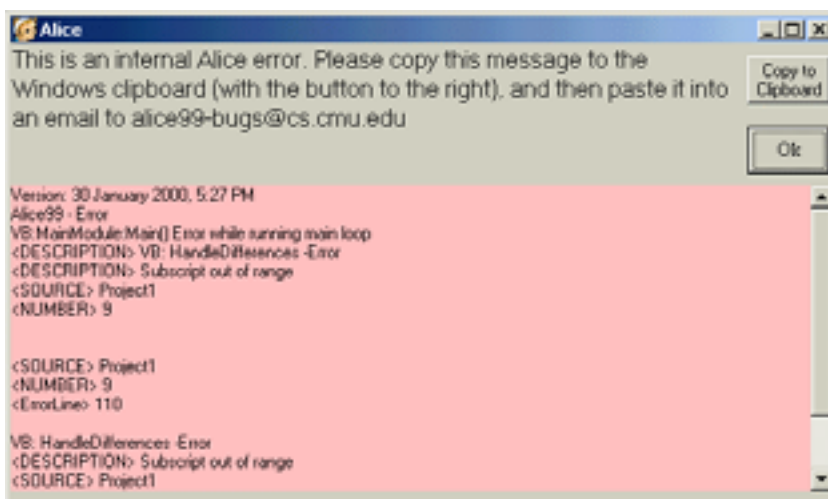


FIGURA 06 – Erro de Importação

O Alice somente importa arquivos com a extensão 3ds se estes forem gerados pelo 3D Studio, recusando arquivos com esta extensão gerados por programas similares.

O Alice é um programa ideal para ser utilizado na área da educação principalmente para atender ao público infantil no que se refere a ensinamentos e até entretenimentos, onde o mundo apresentado não deve ter muitos elementos. Os elementos em Alice99 não têm posições precisas, pois as posições destes só podem ser alocadas visualmente. Esta é uma das razões pela qual não se pode modelar, em Alice99, um mundo com muitos elementos, e principalmente elementos que precisam ter as coordenadas (x,y,z) conhecidas de suas posições.

Foi decidido trabalhar com esta plataforma pelas seguintes razões:

- Ela é uma plataforma emergente, sem que se tenha conhecimento até a data de redação deste documento de outros trabalhos que a empreguem no âmbito do Brasil. Foi feito um levantamento nos *sites* dos cursos de graduação e de pós-graduação das Universidades UFMG, UFRJ, UFRGS, UFSC e UFPR, sem que se constatasse nenhum estudo empregando esta tecnologia.

- O projeto em tela requer fortemente o uso de animações, dispensando a utilização de componentes multimídia. O ponto forte de Alice é a animação e, portanto, ela é a plataforma que mais atende os requisitos do projeto.
- Alice é fortemente orientada a aplicações educacionais, e um dos objetivos do projeto é “educar cidadãos” oferecendo um espaço virtual para a reflexão a respeito do metrô de Teresina.
- Alice é compatível com HTML sendo, portanto, apta a ser empregada como componente de realidade virtual do site.

Foi disponibilizada no site www.alice.org recentemente (por ocasião do fechamento da versão atual deste documento inviabilizando, portanto, uma análise detalhada da mesma) a versão 2.0b do Alice que vem com novos recursos conforme discriminado a seguir:

- Escrito totalmente em Java;
- Executa em ambientes Windows e Linux.

3.3 Editores de Imagens

São programas gráficos que geram desenhos vetoriais. Com o decorrer do tempo se tornaram muito poderosos com infinitas aplicações na área de *Desktop Publishing*. Criam imagens usando formas de objetos armazenados internamente como equações matemáticas (vetor). Apresentam recursos para manipular as imagens de todas as maneiras possíveis, trabalhando com as mais utilizadas extensões de arquivos gráficos. Dão a possibilidade de se instalar plug-ins que estão disponíveis para download em toda Internet, e ainda permitem muita flexibilidade na escolha de filtros e acessórios em geral.

3.3.1 Gimp

É um editor de imagens profissional que traz uma série de efeitos especiais, várias funções de edição de imagens, pincéis e outras ferramentas para a criação e modificação de imagens. Apresenta recursos para clarear, escurecer e até remover arranhões de fotografias e muitos outros recursos, foi por esta razão a sua escolha.

O Gimp é muito famoso para os usuários do Linux, sendo agora muito usado no sistema operacional Windows. Sua principal característica é o fato de ser um software livre, o que permite que ele seja usado e até mesmo modificado por qualquer pessoa, sem nenhuma restrição [28].

A figura a seguir mostra a interface do Gimp.

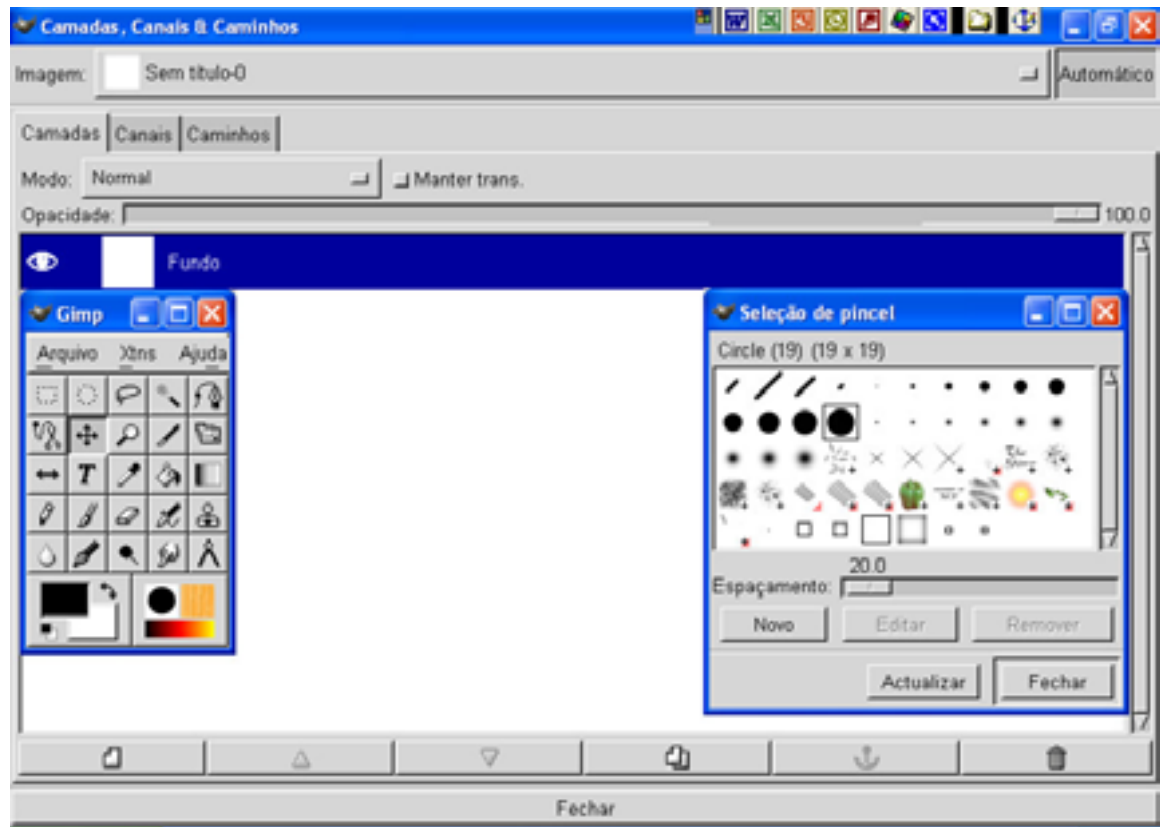


FIGURA 07: Interface do Gimp

3.3.1 VCW VicsMan's Photo Editor

É um editor de imagem versátil com uma variedade de recursos para edição e tratamento de imagens com facilidades e simplicidades no manuseio. É uma ferramenta grátis projetada para usuários iniciantes e profissionais.

O VCW VicsMan's é um editor de imagens completo e extremamente fácil de ser operado mesmo por quem nunca mexeu num programa deste tipo. Com ele é possível criar arquivos, animações, importar imagens de *scanners*, acessar exemplos já prontos e mais recursos para aplicar efeitos em imagens e fotos sem precisar saber nada de *design* [30].

O VCW VicsMan's não foi escolhido pelo fato de não ter recursos como a criação de gifs animados.

A figura a seguir mostrar a interface do Vicsman's Photo Editor.

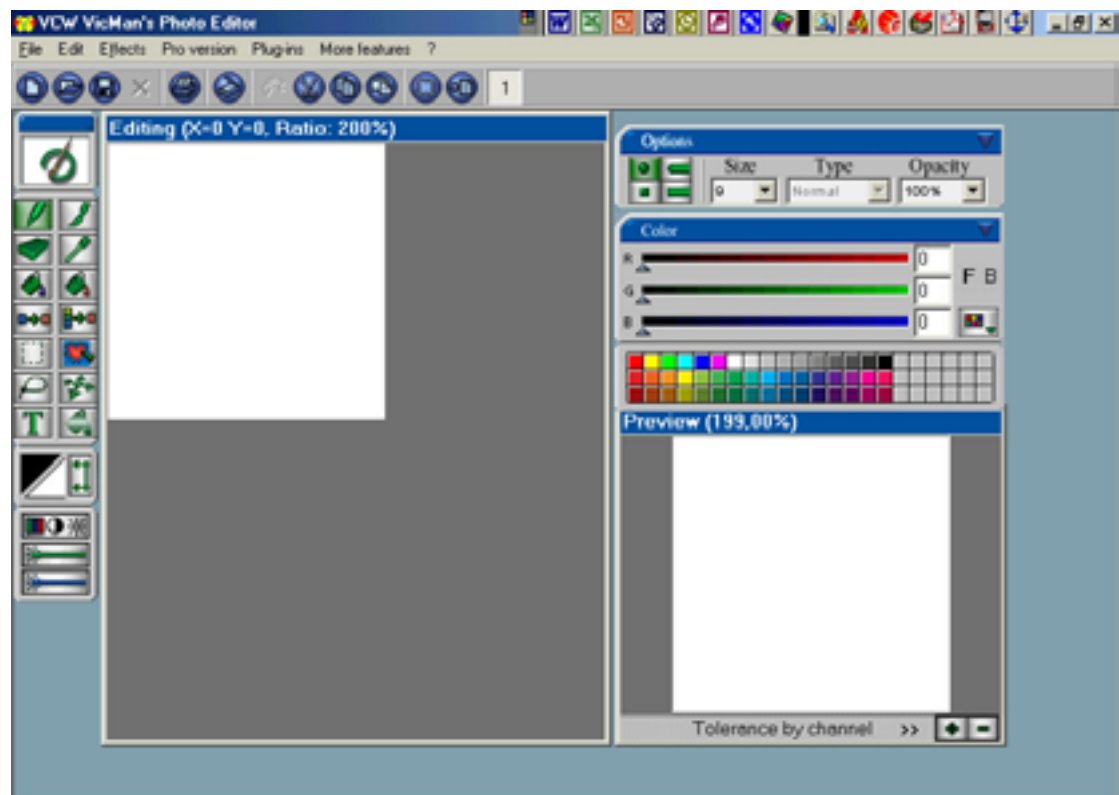


FIGURA 08: Interface do VCW VicsMan's Photo Editor

Capítulo 4: Estudo de Caso: o Metrô de Teresina

Este capítulo fala da relevância do Metrô de Teresina disponibilizando tabelas referentes a pesquisas feitas sobre transportes e deslocamentos de pessoas em Teresina, e em seguida é mostrado o desenvolvimento do Site e a sua integração e navegabilidade.

4.1 Relevância

Na elaboração do estudo apresentado neste capítulo foram considerados os trabalhos desenvolvidos pelo GEIPOT/EBTU/PMT, denominados ETUT/1985 e ETCT/1987, estudo de Modernização do Sistema de Transporte Urbano de Teresina, elaborado em 1987 pelo Governo do Estado através da ENEFER - Consultoria Projetos S/A, RIMA, referente à implantação da Travessia Ferroviária de Teresina - Pré-Metrô e Estudo de Avaliação do Metrô de Teresina realizado pela NGT - Engenharia e Implementação de Projetos S/C Ltda. - IBGE através de pesquisa realizada nos domicílios de Teresina e Timon (MA) no ano de 1983.

4.1.1 O Sistema de Transporte Público de Passageiros de Teresina

A área considerada para desenvolvimento de estudo de transporte foi a do Aglomerado Urbano de Teresina/Timon, constituída, pelos municípios de Teresina, capital do estado do Piauí, e de Timon no estado do Maranhão.

Embora a maior parte das análises e estudos realizados tenha se concentrado na área de influência direta do Metrô de Teresina e no seu próprio funcionamento e operação, tal abrangência espacial do estudo justifica-se pela necessidade de uma visão global do Sistema de Transporte Público de Passageiros de Teresina - STPP, permitindo uma avaliação mais profunda e real do funcionamento do Metrô.

Desse modo, foi possível considerar o Metrô como uma tecnologia própria de transporte, avaliando todos os aspectos e características do equipamento utilizado em Teresina e, além disso, as conseqüências e impactos resultantes da sua inserção no STPP, dentro de uma visão integrada considerando todos os modos de transporte em operação no mesmo.

O município da capital do estado do Piauí está localizado na margem direita do médio Parnaíba, na confluência com o rio Poty, limitando-se: ao norte com os municípios de União e José de Freitas; ao sul, com os municípios de Palmeirais e Monsenhor Gil; a oeste, com o estado do Maranhão; e a leste, com os municípios de Altos e Demerval Lobão.

A sua área total é de 1.809 km², com uma população estimada para 1.991 da ordem de 659.000 habitantes, segundo projeções realizadas. Teresina apresentou nas duas últimas décadas

um acentuado crescimento populacional, com taxas superiores às das demais capitais do Nordeste e, um dos índices mais elevados do Brasil.

No período de 1.960/1.970 a taxa média de crescimento populacional de Teresina foi de 6,30% ao ano, e no período 1.970/1.980 esta taxa de crescimento foi 6,48%. Nesses mesmos períodos o crescimento populacional do Aglomerado Urbano Teresina/Timon foi de 6,40% e 7,19%, respectivamente, devido às taxas de crescimento do município de Timon.

Esses elevados índices de crescimento populacional, segundo o IBGE, foram decorrentes, principalmente, migrações de outros núcleos urbanos do interior do Estado e, menor escala, de migrações da área rural.

Esse fato ocorreu em função da maior geração de empregos em Teresina, comparativamente a outras regiões e núcleos; pela sua melhor oferta e infra-estrutura, nitidamente de educação, saúde e habitação; e ainda, pela implantação das redes rodoviárias estadual e federal que direcionaram para Teresina as relações de trocas comerciais do interior do estado e de estados vizinhos, fortalecendo a economia local.

Apresenta-se, na Tabela 01, a população dos municípios de Teresina e Timon nos anos de 1.970 e 1.980 e, as projeções efetuadas para os anos de 1.990, 1.991, 1.995, 2.000 e 2010.

ANO	TERESINA		TIMON		AGLOMERADO URBANO	
	Pop.Estimada	Tx. Anual	Pop.Estimada	Tx. Anual	Pop.Estimada	Tx. Anual
1970	181.062	6,48%	16.195	13,12%	197.257	7,19%
1980	339.264	6,24%	55.579	9,83%	394.843	6,81%
1990	621.467	6,00%	142.204	10,21%	763.671	6,78%
1991	658.736	4,98%	156.735	7,10%	815.471	5,40%
1995	800.171	5,00%	206.229	6,90%	1.006.400	5,40%
2000	1.021.242	4,50%	287.860	4,50%	1.309.102	4,50%
2010	1.585.597		447.037		2.032.994	

TABELA 01: POPULAÇÃO URBANA PREVISTA PARA O AGLOMERADO URBANO TERESINA / TIMON

Teresina, como capital do Estado exerce influência direta como centro polarizador de comércio e serviços e, como centro político-administrativo sobre mais de 100 municípios dos estados do Piauí e Maranhão.

A economia de Teresina está estruturada basicamente sobre o setor terciário, atuando como centro de comércio, de prestação de serviço e de apoio administrativo, embora se observe, mais recentemente, um acentuado crescimento do setor secundário. O município de Timon integrante do Aglomerado Urbano funciona praticamente como cidade - dormitório, com grande parte de sua população trabalhando em Teresina.

Em termos de renda familiar, apesar da evolução quantitativa na geração de empregos, verifica-se que esse crescimento ainda não gerou uma melhoria significativa em renda e salários. Além disso, os problemas sócio-econômicos enfrentados pelo País nos últimos anos, tem contribuído para o agravamento deste quadro, particularmente, nos estados nordestinos.

Em 1983, a estrutura de renda domiciliar apresentava uma concentração de 62,73% dos domicílios com renda média de até 03 salários mínimos; 23,72% dos domicílios com renda entre 03 e 07 salários mínimos; e 13,53% com renda superior 07 salários mínimos.

Esses domicílios de baixa renda estão distribuídos em quase todos os bairros concentrando-se, principalmente, nos bairros de Água Mineral, Buenos Aires, Lourival Parente, Parque Piauí, Promorar, Bela Vista, Cidade Satélite, Itararé e, todos os bairros de Timon, no Maranhão.

SETOR	POPULAÇÃO ECONOMICAMENTE ATIVA					
	1960	%	1970	%	1980	%
PRIMÁRIO	12.747	31,30	10.973	18,90	11.345	11,40
SECUNDÁRIO	4.819	11,80	11.424	18,70	23.695	23,80
TERCIÁRIO	23.211	56,90	35.672	61,40	64.494	64,80
TOTAL	40.777	100,00	58.069	100,00	99.534	100,00

TABELA 02: DISTRIBUIÇÃO DA POPULAÇÃO ECONOMICAMENTE ATIVA POR SETOR DE ATIVIDADE

4.1.2 Distribuição da Demanda

De acordo com os resultados da pesquisa domiciliar realizada pelo GEIPOT/PMT em 1.983, 57,7% do total de viagens diárias do Aglomerado Urbano Teresina/Timon utilizam modo mecanizado e, os 42,3% restantes, são realizadas a pé.

Esse elevado índice de viagens a pé pode ser explicado pelo baixo nível de renda de grande parte da população; pela topografia plana do município e, ainda, pelas distâncias intra-urbanas relativamente curtas, não só pela distribuição espacial das atividades como também pelo porte da cidade.

Com relação aos modos mecanizados, o ônibus representa cerca de 28,5% do total de viagens; o automóvel cerca de 15,8%; 11,4% das viagens são realizadas através de bicicletas ou ciclomotores, e 2% através de outros modos.

A distribuição percentual dos motivos das viagens realizadas através do modo ônibus mostra que 43,6% do total são para o trabalho, 33,9% para estudo, 10,7% para assuntos pessoais, 4,6% para compras, e 4,9% para saúde. Os resultados obtidos Pesquisa Domiciliar de 1.983 estão resumidos na TABELA 03.

MODOS	Nº DE VIAGENS/DIA	% MODOS EM GERAL	% MODOS MECANIZADOS	ÍNDICE DE MOBILIDADE
ÔNIBUS	210.201	28,50	49,40	9,43
AUTOMÓVEL	116.532	15,80	27,40	9,24
TAXI	2.213	9,30	8,50	-
MOTO/BICICLETA	84.080	11,40	19,80	0,17
A PÉ	311.982	42,30	-	0,64
OUTROS	12.538	1,70	2,90	0,03
TOTAL	737.546	100,00	100,00	1,51

TABELA 03: DIVISÃO MODAL E MOTIVOS DAS VIAGENS NO MODO ÔNIBUS NO AGLOMERADO URBANO TERESINA/TIMON - DIVISÃO MODAL DAS VIAGENS - 1983

O principal pólo de atração de viagens é a área central de Teresina, onde estão concentradas as principais atividades de comércio e serviços. Essa área central, formada pelo semicírculo na praça da Bandeira e, tendo por perímetro as avenidas Miguel Rosa, Maranhão e Joaquim Ribeiro, atrai, diariamente cerca de 60% das viagens realizadas por ônibus 35% das realizadas por bicicletas.

Outros pólos importantes de atração de viagens são: O Centro Administrativo e Setor Comercial da Avenida Barão de Gurguéia; o Setor Comercial da Piçarra; o Setor Hospitalar; o Campus da Universidade Federal do Piauí; o Distrito Industrial; e, o Centro cívico. Esses pólos podem ser melhor visualizados na FIGURA 35.

Os maiores geradores de viagens do Aglomerado Urbano são os grandes conjuntos habitacionais localizados, geralmente, na periferia de Teresina e destacando-se, entre outros, os conjuntos Bela Vista, Parque Piauí, Promorar, Saci, Mocambinho e Itararé.

4.1.3 A Malha Viária e de Circulação

A malha viária básica de Teresina está condicionada, de forma marcante, à existência dos rios Poty e Parnaíba, influenciando as formas de uso e ocupação do solo.

A malha existente apresenta uma configuração radial, estruturada por corredores e vias convergentes à área central, destacando-se os seguintes:

- Avenida Maranhão;
- Avenida Barão de Gurguéia e Henri Wall;
- Avenida Frei Serafim, João XXIII e BR - 343;
- Avenida Miguel Rosa e BR - 216;
- Avenida Santos Dumont e Centenário;
- Ruas Desembargador Pires de Castro e Coelho de Rezende; e,
- Rua Rui Barbosa.

Complementa esses corredores e vias radiais, um conjunto de vias transversais, destacando-se as seguintes:

- Avenidas Marechal Castelo Branco e Barão de Castelo Branco;
- Avenida Presidente Kennedy;
- Avenida Petrônio Portela;
- Avenida Industrial Gil Martins;
- Avenida Valter Alencar;
- Avenida Joaquim Ribeiro;
- Avenida Nações Unidas;
- Alameda Parnaíba;
- Avenida Dom Severino;
- Avenida Homero Castelo Branco; e,
- Avenida Nossa Senhora de Fátima.

A ligação viária do município de Timon a Teresina é realizada da ponte João Luís Ferreira, que interliga as avenidas Maranhão e Miguel Rosa no Piauí, com as avenidas Piauí e Caxias, no Maranhão. A outra ligação viária é realizada através da ponte Engenheiro Antonio Noronha, interligando as avenidas Getúlio Vargas (PI) e Presidente Médici (MA).

Esses corredores e vias são utilizados na sua maioria pelo transporte coletivo, na ligação entre os diversos bairros de Teresina e Timon a área central do Aglomerado.

De uma maneira geral todos os principais corredores apresentam boa capacidade, não se registrando ainda, maiores problemas de circulação do tráfego em geral, ou mesmo, redução da velocidade comercial dos ônibus.

A tabela a seguir mostra o percentual dos motivos das viagens nos ônibus.

MOTIVO DA VIAGEM	%
TRABALHO	43,60
ESTUDO	33,90
COMPRAS	4,60
RECREAÇÃO	1,20
ASSUNTOS PESSOAIS	10,70
SAÚDE	4,90
OUTROS	1,10

TABELA 04: MOTIVOS DAS VIAGENS NO MODO ÔNIBUS

Quando o metrô for operacional se estima que haverá uma queda das viagens no modo ônibus de aproximadamente 12%, devido a linha do metropolitano passar pelos principais corredores e vias convergentes à área central da cidade.

4.1.4 Aspectos Institucionais e Legais

O Sistema de Transporte Público de Passageiros no Aglomerado Urbano Teresina/Timon é composto de três modos distintos de transportes: o rodoviário, operado através de ônibus de motor a combustão interna; o ferroviário, operado através da linha Itararé / Centro; e, o hidroviário, fazendo a ligação entre Teresina e Timon através do rio Parnaíba.

O transporte por ônibus no município de Teresina é gerenciado pela Secretaria Municipal de Transportes Públicos - SEMTRAM, a quem compete planejar, programar e fiscalizar a operação do sistema, definindo também a sua política tarifária. O instrumento normativo do sistema é o regulamento dos serviços de transportes coletivo do município de Teresina aprovado pelo Decreto Municipal 1032, de 06/11/87 e, suas alterações posteriores.

As linhas de ônibus que fazem a ligação entre Teresina a Timon, por serem interestaduais, são gerenciadas e controladas pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER, obedecendo a regulamentação desse órgão.

O transporte ferroviário de passageiros, opera uma linha singela, fazendo a ligação entre Itararé, na zona leste, e a periferia do centro de Teresina.

O órgão responsável pelo o seu gerenciamento, controle, operação, manutenção e fiscalização é a Companhia Metropolitana de Transportes Públicos - CMTP, empresa pública de direito privado, com patrimônio próprio e autonomia administrativa e financeira. A CMTP foi criada através do decreto estadual nº 7663, de 15/08/89, sendo vinculada diretamente a Secretaria de Obras e Serviços Públicos - SOSP do Governo do Estado do Piauí.

O transporte hidroviário, que faz a ligação entre Teresina / Timon, através do rio Parnaíba, é legalmente subordinada a Capitania dos Portos, a quem compete a sua regulamentação e fiscalização.

Quando o Metrô for construído, ele ficará sob a responsabilidade da a Companhia Metropolitana de Transportes Públicos – CMTP.

4.1.5 Aspectos Operacionais

O transporte coletivo de passageiros no município de Teresina, atendido pelo modo ônibus, é constituído de 68 linhas radiais e duas linhas circulares, operadas por oito empresas privadas, com uma frota total cadastrada de 357 veículos, com idade média de sete anos, com aproximadamente 50% da frota com idade superior à vida útil de sete anos.

Essas 68 linhas radiais são distribuídas espacialmente em três áreas de atuação: Zona Norte; Zona Sul e Zona Leste. A frota total em operação no sistema é de 301 veículos, que transportam, num dia útil típico, aproximadamente 250.000 passageiros.

O maior carregamento ocorre no pico da tarde (17:00 às 18:00 horas), com um total de 26.331 viagens, correspondendo a 8,91% do total. No pico da manhã (6:00 às 7:00 horas), são realizadas 25.224 viagens, o que corresponde a 7,6% do total de viagens diárias.

Devido às distâncias de deslocamento serem relativamente pequenas, com tempos de viagem reduzidos, observa-se que a população local vai almoçar em casa, o que faz crescer a demanda no período de 11:00 às 12:00 horas.

A Prefeitura Municipal de Teresina está implantando, atualmente, através da SEMTRAM, uma série de modificações nos itinerários das linhas atuais, na área central.

A ligação rodoviária entre Teresina e Timon é realizada através de seis linhas, com uma frota em operação de 29 ônibus, transportando diariamente cerca de 38.000 passageiros.

O transporte ferroviário é realizado através do ramal Itararé / Centro, com uma extensão de 12,5 Km, com 08 estações ao longo do seu itinerário, operando no período de 6:00 às 19:00 horas, de segunda a sexta-feira, com intervalos de 1:00 hora.

Após a inauguração do Metrô em novembro/90, este sistema operou gratuitamente até o dia 05/06/91, transportando em média 11.320 passageiros/dia (abril/91). A partir da cobrança da tarifa, com valor correspondente a 50% da estabelecida para os ônibus, essa demanda foi reduzida para 6.283 passageiros/dia (média da segunda semana de junho/91), decrescendo nas semanas posteriores, atualmente essa demanda está em 6.000 passageiros/dia.

O sistema hidroviário é operado por pequenas embarcações, durante todo o dia, transportando, segundo estimativas realizadas, cerca de 10.000 passageiros por dia.

4.1.6 O Projeto do Metrô

O Metrô de Teresina foi projetado para ser o componente fundamental e o principal estruturador da malha de transporte público urbano da capital piauiense, exigindo grandes modificações nas linhas de ônibus e nas vias urbanas, prevendo o projeto, num horizonte de curto prazo, uma demanda da ordem de 31.000 passageiros por dia, inferida de uma demanda de pico de 2.800 passageiros.

A malha ferroviária consistiria, em sua primeira etapa, no aproveitamento de um trecho de 8,5 Km de Rede Ferroviária que corta a cidade de oeste para leste, e da construção de dois ramais - um na planície Itararé, iniciando e terminando na linha RFFSA, com 6,9 Km, e o outro, com pouco mais de 1Km, ao longo da Avenida Maranhão, ligando a linha de Rede na Matinha à Praça Mal. Deodoro (Bandeira), no centro da Cidade. Estes dois ramais seriam peças essenciais do sistema, a fim de que fossem alcançados os objetivos do projeto, uma vez que procuravam atingir as duas áreas mais importantes de geração e atração de demanda.

Ao longo dos dois ramais e da linha tronco, foram previstas, na primeira etapa, quinze estações convenientemente posicionadas em relação aos pontos de demanda, das quais três

seriam de integração com o sistema de ônibus. Apresentam-se na FIGURA 37, o traçado e as estações previstas no projeto original.

Para eliminar as passagens de nível que a ferrovia já possuía ao atravessar a cidade, e cuja situação evidentemente se agravaria com a implantação do Metrô, um projeto anterior previa o rebaixamento dos trilhos em uma extensão de 3,3 Km na área central da cidade, e a construção de viadutos.

Os veículos ferroviários escolhidos pelo projeto para formarem os trens urbanos seriam trens unidade leve diesel (TLD), especialmente fabricados para este tipo de serviço.

Quando, a primeira etapa, veio a ser inaugurada em Novembro de 1990, o Metrô de Teresina só contava com parte dos seus componentes projetados, faltando-lhe:

- A construção do ramal Bandeira, e parte do ramal do Itararé, uma vez que só foi feita uma ligação com a RFFSA, das duas previstas. Este ramal resultou então mais curto, com 4 Km dos sete projetados;
- A construção de oito estações das quinze projetadas, e nenhuma com integração;
- Nenhuma alteração nas linhas de ônibus que promovesse como recomendado no projeto, a alimentação de transporte ferroviário. Esta medida estaria realmente prejudicada, face à estruturação do Metrô resultante da forma em que foi implementado, com limitada capacidade de oferta e não atingindo o pólo de maior atração de demanda;
- A aquisição dos trens unidade leve diesel, como especificado. Em seu lugar, foram recuperados e adaptados parcialmente para transporte urbano, três trens unidade diesel da RFFSA, adquiridos em 1973, como trens de interior de longo percurso, e que já estavam desativados desde 1987 no Rio Grande do Sul. A decisão de iniciar a operação do Metrô com este tipo de equipamento decorreu, da falta de recursos e de tempo hábil para importar os que foram projetados.

4.1.7 Situação Atual

Com as lacunas acima apontadas, não é de se admirar que a demanda absorvida pelo Metrô viesse a se situar abaixo da metade da expectativa do projeto, da ordem de 6.000 passageiros por dia (média) segundo o STPP em 2001, numa operação ainda não totalmente consolidada, a ponto de só se operar com uma composição, para manter em reserva as duas

restantes. O trem faz 13 viagens completas por dia, das 6:00 às 9:00 horas, em um ciclo que se completa em 50 minutos.

As estações que foram implantadas estão espaçadas entre 860 e 3.600m. São de construção muito simples, com plataformas de 5,52m. As áreas estão de acordo com o movimento esperado. Além das duas terminais (com desvio morto para estacionamento dos trens), três outras possuem desvios de cruzamento. Desta forma, o sistema tem uma capacidade folgada, mesmo que se duplique a oferta com a circulação de um segundo trem, com a conseqüente redução do intervalo para cerca de 30 minutos, sendo desnecessária a duplicação da linha salvo no trecho entre o Pátio de Manobras e o Terminal de Petróleo, onde a RFFSA não pode prescindir da operação em qualquer horário.

Apresenta-se na FIGURA 38 (em Anexo 1) o traçado implantado e as estações já construídas.

Os trechos que não são de construção recente, foram objeto de melhoramentos que os colocaram dentro dos padrões adotados pela RFFSA para linhas de baixa densidade de tráfego. A estrutura de manutenção que foi montada pela CMTM está adequada à natureza e à quantidade dos serviços de rotina, ficando os de maior especialização aos cuidados da RFFSA. A quantidade de passageiros transportados mensalmente é da ordem de 102.000.

Os trens utilizados pelo Metrô são de fabricação Húngara, GANZMAVAC, cedidos pela RFFSA. As adaptações realizadas consistiram, basicamente, na substituição das janelas, mudança do piso e do "Lay-out", com a colocação de bancos longitudinais; novo sistema de iluminação; novas baterias; e, um novo grupo gerador auxiliar. O trem adaptado tem uma tara total de 152t (carro motor com 46t e o reboque com 30t), tendo na empresa 06 carros motor e 06 reboque. A capacidade dos trens é mostrada na TABELA 05.

SIT. PASSAGEIRO	CARRO MOTOR	CARRO REBOQUE	TOTAL TREM
PASSAGEIROS SENTADOS	28	66	188
PASSAGEIROS EM PÉ	61	147	416
TOTAL	178	426	604

TABELA 05: CAPACIDADE DOS TRENS (COM 04 CARROS)

A quantidade de passageiros em pé foi calculada com base numa taxa de ocupação de seis passageiros por m².

4.1.8 Viabilidade/Justificativas

A consolidação definitiva do Metrô de Teresina, como estruturador do sistema de transporte coletivo, só será possível com a construção do ramal Bandeira. Em termos de expansão física, a implantação desse ramal possibilitará o aumento da atividade e da acessibilidade do sistema, tornando-o mais representativo como um modo de transporte de Teresina, gerando, por conseguinte, maiores benefícios operacionais e sociais.

A partir dos estudos sobre o prolongamento do Metrô até a Praça Mal. Deodoro (Ramal Bandeira) podemos identificar nitidamente os seguintes fatores que comprovam a perfeita viabilidade do ramal, complemento da 1ª etapa do projeto, que já se encontra em operação.

4.1.8.a Fatores Locacionais

A área central de Teresina, ou seja, a Praça da Bandeira é o ponto de maior atrativo para os usuários de transporte coletivo na cidade.

O critério de escolha para localização do projeto foi o da ocorrência de condições técnicas favoráveis ao aproveitamento da travessia ferroviária existente. O traçado da ferrovia existente e operante, com o alcance do centro de Teresina favorece o atendimento à demanda gerada pelos conjuntos habitacionais existentes na planície do Itararé com o principal ponto de destino da cidade, beneficiando um grande contingente populacional.

Dentre todas as alternativas analisadas, a localização do traçado proposta para o ramal é a que apresenta melhores condições técnicas de implantação a curto prazo, assim como investimentos menos onerosos face a linha já existente em operação.

O site desenvolvido no contexto desta dissertação poderá ser estendido para exibir possíveis ampliações do metrô, avaliando o seu impacto no que diz respeito à localização geográfica.

4.1.8.b Fatores Financeiros

O equilíbrio financeiro está fortemente atrelado à operação do ramal Bandeira, partindo dos seguintes dados de ordem estrutural e operacional. Com a construção do ramal Bandeira, a

demanda de passageiros, a partir da oferta de lugares e dos resultados da matriz origem/destino, tem um crescimento de aproximadamente 192,17%, enquanto o aumento do custo operacional com a operação do ramal no sistema existente seria da ordem de 11,81%, possibilitando assim o equilíbrio financeiro da empresa.

Atualmente com a operação do ramal, integrado ao sistema existente, a frequência dos trens poderia ser ampliada, com acentuada redução de tempos de espera, e conseqüente atrativo para o sistema. Com a construção e operação do ramal seria possível se programar o início da integração entre o ônibus e o Metrô ao longo das áreas de influência do transporte ferroviário, processo que poderá acrescentar, segundo estimativas, um aumento entre 35% e 50% na demanda diária da empresa. A construção do ramal Bandeira, que é o prolongamento físico do Metrô ao centro da cidade, que é a área de maior atrativo de viagem, também possibilitará um acréscimo da ordem de 7% a 10% na receita da empresa na forma de receita extra-operacional.

4.1.8.c Fatores Econômicos e Sociais

Teresina enfrenta um processo de ocupação urbana sem precedentes, em especial nas áreas após o Rio Poty. Todavia, os serviços de Transporte Público de massa ainda não acompanharam essa evolução, implicando seguramente nas distorções existentes neste setor.

Estudos realizados indicam que a ampliação do serviço ferroviário, aproveitando o corredor existente constitui a melhor alternativa para tornar mais eficiente o desempenho do sistema de transporte urbano de Teresina, possibilitando os seguintes benefícios:

1. Reduzir o tempo de viagem para os usuário;
2. Permitir um melhor desempenho operacional do sistema de transporte coletivo;
3. Possibilitar a futura integração dos subsistemas ferroviários e rodoviário;
4. Ordenar o desenvolvimento urbano de Teresina, minimizando os custos de deslocamento tipo: habitação, trabalho, consumo e escola;
5. Oferecer melhor acessibilidade para a população de baixa renda;
6. Aumentar o conforto e segurança dos usuários;
7. Gerar empregos diretos e indiretos.

Modelos de realidade virtual como o proposto nesta dissertação poderão ser empregados para avaliar esses impactos de forma facilitada.

4.1.8.d Fatores Ambientais

No trecho de implantação do ramal os impactos negativos sobre o meio físico serão reduzidos, pois se trata de um ambiente significativamente alterado nas suas condições naturais, como decorrência de sua localização está fortemente condicionada pelo processo de expansão urbana e ocupação dos solos de Teresina. Caracteriza-se nitidamente como área urbana sujeita a transformações impostas pela ocupação.

O risco potencial poderia localizar-se na atmosfera como consequência da emissão resultante da combustão do óleo diesel, combustível dos trens em operação do Metrô. Mesmo com o lançamento destes gases na atmosfera, o comportamento ambiental da região sofreria poucas alterações, sem maiores riscos de degradação do ecossistema em face das transformações já verificadas no meio natural.

Assim sendo, o projeto ramal Bandeira obedecerá todos os critérios que minimizem a agressão ao meio ambiente e à natureza. Quando certas agressões forem inevitáveis, serão implementadas ações no sentido de reequilibrar os recursos ambientais atingidos.

Neste item será possível também empregar com sucesso modelos de realidade virtual, especialmente no que diz respeito ao impacto do projeto na paisagem.

4.1.9 Conclusões

A seguir serão apresentadas as principais conclusões referentes à análise de Teresina e do ramal Bandeira.

4.1.9.a STPP - Teresina

O Sistema de Transporte Público de Passageiros do Aglomerado Urbano Teresina/Timon apresenta, atualmente, diversos problemas e deficiências, principalmente nas áreas institucionais, operacional e tarifária, alguns deles, já citados anteriormente.

Esses problemas, de uma maneira geral, são comuns à maioria das regiões metropolitanas e capitais do país, sendo caracterizado pela indefinição dos aspectos institucionais e pelo denominado "impasse tarifário", ou seja, as tarifas sobem mais que os salários e em percentuais

inferiores aos aumentos de custo dos insumos acarretando, cada vez mais, a degradação do sistema.

Nos últimos anos foi implantada uma série de medidas e ações no STPP/Teresina que renderam benefícios concretos para os usuários e para a população em geral, destacando-se entre elas a implantação do Metrô de Teresina, que é mais uma opção de transporte da cidade.

Mesmo com algumas medidas e ações implantadas no STPP/Teresina, entre as quais o Metrô, pode-se identificar ainda algumas necessidades básicas do sistema:

- Melhorar a qualidade do serviço de transporte oferecido aos usuários;
- Reduzir os custos operacionais globais do STPP;
- Estabelecer os papéis e funções dos operadores do sistema, com modelo institucional/operacional;
- Atender as demandas futuras do sistema através de modos e tecnologias de transporte combatíveis com os níveis de demandas existentes;
- Conclusão da linha 1 do Metrô de Teresina, com a construção do ramal Bandeira, que possibilitará o acesso do transporte ferroviário ao grande centro da cidade e, também, o início da integração entre modalidades de transporte, estruturando o sistema local.

Todas essas necessidades básicas poderão se beneficiar da construção de modelos virtuais do metrô bem como do ambiente em que ele se insere.

4.1.9.b O Ramal Bandeira

Conforme citado anteriormente, a consolidação definitiva do Metrô de Teresina só será possível com a construção do Ramal Bandeira. A construção deste ramal possui sua Justificativa e Viabilidade, nos seguintes aspectos e fatos:

- Reordenar o tráfego no centro urbano da cidade, através da estruturação do setor;
- Oferecer melhor acessibilidade para a população de baixa renda no transporte coletivo;
- Permitir um melhor desempenho operacional do STPP/Teresina como um todo;
- Redução do tempo de viagens para os usuários do sistema;
- Possibilitar a futura integração dos subsistemas ferroviários e rodoviários do sistema;

- E, principalmente, permitir o Equilíbrio Financeiro da empresa, pois o sistema ferroviário chegará ao centro de gravidade da área de maior atrativo de viagens do STPP/Teresina, possibilitando um aumento de 194,2% na demanda do Metrô.

A construção do Ramal Bandeira - ligação da Estação Matinha à Praça da Bandeira - era parte integrante da 1ª etapa do projeto global "Metrô de Teresina", ou seja, a linha 1 (1ª etapa) seria a ligação de todo o conglomerado populacional do Itararé e adjacências com o centro da capital, que seria finalizado na praça da Bandeira. Portanto, a falta desse ramal - aproximadamente 1km de linha, deixou a 1ª etapa do projeto incompleto, quando da sua construção.

Uma das prioridades da Companhia Metropolitana de Transporte Público é concluir a concepção do projeto ferroviário da linha 1, levando os passageiros para o ponto de atração de viagem da capital e consolidar, definitivamente, o sistema como estruturador e ordenador do transporte ferroviário urbano de massa, adotando assim o modelo de transporte existente em cidades do porte de Teresina em todo o mundo. Ressaltamos também, que o pleno funcionamento da linha 1 será o passaporte definitivo para que o sistema ferroviário urbano de passageiros alcance, com naturalidade, os demais bairros da cidade.

É dentro deste contexto e do projeto preliminar desenvolvido pela Companhia Metropolitana de Transportes Públicos (CMTP) de Teresina, que a CBTU vêm implementando estudos para a realização das obras de ampliação do trecho já existente (da Estação Terminal à Estação Matinha) até a Praça da Bandeira, possibilitando o aumento da demanda, que atualmente é de 6.000 passageiros/dia (3,5% do total de viagens dos modos), para 13.500 passageiros/dia.

Capítulo 5: O Site do Metrô de Teresina

Neste capítulo é comentada a apresentação do *site* com suas respectivas páginas, o seu desenvolvimento, a integração/navegabilidade, e como foi feita a modelagem da Estação Bandeira no programa Anim8or e a sua animação no Alice.

5.1 Apresentação do Site

O *web site* do Metrô de Teresina foi elaborado com a utilização do programa Cool Page Free. O *site* está disponibilizado na Internet no endereço <http://www.florianonet.com.br/metro-pi>. Através do *site*, podemos ter acesso a todas as informações sobre o empreendimento, com dados sobre o projeto, seus impactos e sobre as futuras obras.

Visitando o *Site* do Metrô de Teresina, pode-se:

- Ver como serão as futuras estações com imagens em perspectivas;
- Fazer a localização das estações, através de mapas, no cenário urbano de Teresina;
- Conhecer os detalhes de construção do trecho elevado;
- Conhecer o modelo virtual do projeto de ampliação do Metrô com projeções em perspectiva e interatividade;
- Saber informações sobre o Sistema de Transporte Público de Passageiros de Teresina;
- Saber quais foram as Estimativas de Demanda para o Metrô;
- Saber qual é a Viabilidade e a Justificativa do Projeto;
- Conhecer o mapa do percurso;
- As Conclusões referentes ao Projeto;
- Navegar através de *Links* relacionados e da área ferroviária;
- Enviar suas perguntas, críticas e/ou sugestões, via *e-mail*, sobre o projeto do Metrô;
- Responder questionários ou enquetes para avaliação da aceitação do projeto.

5.2 Desenvolvimento do Site

Neste tópico serão apresentados as metodologias e procedimentos adotados para a confecção do site do Metrô de Teresina. Expondo considerações relevantes a cerca das componentes (textuais,

gráficas e de realidade virtual), além de aspectos referentes à Integração e Navegabilidade do mesmo.

5.2.1 Componentes Textuais

No *site* sobre o Metrô de Teresina serão oferecidas as seguintes informações, organizadas da seguinte forma:

- **Menu Principal** – contém os seguintes botões ou links:
 - **Introdução** (Aspecto Institucional) – apresenta o panorama atual do sistema de transporte coletivo que atende ao Aglomerado Urbano de Teresina e Timon.
 - **Projeto** (do Metrô de Teresina) - são apresentadas considerações fundamentadas sobre a região atendida pelo Metrô e as ampliações previstas.
 - **Estações** – esta opção proporciona informações sobre as estações já em funcionamento, bem como as projetadas para operação futura.
 - **Tarifa** – são expostos os preços praticados nos transportes coletivos (ônibus e embarcações), enfatizando a possibilidade de retorno obtida com a ampliação do serviço de transporte de metrô.
 - **Expansão** – são apresentadas as justificações para a ampliação da cobertura do Metrô de Teresina, ligando a Estação Matinha à Estação Bandeira.
 - **Viabilidade** – no item estão expostas as vantagens (sociais, econômicas e outras) para a população e as instituições públicas, da ampliação do Metrô de Teresina.
 - **Mapas** – esta opção mostra uma relação de mapas relacionando: Área de Estudo; Principais Pólos de Atração de Viagens de Teresina; Principais Corredores e Vias Utilizadas pelos Ônibus; Metrô de Teresina – Projeto Original e Metrô de Teresina – Trecho Implantado.
 - **Conclusões** – apresenta as deficiências e necessidades básicas do Sistema de Transporte Público de Passageiros de Teresina, além das justificativas da viabilidade econômica da implantação do Ramal Bandeira.
- **Menu Interativo**
 - **Modelo Virtual** – visualização em 3D do Metro de Teresina.
 - **Estações Existentes** – breve informações das estações existentes (1ª Etapa do Metrô de Teresina) com respectivas fotos.
 - **Enquetes** – questionário sobre o site e seu desempenho.

- **A Cidade Teresina** – breve descrição da cidade de Teresina com a apresentação de fotos e links relacionados.
- **Críticas e Sugestões / Contato** – comunicação entre os usuários e o produtor.

As informações mostradas são fornecidas pelo Sistema de Transporte Público de Passageiros de Teresina e através das respostas dos usuários as enquetes do *site*.

5.2.2 Componentes Gráficas

Neste site serão oferecidas as seguintes informações através de componentes gráficas:

- Ajudas de navegação: botões padrão, oferecidos pela ferramenta de criação do site. A versão gratuita oferece apenas um padrão gráfico. Outros padrões podem ser adquiridos com a versão paga;
- Mapas ilustrando a Área de Estudo (espaço geográfico objeto do estudo); Principais Pólos de Atração de Viagens de Teresina (zonas de comércio, rodoviária, etc.); Principais Corredores e Vias Utilizadas pelos Ônibus; Metro de Teresina (Projeto Original e Trecho Implantado). Os mapas foram obtidos do projeto original do Sistema de Transporte Público de Passageiros de Teresina, foram digitalizados e incluídos no trabalho. Também integram o *site*, desenhos da Estação Bandeira e Trecho Avenida Maranhão.

5.2.3 Componentes de Realidade Virtual

Para elaborar a página do site que contém o recurso de Realidade Virtual foram utilizadas as seguintes ferramentas:

- Alice99 — programa com gráficos interativos em 3D para ambiente Windows. É próprio para *scripting* e prototipagem, usado para análise e descrição de comportamento de objeto 3D, não é um modelador;
- Anim8or — software com ferramentas apropriadas para modelagem e animação 3D para ambiente Windows.

A Modelagem

A modelagem do modelo virtual do Metrô de Teresina foi feita no programa Anim8or a partir do projeto arquitetônico, utilizando somente objetos primitivos como caixas, cones,

cilindros, esfera, etc. A escala utilizada foi de 1 no Anim8or (adimensional) para 1 metro da planta baixa.

A modelagem se iniciou com a criação do piso superior da estação sendo colocado na posição (0,0,0), em seguida os pilares e assim a colocação de todas as peças do mundo, conforme é mostrado na TABELA 06 em Anexo 02.

A figura abaixo mostra o início da modelagem do mundo virtual, com a escolha do comando Cube para confeccionar o piso superior da laje da estação.

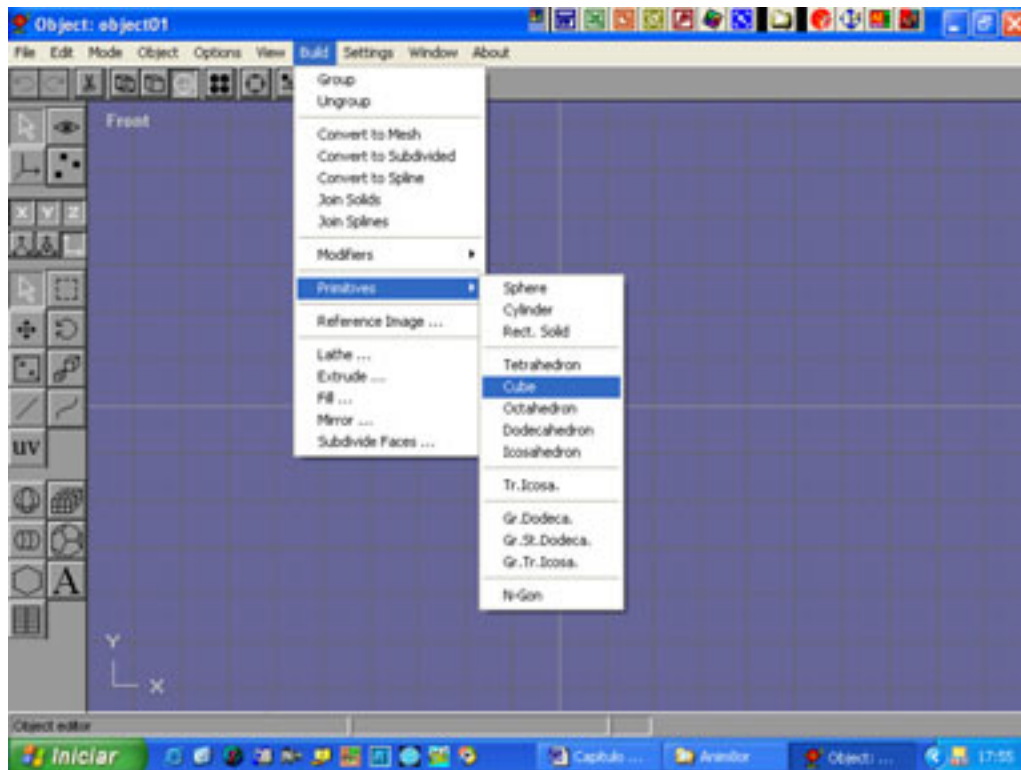


FIGURA 09 – Anim8or – Selecionando o comando Cube.

A figura a seguir mostra a caixa de propriedades do cubo criado, onde pode se observar os valores inseridos responsáveis pelo nome da peça, o material, a sua localização (a localização escolhida para esta peça foi na posição (0,0,0)) e suas dimensões.

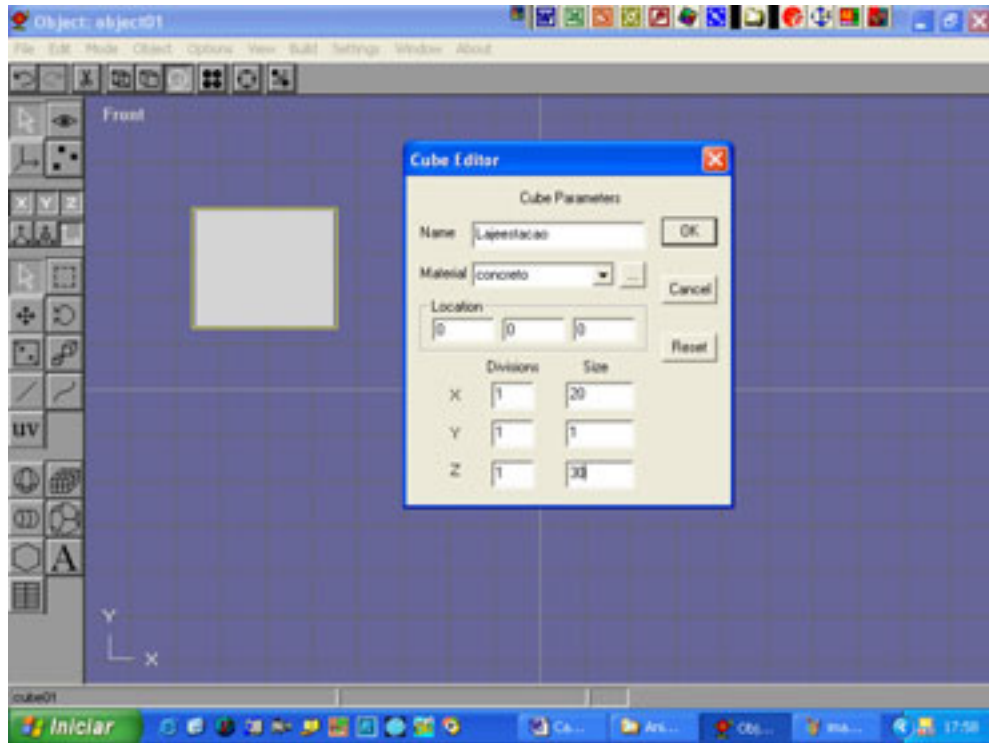


FIGURA 10 – Anim8or – Janela de Propriedades do cubo.

A figura abaixo mostra o piso superior da Estação Bandeira locado na posição (0,0,0).

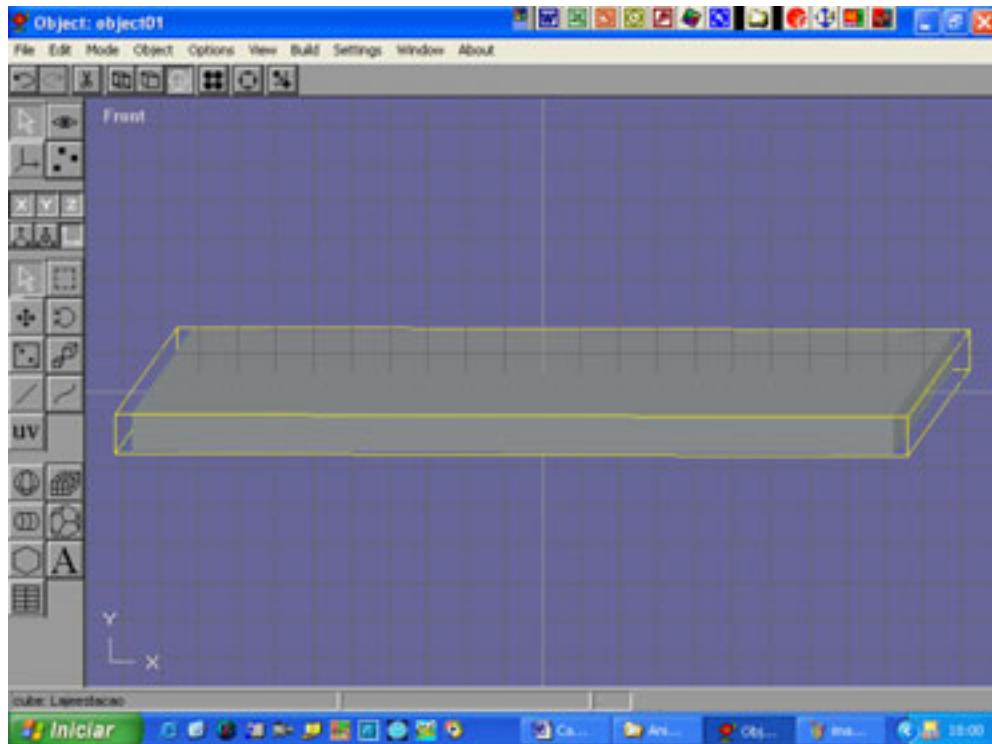


FIGURA 11 – Anim8or – O piso da Estação Bandeira

Conforme o procedimento mostrado, todas as peças do mundo da Estação Bandeira foram confeccionadas e alocadas na tela do Anim8or. A tabela 06, em Anexo 2, mostra todas as peças usadas na modelagem.

A seguir são mostradas figuras da modelagem final realizada. É importante frisar que uma experiência mais abrangente do *site* só é possível com a utilização das componentes de realidade virtual apresentadas na página o Modelo Virtual.

A figura abaixo mostra a modelagem da Estação Bandeira vista de frente, onde é possível observar quase todos os componentes do mundo virtual.



FIGURA 12: ESTAÇÃO BANDEIRA – FRENTE

A Figura 10 mostra a Estação Bandeira vista lateralmente, onde pode se observar com mais proximidade os detalhes menores dos elementos da modelagem.



FIGURA 13: ESTAÇÃO BANDEIRA – LATERAL

A figura a seguir mostra a Estação Bandeira de um ponto próximo situado no espaço aéreo.

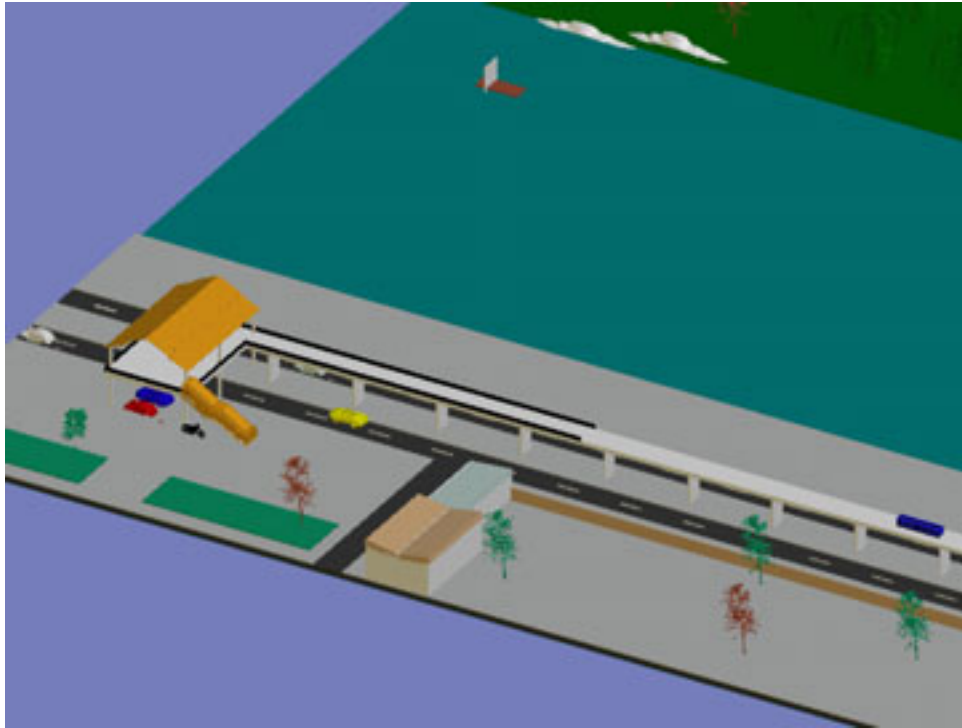


FIGURA 14: ESTAÇÃO BNDEIRA – AÉREA

A Figura abaixo mostra a Estação Bandeira em perspectiva, o que torna possível uma visão de todos os elementos da modelagem do mundo virtual.



FIGURA 15: ESTAÇÃO BANDEIRA – PERSPECTIVA

Na Internet, no site Anim8or [26] está disponibilizado um tutorial completo, em vários idiomas, deste programa Anim8or.

Animação

O Anim8or é um programa de modelagem e animação 3D, mas não é compatível com a Internet, por esta razão a animação foi feita no Alice que é totalmente compatível com a *web*, pois salva seus mundos como arquivos HTML.

Após a conclusão da modelagem no Anim8or, os objetos criados foram exportados com a extensão obj, sendo o mundo dividido em dois arquivos distintos, um correspondendo a todo o mundo, chamado de estacaobandeirafinal, menos o trem e o outro sendo o vagão ou trem chamado vagaofinal.

Utilizando o Alice foram adicionados um a um os dois objetos citados acima através do botão Add Object, e posicionados visualmente com a utilização do mouse, em seguida foi feita a configuração da animação utilizando a Guia Animations e do evento com o uso da Guia Events.

A figura a seguir mostra a guia Opening Scene, responsável pela adição de elementos no mundo.

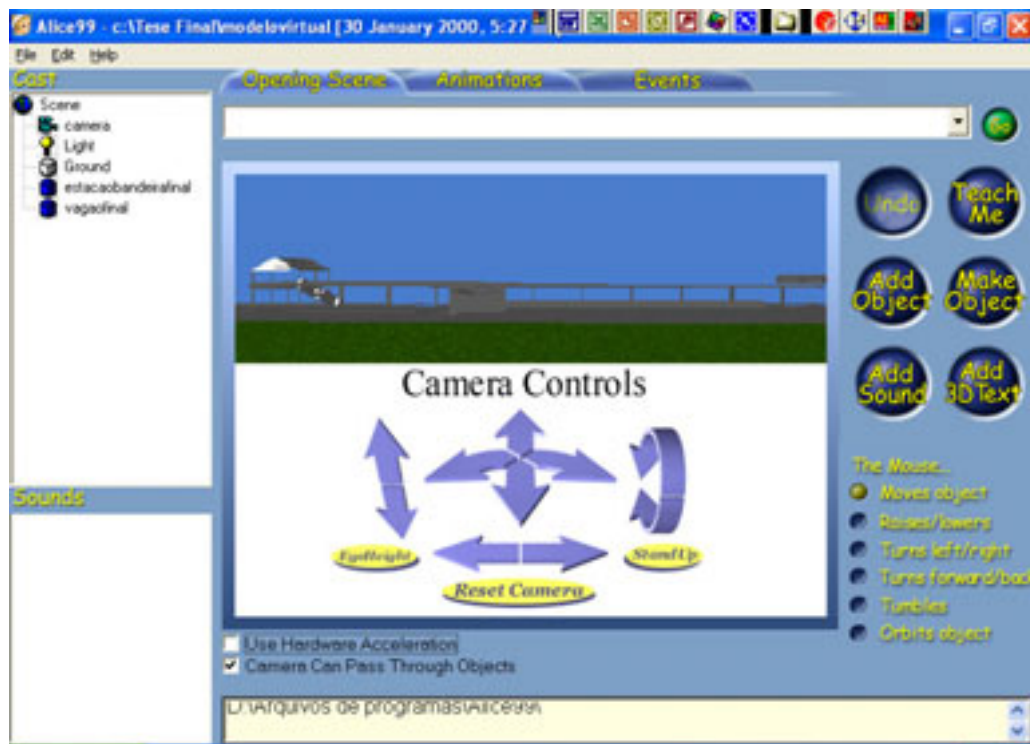


FIGURA 16 – Alice - Adição dos objetos através do botão Add Object

A figura a seguir mostra a guia Animations, responsável pelas opções de animação.



FIGURA 17 – Alice – Fazendo a animação através do botão Make Animation.

A figura a seguir mostra a guia Events, responsável pela escolha do evento da animação.

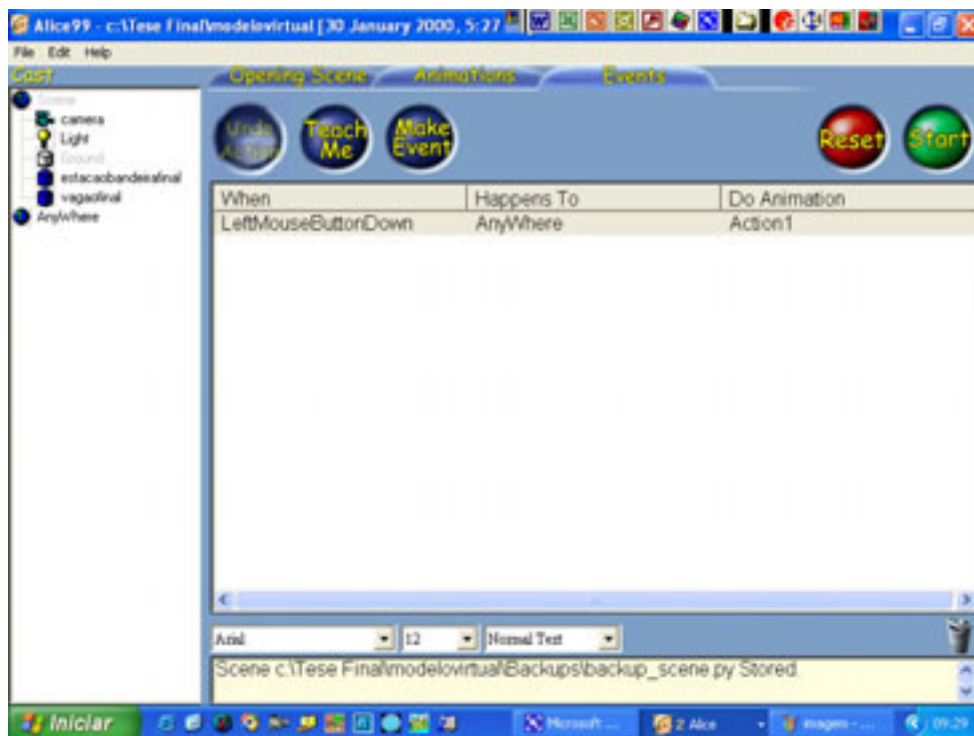


FIGURA 18 – Escolhendo o evento responsável pela animação.

Um tutorial completo é disponibilizado no *site* de Alice na Internet[20].

5.3 Integração e Navegabilidade

Quanto à Integração / Navegabilidade, o *site* apresenta botões que permitem acesso às informações de forma rápida e acessível, um modelo virtual do Metrô de Teresina, enquetes para serem respondidas pelo usuário e apresenta também um sistema de atalhos interativos que possibilitam acesso aos conteúdos sem a necessidade de retorno a página principal.

Pode-se navegar independentemente dentro de cada Menu, mas quando necessitar acessar *links* do menu lateral, é preciso retornar a página principal para atingir esse ponto.

5.4 Mapa do Site e Principais Páginas

Para facilitar a visão do usuário quanto ao conteúdo do Site e a sua navegabilidade, é mostrado abaixo o Mapa do Site e a ilustração de cada página.

Os traços na figura abaixo mostram que todas as páginas secundárias podem ser abertas a parti da página principal, já que a barra de navegação é persistente em todas elas.

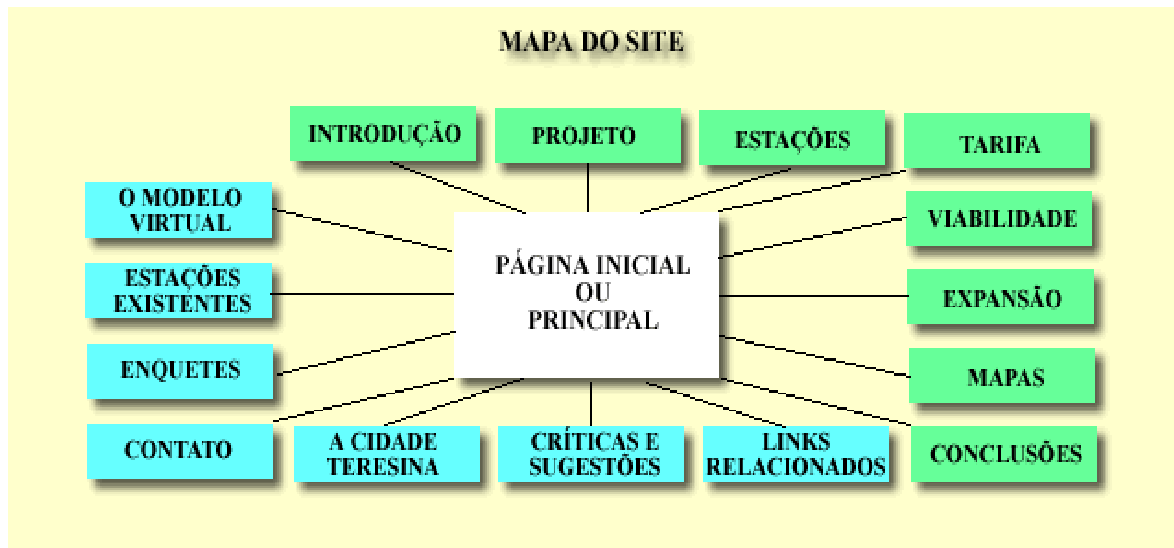


FIGURA 19: MAPA DO SITE

A Página Inicial é composta de dois menus denominados “Menu Horizontal” formado por botões com *links* relacionados diretamente ao Metrô de Teresina, e o “Menu Vertical” situado à esquerda denominado de Menu Interativo, pois é através deste que o usuário pode ter uma interatividade com o *site* do Metrô.



FIGURA 20: PÁGINA INICIAL

Na Página Introdução tem-se um introdutório referente à área onde será implantado o Metrô de Teresina falando da sua extensão e necessidades.

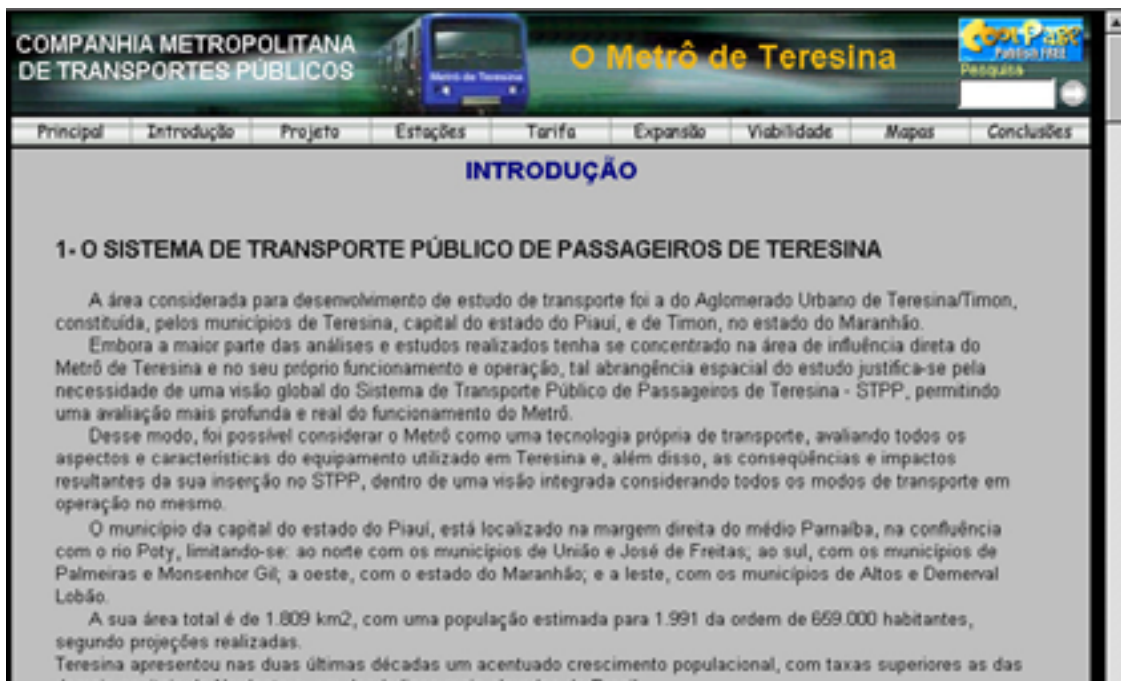


FIGURA 21: PÁGINA INTRODUÇÃO

A figura a seguir representa a página O Projeto do Metrô de Teresina, a qual tece comentários referente ao projeto do Metrô, principalmente ao trecho elevado a ser implantado entre a Estação da Matinha e a Estação da Bandeira.



FIGURA 22: PÁGINA PROJETO

A página Estações fala exclusivamente da Estação Bandeira que é a principal estação da segunda etapa do Metrô de Teresina, devido a sua localização no centro de Teresina.



FIGURA 23: PÁGINA ESTAÇÕES

A Página Tarifa informa somente o valor da passagem do Metrô de Teresina.

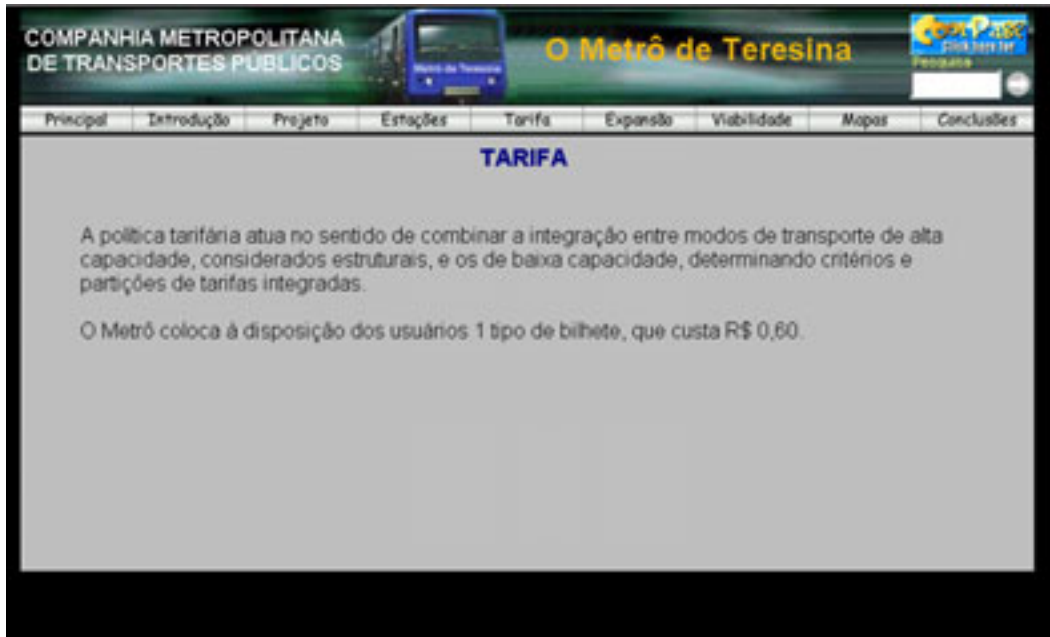


FIGURA 24: PÁGINA TARIFA

A Página Expansão fala sobre a importância da expansão do metrô com a construção da Estação Bandeira.

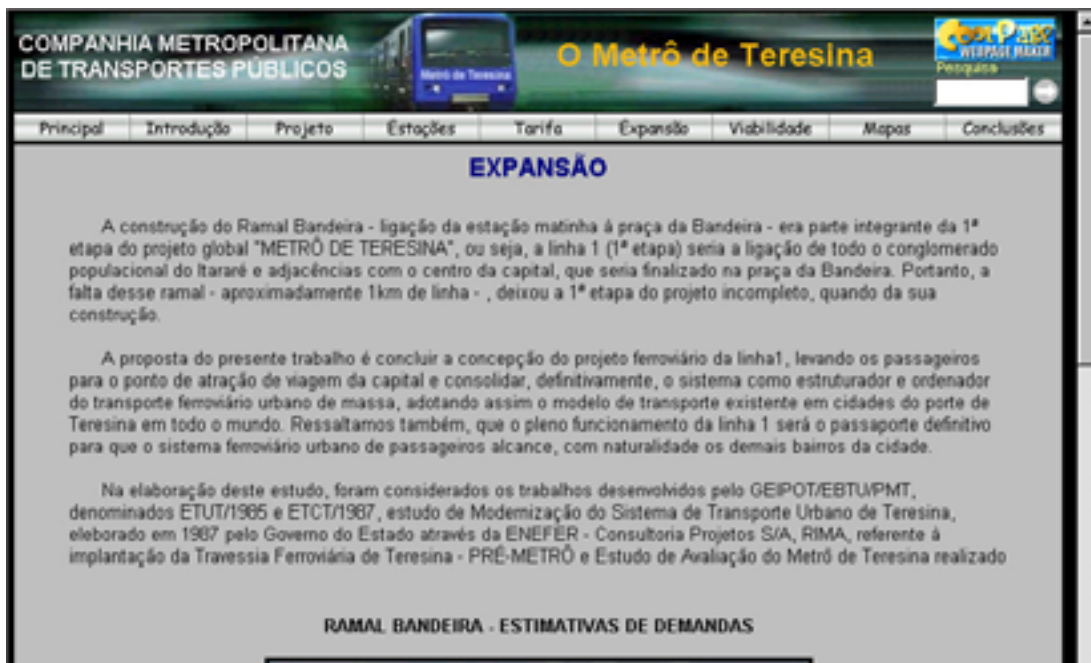


FIGURA 25: PÁGINA EXPANSÃO

A página Viabilidade mostra as viabilidades e justificativas da construção do Metrô de Teresina.

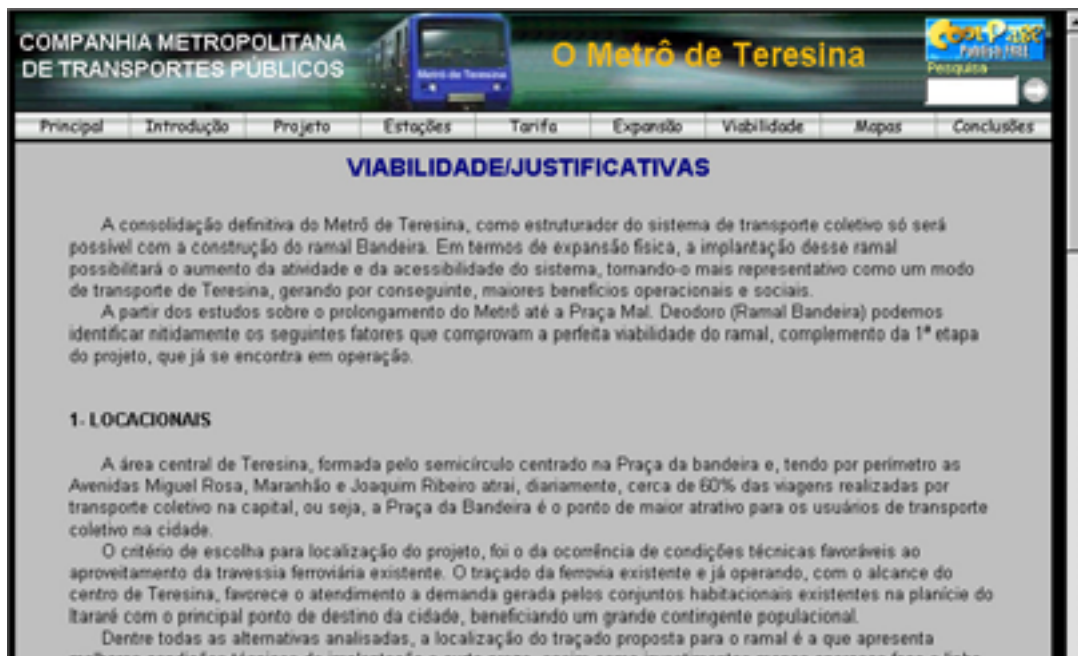


FIGURA 26: PÁGINA VIABILIDADE

A página Mapas mostra mapas importantes referentes ao projeto do Metrô de Teresina.



FIGURA 27: PÁGINA MAPAS

A página Conclusões se refere às conclusões obtidas com relação a construção do Metrô de Teresina.

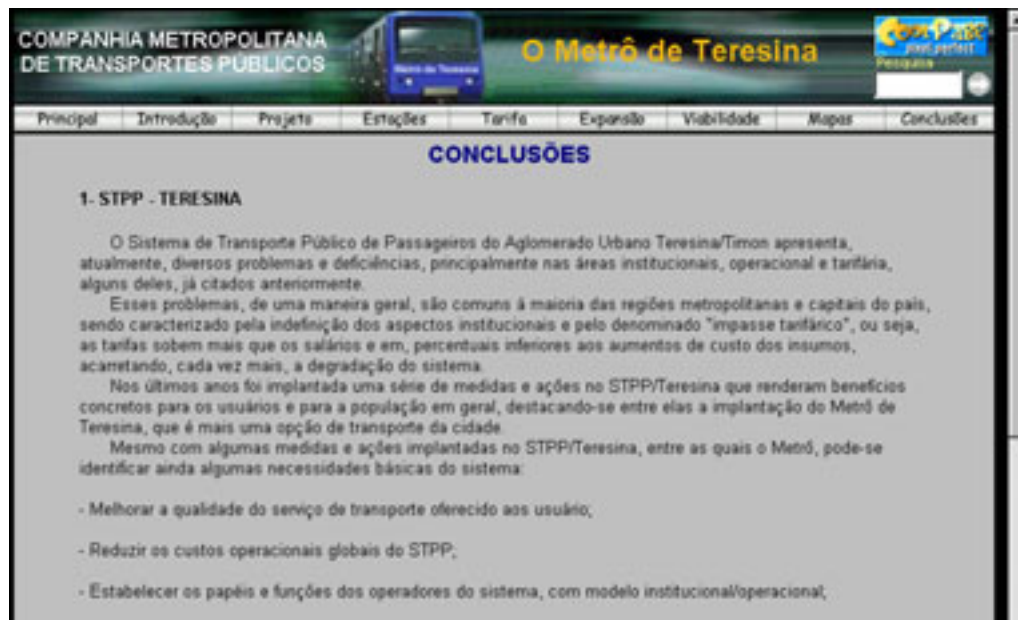


FIGURA 28: PÁGINA CONCLUSÕES

A página Modelo Virtual mostra o projeto do trecho da Estação Bandeira em realidade virtual, onde com um clique do mouse podemos constatar o deslocamento do vagão nos seus devidos trilhos.



FIGURA 29: PÁGINA O MODELO VIRTUAL

A página Estações Existentes mostras as estações e trechos existentes construídos na primeira etapa do projeto do Metrô de Teresina.



FIGURA 30: PÁGINA ESTAÇÕES EXISTENTES

A página abaixo contém várias enquetes a serem respondidas pelos navegantes.



FIGURA 31: PÁGINA ENQUETES

A página a seguir fala sobre um pequeno histórico de Teresina e ainda mostra algumas fotos da cidade.



FIGURA 32: PÁGINA A CIDADE TERESINA

Esta página contém alguns links relacionados a metrôs em geral.



FIGURA 33: PÁGINA LINKS RELACIONADOS

Capítulo 6: Resultados Alcançados

Este capítulo faz uma avaliação sob o ponto de vista dos usuários e do software, e diz sobre as conclusões e dificuldade encontradas na elaboração do *site* e ainda de trabalhos futuros a serem pesquisados.

6.1 Avaliação

6.1.1 Do Ponto de Vista do Software:

Os desenvolvedores de ALICE oferecem visualizadores e plataformas de criação apenas para plataforma Windows (95, 98, NT e 2000), não havendo previsão para o lançamento para outros sistemas operacionais. Os visualizadores são *plug-ins* para Internet Explorer (o único utilizado durante o desenvolvimento deste trabalho) e Netscape.

É fácil de fazer desenvolvimentos em ALICE, desde que o objetivo seja modesto, isto é, quando o mundo cresce muito ou quando ele requer precisão ALICE não é a plataforma mais adequada.

6.1.2 Do Ponto de Vista do usuário

Acredita-se que a satisfação sentida pelo usuário em sistema de realidade virtual gerado pelo ALICE seja aceitável, dadas as vantagens que seguem:

- 1) É de fácil manipulação pelo usuário
- 2) Reage rapidamente às ações do usuário;
- 3) Fornece visualização única do modelo produzido pela ferramenta, pois existe um único plug-in desenvolvido pelo fabricante do ALICE;
- 4) Produz resultados com alta definição de imagem.

Para avaliação da aceitação do projeto por parte do usuário, será disponibilizado no site do Metrô de Teresina enquetes com perguntas destinadas para:

- 1) Usuários leigos em realidade virtual;
- 2) Estudantes, professores ou outras pessoas com conhecimentos em RV.

6.2 Conclusões e Dificuldades Encontradas

Nesta parte final do trabalho, primeiramente são retomados os objetivos que orientaram este estudo, as características da interação analisada e os pontos teóricos e metodológicos que guiaram a pesquisa.

O trabalho teve como objetivos

- apresentar contribuições de estudos de aplicação de ferramentas gratuitas na criação e publicação de sites com Realidade Virtual;
- investigar os recursos disponibilizados e analisar a produção possibilitada pelos softwares gratuitos, contribuindo para que os professores, pesquisadores e usuários da Ciência da Computação e os autores dos livros didáticos brasileiros possam utilizá-los como fundamentos ou sugestões para seus trabalhos.

Como material investigado foram analisados as tecnologias HTML, Realidade Virtual, Imagens e os Editores de HTML, de Realidade Virtual e de Imagens, disponibilizados no mercado gratuitamente durante o período de elaboração deste trabalho. Deste modo, foi possível examinarmos e compararmos os desempenhos de cada software examinado de acordo com as necessidades do projeto.

6.2.1 Conclusões

As conclusões a que se chegou com a análise do corpus serão agora apresentados na ordem em que a investigação foi realizada.

Atualmente é possível observar que a maioria dos *sites* publicados na Internet que incluem recursos (sofisticados ou não) de realidade virtual são, na sua maioria, o resultado da utilização de ferramentas ou programas comerciais.

Entretanto, ao propor a construção de um *site* institucional com realidade virtual, e uso de ferramentas gratuitas, o produtor depara-se com uma série de implicações que agem como complicadores do cumprimento da tarefa.

Uma versão *freeware* de um programa apresenta limitações quanto às ferramentas disponibilizadas para a execução de um projeto, inicialmente requer-se uma sucessão de adaptações do projeto às possibilidades oferecidas pelo programa, diferentemente seria com a utilização de uma versão paga que oferece maior quantidade de opções no processo criativo.

No entanto, a versão gratuita democratiza o acesso de produtores de conteúdo a programas de elaboração e publicação de *homepages*.

Concebendo um projeto objetivo, com as informações devidamente elencadas e, sendo orientado no uso dos programas escolhidos, o produtor estará percorrendo, de forma adequada, as etapas que compõem o processo de criação e publicação de um site, obtendo dessa forma os resultados previstos, bem como aguçando suas competências e habilidades na superação de obstáculos futuros.

No que se refere à linguagem Alice, esta plataforma gratuita foi concebida para a criação de mundos virtuais pequenos, compostos de poucos elementos gráficos. Estes mundos são indicados, dentre outras possíveis aplicações como a aqui mostrada, para a educação de crianças. A plataforma se torna inviável, na nossa avaliação, para a construção de mundos virtuais que contenham algumas dezenas de objetos. No entanto, ela supriu a contento as necessidades do projeto proposto.

Neste sentido, disponibilizar um ambiente para levar o produtor de páginas *web* a aprender a utilizar ferramentas gratuitas, para a construção de *sites*, implica proporcionar-lhe o instrumental necessário para que ele próprio esteja apto a continuar seu processo de auto construção do conhecimento, ou seja, estar preparado para continuar aprimorando saberes durante futuras atividades profissionais e/ou atuar no sentido de tornar-se pró-ativo no meio que vive.

6.2.2 Dificuldades Encontradas

Durante o desenvolvimento da criação do modelo virtual foram encontradas algumas dificuldades relacionadas a *bugs* no programa Alice que atrasaram o andamento trabalho, como por exemplo, o fato do programa não poder ser executado quando o Windows estiver configurado para um idioma diferente do inglês. Outra dificuldade encontrada foi quando, no programa Anim8or, na exportação dos objetos coloridos com a extensão *obj* ou *3ds*, pois os mesmos perdiam suas cores e se tornavam objetos brancos.

6.3 Trabalhos Futuros

Durante o processo de desenvolvimento deste projeto várias pessoas e instituições entraram em contato com o mesmo, e houve interesse manifesto para o desenvolvimento futuro de *sites* descrevendo Projetos de:

- Instalações Elétricas Industriais em Realidade Virtual. Estas instalações por serem aparentes, dinâmicas e por terem uma grande quantidade de componentes como calhas, canaletas, curvas, armários, transformadores, disjuntores, isoladores, caixas de passagem, conexões, tubulações, etc. a realidade virtual pode trazer aos usuários desses projetos grandes facilidades de visualização e entendimento.
- Projetos de Instalações Hidro-Sanitárias Prediais em Realidade Virtual. As tubulações hidráulicas e sanitárias, geralmente são embutidas nas paredes, piso ou dentro de poços especialmente projetados para elas, o que impedem a visualização direta dessas tubulações. Com o uso da realidade virtual nesses projetos facilitaria muito o entendimento por parte do operário no momento da execução desses projetos, como também ajudaria a localização, em caso de futuros vazamentos ou entupimentos em cano ou conexão faltosa, evitando assim quebras desnecessárias de paredes ou pisos.
- Projetos de Eletrificação Urbana e Rural em Realidade Virtual. A importância da utilização de realidade virtual nesse tipo de projeto é comprovada na possibilidade de visualização de quais impactos uma obra pode trazer, antes da sua construção, a determinado ambiente ou área em termos ecológicos ou estéticos.

O fato desta dissertação partir do pressuposto que é possível construir *sites* com componentes de realidade virtual empregando apenas ferramentas gratuitas foi um dos fatores determinantes para a disseminação a priori da metodologia aqui proposta e validada.

Capítulo 7: Referências Bibliográficas

- [1] Adobe Systems Incorporated. URL <http://www.adobe.com> Visitada em março de 2002.
- [2] Alcântara, A.A.; Figueira, C.S.; Brasil, C.C.A.; Aranha, D.C.S.; Barbosa, G.P. *Home Pages: recursos e técnicas para criação de páginas na WWW*. Campus, Rio de Janeiro, 1977.
- [3] Ames, A.L.; Nadeau, D.R.; Moreland, J.L. *VRML 2.0 Sourcebook*, 2. ed, John Wiley & Sons, New York, 1997.
- [4] Burgay, E.L. *Maquetes Eletrônicas*. Visual Books, Florianópolis, 1999.
- [5] Corel Corporation. URL <http://www.corel.com> Visitada em março de 2002.
- [6] Foley, J.D.; van Dam, A.; Feiner, S.K.; Huges, J.F.; Phillips, R.L. *Introduction to computer graphics*. Addison-Wesley, Reading, MA, 1994.
- [7] Gomes, J.; Velho, L. *Computação gráfica: imagem*. IMPA, Rio de Janeiro, 1994.
- [8] Hassinger, Sebastian; Erwin, Mike. *Internet World: 60 Minute Guide to VRML*. IDG Books. Foster City, 1995.
- [9] Jamsa, Kris; Schmauder, Phil; Yee, Nelson. *VRML Biblioteca do Programador*. Makron Books, São Paulo, 1977.
- [10] Kay, D.C.; Muder, Douglas. *VRML & 3-D na Web para Leigos*. Editora Berkeley, São Paulo, 1997.
- [11] Lins, A.F.; Abreu, A.F.G. *Sólidos Platônicos*. Disponível site IF291 (8 de abril de 2002). URL: <http://www.cin.ufpe.br/~if291/galeria/solidos>
- [12] McCarthy, Martin; Descartes, Alligator. *Reality Architecture*. Prentice Hall Europe, Hertfordshire, 1998.
- [13] Macromedia. URL <http://www.macromedia.com> Visitada em março de 2002.
- [14] Newman, W.M.; Sproull, R.F. *Principles of interactive computer graphics*. McGraw-Hill, Auckland, 1983.
- [15] Pesce, Mark. *VRML Flying Through the Web*. New Riders publishing, Indianapolis, 1996.
- [16] Ramalho, J.A.A. *HTML Avançado*. Makron Books, São Paulo, 1997.
- [17] Summitti, P.M.; Summitti, M.J. *Creating Cool 3D Web whit Worlds VRML*, IDG Books, Foster City, 1995.
- [18] Williams, Robin; Tollett, John. *Web design para não designers*. Ciência Moderna, Rio de Janeiro, 2001.
- [19] Schor, N. Introdução a uma lógica topológica visando mostrar limites e demarcações do conhecimento. *Cadernos do CTCH*, 5, 1997. Universidade Católica de Pernambuco.
- [20] Site Alice. URL <http://www.alice.org> Visitada em março de 2002.
- [21] Site Consórcio W3C. URL <http://www.w3.org/pub/WWW/MarkUp> Visitada em março de 2002.
- [22] Site MIT Media Lab. URL <http://www.media.mit.edu> Visitada em março de 2002.
- [23] Site Phong. URL <http://www.phong.com> Visitada em março de 2002.
- [24] Site Webreference. URL <http://webreference.com/dev/graphics/compress.html> Visitada em abril de 2002.
- [25] McLellan, Hilary. *Virtual Reality: A Selected Bibliography*. Educational Technology Publications. Englewood Cliffs, 1992.

- [26] Site Anim8or. URL <http://www.anim8or.com> Visitada em março de 2002.
- [27] Site CoolPage. URL <http://3Dize.com> Visitada em março de 2002.
- [28] Revista do CR-ROM, ano 7, nº 83, junho de 2002.
- [29] Site Coffee Cup. URL <http://www.coffeecup.com> Visitada em março de 2002.
- [30] Site Vicman. URL <http://www.vicman.net> Visitada em março de 2002.

Anexos

Neste capítulo apresentaremos anexos referentes a mapas do Metrô de Teresina, como também a informações acerca das propriedades da modelagem do modelo virtual feito no Anim8or.

1. Anexo 1

MAPAS DO METRÔ DE TERESINA

A Figura 28 mostra a área de estudos do projeto do metrô que é o mapa das cidades de Teresina/PI e Timon/MA.

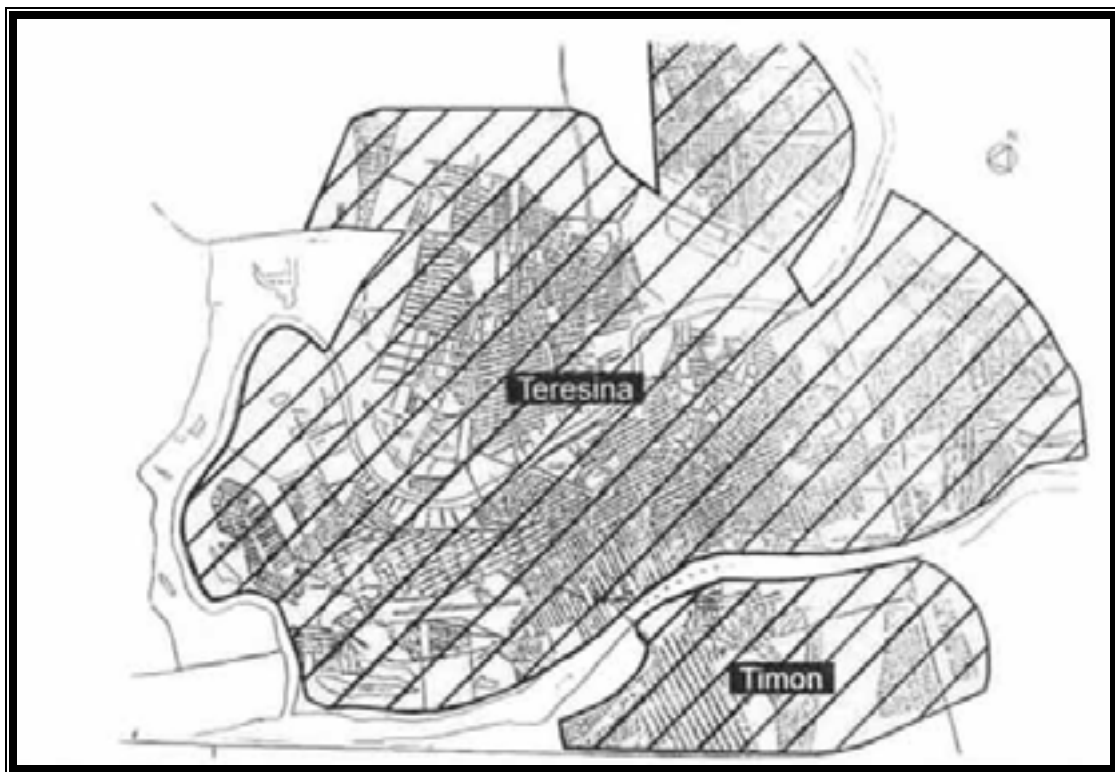
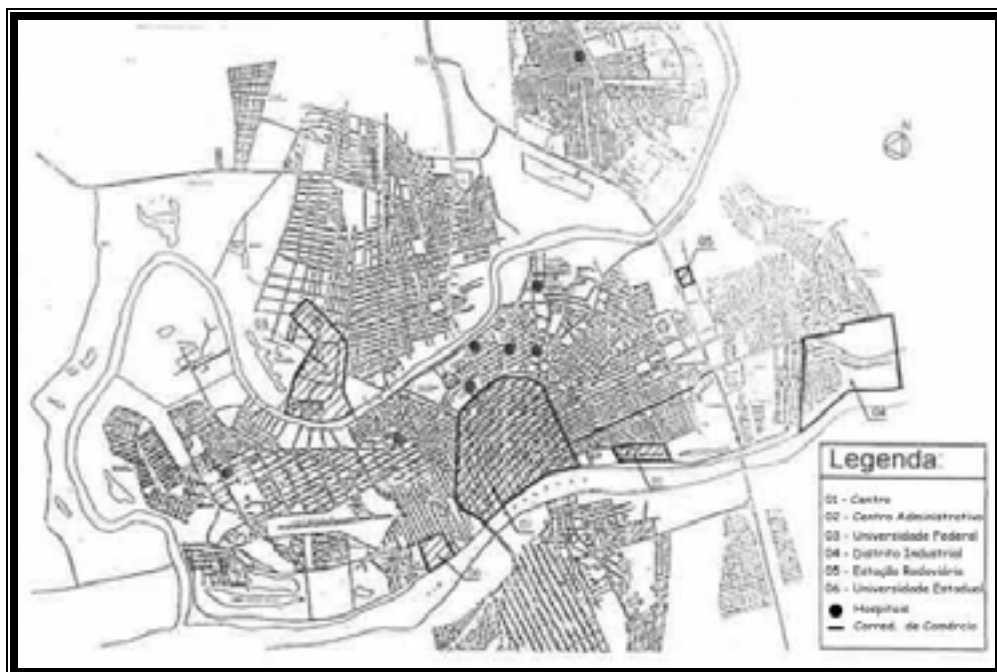


FIGURA 34: Área de Estudo

A figura 29 mostra os principais pólos de atração de deslocamento humano em Teresina.



V FIGURA 35: Principais Pólos de Atração de Viagens de Teresina

A figura 30 mostra as avenidas e ruas utilizadas pelos ônibus em Teresina.



FIGURA 36: Principais Corredores e Vias Utilizadas pelos Ônibus

A Figura 37 mostra o percurso completo do projeto original do Metrô de Teresina.

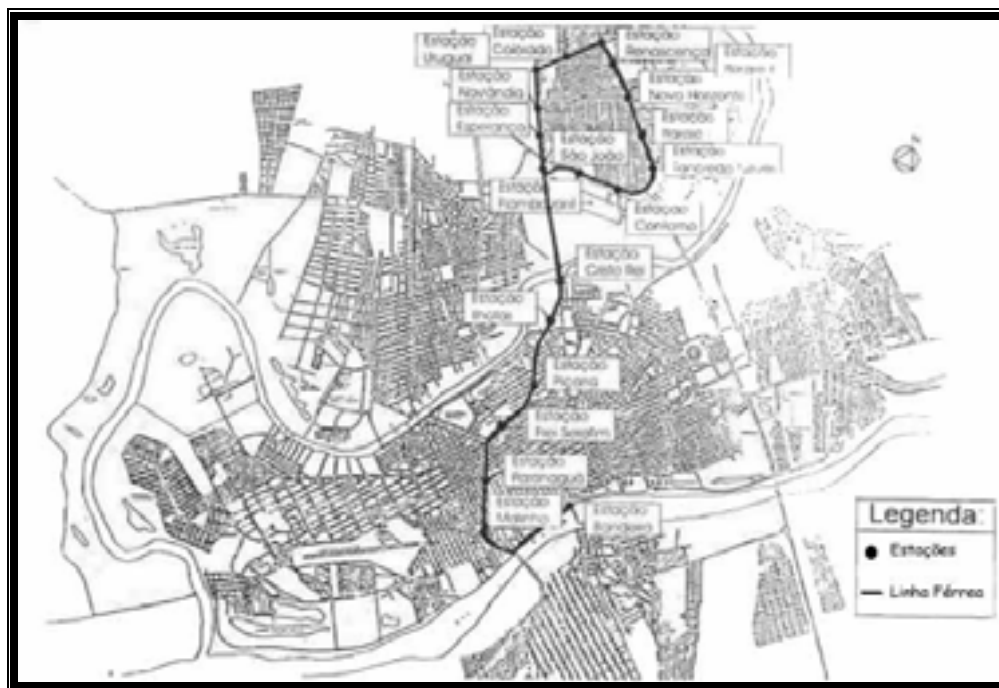


FIGURA 37: Metrô de Teresina - Projeto Original

A Figura 38 mostra a primeira etapa construída do projeto do Metrô de Teresina.

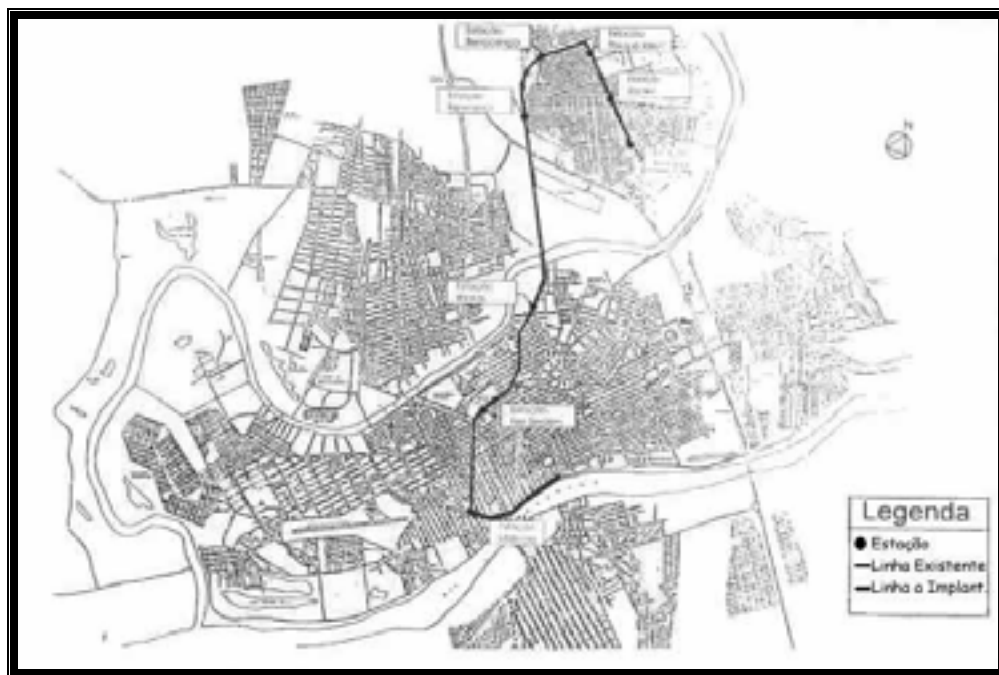


FIGURA 38: Metrô de Teresina - Trecho Implantado

2. Anexo 2

Abaixo é mostrado todos os elementos da modelagem da Estação bandeira com suas respectivas dimensões, posições e natureza - Modelagem Anim8or

TABELA 06: PONTOS DA MODELAGEM DA EST. BANDEIRA NO ANIM8OR

Objeto 3d	Material	Rotação (°)	Dimensões (m)			Locação (m)		
			X	Y	Z	X	Y	Z
Lajeestação	Concreto	00	20	01	30	00	00	00
Pilarestação 1	Concreto	00	0.5	14	0.5	-09	-01	14
Pilarestação 2	Concreto	00	0.5	14	0.5	-09	-01	00
Pilarestação 3	Concreto	00	0.5	14	0.5	-09	-01	-14
Pilarestação 4	Concreto	00	0.5	14	0.5	09	-01	14
Pilarestação 5	Concreto	00	0.5	14	0.5	09	-01	00
Pilarestação 6	Concreto	00	0.5	14	0.5	09	-01	-14
Parapeito 1	Preto	00	19.8	01	0.1	00	01	14.9
Parapeito 2	Preto	00	0.1	01	22	9.9	01	02
Parapeito 3	Preto	00	0.1	01	29.8	-9.9	01	00
Parapeito 4	Preto	00	100	01	0.1	39.9	01	-14.9
Parapeito 5	Preto	00	80	01	0.1	49.9	01	-09
Pilarrampa 1	Concreto	00	0.5	08	04	15	-04	-12
Pilarrampa 2	Concreto	00	0.5	08	04	35	-04	-12
Pilarrampa 3	Concreto	00	0.5	08	04	55	-04	-12
Pilarrampa 4	Concreto	00	0.5	08	04	75	-04	-12
Pilarrampa 5	Concreto	00	0.5	08	04	95	-04	-12
Pilarrampa 6	Concreto	00	0.5	08	04	115	-04	-12
Pilarrampa 7	Concreto	00	0.5	08	04	135	-04	-12
Pilarrampa 8	Concreto	00	0.5	08	04	155	-04	-12
Pilarrampa 9	Concreto	00	0.5	08	04	175	-04	-12
Pilarrampa 10	Concreto	00	0.5	08	04	195	-04	-12
Pilarrampa 11	Concreto	00	0.5	08	04	215	-04	-12
Pilarrampa 12	Concreto	00	0.5	08	04	235	-04	-12
Pilarrampa 13	Concreto	00	0.5	08	04	255	-04	-12
Pilarrampa 14	Concreto	00	0.5	08	04	275	-04	-12
Pilarrampa 15	Concreto	00	0.5	08	04	295	-04	-12
Pilarrampa 16	Concreto	00	0.5	08	04	315	-04	-12
Pilarrampa 17	Concreto	00	0.5	08	04	335	-04	-12
Pilarrampa 18	Concreto	00	0.5	08	04	355	-04	-12
Pilarrampa 19	Concreto	00	0.5	08	04	375	-04	-12
Pilarrampa 20	Concreto	00	0.5	08	04	395	-04	-12
Pilarrampa 21	Concreto	00	0.5	08	04	415	-04	-12
Pilarrampa 22	Concreto	00	0.5	08	04	435	-04	-12
Pilarrampa 23	Concreto	00	0.5	08	04	455	-04	-12
Pilarrampa 24	Concreto	00	0.5	08	04	475	-04	-12
Pilarrampa 25	Concreto	00	0.5	08	04	495	-04	-12
Pilarrampa 26	Concreto	00	0.5	08	04	515	-04	-12
Pilarrampa 27	Concreto	00	0.5	08	04	535	-04	-12
Pilarrampa 28	Concreto	00	0.5	08	04	555	-04	-12
Lajerampa	Branco	00	500	01	06	260	00	-12
Rio Parnaíba	Verde	00	550	0.2	300	210	-9.5	-100

Asfalto	Cinza Esc.	00	550	1.3	100.5	210	-8.8	-0.2
Calçada 1	Cimento	00	100	0.3	50	-15	-8.0	25
Calçada 2	Cimento	00	192	0.3	50	145	-08	25
Calçada 3	Cimento	00	550	0.3	06	210	-08	-12
Cais	Cimento	00	550	0.3	27	210	-08	-39
Faixa 1	Branco	00	05	0.3	0.2	-30	-08	-3.5
Faixa 2	Branco	00	05	0.3	0.2	-15	-08	-3.5
Faixa 3	Branco	00	05	0.3	0.2	-00	-08	-3.5
Faixa 4	Branco	00	05	0.3	0.2	15	-08	-3.5
Faixa 5	Branco	00	05	0.3	0.2	30	-08	-3.5
Faixa 6	Branco	00	05	0.3	0.2	45	-08	-3.5
Faixa 7	Branco	00	05	0.3	0.2	60	-08	-3.5
Faixa 8	Branco	00	05	0.3	0.2	75	-08	-3.5
Faixa 9	Branco	00	05	0.3	0.2	90	-08	-3.5
Faixa 10	Branco	00	05	0.3	0.2	105	-08	-3.5
Faixa 11	Branco	00	05	0.3	0.2	120	-08	-3.5
Faixa 12	Branco	00	05	0.3	0.2	135	-08	-3.5
Faixa 13	Branco	00	05	0.3	0.2	150	-08	-3.5
Faixa 14	Branco	00	05	0.3	0.2	165	-08	-3.5
Faixa 15	Branco	00	05	0.3	0.2	180	-08	-3.5
Faixa 16	Branco	00	05	0.3	0.2	195	-08	-3.5
Faixa 17	Branco	00	05	0.3	0.2	210	-08	-3.5
Faixa 18	Branco	00	05	0.3	0.2	225	-08	-3.5
Faixa 19	Branco	00	05	0.3	0.2	240	-08	-3.5
Faixa 20	Branco	00	05	0.3	0.2	255	-08	-3.5
Faixa 21	Branco	00	05	0.3	0.2	270	-08	-3.5
Faixa 22	Branco	00	05	0.3	0.2	285	-08	-3.5
Faixa 23	Branco	00	05	0.3	0.2	-30	-08	-20.3
Faixa 24	Branco	00	05	0.3	0.2	-15	-08	-20.3
Faixa 25	Branco	00	05	0.3	0.2	00	-08	-20.3
Faixa 26	Branco	00	05	0.3	0.2	15	-08	-20.3
Faixa 27	Branco	00	05	0.3	0.2	30	-08	-20.3
Faixa 28	Branco	00	05	0.3	0.2	45	-08	-20.3
Faixa 29	Branco	00	05	0.3	0.2	60	-08	-20.3
Faixa 30	Branco	00	05	0.3	0.2	75	-08	-20.3
Faixa 31	Branco	00	05	0.3	0.2	90	-08	-20.3
Faixa 32	Branco	00	05	0.3	0.2	105	-08	-20.3
Faixa 33	Branco	00	05	0.3	0.2	120	-09	-20.3
Faixa 34	Branco	00	05	0.3	0.2	135	-08	-20.3
Faixa 35	Branco	00	05	0.3	0.2	150	-08	-20.3
Faixa 36	Branco	00	05	0.3	0.2	165	-08	-20.3
Faixa 37	Branco	00	05	0.3	0.2	180	-08	-20.3
Faixa 38	Branco	00	05	0.3	0.2	195	-08	-20.3
Faixa 39	Branco	00	05	0.3	0.2	210	-08	-20.3
Faixa 40	Branco	00	05	0.3	0.2	225	-08	-20.3
Faixa 41	Branco	00	05	0.3	0.2	240	-08	-20.3
Faixa 42	Branco	00	05	0.3	0.2	255	-08	-20.3
Faixa 43	Branco	00	05	0.3	0.2	270	-08	-20.3
Faixa 44	Branco	00	05	0.3	0.2	285	-08	-20.3
Faixa 45	Branco	00	05	0.3	0.2	300	-08	-20.3
Faixa 46	Branco	00	05	0.3	0.2	315	-08	-20.3

Timon	Branco	00	550	0.2	80	210	-8.8	-210
Escada 1	Branco	330 Eixo Z	07	01	04	12	-02	13
Escada 2	Branco	00	02	01	04	16	-4.1	13
Escada 3	Branco	330 Eixo Z	07	01	04	20	-06	13
Escada 4	Branco	00	01	01	04	23.8	-7.6	13
Cobestacao 1	Amarelo	25 Eixo Z	05	0.1	30	-7.7	07	00
Cobestacao 2	Amarelo	00	05	0.1	30	-2.2	10.5	00
Cobestacao 3	Amarelo	00	01	0.1	30	-5.5	8.2	00
Cobestacao 4	Amarelo	00	01	0.1	30	-5.1	8.5	00
Cobestacao 5	Amarelo	00	01	0.1	30	-4.7	8.8	00
Cobestacao 6	Amarelo	335 Eixo Z	05	0.1	30	2.2	10.5	00
Cobestacao 7	Amarelo	00	05	0.1	30	7.7	07	00
Cobestacao 8	Amarelo	00	01	0.1	30	5.5	8.2	00
Cobestacao 9	Amarelo	00	01	0.1	30	5.1	8.5	00
Cobestacao 10	Amarelo	00	01	0.1	30	4.7	8.8	00
Cobinfesc 1	Amarelo	00	01	1.5	04	23.8	-07	13
Cobinfesc 2	Amarelo	00	07	1.5	04	20	-4.5	13
Cobinfesc 3	Amarelo	00	02	1.5	04	16	-2.8	13
Cobinfesc 4	Amarelo	00	07	1.5	04	11.7	-1.5	13
Cobinfesc 5	Amarelo	00	01	1.5	04	09	1.1	13
Cobsupesc1 cyl	Amarelo	00	1.5	-	04	23.8	-5.5	13
Cobsupesc2 cyl	Amarelo	00	07	-	04	18.3	-2.5	13
Cobsupesc3 cyl	Amarelo	00	04	-	04	16.1	-2.8	13
Cobsupesc4 cyl	Amarelo	00	07	-	04	15	-02	13
Cobsupesc5 cyl	Amarelo	00	1.5	-	04	10	1.3	13
Loja 1		00	10	06	20	77.5	-4.4	16.4
Loja 2		00	15	08	22	80	-04	38.8
Telhadoloja 1-1		00	10	1	20	77.5	-1.5	16.4
Telhadoloja 2-2		00	7.5	1.5	22	84	00	38.8
Telhadoloja 2-3		00	7.5	1.5	22	76	00	38.8
Canteiro1	Verde Cla.	00	40	0.3	12	-18	-7.5	40
Canteiro2	Verde Cla	00	40	0.3	12	37	-7.5	40