

Gizelle Lira Fonseca

MODELAGEM TRIDIMENSIONAL DO CAMPUS
PAMPULHA DA UFMG – UMA PROPOSTA
EXPLORATÓRIA UTILIZANDO A
FERRAMENTA GOOGLE SKETCHUP

X Curso de Especialização em
Geoprocessamento
2007



UFMG
Instituto de Geociências
Departamento de Cartografia
Av. Antônio Carlos, 6627 –
Pampulha
Belo Horizonte
cartog@igc.ufmg.br

GIZELLE LIRA FONSECA

MODELAGEM TRIDIMENSIONAL DO CAMPUS

PAMPULHA DA UFMG –

UMA PROPOSTA EXPLORATÓRIA UTILIZANDO A

FERRAMENTA GOOGLE SKETCHUP

Monografia apresentada como requisito à obtenção do grau de especialista em Geoprocessamento - Curso de Especialização em Geoprocessamento, do Departamento de Cartografia - Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientador: Clodoveu Davis Jr.

BELO HORIZONTE

2007

FONSECA, Gizelle Lira

Modelagem Tridimensional do Campus Pampulha da UFMG – Uma proposta exploratória utilizando a ferramenta Google SketchUp / Gizelle Lira Fonseca. Belo Horizonte, 2007.

Vi, 37f. il.

Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. Departamento de Cartografia, 2007.

Orientador: Clodoveu Davis Junior

1. Modelo Tridimensional 2.SIG-3D 3.Google Earth 4. Cenários Urbanos. I. Título.

“E qualquer coisa que fizerdes por palavras ou por obras, fazei tudo no nome do Senhor Jesus, dando graças, por meio dele, a Deus Pai”.
(Col 3, 17)

AGRADECIMENTOS

Sendo esta uma seção livre, agradeço a todas as pessoas que amo: meus pais, ‘Seu’ Zé das Graças e Beatriz; meus irmãos, Jô e Harry; cunhados; meu afilhado mais gostoso e roceiro Igor; ao Markin pelos ‘tchovisk’; meus leais amigos... por muitas vezes, ter ficado em frente ao computador, em vez de ficar curtindo vocês.

Agradeço a todos os meus colegas que compartilharam comigo suas experiências, idéias, risadas e stress total. Após mais esse ano de convivência, sinto na obrigação de dar enfoque especial ao Leo Brant, parceiro nos trabalhos e atividades. Aos companheiros Wanda, a rainha do ArcView; Gláucio, Donizete, Renatinho, Felipe, Daniel, Rafael, Jairo, Rafael, Marcos, Fábio, Júnia, Mônica, Igor...pelos momentos de descontração.

Agradeço não somente aos professores, que auxiliaram e nos passaram conhecimentos atrelados à técnica, mas agradeço aos monitores: Bráulio, presente em todo o curso; ao Diego e ao Charles. E, também, agradeço ao Vlad por ter me ensinado a mexer no ArcView.... A coordenadora Ana Clara, que é mesmo tudo isso que dizem por aí: “Ela sabe muito!” Obrigada pelas dicas e incentivo!

Nesses últimos meses, na expectativa de conclusão do Curso, agradeço ao meu orientador Professor Clodoveu Davis, um dos profissionais com o maior currículo que já vi! – pelas idéias e apoio. Ao salvador trabalho de monitoria do Charlito... valeu por vivenciar esse trabalho!

Por último, agradeço indubitavelmente ao meu namorado, Leo... Por entender as minhas razões; por incentivar a minha especialização; por me buscar todos os dias na Federal (☺ !!!); por compartilhar comigo todos os momentos de angústia e alegrias...ti amu!

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	08
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	10
2.1 Ferramentas.....	11
2.2 Estudos Similares.....	12
3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	14
3.1 AutoCAD.....	14
3.2 Modelagem Tridimensional.....	15
3.3 Modelo Digital de Terreno.....	17
3.4 Google SketchUp.....	18
3.5 Google Earth.....	20
4. CARACTERÍSTICAS DO CAMPUS PAMPULHA / UFMG.....	22
4.1 Localização.....	22
4.2 Aspectos Físicos.....	23
5. MATERIAS E MÉTODOS.....	25
5.1 Local e Período.....	25
5.2 Material.....	25
5.3 Metodologia.....	26
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	33
7. CONCLUSÃO.....	36
8. BIBLIOGRAFIA.....	37

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1: Comparação entre a maquete e o modelo 3D digital.....	14
Figura 2: Representação de planta 2D em modelo tridimensional.....	15
Figura 3: Planta baixa resultando em um modelo 3D técnico.....	17
Figura 4: Modelos (MDT) de grade regular.....	18
Figura 5: Tipos de ferramentas Snap do SketchUp.....	19
Figura 6: Posição paralela ao eixo X.....	20
Figura 7: Mapa de localização do Campus Pampulha/UFMG	22
Figura 8: Planta digital do Campus Pampulha.....	23
Figura 09: Planta com vários níveis de detalhamento do Campus.....	26
Figura 10: Planta somente com a estrutura física dos prédios.....	27
Figura 11: Planta importada em formato .dxf.....	27
Figura 12: Elevação dos prédios do Campus.....	28
Figura 13: Captura da imagem do Google Earth.....	29
Figura 14: Vista panorâmica do Campus em 3D sob a imagem.	30
Figura 15: Opções de texturas e cores.....	30
Figura 16: Modelo exportado para o Google Earth.....	31
Figura 17: Navegação do Modelo 3D do Campus, no Google Earth.....	32
Figura 18: Representação da dificuldade de ajuste de escala.....	34
Figura 19: Publicação do modelo no 3D Warehouse.....	35

RESUMO

Modelos tridimensionais são, atualmente, uma expectativa em ambientes SIG, alguns estudos já foram desenvolvidos aplicando as técnicas dos SIG -3D em ambientes urbanos. Nessa premissa, o trabalho adota tais métodos na construção do modelo 3D do Campus Pampulha, da Universidade Federal de Minas Gerais. A metodologia e os parâmetros aplicados foram feitos baseados nas ferramentas do software Google SketchUp e na sua integração com o Google Earth, o que não ofereceu os melhores resultados para a criação de ambientes tridimensionais em SIG. Ressalta-se a necessidade de novos modelados para interação dessas técnicas, e expansão das suas possibilidades.

1. INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica vem a sugerir novas aplicações baseadas na disponibilização de modelos tridimensionais localizados em ambientes urbanos, proporcionando aos usuários um ambiente virtual georreferenciado, com utilização nos domínios do planejamento urbano, gestão paisagística, cultura, turismo, manutenção de infra-estruturas, entre outros. Os cenários urbanos tridimensionais são assim, por excelência, uma das áreas que mais desafios coloca aos sistemas de visualização interativa.

Embora muitos campos do saber ainda utilizem mapas interativos em papel como forma de visualização, existem modelos tridimensionais para sistemas de navegação, que exploram ambientes mais complexos, como os urbanos, podendo ser, claramente - mais eficiente e compreensível que os tradicionais mapas dimensionais (ROCHA, 2003)

No entanto, a utilização deste tipo de modelo não tem explorado todas as suas potencialidades, principalmente no que diz respeito a informação georreferenciada. A falta de interligações e relações com os sistemas GIS, bem como as diferenças entre a informação geográfica existente, torna difícil a automatização dos processos de modelagem de ambientes complexos, obrigando a grande intervenção humana. Esta condicionante resulta de problemas relacionados com a utilização de diferentes fontes de dados, da redundância geográfica causada pela diversidade de temas sobre a mesma informação geográfica de base e de divergências temporais no tratamento dos dados.

Os ambientes urbanos virtuais são um conteúdo relevante, podendo ser utilizados para muitos estudos, por exemplo, a geração de modelos virtuais de cidades antigas com base nos dados obtidos pela arqueologia possibilitando, assim, visitar o passado. Outro exemplo seria a simulação de projetos de urbanização e a avaliação do seu impacto, recorrendo a modelos virtuais que indiquem a situação final antes que o projeto seja executado. Com isso, pode-se potencializar a gestão de recursos do ambiente urbano, evitando problemas em vez de resolvê-los posteriormente.

A simples visualização destes ambientes virtuais, tal como proposto nos exemplos anteriores, embora atrativa, também não explora todas as suas potencialidades. A sua utilização como ferramenta para a disponibilização de informação georreferenciada de peças de edificações ou

mesmo de outros ambientes urbanos pode ser de grande importância, quer para o grande público, quer mesmo para serviços especializados.

Os modelos tridimensionais são essenciais para elaborar diversas hipóteses de estudos. Eles demonstraram ser um instrumento eficaz para a comparação de diferentes versões. Segundo Santos (2003), eles permitem "a confrontação de projetos, com diferentes formas de representações, a partir do mesmo ponto de vista e sob diversos ângulos."

Na busca desse cenário, este trabalho objetivou a aplicação da modelagem tridimensional em ambientes urbanos georreferenciados e a sua integração em navegação, usando ferramentas disponíveis livremente. Esse modelo espacialmente interligado à utilização de ferramentas de GIS e de realidade virtual¹ cria pontes significativas, levando a novas observações e expandindo, assim, as possibilidades do seu uso.

A modelagem tridimensional do ambiente urbano do Campus Pampulha, da Universidade Federal de Minas Gerais, foi potencialmente facilitada pela existência de informação geográfica de base, cedida pelo Departamento de Planejamento Físico e Obras - DPFO. Embora esta seja uma fonte de dados bastante detalhados, estudos demonstram que não é necessário contar com a totalidade das informações disponíveis para que o modelo seja minimamente realista, sendo necessária apenas a existência de algumas características chave para que tal modelo seja reconhecido.

Neste propósito, a criação do modelo 3D do Campus Pampulha da UFMG visa essencialmente a aplicação da técnica de modelagem, a visualização em ambiente virtual e a exploração da potencialidade desse modelos na análise e agregação de sistemas. Considera-se que projetos tridimensionais são fundamentalmente importantes na renovação das atuais ferramentas de geoprocessamento, propiciando qualidade e flexibilidade aos estudos, e expandindo suas possibilidades.

¹ Segundo Machado et al. 2005, Realidade Virtual " é uma tecnologia que busca interfaces mais diretas e intuitivas na relação usuário\computador. Ela permite que o usuário explore e interaja com informações em um ambiente tridimensional gerado no computador, como se ele realmente fizesse parte do mundo virtual."

O objetivo do trabalho é proporcionar a modelagem tridimensional do Campus Pampulha / UFMG, e a sua visualização em ambiente virtual. No alcance do objetivo acima, foram cumpridos os seguintes objetivos específicos:

- ✓ Validar os dados provenientes dos sistemas de informação geográfica;
- ✓ Importar os dados em ambiente de modelagem tridimensional;
- ✓ Criar o modelo virtual a partir da informação exportada;
- ✓ Otimizar o modelo;
- ✓ Integrar em ambiente virtual.

Cabe salientar que a metodologia adotada e as técnicas usadas são empíricas, e, portanto o modelo construído do Campus da UFMG é usado como prova de conceito e estudo de caso. A metodologia e técnicas podem também ser aplicadas a modelos de complexidade mais elevada, com fins similares de visualização e interação em tempo real.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Durante muitos anos a representação de uma porção da superfície terrestre tem sido feita utilizando-se uma projeção em duas dimensões do terreno real, seja utilizando-se cartas topográficas em papel, ou mapas digitais bidimensionais, como os utilizados nos SIG², dentre outros. Com o advento dos Sistemas de Realidade Virtual (RV) e Ambientes Virtuais (AV), surge uma nova a possibilidade de representação da superfície terrestre em três dimensões, tal como ela se apresenta no mundo real, tornando a navegação mais intuitiva e aproximando a visualização da região apresentada à real. Os modelos tridimensionais podem representar quaisquer objetos ou cenários, tendo exemplo às edificações, porções da superfície terrestre, acidentes naturais e artificiais e todos os demais dados geográficos existentes no mundo real (em cartografia, esses dados são denominados feições cartográficas). Atualmente, prevê-se a aplicação maciça dos modelos tridimensionais em ambiente SIG, conhecido como 3D-GIS (*Tridimensional Geographical Information System*)³, que possuem a capacidade de realizar consultas e análises sobre as informações dos objetos modelados em 3D. (PILOUK, 1996)

A computação gráfica é a maneira mais utilizada para representar ambientes, principalmente por urbanistas e arquitetos. Isso permite uma análise mais apurada do idealizador e uma melhor compreensão do observador. A realidade virtual nesse cenário, torna-se um elemento de auxílio na interação de modelos 3D em tempo real, possibilitando a criação de ambientes abertos e fechados. Além de fornecer uma melhor compreensão do espaço criado, os recursos gráficos são diversos, permitindo um acompanhamento diferenciado, uma vez que as ferramentas simulam luz, materiais, acabamentos e ambientes. (MARINHO, 2004)

Para as interação de perguntas e respostas do mundo real, o SIG-3D relaciona com o ambiente de Realidade Virtual, uma vez que, ele necessita do modelo 2D para criar a modelagem tridimensional e visualiza-la em tempo real. De acordo com Verbree (2000), há estudos de aplicações em sistemas de 3D GIS-VR, baseado na tecnologia dos SIG's e de VR conduzindo, assim, a uma compreensão mais sofisticada de projetos em 2D e 3D.

"A three dimensional (3D) model facilitates the study of the real world objects it represents. A geoinformation system (GIS) should exploit the 3D

² Sistema de Informação Geográfica. Consultar a bibliografia "Introdução à Ciência da Geoinformação" disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>

³ Em português, SIG-3D.

model in a digital form as a basis for answering questions pertaining to aspects of the real world." (PILOUK, 1996).

Além da realidade virtual, os SIG-3D devem fornecer ferramentas espaciais de análise capazes de usar todas as potencialidades da terceira dimensão, e uma visualização que opera sobre os resultados das perguntas. Uma área em que a SIG-3D vem crescendo bastante é na construção de cenários urbanos; trata-se de um projeto de grande desafio pela alta complexidade geométrica, necessita de uma gestão das bases de dados, que trata da especificação e implementação das várias estruturas de dados, das características geométricas ou não, dos vários objetos, e o seu comportamento dinâmico durante o processo de *rendering*⁴. Ainda de acordo com Verbree (2000), novos desenvolvimentos no planejamento urbano, em especial na análise ambiental que considera o ruído, a poluição de ar, o clima urbano etc., a chamada para novas demandas e projetos. Neste cenário, cria-se uma estrutura para um SIG-3D-Urbano, incluindo aspectos conceituais, esboço e execução de um protótipo da modelagem. "Algumas das aplicações relacionadas a projetos de construção de cenários urbanos são: o planejamento urbanístico, sistemas de navegação automóvel, simulador de catástrofes, impacto ambiental e meteorologia, turismo, educação, entre tantas outras" (MARINHO, 2004).

2.1 Ferramentas

Softwares de representação espacial vêm adotando novas entradas e saídas para modelos tridimensionais, melhorando não somente a visualização do produto, mas principalmente a análise e manipulação dos dados. Stoter (2003) e Zlatanova (2002), afirmam que tais técnicas de modelagem são relevantes para examinar o mundo real.

"GIS software-tools have also made a significant movement towards 3D GIS. Zlatanova et al., 2002 present a survey on mainstream GIS software: ArcGIS (Esri, 2003), Imagine VirtualGIS (Erdas, 2003), PAMAP GIS Topographer (PCIGeomatics, 2003) and GeoMedia Terrain (Integrgraph, 2003). Zlatanova et al., 2002 conclude that major progress in 3D GIS has been made on improving 3D visualisation and animation "(Zlatanova, 2002).

"Traditionally, (2D) GIS makes use of data collection techniques such as surveying and measurements of the real world. Since a lot of 3D data is available in CAD designs, a relevant question is if CAD models can be used in 3D GIS. The 3D models created in CAD software are mostly industrial models designed for production purposes" (Stoter, 2003).

⁴ O processo de renderização consiste em transformar a geometria criada, através de um programa gráfico, em imagens de qualidade, aplicando de forma mais precisa e realista os efeitos de iluminação e texturização, já que tais imagens exigem um número alto de cálculos e processamento.

2.2 Estudos Similares

Em Jepson (1995), é apresentado o “Urban Simulator” um ambiente de Realidade Virtual que representa as ruas do bairro de Pico Union, em Los Angeles e de Playa Vista. Trata-se de um sistema dual, que utiliza um pacote de SIG, o ArcView 2.0 para gerenciar os dados bidimensionais e um aplicativo que gera o ambiente virtual. Os objetos nos dois sistemas são relacionados utilizando-se um dicionário de dados que liga cada objeto de 3D a uma feição cartográfica.

O sistema DIVE - *Distributed Interactive Virtual Environment*, segundo Frécon (1998), implementa um Sistema Geográfico de Banco de Dados (SGBD) hierárquico distribuído, desenvolvido especificamente para essa aplicação e que é responsável pela consistência dos dados, manipulados em diferentes pontos dentro de uma rede heterogênea. O SGBD implementado possui características muito peculiares: a arquitetura se enfoca em soluções de rede e *software* para permitir alta interação entre nós de diferentes características. Sua principal característica é um método de replicação ativa do banco de dados: as modificações, adições de entidades e suas remoções são feitas no ambiente virtual local e depois são informadas a todos os pontos de conexão através de um sistema de mensagens.

Stoter (2003) relata a situação da modelagem tridimensional de maneira precisa quando afirma: "The breakthrough of 3D GIS seems to go slow. The developments in the area of 3D GIS are pushed by a growing need for 3D information from one side and new technologies on the other side".

Modelagem da Cidade de Karlsruhe⁵, Cidade Virtual de Lisboa⁶ e o SIG-3D desenvolvido pela Universidade Nacional de Tecnologia de Defesa da China⁷ consistem em estudos na área de modelagem tridimensional e nas aplicações da Realidade Virtual. Embora, muito se saiba do potencial desta ferramenta em ambiente acadêmico e de consultoria, tais estudos ainda não foram aplicados nas diversas áreas do saber. Vale ressaltar, a importância da literatura para os interessados em SIG-3D, área que tende a crescer em ambientes de geoprocessamento,

⁵ SANTOS, D. R. et al.

⁶ PIMENTEL, J. et al.

⁷ LIN, H. et al.

autores como Zlatanova⁸, Stoter⁹ e Verbree¹⁰, são de indubitável necessidade para esclarecimentos e apoio teórico.

O SIG-3D, refere-se, enfim, em uma gama de possibilidades de modelagem e aplicações, não somente em ambientes urbanísticos, como também em ambientes complexos e abertos. Uma vez que, a visualização espacial tridimensional leva a novas leituras e observações do meio, e é uma característica intimamente relacionada ao geoprocessamento.

⁸ Dra. Siyka Zlatanova, membro do OTB Research Institute for Housing, Urban and Mobility Studies, Delft University of Technology – The Netherlands.

⁹ Dra. Jantien Stoter, professora assistente do Departamento de Geoprocessamento, da Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences - The Netherlands

¹⁰ Dr. Edward Verbree, membro do Departamento de Tecnologia em SIG, da Faculdade de Engenharia Civil e Geociências, da Delft University of Technology – The Netherlands.

3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Para uma boa compreensão, é preciso partir do entendimento de alguns conceitos básicos. Observando o nosso entorno, percebe-se que praticamente tudo a nossa volta é tridimensional e a maioria dos objetos feitos pelo homem são, na realidade, desenhados em três dimensões. Infelizmente, a visualização desta perspectiva em 3D tem que acontecer na cabeça do observador. Isto se deve aos desenhos serem tipicamente transmitidos em dois meios tradicionais: desenhos em 2D e os modelos físicos (MACHADO, 1995).

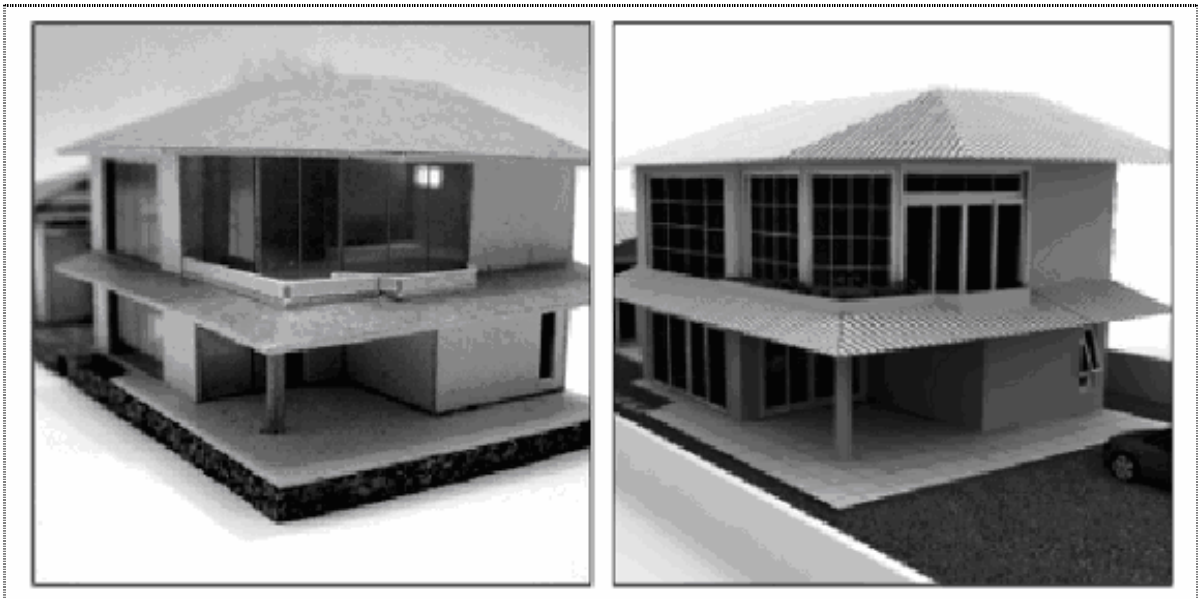


Figura 1: Comparação entre a maquete (modelo físico) e o modelo 3D digital.

Fonte: <http://sketchup.google.com/3dwarehouse/>

3.1 AutoCAD

Utilizando os programas de CAD, a criação de maquetes eletrônicas torna-se algo que pode ser realizado até mesmo por várias pessoas, em conjunto, com a definição da planta ou do projeto arquitetônico, onde são proporcionados benefícios para o cliente que visualiza a edificação ou ao projetista através da simplificação na produção de desenhos, pela automação de tarefas repetitivas e pela confiabilidade na elaboração de cálculos quantitativos.

Das ferramentas CAD disponíveis no mercado, o AutoCAD da Autodesk, lançado em 1989, é o mais popular; sendo a ferramenta mais utilizada pelos arquitetos e projetistas da área. O AutoCAD é voltado à criação e manipulação de desenhos técnicos e projetos, não produzindo

somente ambientes 2D, onde é formada apenas a base do projeto, mas também o 3D, onde o seu sistema de unidade é muito mais preciso, porém pouco usado. Além disso, muitos pacotes, tais como modeladores de terrenos digitais e aplicações específicas para arquitetura, estão disponíveis. (AUTOCAD, 2004).

3.2 Modelagem Tridimensional

A modelagem tridimensional ajuda a visualização e interpretação do objeto projetado. No processo de modelagem tridimensional o usuário constrói um modelo digital do objeto (maquete eletrônica) ao invés de desenhar vistas isoladas deste objeto, como: vista superior, vista frontal e vistas laterais. Uma vez construído o objeto, o usuário poderá posicionar-se adequadamente em relação ao modelo e obter a representação desejada (NETO, 2004).

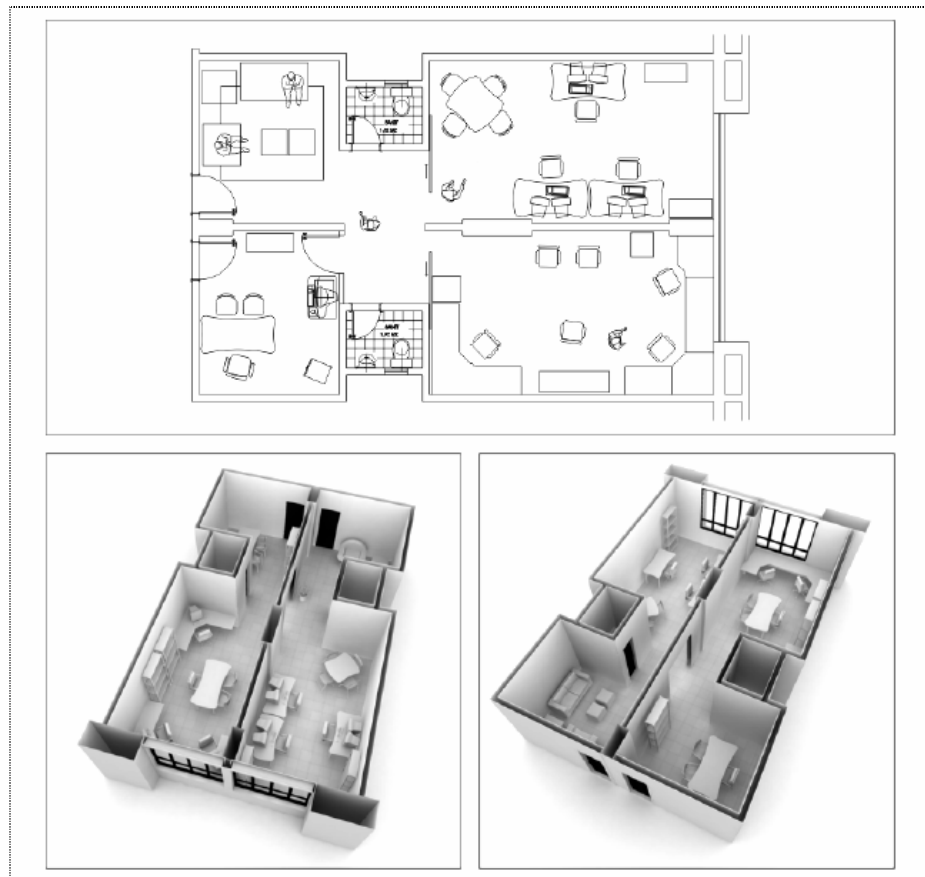


Figura 2: Representação de planta 2D em modelo tridimensional

Fonte: NETO, Ruy Alberto de Assis Espinheira – 2004.

Segundo Neto (2004), a Modelagem tridimensional consiste no processo de representação de um fato ou fenômeno através da abstração. Estes podem ser físicos ou matemáticos. Os modelos gerados com a Computação Gráfica são os modelos matemáticos, implementados

sob a forma de algoritmos computacionais. A modelagem de objetos no computador pode ser encarada sob dois aspectos: *Modelagem Geométrica* e *Modelagem Procedural*.

Na modelagem geométrica os objetos obedecem a regras formais da Geometria Clássica e utilizam recursos da topologia. Já na modelagem procedural os objetos são criados a partir de regras (procedimentos) que determinam a sua forma e evolução. A modelagem procedural é empregada para representar objetos que apresentam forma variável (nuvens, fumaça, gases, etc.), fenômenos da natureza, e objetos muito complexos. Ela engloba uma série de métodos alternativos à modelagem geométrica tradicional, para representar a complexidade dos objetos do mundo real tanto em termos da sua forma quanto do seu comportamento. No que pese a modelagem geométrica ser bastante efetiva na descrição de objetos manufaturados pelo homem, ela se revela inadequada para descrever formas orgânicas e outros fenômenos naturais (NETO, 2004).

A modelagem tridimensional propicia uma abordagem do projeto mais precisa e poderosa, na medida em que a realidade é tridimensional. O processo mental de concepção e de desenvolvimento do projeto, vivido pelo arquiteto, é também tridimensional. Projetar é necessariamente pensar o espaço em três dimensões (MACHADO, 1995).

Neto (2004) define modelagem como sendo a criação, representação e manipulação de objetos no computador. Aqui se pretende precisar o conceito de objeto e estudar os métodos e técnicas que permitam representá-los no computador. A representação de um objeto está diretamente relacionada com técnicas de Topologia Combinatória e estrutura de Dados (MACHADO, 1995), enquanto que a manipulação dos modelos utiliza operações de transformação e agrupamento.

Com um modelo digital tridimensional, é possível discutir não só as questões estéticas da edificação, mas também, todo o processo construtivo. Isto se deve a possibilidade de trabalhar com os eixos (X,Y e Z) e a capacidade de simular diferentes pontos de observação, tanto internos quanto externos (MACHADO, 1995). O realismo constitui um dos pontos-chave dos modelos gerados por computador, devido a tridimensionalidade, a representação dos elementos em escala e a simulação de texturas e efeitos luminosos nas superfícies e volumes, conforme representado na figura a seguir.



Figura 03: Planta baixa resultando em um modelo 3D técnico. Onde se tem as definições dos móveis, sem se preocupar com as texturas.

Fonte: NETO, Ruy Alberto de Assis Espinheira – 2004.

3.3 Modelo Digital de Terreno

O conhecimento do relevo é um aspecto do terreno de fundamental importância para estudos e análises em diversas disciplinas que lidam com questões relacionadas à organização, planejamento e gestão do espaço geográfico. Nesta perspectiva, o Modelo Digital de Terreno (MDT) pode ser definido como a representação matemática da distribuição contínua do relevo dentro de um espaço de referência, armazenada em formato digital adequado para utilização em computadores (TIMBÓ, 2007). A aplicação das técnicas de Modelagem Digital de Terreno em modelos tridimensionais aumenta não somente a qualidade e semelhança do modelo com o real, como também possibilita novas observações ao estudo, constituindo assim uma poderosa ferramenta relacionada ao espaço geográfico, permitindo a modelagem relacionada aos aspectos físicos da superfície do terreno.

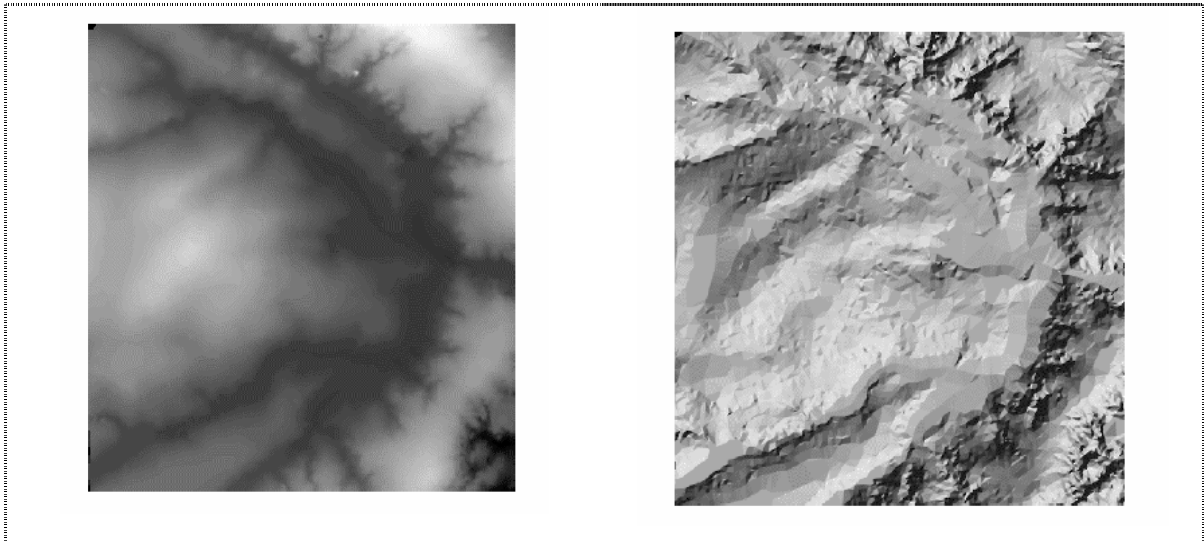


Figura 4: Modelos (MDT) de grade regular. À esquerda, imagem em tons de cinza; à direita, imagem sombreada.

Fonte: FELGUEIRAS, Carlos Alberto – 2001.

3.4 Google SketchUp

O SketchUp foi originalmente desenvolvido pela *At Last Software*¹¹, e recentemente foi comprado pelo Google, que atualmente disponibiliza uma versão gratuita para download, dando direito apenas ao uso pessoal da ferramenta. No SketchUp PRO, usado comercialmente, é necessário adquirir a licença que custa 495 dólares¹². O Google SketchUp visa a utilização das técnicas de modelagem e criação de cenários, sendo uma das ferramentas mais intuitivas para a criação de modelos de edificações. Hoje, a sua principal aplicação está no direcionamento da criação de modelos 3D para o Google Earth. Além disso, o SketchUp permite a disponibilização de modelos usando coordenadas do mundo real e a disponibilização gratuita, usando o armazém do Google 3D. Os modelos podem ser gravados nos formatos KMZ ou KML, o que facilita o manuseamento. Tais extensões podem ser enviadas por email ou colocadas numa página internet, por exemplo (<http://pt.wikipedia.org/wiki/SketchUp>).

Um dos recursos que deixa a modelagem fácil no SketchUp é o seu sistema de *Snap*, que é responsável pela precisão da modelagem. Baseado em cores, que representam os tipos diferentes de *Snap* no sistema, ele é acionado sempre que se arrasta o cursor do mouse sobre um objeto no SketchUp.

¹¹ Empresa estadunidense com sede em Boulder, Colorado.

¹² Pesquisa de preço em outubro de 2007.

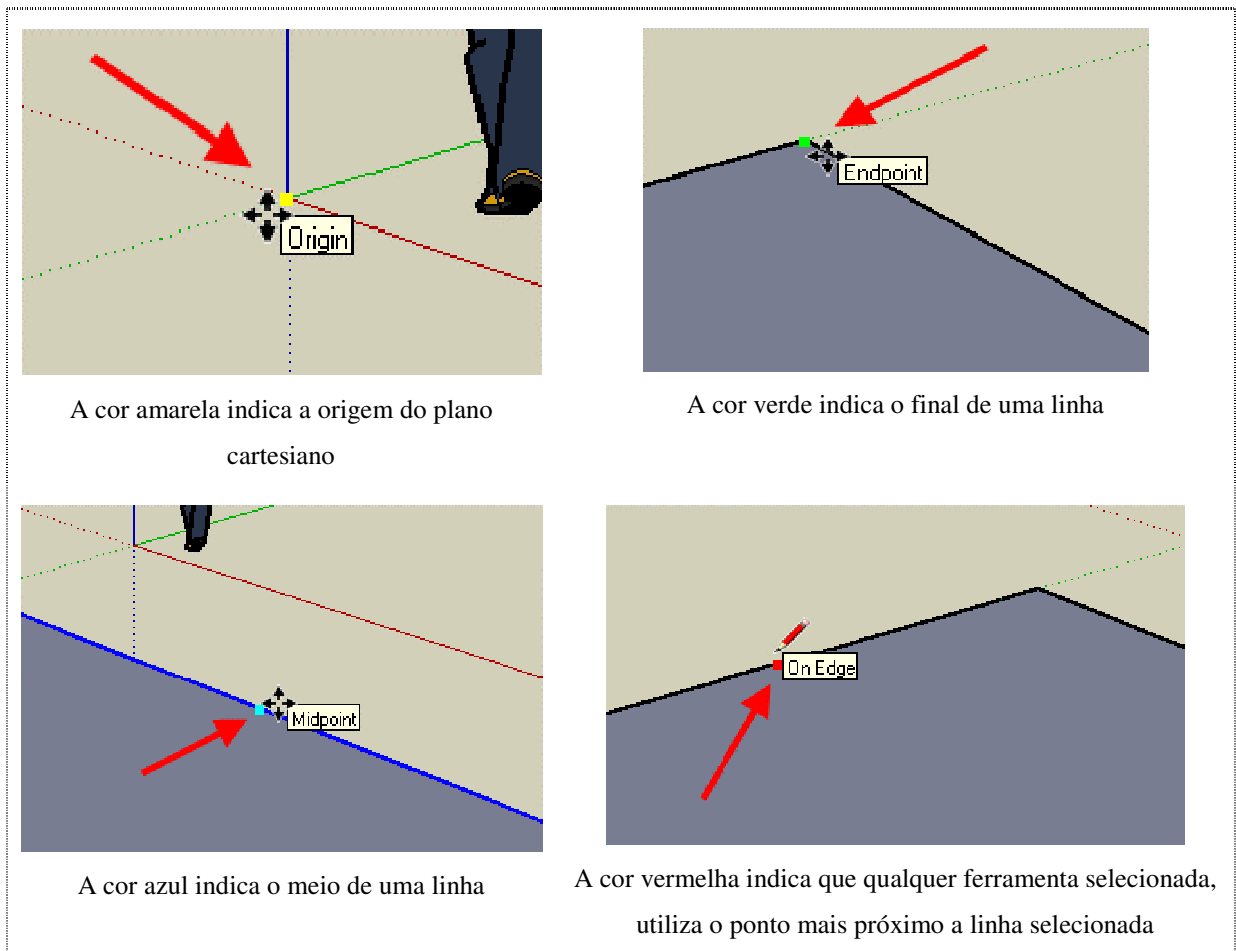


Figura 5: Tipos de ferramentas Snap do SketchUp

Fonte: <http://www.allanbrito.com/category/google-sketchup/>

Outra ferramenta é a *Line* (Ícone do Lápis), que acionada à uma linha desenhada assume uma das cores: vermelha; verde e azul, isso significa o desenho de uma linha paralela aos eixos X, Y ou Z respectivamente (Fig 06). E quando uma linha é representada na cor magenta, significa que ela está paralela a alguma aresta existente.

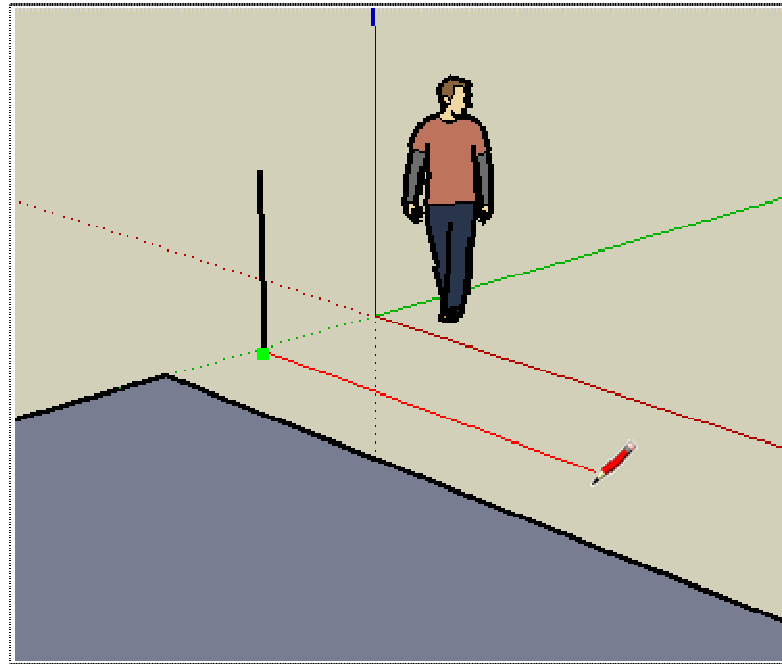


Figura 6: Posição paralela ao eixo X.

Fonte: <http://www.allanbritto.com/category/google-sketchup/>

Um dos aspectos que efetivamente torna ambientes produzidos em 3D são os detalhes, quando cria-se maquetes eletrônicas, por exemplo, além de criar as partes que delimitam o ambiente como as paredes, piso e forro, pode-se escolher objetos para adicionar a cena. Esses objetos podem ser oriundos de uma biblioteca própria ou então produzida especialmente para o estudo. Existem sites¹³ que disponibilizam gratuitamente uma variada gama de modelos 3D para download.

3.5 Google Earth

"O Google Earth (inicialmente conhecido como *Keyhole*) é um programa desenvolvido e distribuído pelo Google cuja função é apresentar um modelo tridimensional do globo terrestre, construído a partir de fotografias de satélite obtidas em fontes diversas. Desta forma, o programa pode ser usado simplesmente como um gerador de mapas bidimensionais e fotos de satélite ou como um simulador das diversas paisagens presentes no Planeta Terra. Com isso, é possível identificar lugares, construções, cidades, paisagens, entre outros elementos. O programa é similar, embora mais complexo, ao serviço também oferecido pelo Google conhecido como Google Maps." ([http://pt.wikipedia.org/wiki/Google Earth](http://pt.wikipedia.org/wiki/Google_Earth))

O Google Earth possui funções diversas relativas à manipulação do modelo global, em geral relacionadas à recuperação de informações coletadas pelos seus usuários ao redor de todo o

¹³ Ver http://resources.blogscopia.com/index_en.html - que atualmente possui aproximadamente 50 modelos para download.

mundo a respeito de localidades específicas. Atualmente, o programa permite girar uma imagem, buscar cidades, marcar os locais que você conseguiu identificar para visitá-los posteriormente, e até mesmo medir a distância entre dois pontos. Além disso, os dados terrestres digitais recolhidos pela missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) do Ônibus Espacial norte-americano permitem a visualização das imagens em três dimensões.

4. CARACTERÍSTICAS DO CAMPUS PAMPULHA / UFMG

4.1 LOCALIZAÇÃO

O Campus Pampulha¹⁴ da Universidade Federal de Minas Gerais, localizado na porção noroeste da Cidade de Belo Horizonte (Fig. 08) é delimitado, a leste, pela Avenida Presidente Antônio Carlos, com predomínio de área multifamiliar; ao Sul, pela Avenida Perimetral Sul, com predomínio de área industrial; a oeste pela Avenida Presidente Carlos Luz, apresentando-se bastante heterogênea, com áreas de reserva florestal, indústria e residência e; ao norte, pela Avenida Antônio Abraão Caram, com predomínio de áreas residenciais de alta renda.

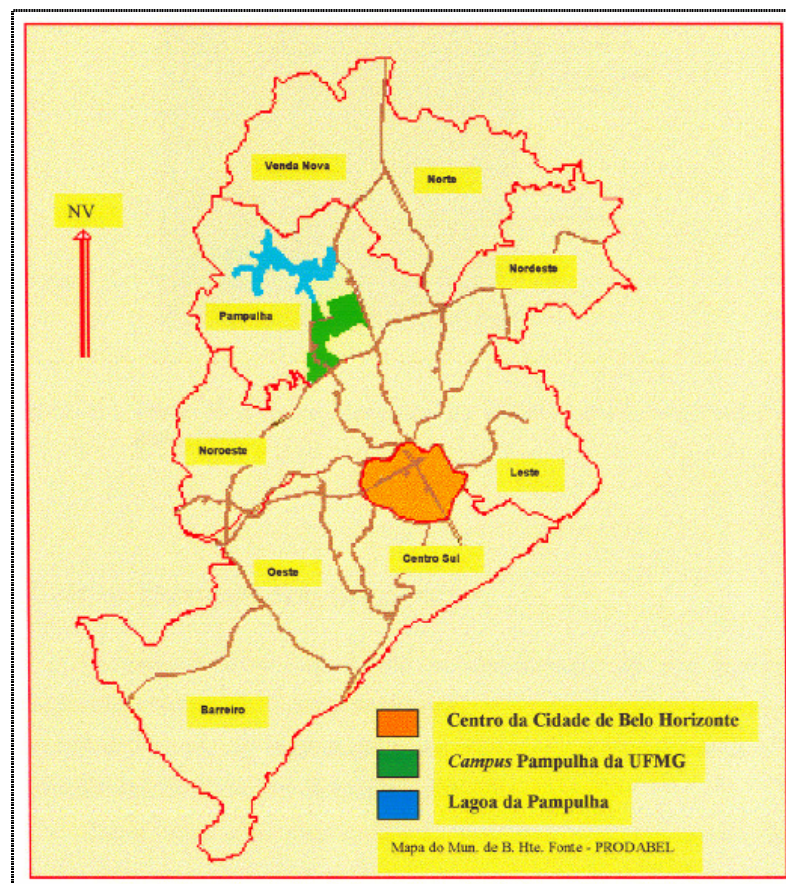


Figura 7: Mapa de localização do Campus Pampulha/UFMG.

Fonte: PRODABEL et al. apud FRANCO, 2006

Atualmente, a UFMG ocupa uma área total de 8.794.767 m², sendo 592.053 m² de área construída (Ver Fig. 08). Funcionam no Campus 19 unidades acadêmicas, o Centro Pedagógico, o Colégio Técnico (COLTEC) e os Órgãos e Setores que administram a

¹⁴ Acesse o link: <http://www.ufmg.br/conheca/mapas/index.html>

Universidade. Circulam pelo Campus Pampulha, em um dia letivo, aproximadamente 50 mil pessoas. (www.ufmg.br).

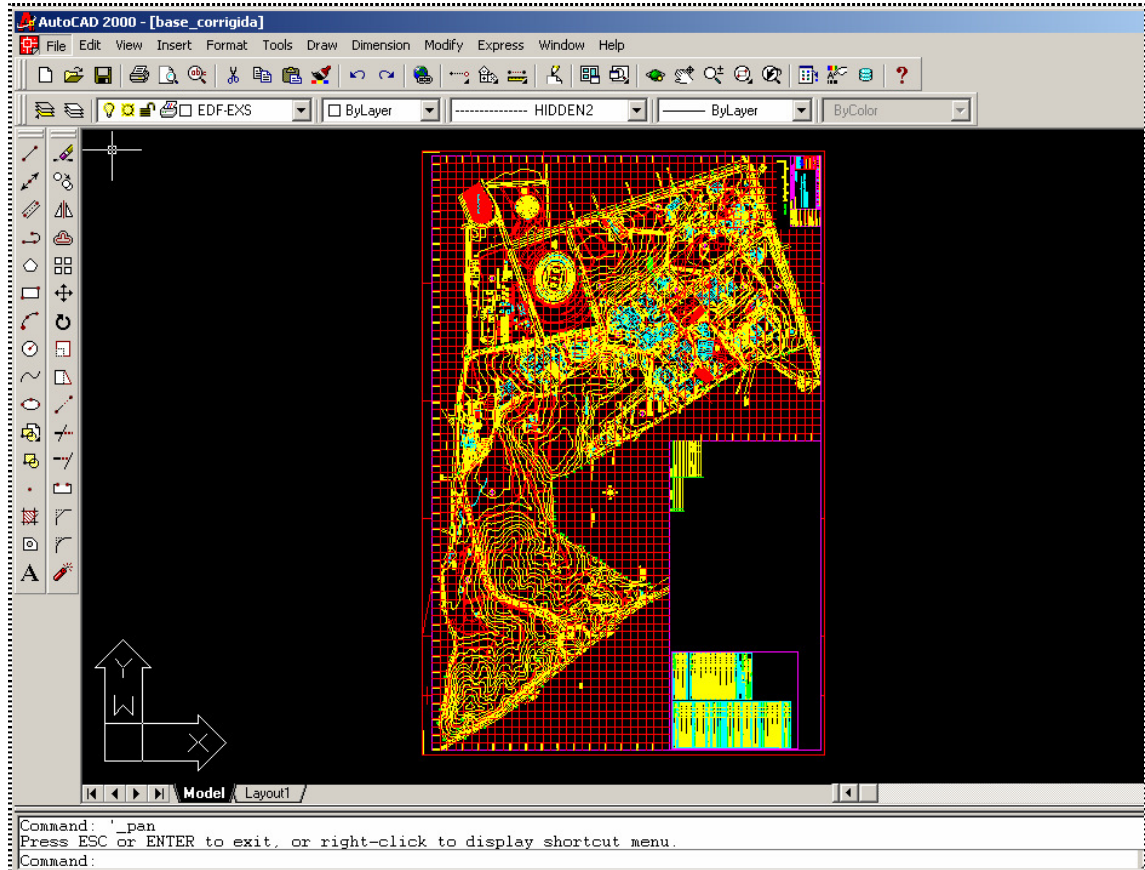


Figura 8: Planta digital do Campus Pampulha, com todos elementos de infra-estrutura.
Fonte: Arquivo do DPFO/UFMG.

4.2 Aspectos Físicos

A paisagem da região da Pampulha é formada por colinas convexas e policonvexas, com vertentes suaves, provenientes da ação da água sob condições atuais, quentes e úmidas. Os vales são abertos e de fundo plano, formados por sedimentos aluvionares (Motta, 1998 apud CENCIC, 1996).

Geologicamente, a região em estudo está inserida no Complexo Belo Horizonte compondo-se basicamente por rochas Arqueanas, granito-gnaisses acinzentados parcialmente remobilizados e migmatizados, freqüentemente intemperizadas formando um manto de alteração areno-argiloso a argilo-arenoso. (SILVA, 1995).

O território universitário, como parte integrante da região da Pampulha apresenta as mesmas características morfológicas dessa unidade. Seu relevo desenvolve-se no sentido SW/NW, ao redor de duas microbacias hidrográficas, sendo a posição ocidental compreendida pelo córrego Mergulhão e a oriental pelo córrego Engenho Nogueira, ambas pertencentes à bacia do córrego da Pampulha. (Franco, 2006 apud CENCIC, 1996).

A maioria das edificações encontra-se na parte oriental do Campus, onde a topografia é mais plana, com desnível altimétrico na extensão de 45m. Apesar dessa topografia predominantemente plana, boa parte da área do Campus sofreu grandes intervenções, alterando a topografia e a vegetação originais por meio de terraplanagens (FRANCO, 2006).

Ao longo do ano, os ventos mudam de orientação, sendo mais constantes na direção NE/NW. O território do Campus recebe insolação completa, pois suas vertentes não projetam sombras, uma vez que as declividades são mais suaves e o ângulo solar mais fechado. A luminosidade apresenta-se muito alta, o que é específico para a região (CENCIC, 1996).

No Campus da UFMG existem alguns capões isolados, remanescentes da antiga cobertura vegetal que, segundo Motta (1998), apud Cencic (1996), trata-se de floresta secundária latifoliada, semidecídua, com presença de lianas e cobertura contínua do solo. Essa floresta secundária enquadra-se na denominação de floresta subcaducifólia tropical, que se encontra hoje em avançado estágio de regeneração. Possui um estrato superior arbóreo, um segundo ainda arbóreo, um arbustivo e um subarbustivo, com a ocorrência freqüente de plantas heliófitas. As árvores mais altas atingem 20m de altura e o diâmetro de seus troncos aproximadamente 30cm. Esta caracterização está de acordo com a classificação do IBGE que inclui Belo Horizonte na tipologia de Floresta Estacional Semidecidual (VELLOSO et al., 1991).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho apóia-se fundamentalmente em dois tipos de ferramentas: aquelas que auxiliam o tratamento de dados e a construção dos modelos tridimensionais utilizando o geoprocessamento, e as que são utilizadas para manipulá-los em tempo real. Em primeiro lugar, avaliaram-se os dados provenientes dos sistemas de informação geográfica; em seguida, foi feita a geração do modelo tridimensional a partir da informação dos dados 2D; posteriormente, efetuou-se a exportação desses dados para o ambiente virtual em causa.

5.1 Local e Período

A parte prática, envolvendo manuseio dos modelos 2D e 3D, testes com *plugins*, bem como a disponibilização no Google Earth foi desenvolvida no Laboratório de Cartografia da Universidade Federal de Minas Gerais. O mês de outubro de 2007 representa o início deste projeto, com término em dezembro do mesmo ano.

5.2 Material

Os materiais utilizados durante todo o estudo podem ser classificados em: referências bibliográficas e *software*. Em relação às fontes bibliográficas, estas foram encontradas, principalmente, na internet e em livros encontrados na biblioteca do ICEX. Os seguintes *softwares* foram os utilizados durante o desenvolvimento deste trabalho:

- ✓ Microsoft Word, para a redação da documentação;
- ✓ Adobe Acrobat Reader, para a leitura das referências bibliográficas;
- ✓ AutoCAD 2000, para o manuseio do modelo 2D do Campus;
- ✓ Google SketchUp 6.0, para a criação e exportação do modelo 3D;
- ✓ Google Earth, para a disponibilização do modelo 3D para a navegação.

5.3 Metodologia

Considerando que a modelagem tridimensional é desenvolvida por métodos manuais e semi-automáticos, os detalhes foram determinados pela exigência da aplicação da técnica e pelo prazo de desenvolvimento do trabalho, nesse contexto optou-se pela criação do modelo 3D dos prédios principais do Campus da Pampulha.

“The optimal way of 3D reconstruction is often completed by manual methods or semi automatic methods. Also modelling details makes the 3D construction labour-intensive. Details should therefore be adjusted to the requirements of the application. The approach of combining all the approaches above contains some risks since many data sources are used and combined, all with different scale and qualities. Using only few data sources gives better overview and it minimises quality risks” (Zlatanova, 2003).

Seguindo as teorias de Zlatanova (2003), foram verificadas todas as escalas do modelo 2D, e selecionado apenas os polígonos referentes a estrutura física dos prédios do Campus. Não foi avaliado nenhum outro componente interno ou elementos de infra-estrutura, a fim de minimizar o volume de dados e evitar quaisquer riscos na modelagem.

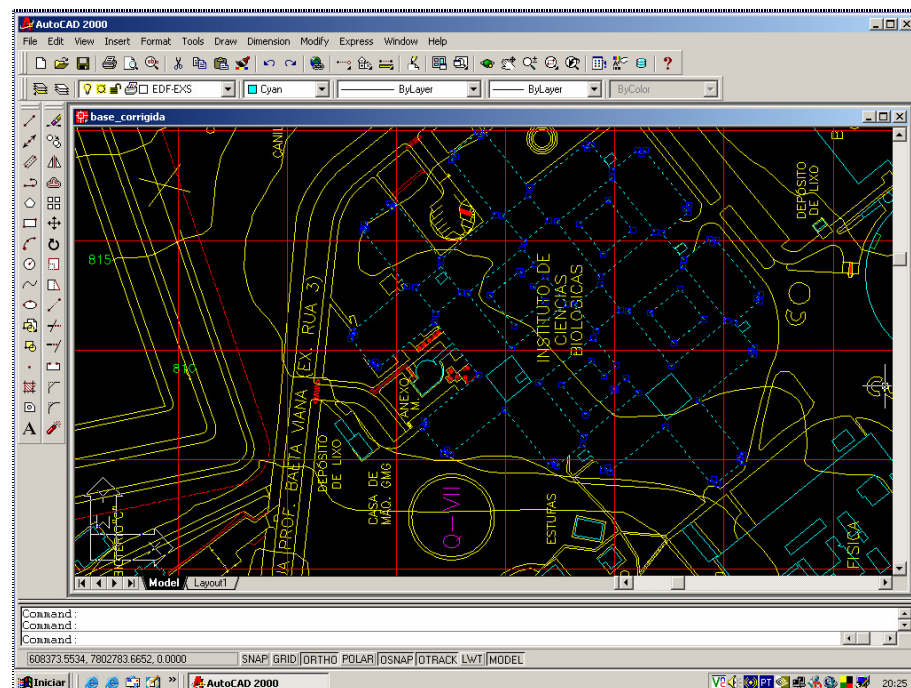


Figura 09: Planta com vários níveis de detalhamento do Campus.

Fonte: Arquivo do DPFU/UFMG.

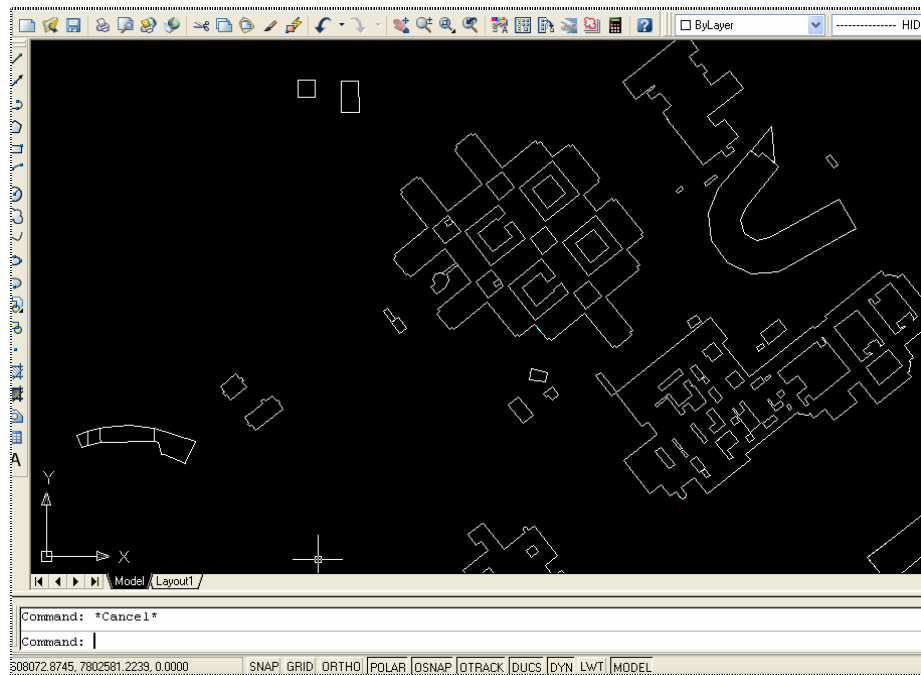


Figura 10: Planta somente com a estrutura física dos prédios.

Fonte: Arquivo do DPF0/UFGM (adaptado).

Vale salientar que nenhum layer contendo cotas, textos, anotações e legendas precisou ser considerado, uma vez que esses dados são irrelevantes na criação do modelo 3D. Depois da manipulação da base no AutoCad, os dados foram exportados para o Google SketchUp, em formato .dxf (Ver Fig. 11), e em 2D.

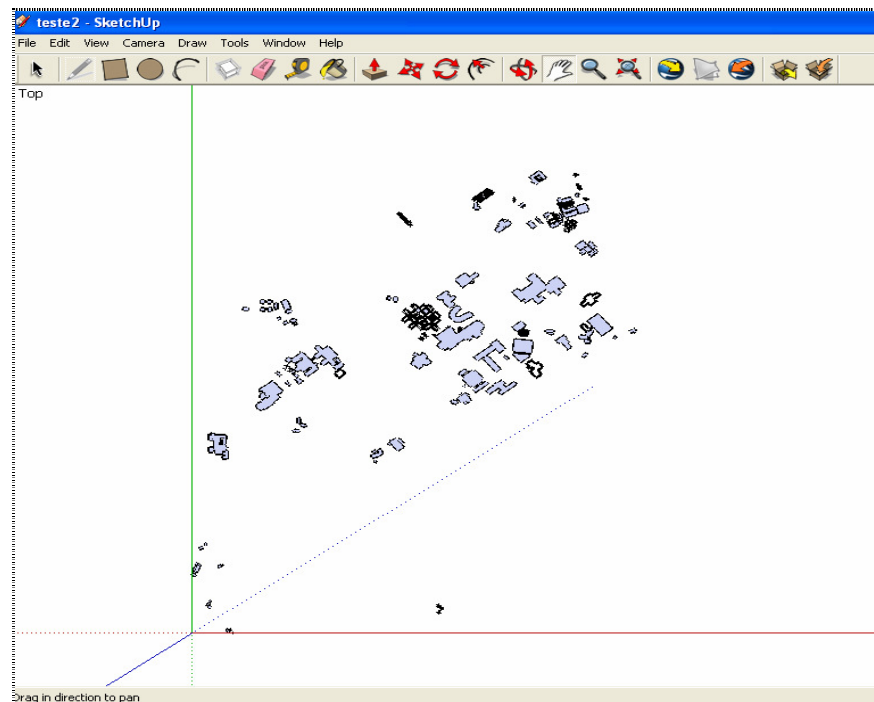


Figura 11: Planta importada em formato .dxf.

Depois de importar o modelo 2D no SketchUp, a altura dos prédios do Campus foi obtida junto ao DPFO/UFMG. O elemento Z foi criado através das ferramentas do SketchUp, onde os dados referentes à altura são lançados manualmente, em detalhe na Fig.12.

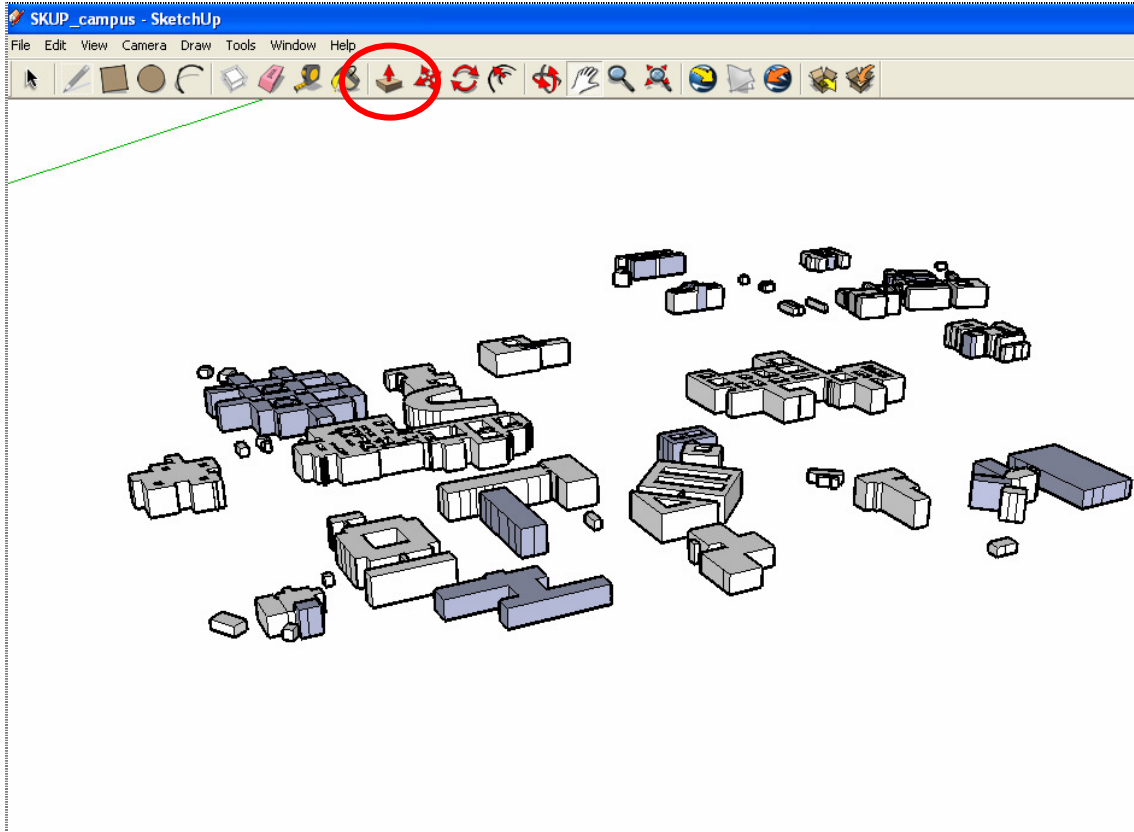


Figura 12: Elevação dos prédios do Campus.

Depois dessa etapa, foi capturada a imagem do Google Earth para ajustes no modelo.



Figura 13: Captura da imagem do Google Earth. Abaixo, ajuste da base criada em 3D.



Figura 14: Vista panorâmica do Campus em 3D sob a imagem. Em detalhe, a ferramenta de ajuste ao modelo do terreno do Google Earth (SRTM).

No acervo do SketchUp há vários tipos de acabamento para os modelos 3D - várias texturas, objetos, pessoas, cores e iluminação podem ser ajustados para dá mais realidade ao modelo. Foram feitos alguns exemplos, somente para manuseio das técnicas, uma vez que esse tipo de detalhamento não foi o foco do trabalho.

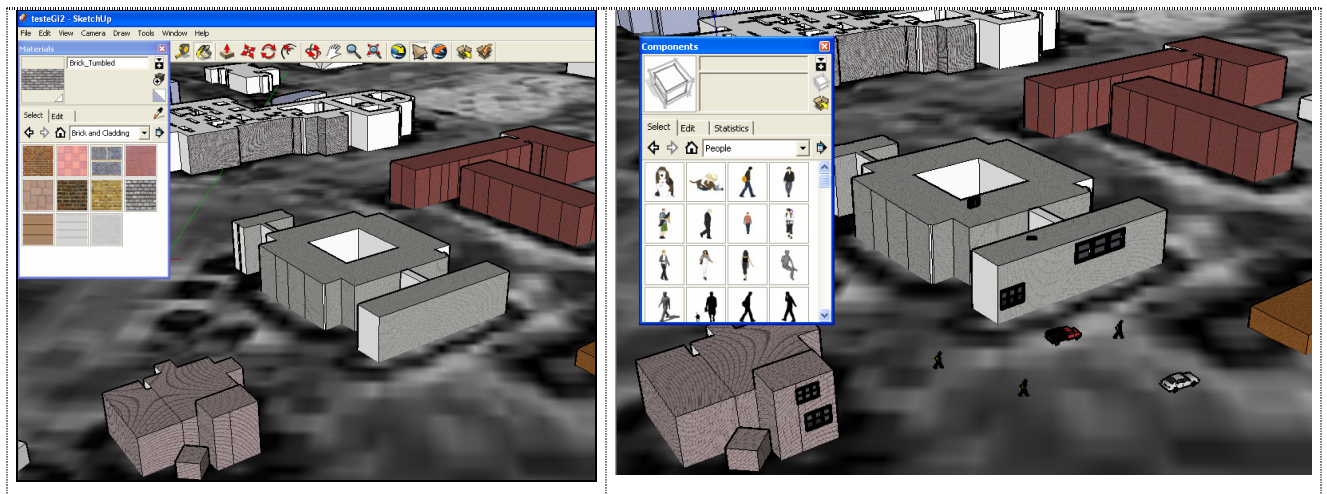


Figura 15: Opções de texturas e cores. À direita, opções de objetos e pessoas.

Após a finalização do modelo 3D criado no SketchUp, há duas maneiras para se interagir diretamente com o Google Earth. A primeira seria a navegação direta, onde o modelo vincula-se exatamente na localidade desejada. A segunda, é exportar o modelo na extensão KMZ, que é o formato utilizado pelo Google Earth.

Em ambos os casos, o georreferenciamento não é realizado pelo usuário. De modo automático e desconhecido o Google Earth reconhece a localidade do Campus e disponibiliza para a navegação. Vale salientar que, na falta de informações precisas quanto ao georreferenciamento das imagens do Google não foi possível a efetiva validação das coordenadas da base 3D no SkechUp, uma vez que, a versão gratuita desse software não oferece ferramentas para correção ou entrada de coordenadas geográficas.

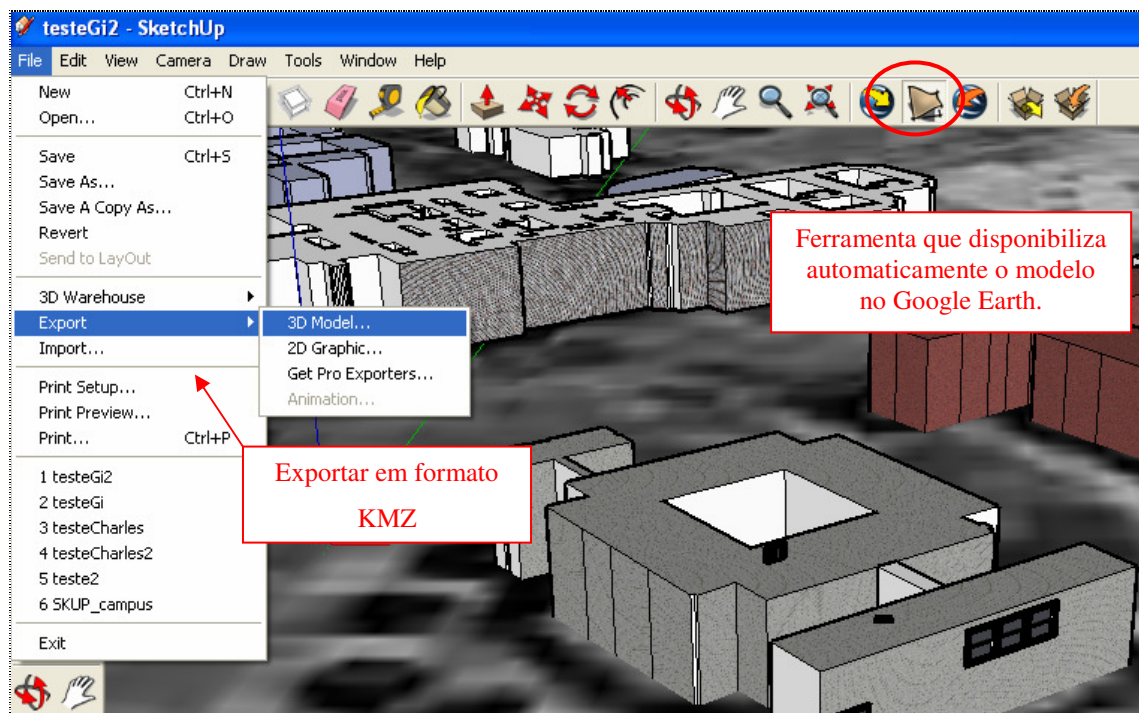


Figura 16: Modelo exportado para o Google Earth.

Nessa fase, é importante verificar as dificuldades associadas à técnica de otimização do modelo, decidindo aquilo que efetivamente deve ser desenhado e como usar critérios de avaliação que permitam a integração em tempo real. Depois dessa análise é preciso integrar o modelo com o ambiente online. Feito isso o visualizador do Google Earth desloca-se para a localidade desejada.

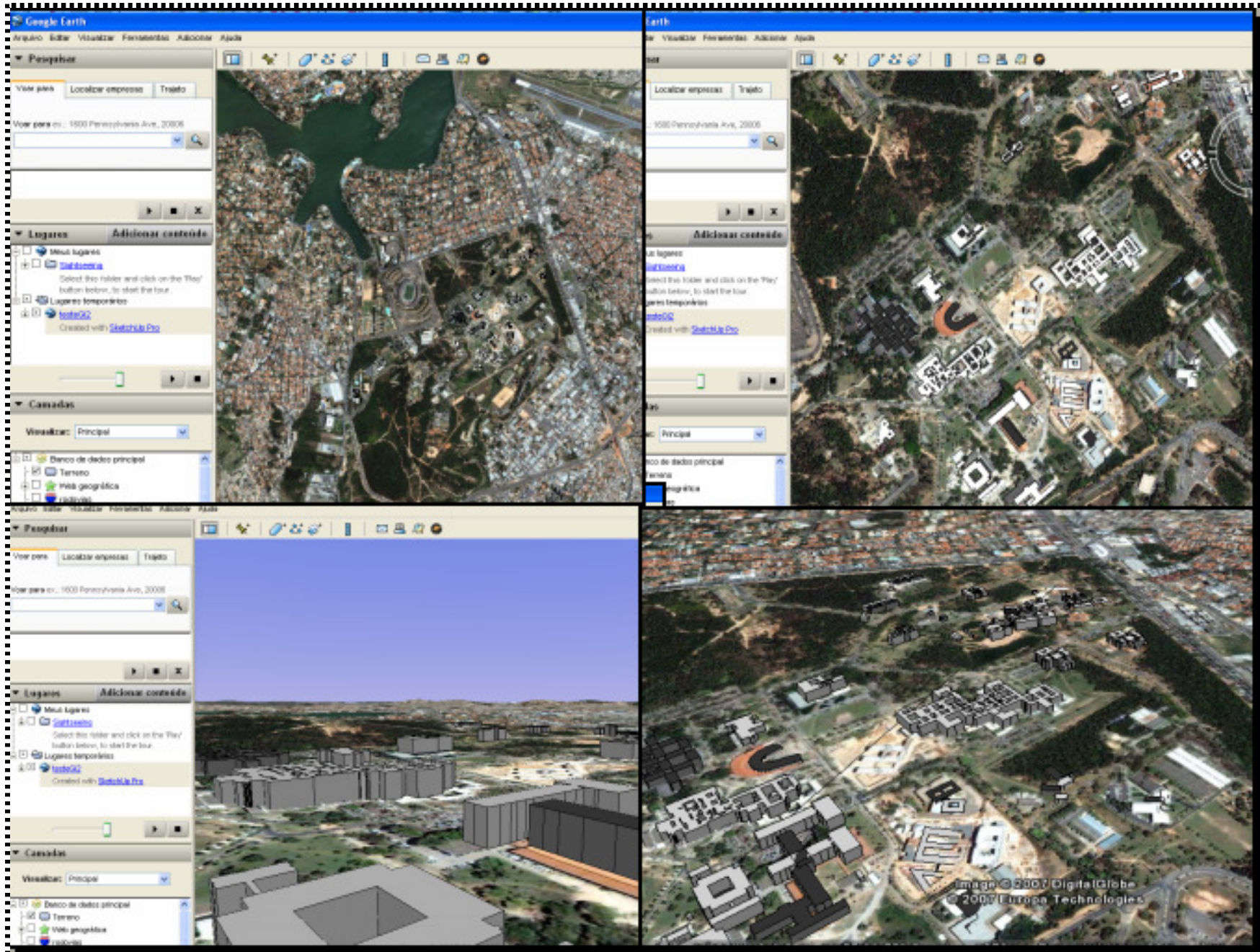


Figura 17: Navegação do Modelo 3D do Campus, no Google Earth

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Algumas dificuldades e problemas foram encontrados ao longo do processo de criação do modelo 3D do Campus. Uma das dificuldades relaciona-se, indubitavelmente, aos problemas de distorções da imagem, desalinhamento dos prédios em relação à imagem, e ao problema de escala da base importada.

Os dados importados em formato .dxf no Google SketchUp não se ajustaram à imagem capturada automaticamente pelo software, uma vez que o tamanho dos prédios foi definido pelo projeto original do campus (em .dxf), e esse não se sobrepôs a imagem do Google. Sendo a versão utilizada do SketchUp gratuita, não foi possível executar a correção do posicionamento do modelo 2D georreferenciado exportado pelo AutoCAD. A validação dos dados em 2D teve um papel fundamental no processo, mesmo com o intuito de corrigir os erros do modelo. Para dar credibilidade ao 3D, a correção foi feita manualmente e empiricamente, verificando a coerência entre a base digital em 2D e a imagem do Google Earth, o que não é o ideal.

O resultado deste trabalho foi principalmente a integração do Campus da UFMG em ambiente virtual, além do manuseio dos softwares gratuitos. Porém, muitos elementos que não foram executados, por não serem focos do estudo, foram percebidos em função da sua necessidade em proporcionar mais detalhes. Esses elementos determinam o aumento do realismo. Por exemplo, o uso de texturas, que no caso poderiam ser criadas a partir de fotografias do Campus exportadas em JPG, permitiria a visualização dos detalhes de portas e janelas reais, aumentando a sensação de profundidade, aplicando a seguinte afirmação:

“In case of 3D GIS, several new elements need to be organised in the database compared to 2D data. Not only the spatial information and attributes of the object is needed but also characteristics such as physical properties of objects (texture, material, colour), behaviour (e.g. on-click-open) and different Levels Of Detail representations” (ZLATANOVA, 2003).

A representação do ambiente 3D criado no SketchUp ainda não foi completamente fiel quanto ao tamanho e posição dos objetos modelados, a qualidade da visualização nos aspectos de texturização e principalmente quanto a iluminação não apresentaram uma boa

qualidade quando navegado no Google Earth. Observa-se na Fig. 18, como as dificuldades no ajuste da escala prejudicaram a modelagem de acordo com a base 2D.

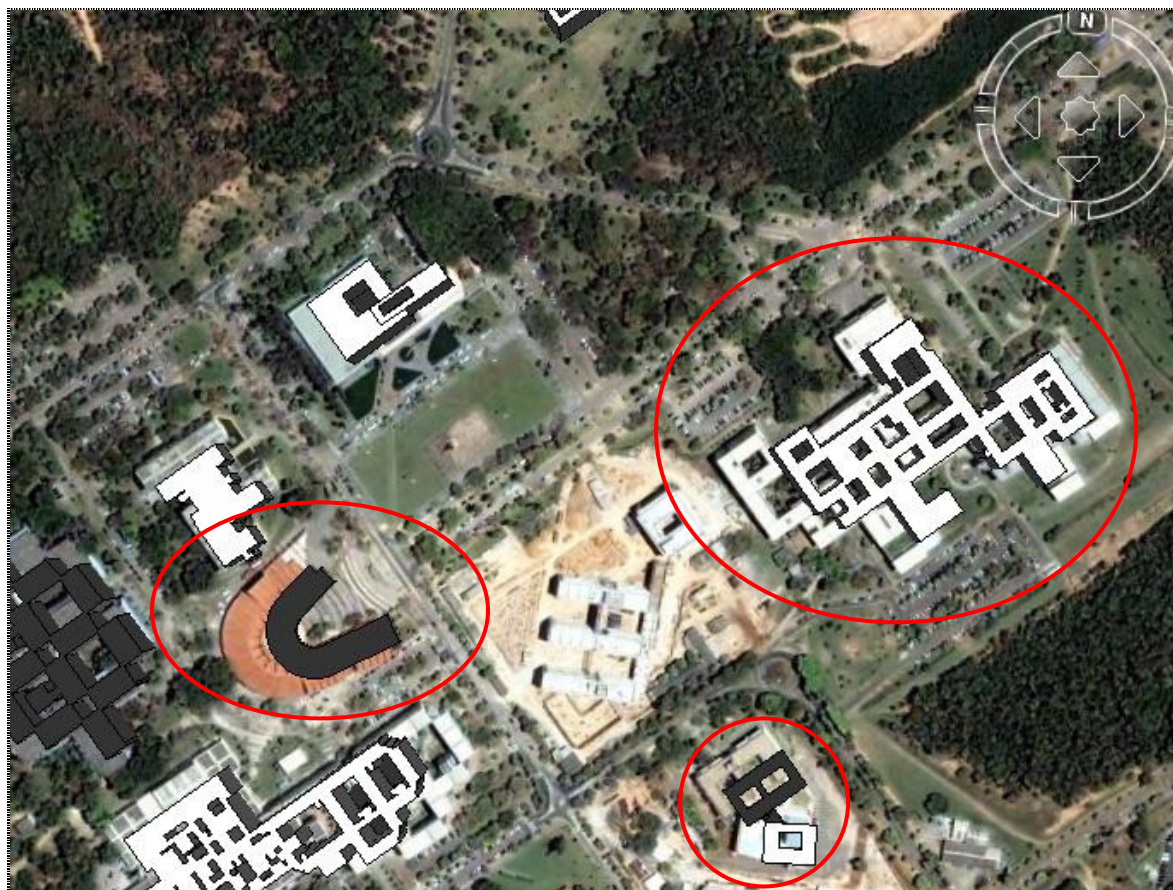


Figura 18: Representação da dificuldade de ajuste de escala

Contudo, observa-se que as pesquisas nessa área estão aumentando com grande frequência, fornecendo, dessa forma, novos meios de representação de navegação destes ambientes online. Porém a criação de modelos tridimensionais com maior velocidade e precisão dependem de uma revisão nos métodos e ferramentas atualmente disponíveis, pois no presente estudo foi necessário realizar muitas intervenções e correções manuais, mesmo considerando que os dados estavam disponíveis em meio digital.

Acredita-se que este trabalho alcançou seus objetivos, geral e específicos, principalmente no que concerne à valorização da técnica de modelagem tridimensional em ambientes virtuais. No entanto, a utilização deste tipo de modelo não tem explorado todas as suas potencialidades, principalmente no que diz respeito à informação georreferenciada.

Durante o processo de modelagem, identificou-se alguns requisitos para tornar o Campus 3D mais apresentável e usual:

- ✓ Aplicação de texturas reais, como fotografias de vários ângulos dos prédios do Campus;
- ✓ Implantação de ambientes extensos - como ruas, plantas, pontos de ônibus, etc;
- ✓ Criação de ambientes internos do Campus, disponibilizando informações históricas do Campus e suas dependências (departamentos, ginásio, biblioteca entre outros).
- ✓ Disponibilizar outdoors virtuais pelo ambiente 3D com notícias diárias sobre a Universidade (avisos, eventos, prêmios, etc.).

Para concluir os objetivos do trabalho, foi publicado o modelo 3D do Campus no acervo da Google Earth, o 3D Warehouse. Aumentando, assim, a expectativa deste trabalho em atingir dimensões maiores.



Figura 19: Publicação do modelo no 3D Warehouse.

7. CONCLUSÃO

O SIG-3D em interação com ambientes virtuais exerce, atualmente, uma evidente influência na área da arquitetura e construção civil, devido a obtenção de detalhes durante a navegação por esses ambientes e o enriquecimento da construção real destes projetos com base em informações virtuais. Trabalhos recentes ainda exploram pouco os modelos tridimensionais para análise espacial; os estudos, na sua grande maioria, permanecem nos tradicionais mapas dimensionais. Nesse sentido, o consultor em geoprocessamento precisa atribuir às suas especialidades, uma interação com os meios de comunicação, adotando os SIG-3D não apenas como uma bonita ferramenta para visualização.

A aplicação das técnicas efetivamente experimentadas, apesar de não representar todo o escopo de possibilidades, já foi o suficiente para se produzir um Campus Virtual com interação automática no Google Earth. Outra conclusão extraída desse trabalho foi que, se tivesse tempo hábil, todos os objetos do Campus Virtual, poderiam ser otimizados, levando em consideração todas as texturas para maior realismo do modelo. Tal iniciativa fica aqui proposta como trabalho a ser desenvolvido no futuro.

Vale salientar que, embora a fidelidade visual seja de extrema importância em aplicações de modelos 3D, esta estará sempre dependente da quantidade e da qualidade de informações disponíveis no processo de criação. Este estudo traduz-se num grande potencial para a modelação tridimensional de ambientes urbanos que, apesar de tudo, requer ainda uma grande intervenção humana. Esta condicionante resulta de problemas relacionados com a utilização de diferentes fontes de dados 2D e da redundância geográfica causada pela diversidade de objetos sobre a mesma informação geográfica de base. Assim, é necessário, nesta perspectiva, encontrar novas formas de interação entre sistemas de informação geográfica e modelagem tridimensional disponível online.

08. BIBLIOGRAFIA

AUTOCAD, AutoCAD. Disponível em: <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/index?siteID=123112&id=2704278> Acesso em: out. 2007.

BEIER, K. P. Virtual Reality: a Short Introduction. Disponível em: <http://www-VRL.umich.edu> Acesso em: out. 2007.

BENTLEY. ModelCity. Disponível em: <http://www.bentley.com/modelcity> Acesso em: out. 2007.

CÂMARA, G.; DAVIS JR, C.; MONTEIRO, A. M. V. Introdução à Ciência da Geoinformação. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/> Acesso em: set. 2007.

CENCIC, A. Estudo da Paisagem Cultural – o Campus da Universidade Federal de Minas Gerais. Dissertação mestrado em Geografia. - IGC/UFMG. 356 p 1996.

COUTINHO, E. S.; PORTO, F. A. M.; OLIVEIRA, J. C. Armazenamento e Recuperação de Objetos em Ambientes Virtuais Colaborativos para SIG – 3D. Disponível em: http://www.lncc.br/~jauvane/papers/WSRV-Ermirio_VersaoFinal.pdf Acesso em: nov. 2007.

CORDOVEZ, J.C.G. Geoprocessamento como Ferramenta de Gestão Urbana. Disponível em: http://www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgsr1/pdfs/pa_pu_01.PDF Acesso em: nov. 2007.

ÇÖLTEKIN, A. Virtual Reality as an Interface to GIS. Disponível em: <http://training.esri.com/campus/library/Bibliography/RecordDetail.cfm?ID=28406&startrow=8911&hidpage=1&browseonly=0&BrowseCategory=ICA%20abstracts> Acesso em: out. 2007.

DIAS, F. C. A Universidade em Minas: gerações de 1940 e 1950. UFMG: Memória e História, 1998.

DODGE, M; DOYLE, S; SMITH, A. Towards the Virtual City:VR & Internet GIS for Urban Planning. Disponível em: http://www.casa.ucl.ac.uk/newvenue/towards_virtual_city.pdf Acesso em: out. 2007.

DODGE; M., DOYLE, S; SMITH, A.; FLEETWOOD, S.. Virtual Reality and Geographical Information Systems. Disponível em: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=833826> Acesso em: out. 2007.

FAGUNDES, T.; SCHLEMMER, E.; MARASCHIN, C. Cidades Virtuais: Projetos de Aprendizagem em Arquitetura e Urbanismo. Disponível em: http://cumincades.scix.net/data/works/att/sigradi2004_057.content.pdf Acesso em: nov. 2007.

FRANCO, V. S. M. Gerenciamento da Arborização na Área do Campus da UFMG Utilizando Ferramentas SIG. CD-ROM Especialização em Geoprocessamento, 2006.

FRÉCON, E.; STENIUS, M. DIVE: a scaleable network architecture for distributed virtual environments. Disponível em: <http://www.iop.org/EJ/article/0967-1846/5/3/002/ds8301.pdf?request-id=zA00xtys3BGxto2z2wi7Kg> Acesso em: out. 2007.

FOSSE, J. L.; VEIGA, L. A. K. Realidade Virtual como ferramenta na Cartografia 3D. Disponível em: http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/GeoColoq_2003/artigos/T031.pdf Acesso em: nov. 2007.

GARCIA, C. C.; TENÓRIO, G.S. Modelos Tridimensionais: Uma proposta pedagógica. Disponível em: <http://cumincades.scix.net/data/works/att/142a.content.pdf> Acesso em: nov. 2007.

GARCIA, F. L. S. Metodologia para criação de ambientes virtuais tridimensionais. Disponível em: <http://www.lrv.ufsc.br/recursos/artigos/MetodogiaAVs.PDF> Acesso em: out. 2007.

GOMES, M. M. T. F.; ROCHA, A. J. S.; COELHO, A. F.; SOUSA, A. Acesso Interoperável a Informação Geográfica para Disponibilização de Modelos Urbanos 3D em Dispositivos Móveis. Disponível em: <http://xata.fe.up.pt/2006/papers/37.pdf> Acesso em: out. 2007.

JEPSON, W.; LIGGETT, R.; FRIEDMAN, S. An Environment for Real-time Urban Simulation. Disponível em: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=199432> Acesso em: out. 2007.

JUNIOR, J. M.; SCHEER, S. Compatibilização de projetos em 3D como indicativo de redução de custo em edificações. Disponível em: <http://www.jsengenharia.com.br/artigos/Compatibilizacao3DeReducaoDeCustos-R1.pdf> Acesso em: out. 2007.

JUNIOR, V. J. R. Técnicas de Otimização de Ambientes Virtuais Extensos e suas Aplicações. Disponível em: http://www.joinville.udesc.br/larva/campus/tcc_valmire/tcc_valmire.pdf Acesso em: nov. 2007.

KIRNER, C. Sistemas de realidade virtual. Disponível em: <http://www.dc.ufscar.br/~grv> Acesso em: out. 2007.

LANG, S.; TIEDE, D.; MAIER, B.; BLASCHKE, T. Análise 3D da estrutura da floresta com dados ópticos e da LIDAR. Disponível em: http://www.sumarios.org/pdfs/518_2534.pdf Acesso em: nov. 2007.

LIN, H; HUANG, B. Spatial Database Techniques Oriented to Visualization in 3D GIS. Disponível em: http://www.digitalearth.ca/pdf/de_a_064.PDF Acesso em: nov. 2007.

MARÇAL, E.; ANDRADE, R.; RIOS, R. Aprendizagem utilizando Dispositivos Móveis com Sistemas de Realidade Virtual. Disponível em: http://wwwp.coc.ufrj.br/teses/mestrado/inter/2004/Teses/NETO_RAE_04_t_M_int.pdf Acesso em: nov. 2007.

MACHADO, L. S. Conceitos básicos da realidade virtual. Disponível em: http://www.di.ufpb.br/liliane/publicacoes/1995_rt.pdf Acesso em: out. 2007

MACHADO, M. M. M. Metodologia em Monografia. Disponível em: <http://www.cgp.igc.ufmg.br/centrorecursos/apostilas/metodologia.pdf> Acesso em: ago. 2007.

MARINHO, V. S. Modelagem e Visualização de Ambientes Virtuais na Web. Disponível em: http://www.ulbra-to.br/ensino/43020/artigos/relatorios2004-2/Arquivos/Veronica_Estagio.pdf Acesso em: nov. 2007.

MOURA, A. C. M. Contribuições Metodológicas do Geoprocessamento à Geografia. Disponível em: <http://www.cgp.igc.ufmg.br/centrorecursos/apostilas/geoplan2001.pdf> Acesso em: out. 2007.

NETTO, A.V.; MACHADO, L. S.; OLIVEIRA, M. C. F. Realidade Virtual - Definições, Dispositivos e Aplicações. Disponível em: <http://www.icmc.sc.usp.br/~sce5799/nocoos%20sobre%20RV.pdf> Acesso em: nov. 2007.

NETO, R. A. A. E. Arquitetura Digital: A Realidade Virtual, suas Aplicações e Possibilidades. Disponível em: http://www.coc.ufrj.br/index.php?option=com_content&task=view&id=1204&Itemid=23 Acesso em: out. 2007

PILOUK, M Integrated modelling for 3D GIS. Disponível em: <http://library.wur.nl/wda/abstracts/ab2118.html> Acesso em: out. 2007.

PIMENTEL, J.; BATISTA, N.; GOES, L.; DIONÍSIO, J. Construção e gestão da complexidade de cenários urbanos 3D em ambientes virtuais imersivos. Disponível em: <http://visualis.ist.utl.pt> Acesso em: out. 2007

REINHARDT, P. Realidade Virtual e Geoprocessamento: Integração de Recursos e Potencialização de Comunicação da Realidade Espacial de Catas Altas, MG. CD-ROM Especialização em Geoprocessamento, 2006.

SANTOS, D. R.; MACHADO, A. L.; CENTENO, J. S.; DALMOLIN, Q.; TOMMASELLI, A. M. G. Modelagem de Edificações utilizando imagens de altimetria. Disponível em: http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.18.11.44/doc/03_392.pdf Acesso em: nov. 2007.

SANTOS, E. T. Novas tecnologias no ensino de desenho e geometria. Disponível em: <http://toledo.pcc.usp.br/pdf/Lorena2000.pdf> Acesso em: nov. 2007.

SCHIMIGUEL, J. Interface 3D de Aplicações SIG como espaço de comunicação. Disponível em: http://www.ip.pbh.gov.br/ANO5_N2_PDF/ip0502schimiguel.pdf Acesso em: nov. 2007.

SILVA, A. B.; CARVALHO, E. T.; FANTINEL, L. M. Estudos Geológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos e Geoambientais integrados no Município de Belo Horizonte. BH: FAPEMIG/UFMG/IGC. 1995. 150 p.

SILVA, R. M.; SHIN-TING, W. Reconstrução de Objetos 3D usando Modelos Deformáveis. Disponível em: <http://mirror.impa.br/sibgrapi97/anais/pdf/and06.pdf>. Acesso em: nov. 2007.

SOUZA, L. C. L.; RODRIGUES, D. S.; MENDES, J. F. G. Expandindo um SIG-3D para aplicação em conforto ambiental em nível urbano. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/2339> Acesso em: nov. 2007.

STOTER, J.; ZLATANOVA, S. 3D GIS, where are we standing? Disponível em: http://www.gdmc.nl/publications/2003/3D_GIS.pdf Acesso: nov. 2007.

TIMBÓ, A. Fundamentos de Modelagem Digital de Terreno – MDT/MDE. Apostila do Curso de Especialização em Geoprocessamento. Departamento de Cartografia, UFMG. 2007.

VELLOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R. Classificação da Vegetação Brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE, 1991, 123p.

VERBREE, E.; MAREN, G. V.; GERMS, R.; JANSEN, F.; KRAAK, M. Interaction in virtual world views - Linking 3D GIS with VR. Disponível em: http://karma.geo.tudelft.nl/ijgis_main.html Acesso em: nov. 2007.

ZLATANOVA, S.; RAHMAN, A. A.; PILOUK, M. 3D GIS: Current Status and Perspectives. Disponível em: <http://www.lr.tudelft.nl/live/binaries/2faaf567-465a-48c7-b204-4944195b6b6c/doc/Sisi%203D%20GIS%20Ottowa.pdf> Acesso em: out. 2007.