

*Adail Nunes da Silva*

**UMA INTERFACE PARA ENTRADA E TRATAMENTO DE DADOS  
PLANIALTIMÉTRICOS PARA MODELADORES DIGITAIS DE TERRENOS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à  
obtenção do grau de Mestre.

Curso de Pós-Graduação em Ciência da  
Computação. Universidade Federal do Ceará.

Orientador: Prof. Dr. Creto Augusto Vidal

FORTALEZA

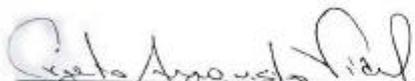
1998

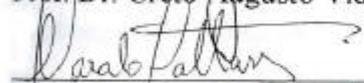
**UM AMBIENTE COMPUTACIONAL INTEGRADO PARA ENTRADA E  
TRATAMENTO DE DADOS PARA UM MODELADOR DIGITAL DE  
TERRENOS**

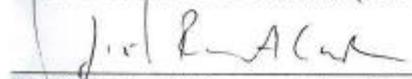
Adail Nunes da Silva

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ciência da Computação da Universidade Federal do Ceará, como parte dos Requisitos para a obtenção do Grau de Mestre em Ciência da Computação.

Composição da Banca Examinadora:

  
Prof. Dr. Creto Augusto Vidal (DC/UFC)

  
Prof. Dr. Marcelo Gattass (PUC-Rio)

  
Prof. Dr. José Riverson Araújo Cysne Rios (DC/UFC)

Aprovada em 30 de outubro de 1998.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço inicialmente ao nosso CRIADOR por permitir a realização deste trabalho. Pela manifestação da vontade de ajudar de todos aqueles que, de alguma forma, apoiaram e incentivaram, alguns mesmo à distância, os meus mais sinceros agradecimentos. Agradeço pois:

Ao Professor Creto Augusto Vidal pelo apoio e paciência que o mesmo dedicou no exercício de sua orientação, incentivando-me nas horas mais difíceis, meus mais sinceros sentimentos de gratidão.

Ao Professor José Riverson Araújo Cysne Rios por ter aceito participar da Avaliação deste trabalho e, com dedicação e competência, sugerir melhoramentos.

Ao Professor Marcelo Gattass que com seu profissionalismo e sua brilhante visão científica aceitou participar da avaliação deste trabalho.

Aos Colegas do Grupo de Computação gráfica, Edson Ricardo de Andrade, Igor Saturno Agra Sales, Alex Sandro Queiroz, Harliano Rogério de Oliveira, Esdras Soares e Mozart Bezerra que tiveram uma relevante contribuição dentro do contexto do trabalho.

Ao Professor Fernando Antônio Gomes de Carvalho pelo incentivo constante.

Aos Colegas mestrandos e em especial ao colega Roberval Gomes Mariano pelo apoio nas horas mais difíceis.

Ao Professor Paulo Chê do Departamento de Cartografia pela clareza na transmissão de seus conhecimentos.

À Administração e aos técnicos da Fundação Cearense de Meteorologia - FUNCEME pela oportunidade de ampliar meus conhecimentos dentro daquela Empresa.

À FUNCAP pelo apoio financeiro.

Ao amigo Joaquim Barroso Neto, do Departamento de Topografia da UFC pelo grande apoio prestado, repassando toda sua experiência e conhecimento na área de topografia.

Ao Manoel Orley, secretário do mestrado sempre solícito em prestar ajuda e informações.

A Todos que fazem o Departamento de Computação e se prontificaram a ajudar sempre que solicitados.

Aos colegas de trabalho que, de alguma forma, incentivaram e contribuíram para conclusão desta dissertação, em especial aos colegas Perpétua Cysne, Sandra Maia, William Forte, Rebeca Santos e Eveline Moura Castelo Branco.

À Professora Ana Lúcia Aragão Gomes da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, cuja orientação, apesar da distância, prestou uma grande contribuição para conclusão do trabalho.

À Dra. Silvia de F. Santiago pelo apoio psicológico que manifestou na ocasião da apresentação da dissertação.

A amiga Teresa Gurgel, integrante do grupo de pesquisa na área de educação da UFC, sempre incentivando e propondo soluções para os obstáculos surgidos ao longo do percurso.

Aos meus pais, meu irmão Amoldo Nunes e familiares.

**À minha esposa Ana Maria e minhas filhas Mara Cíntia e Ana Cibelle**

## SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	IX
LISTA DE TABELAS.....	XIII
RESUMO.....	XIV
"ABSTRACT" .....	XV
INTRODUÇÃO.....	1
1.1. MOTIVAÇÃO.....	1
1.2. OBJETIVOS E ESCOPO.....	5
1.3. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	6
TÉCNICAS DE AQUISIÇÃO DE DADOS.....	8
<b>2.1. Aquisição por Cadernetas de Campo.....</b>	<b>9</b>
2.1.1. O Processo de obtenção dos dados.....	10
➤ ESTAÇÃO TOTAL E CADERNETAS ELETRÔNICAS.....	13
<b>2.2. Aquisição a partir de Mapas ou Cartas Topográficas.....</b>	<b>15</b>
2.2.1. Digitalização Manual ou Digitalização Vetorial.....	16
2.2.2. Digitalização Raster.....	19
2.2.2.1. Processo semi-automático para o reconhecimento de mapas.....	20

➤	PREPARAÇÃO DOS DOCUMENTOS ANALÓGICOS.....	21
➤	BINARIZAÇÃO DA IMAGEM.....	21
➤	AFINAMENTO DE CURVAS DE NÍVEL.....	22
➤	PROCESSO DE VETORIZAÇÃO.....	25
➤	MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
2.2.2.2.	Processo automatizado de reconhecimento de mapas.....	27
➤	PRÉ-PROCESSAMENTO DA IMAGEM.....	27
2.2.3.3.	A Estrutura dos Arquivos Rasterizados.....	29
<b>2.3.</b>	<b>Aquisição utilizando receptores GPS (Global Positioning System).....</b>	<b>30</b>
2.3.1.	Estrutura e tratamento de arquivos GPS.....	30
<b>2.4.</b>	<b>Aquisição de dados por Aerolevramento.....</b>	<b>33</b>
2.4.1.	Geração de uma Ortofoto Digital.....	34
<b>2.5.</b>	<b>Considerações.....</b>	<b>36</b>
A INTERFACE.....		37
<b>3.1</b>	<b>Procedimentos e Funções.....</b>	<b>38</b>
<b>3.2</b>	<b>Formato e <i>Layout</i> dos arquivos Gerados.....</b>	<b>39</b>
<b>3.3</b>	<b>Considerações.....</b>	<b>41</b>
PROCESSAMENTO DE AMOSTRAS PELA INTERFACE.....		42
<b>4.1</b>	<b>Amostra obtida a partir de caderneta de campo.....</b>	<b>42</b>
<b>4.2</b>	<b>Amostra obtida por digitalização de cartas topográficas.....</b>	<b>46</b>
<b>4.3</b>	<b>Amostra obtida a partir relatórios gerados por estação total.....</b>	<b>52</b>
<b>4.4</b>	<b>Amostra obtida por relatórios GPS.....</b>	<b>56</b>
<b>4.5</b>	<b>Considerações.....</b>	<b>59</b>
APLICAÇÕES DA INTERFACE.....		60
<b>5.1</b>	<b>Aplicações.....</b>	<b>60</b>
<b>5.2</b>	<b>Análise da precisão nos cálculos de volumes e áreas.....</b>	<b>63</b>

<b>5.3</b>	<b>Considerações.....</b>	<b>65</b>
	CONCLUSÕES.....	66
	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	67
	APÊNDICE A.....	68
	CONCEITOS DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA.....	68
	TOPOGRAFIA E GEODÉSIA.....	69
➤	TIPOS DE LEVANTAMENTO.....	69
➤	PROCESSO DE OBTENÇÃO DE COORDENADAS UTILIZANDO POLIGONAIS	
	IRRADIADAS.....	72
	SISTEMAS DE COORDENADAS.....	75
➤	SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS.....	75
➤	SISTEMA TRANSVERSO DE MERCATOR.....	79
➤	CONVERSÃO DAS COORDENADAS GEOGRÁFICAS EM COORDENADAS	
	CARTESIANAS.....	80
	APÊNDICE B.....	83
	RELATÓRIOS ELETRÔNICOS.....	83
➤	RELATÓRIOS ESTAÇÃO TOTAL E GPS.....	84
	APÊNDICE C.....	91
	MODELO E PROJETO DA INTERFACE.....	91
	MODELO E IMPLEMENTAÇÃO DA INTERFACE GRÁFICA.....	92

A ANÁLISE.....	92
MODELO DE OBJETOS.....	93
MODELO DINÂMICO.....	97
GLOSSÁRIO.....	115
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1.1 PROCESSOS QUE ENVOLVEM A OBTENÇÃO DE UM MDT.....	2
FIGURA 1.2 DIAGRAMA ESTRUTURADO DA SOLUÇÃO PARA ENTRADA DE DADOS.....	7
FIGURA 2.1 CÁLCULO DE AZIMUTES.....	10
FIGURA 2.2 O PROCESSO DE OBTENÇÃO DA AMOSTRA.....	11
FIGURA 2.3 OBTENÇÃO DA COORDENADA DE UM PONTO UTILIZANDO UMA POLIGONAL.....	12
FIGURA 2.4 GERAÇÃO DO ARQUIVO DE COORDENADAS DA AMOSTRA.....	13
FIGURA 2.5 OBTENÇÃO DAS COORDENADAS DE UM PONTO.....	14
FIGURA 2.6 OBTENÇÃO DA CADERNETA ELETRÔNICA.....	14
FIGURA 2.7 GERAÇÃO DO ARQUIVO DE COORDENADAS UTILIZANDO RELATÓRIO ELETRÔNICO.....	15
FIGURA 2.8 RELATÓRIO PARCIAL GERADO POR ESTAÇÃO TOTAL E ARQUIVO LEXTO GERADO.....	15
FIGURA 2.9 REPRESENTAÇÃO APROXIMADA DO MAPA DE ALTURAS DO BRASIL.....	16
FIGURA 2.10 MESA DIGITALIZADORA.....	17
FIGURA 2.11 GERAÇÃO DO ARQUIVO DE COORDENADAS UTILIZANDO MAPA DIGITALIZADO.....	18
FIGURA 2.12 ARQUIVO PARCIAL(DXF) E ARQUIVO TEXTO GERADO POR CARTA DIGITALIZADA...	18

FIGURA 2.13 DIAGRAMA DE PROCESSOS PARA O PROCESSO SEMI-AUTOMÁTICO.....	20
FIGURA 2.14 CURVAS DE NÍVEL COM COTA SUPERPOSTA.....	21
FIGURA 2.15 DESIGNAÇÃO DOS 9 PIXELS DA JANELA 3 X 3.....	23
FIGURA 2.16 PADRÕES DE CONTORNO.....	24
FIGURA 2.17 PADRÕES DE PIXELS ESQUELETAIS.....	24
FIGURA 2.18 LINHA FRAGMENTADA.....	28
FIGURA 2.19 SUAVIZAÇÃO DIRECIONAL.....	28
FIGURA 2.20 MATRIZ DE PIXELS.....	29
FIGURA 2.21 ARQUIVO DE DADOS DE PROCESSAMENTO GPS.....	31
FIGURA 2.22 TÉCNICA DE OBTENÇÃO DE AMOSTRA POR GPS.....	32
FIGURA 2.23 PROCESSO DE GERAÇÃO DO ARQUIVO PADRÃO.....	32
FIGURA 2.24 ÓRBITA DE SATÉLITE PARA GERAÇÃO DE PARES ESTEREOSCÓPICOS.....	33
FIGURA 2.25 ORTOFOTOCARTA DE UMA REGIÃO NO INTERIOR DO CEARÁ.....	34
FIGURA 2.26 ORTO-IMAGEM DA ASSOCIAÇÃO DE IMAGEM DE SATÉLITE (SPOT) SOBRE UM DTM.....	35
FIGURA 4.1 POLIGONAL IRRADIADA.....	42
FIGURA 4.2 MÓDULO DA INTERFACE PARA PROCESSAMENTO DE DADOS TABULADOS EM CADERNETAS.....	44
FIGURA 4.3 CURVAS DE NÍVEL DIGLTALIZADA - REGIÃO DE PARACURU.....	46

FIGURA 4.4 MÓDULO DA INTERFACE PARA PROCESSAMENTO DE ARQUIVOS DIGITALIZADOS.....	47
FIGURA 4.5 DETALHE DO RETÂNGULO DA CARTA DE PARACURU.....	47
FIGURA 4.6 CURVAS DE NÍVEL DIGITALIZADAS - CARTA DE TAUÁ.....	49
FIGURA 4.7 DETALHE DE CURVAS DE NÍVEL DA CARTA DE TAUÁ.....	50
FIGURA 4.8 MODELO TRIDIMENSIONAL DO ARQUIVO DE COORDENADAS DO RELATÓRIO 4.2 .....	52
FIGURA 4.9 MÓDULO PARA PROCESSAMENTO DE RELATÓRIOS DE ESTAÇÃO TOTAL.....	54
FIGURA 4.10 MODELO TRIDIMENSIONAL DO ARQUIVO DE COORDENADAS DO RELATÓRIO 4.5 .....	56
FIGURA 4.11 MÓDULO DA INTERFACE PARA PROCESSAMENTO DE RELATÓRIOS GPS.....	58
FIGURA 5.1 CURVAS DE NÍVEL EXIBIDAS A CADA 3M.....	62
FIGURA 5.2 VISUALIZAÇÃO DO CAMINHO DA BATIMETRIA E CONTORNO DO RESERVATÓRIO.....	62
FIGURA A.1 O PROCESSO DE TRIANGULAÇÃO.....	70
FIGURA A.2 POLIGONAL ABERTA.....	71
FIGURA A.3 EXEMPLO DE POLIGONAL IRRADIADA.....	73
FIGURA A.4 VERTICAL DO LUGAR.....	76
FIGURA A.5 DESVIO DA VERTICAL.....	77
FIGURA A.6 SUPERFÍCIES DE REFERÊNCIA.....	78
FIGURA A.7 COORDENADAS GEOGRÁFICAS ( $\phi, \lambda$ ).....	79
FIGURA A.8 REPRESENTAÇÃO DE UM FUSO DE $6^\circ$ .....	79

FIGURA C.1 LEGENDA PARA O DIAGRAMA DE OBJETOS.....	94
FIGURA C.2 DIAGRAMA DE OBJETOS.....	95
FIGURA C.3 CENÁRIO DO MÓDULO PRINCIPAL– <i>MODELADOR</i> .....	98
FIGURA C.4 CENÁRIO PARA ESTÍMULO TEMPORIZADO.....	98
FIGURA C.5 CENÁRIO DO MÓDULO <i>CADERNETAS</i> .....	99
FIGURA C.6 CENÁRIO DO MÓDULO MAPAS DIGITALIZADOS.....	100
FIGURA C.7 CENÁRIO DO MÓDULO <i>GPS</i> .....	100
FIGURA C.8 CENÁRIO DO MÓDULO <i>ESTAÇÃO TOTAL</i> .....	101
FIGURA C.9 SEQÜÊNCIA DE EVENTOS PARA O MÓDULO <i>MODELADOR</i> .....	103
FIGURA C.10 SEQÜÊNCIA DE EVENTOS PARA O MÓDULO <i>CADERNETAS</i> .....	104
FIGURA C.11 SEQÜÊNCIA DE EVENTOS PARA O MÓDULO <i>MAPAS DIGITALIZADOS</i> .....	105
FIGURA C.12 SEQÜÊNCIA DE EVENTOS PARA O MÓDULO <i>ESTAÇÃO TOTAL</i> .....	106
FIGURA C.13 SEQÜÊNCIA DE EVENTOS PARA O MÓDULO <i>GPS</i> .....	107
FIGURA C.14 DIAGRAMA DE FLUXO DE EVENTOS.....	108
FIGURA C.15 LEGENDA PARA O DIAGRAMA DE ESTADO.....	109
FIGURA C.16 DIAGRAMAS DE ESTADO.....	110
FIGURA C.17 DIAGRAMA DE FLUXO DE DADOS – <i>CADERNETAS</i> .....	112
FIGURA C.18 DIAGRAMA DE FLUXO DE DADOS - <i>MAPAS DIGITALIZADOS</i> .....	113
FIGURA C.19 DIAGRAMA DE FLUXO DE DADOS – <i>GPS</i> .....	114

## LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 PARÂMETROS DE ENTRADA E VALORES DE SAÍDA .....	13
TABELA 2.2 RELAÇÃO ENTRE RESOLUÇÃO E TAMANHO DA IMAGEM .....	26
TABELA 4.1 CÁLCULO DE COORDENADAS DE PONTOS UTILIZANDO UMA POLIGONAL.....	43
TABELA 5.1 CÁLCULO DOS VOLUMES .....	64
TABELA 5.2 CÁLCULO DAS ÁREAS.....	64
TABELA A.1 PARÂMETROS PARA A POLIGONAL .....	71
TABELA A.2 TABELA DE CÁLCULO DE COORDENADAS CARTESIANAS .....	72

## RESUMO

Aquisição de dados de modo interativo em sistemas que contemplam MDT's (Modelos Digitais de Terrenos) é, em geral, limitada em virtude da diversidade de técnicas utilizadas em levantamentos plani-altimétricos. Nosso propósito neste trabalho é apresentar uma análise destas técnicas com a implementação de uma Interface para entrada e tratamento de dados para sistemas que modelam computacionalmente a topografia de um terreno. Dentre as técnicas para aquisição de dados topográficos mais utilizadas, as seguintes estão sendo analisadas: digitação de dados tabulados em cadernetas de campo, digitalização manual de cartas topográficas, digitalização raster de mapas de curvas de nível, cadernetas eletrônicas geradas a partir de estações GPS (Global Positioning System) e cadernetas eletrônicas geradas a partir de estação total. A interface utiliza como entrada de dados os arquivos e mapas gerados a partir das técnicas acima descritas. Ao final do processamento, obtém-se um arquivo padrão a ser utilizado em modeladores digitais de terrenos.

## ABSTRACT

Interactive data acquisition for Digital Terrain Modeling Systems are very limited, in general. Most of these types of systems consider just a few of a diverse set of techniques used in surveying. The purpose of this work is to present an analysis of these techniques and to develop an interface for input and treatment of data for systems that model the topography of a terrain. Among the many techniques used for the acquisition of topographical data, in this work, we chose to analyze the following: entry of data tabulated in field notebooks, manual digitalization of topographical maps, rasterization of maps, files of coordinates obtained from GPS (Global Positioning Systems) stations and files of coordinates obtained from total stations. The interface uses, as input, files and maps generated through the described techniques. Once the data is processed, a standard file is created to be used by a digital terrain modeler.

## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

No presente capítulo são apresentados a motivação para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, seguida dos objetivos específicos, do escopo do projeto e, finalmente, da estruturação da dissertação.

#### 1.1. Motivação

A representação numérica das características de uma determinada superfície tem sido alvo de pesquisas no meio científico [PET87]. Uma modelagem da superfície terrestre, chamada Modelo Numérico de Terreno (MNT) ou Modelo Digital de Terreno (MDT), representa um caso particular dentre os modelos de superfície.

Modelagem Digital de Terrenos é a construção de um modelo do relevo de uma dada região geográfica com a utilização de técnicas de matemática computacional e computação gráfica [PET87]. A determinação de modelos geométricos para representação de terrenos pode ser gerada a partir de diversas técnicas, dentre as quais vale ressaltar a desenvolvida por Gonçalves e Fernandes [GON96], que utiliza retalhos triangulares CFK<sup>1</sup> adaptativos e vem contribuir

---

<sup>1</sup> Sigla em homenagem a 3 cientistas (Coxeter-Freudenthal-Kuhn) que criaram a triangulação CFK.

sensivelmente para que se tenha uma representação de modelos cada vez mais próxima da realidade.

Em pesquisas mais avançadas, como o trabalho apresentado por Frederick e Guedes [FRE96], estão sendo estudados o desempenho computacional de algoritmos alternativos aos de lançamento de raios (*ray tracing*) com o objetivo de oferecer técnicas de visualização tridimensional de modelos de terrenos com o máximo realismo possível.

O grande esforço de pesquisa em MNT que tem sido observado objetiva o desenvolvimento e a aplicação desta tecnologia a áreas tais como: o planejamento de zonas agrícolas, o traçado de rodovias e ferrovias, a análise de corte-aterro para projeto e locação de barragens e a simulação de impacto ambiental que elas podem provocar.

Uma visão geral das etapas que envolvem a obtenção e utilização de um modelo de terreno, iniciando com a aquisição dos dados, está representada no diagrama da Figura 1.1.

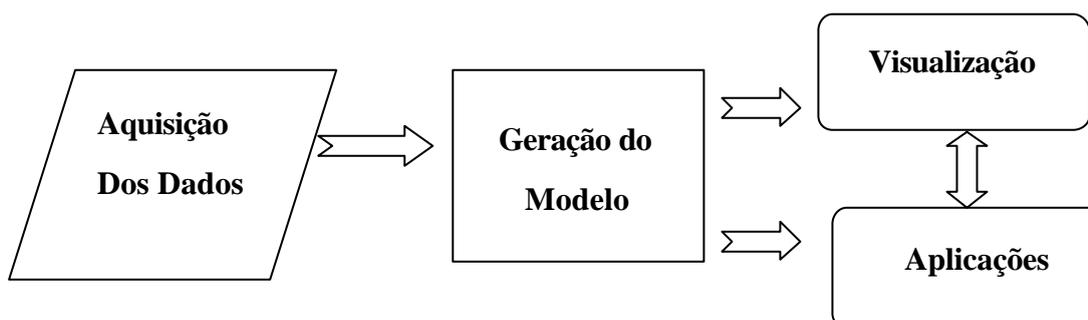


Figura 1.1 Processos que envolvem um MDT.

Militão [MIL95] expressa o processo de obtenção de um MNT através de três etapas:

- (1) obtenção de uma amostra, isto é, um conjunto de pontos da superfície do terreno, representados por suas coordenadas  $(x, y, z)$  em relação a um sistema de referência predefinido onde  $z$  representa a cota do ponto considerado;
- (2) decomposição da superfície do terreno em sub-regiões simples (triângulos, por exemplo);
- (3) obtenção de uma função  $f$ , tal que  $z = f(x, y)$ , geralmente polinomial por partes, que descreva uma aproximação do terreno para cada uma destas sub-regiões.

Inúmeros sistemas como o *Spring* [SPR95], o *Data-Geosis* [TEO97], o *Civil* [AUT98], o *Surfer* [GOL95] e o *Gela* [THI89], foram desenvolvidos com o objetivo de resolver problemas específicos que envolvam, direta ou indiretamente, a modelagem digital de terrenos. Na medida do possível, estes sistemas disponibilizam uma interface amigável com o usuário.

O SPRING é um sistema para processamento de informações georeferenciadas, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para ambientes UNIX e Windows. O DATA-GEOSIS é um sistema para processamento de levantamentos Planialtimétricos, que traz aplicações de MNT, CAD integrado. O CIVIL é um software específico para as áreas de engenharia e topografia desenvolvido para ser utilizado em conjunto com o AutoCad. Destaca-se pela grande variedade de aplicações de suporte que apresenta aos usuários que utilizam esta linha de trabalho. O SURFER for Windows é um sistema desenvolvido pela Golden Software, Inc, específico para modelagem digital de terreno. O GELA é um sistema desenvolvido pela Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft, para processamento de informações de terrenos que incorpora uma variedade de métodos para cada uma das etapas que envolvem uma modelagem de terreno.

Observa-se que a entrada de dados em todos esses sistemas, bem como em outros, a exemplo do **DATA EXPLORER**, do **AVS**, do **GHOST**, do **SURFACE II GRAPHICS** e do **SACM** [THI89], utilizados para geração de modelos de terrenos, não abrange a totalidade das formas em que os dados da amostra podem estar disponíveis, o que, em geral, exige um grande

esforço do usuário para adequar os dados disponíveis à forma exigida pelo sistema. O SPRING, por exemplo, permite importação de dados nos formatos ASCII, DXF e ARC-INFO, além de utilizar a digitalização de linhas e pontos, que constituirão as amostras para posteriormente gerar interpolações (grades) e obter produtos relativos a MDT's, tais como visualizações em 3D e geração de perfil. No DATA-GEOSIS o módulo de entrada de dados comunica-se com estação total e permite a importação de arquivos DXF e ASCII definidos pelo usuário. O CIVIL é utilizado em conjunto com o AutoCad e destaca-se pela grande variedade de aplicações de suporte que apresenta aos usuários que utilizam esta linha de trabalho [AUT98]. Sua entrada de dados permite importação de arquivos DXF e ASCII .

O SURFER for Windows é outro Software muito utilizado na área de Modelagem de Terrenos e utiliza como amostra os dados gerados a partir de uma planilha (Worksheet window), podendo os dados de entrada serem digitados ou importados de outros formatos como: arquivos ASCII [.DAT], Excel[.XLS] ou Lotus [.WK1] ou [.WKS], os quais devem conter as coordenadas (x, y, z). Outro sistema que merece destaque é o GELA, um sistema modular formado por um conjunto de programas Fortran, onde todas as rotinas foram construídas para aceitar dados de entrada do tipo BYTE, podendo os dados de elevação serem dos tipos BYTE-, INTEGER\*2- ou REAL\*4-[THI89].

A partir da análise das etapas de construção de um modelo digital de terrenos, observa-se que houve um grande avanço nas técnicas computacionais de modelagem. Entretanto, a fase de *Aquisição dos Dados* carece de um melhor tratamento computacional para superar as atuais limitações que encarecem o processo de construção de um MDT.

A necessidade de se obter dados topográficos com maior precisão e rapidez estimulou, no decorrer do anos, o desenvolvimento de técnicas e equipamentos cada vez mais sofisticados. Como nem todos os usuários podem adquirir os equipamentos sofisticados, que em geral têm custos bastante elevados, o mercado continua a oferecer uma enorme gama de equipamentos para atender

as necessidades de cada usuário. Em função dessa realidade, diversas técnicas de aquisição de dados, antigas e modernas, são hoje utilizadas.

Dentre os equipamentos mais utilizados estão os Teodolitos TOPCON, Estações Total das marcas NIKON, WILD, LEICA e Estações GPS das marcas ASHTECH, MAGELLAN, TRIMBLE e GARMIN.

As técnicas desenvolvidas para a obtenção de dados topográficos utilizam como fonte de dados, em geral, as **Cadernetas de Campo** (*utilizando Teodolitos*), as **Cadernetas Eletrônicas** (*utilizando Estação Total*), as **Cartas Topográficas** e os dados obtidos a partir de **levantamentos por GPS** (*Global Positioning System*) e por **Aerofotogrametria**. Algumas destas fontes geram arquivos de dados com padrões predefinidos (Exemplificados no Apêndice B) que, para serem utilizados em sistemas que contemplem MDT's necessitam ser pré-processados para que se possa disponibilizar as coordenadas (x, y, z) dos pontos amostrais de uma determinada região necessários a um modelador de terrenos.

## 1.2. Objetivos e Escopo

O objetivo deste trabalho é disponibilizar os valores das coordenadas plani-altimétricas de uma região, a partir de diversas técnicas de aquisição de dados, utilizando como base de pesquisa as limitações nos processos de aquisição de dados em diversos sistemas de modelagem digital de terrenos.

Um ponto a destacar é a aquisição de dados obtidos por GPS, tendo em vista que os dados oriundos dessas estações podem estar disponibilizados em coordenadas geográficas (latitude e longitude e altura - ortométrica). Quando estes dados se referem a levantamentos de grandes extensões, na prática, a conversão para coordenadas planas é, em geral, processada utilizando o resultado do produto das coordenadas (latitude e longitude) pelo valor, em km, correspondente a 1° (um

grau) na região considerada. Entretanto, esta técnica de conversão, aproximação, é passível de erros e gera imprecisões nos resultados finais.

O objetivo é, portanto, propor um ambiente computacional, baseado no paradigma de programação orientada a objetos, com uma interface gráfica amigável, que venha a sanar estas dificuldades. As técnicas de aquisição de dados topográficos mais utilizadas são contempladas.

A preocupação em se desenvolver uma interface que venha a minimizar as dificuldades na entrada de dados em sistemas de modelagem digital de terrenos gerou a necessidade de se estudar as variadas técnicas de aquisição de dados topográficos (Figura 1.2), bem como o formato dos dados disponibilizados através do software utilizado pelos equipamentos. Entretanto, tendo em vista a diversidade de marcas e modelos de equipamentos, a interface receberá inicialmente dados gerados por estações GPS, dados obtidos por meio de teodolitos e estação total e dados obtidos por cartas digitalizadas. Com relação aos dados oriundos de estações GPS e de estação total, serão tratados relatórios eletrônicos de GPS das marcas ASHTHEC e MAGELLAN, bem como de ESTAÇÃO TOTAL da marca NIKON, podendo serem adicionadas rotinas para reconhecimento de dados gerados por equipamentos de outras marcas.

### **1.3. Estruturação do trabalho**

A dissertação está organizada em 6 capítulos. No capítulo 2 estão descritas em detalhes as técnicas de aquisição dos dados a partir das fontes empregadas para a obtenção de uma amostra bem como as vantagens e as desvantagens de cada uma delas. No capítulo 3 descreve-se os módulos da Interface, os principais procedimentos e funções implementadas, bem como o formato e layout dos arquivos gerados após o tratamento dos arquivos relatórios de entrada. No capítulo 4 são apresentados exemplos para cada técnica utilizada, fazendo uma abordagem dos requisitos necessários para o processamento dos relatórios eletrônicos gerados por equipamentos de levantamentos plani-altimétricos e das cartas topográficas utilizadas como fonte de dados. No

capítulo 5 são mostradas as diversas aplicações práticas que são possíveis, utilizando a interface em exemplos práticos e a importância do tratamento e entrada de dados em sistemas de modelagem. No capítulo 6 são apresentadas as conclusões e, finalmente, são feitas algumas recomendações para trabalhos futuros.

Figura 1.2 Diagrama estruturado da solução para entrada de dados

Arquivo "diagrama -pagina 7"

## **CAPÍTULO 2**

### **TÉCNICAS DE AQUISIÇÃO DE DADOS**

Neste capítulo estão descritas as principais técnicas de aquisição de dados para um modelador digital de terrenos citando as diversas fontes que disponibilizam tanto dados de levantamentos topográficos e geodésicos, como os dados obtidos a partir de aerofotogrametria.

A etapa de aquisição de dados em um sistema computacional para modelagem de terrenos consiste em extrair, de fontes que disponibilizam dados relativos ao levantamento plani-altimétrico, os dados necessários à construção de um modelo.

Considerando apenas a construção do modelo da superfície topográfica de uma dada região, o sistema necessita das triplas  $(x, y, z)$  de uma série de pontos da superfície do terreno. Os valores  $(x, y, z)$  são as coordenadas cartesianas de um ponto  $\mathbf{P}$  relativas a um sistema de coordenadas preestabelecido. Em geral o plano  $XY$  é o plano horizontal de referência relativamente ao nível médio dos mares, e  $z$  (cota do ponto  $\mathbf{P}$ ) é a distância vertical do ponto  $\mathbf{P}$  ao plano horizontal  $XY$ .

Os dados obtidos na fase de aquisição serão utilizados para gerar componentes básicos que descreverão uma representação aproximada da superfície real do terreno.

As fontes mais utilizadas para extração dos valores  $(x, y, z)$  necessários à construção de um Modelo Digital de Terreno são:

- Cadernetas de Campo;
- Cartas Topográficas (Levantamentos Geodésicos e Topográficos);
- Arquivos obtidos por Aerolevanteamento;
- Arquivos tratados de Instituições como IBGE, Ministério do Exército e outras.
- Arquivos gerados por estação total;
- Arquivos gerados a partir de levantamentos GPS (*Global Positioning System*).

## **2.1. Aquisição por Cadernetas de Campo**

Através de pesquisa de campo são obtidas as coordenadas dos pontos que estão dispostos de uma forma irregular (não organizados numa grade regular). Tais pontos, armazenados em

cadernetas de campo, serão transcritos posteriormente para a forma de mapas ou tabulados em uma planilha.

Para um melhor esclarecimento sobre os dados contidos em uma carta topográfica de um levantamento plani-altimétrico de uma dada região, estão mostrados no Apêndice A alguns conceitos das técnicas de aquisição de dados a partir de cadernetas de campo, assim como os métodos de determinação de altitudes.

Inicialmente devemos considerar a relevância da área em que se necessita efetuar o levantamento. Em obras que se exigem maiores precisões nos resultados do levantamento plani-altimétrico, deve-se utilizar um marco trigonométrico (E,N) de referência confiável (dados oficiais) para o posicionamento inicial das coordenadas da poligonal a ser criada, assim como uma referência de nível (RN) oficial mais próxima.

#### 2.1.1. O processo de obtenção dos dados

Em um levantamento Plani-altimétrico utiliza-se o TEODOLITO para obtenção dos ângulos e distâncias que possibilitarão o cálculo das coordenadas dos pontos de uma região relativas a um determinado plano de referência. O processo se inicia com o posicionamento do teodolito em um dos marcos conhecidos e pela definição do sentido do caminamento, efetua-se, então, a leitura das visadas à vante e a ré definindo-se, assim, o ângulo interno ou externo entre duas direções consecutivas. Caso o sentido do caminamento seja anti-horário o ângulo obtido será o interno e se for horário o ângulo obtido será o externo.

Os dados obtidos em campo, tais como: os ângulos externos ( $A_2$  e  $A_3$ ) ou internos, as coordenadas dos pontos 0 e 1, os ângulos  $Az_{10}$  e  $A_1$ , são utilizados para o cálculo dos azimutes das outras direções e das coordenadas relativas dos vértices da poligonal conforme mostrado na

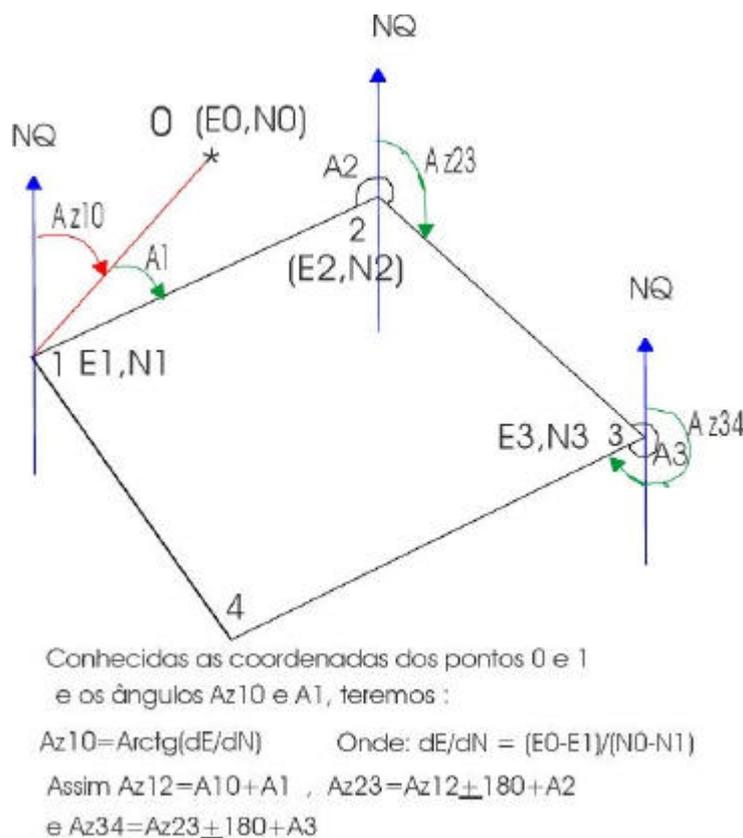


Figura 2.1.

Figura 2.1 Cálculo de azimutes

Os atributos destes pontos coletados são, inicialmente, transcritos para um caderneta de campo e, posteriormente, em laboratório, são representados através de um mapa, utilizando-se técnicas de fechamento de poligonais (Figura 2.2), para reduzir os erros ocasionados por equipamentos e por falha humana dentro das tolerâncias pré-estabelecidas. Os pontos adquiridos através do levantamento em campo são então utilizados no cálculo das coordenadas cartesianas (x, y, z) de outros pontos de interesse.



Figura 2.2 O processo de obtenção da amostra

Para se obter as coordenadas dos demais pontos da região de interesse, utilizam-se métodos analíticos ou gráficos e os pontos da amostra que pertencem a uma poligonal fechada. Dentre os vários métodos analíticos existentes podemos citar o método das poligonais irradiadas, o método dos ângulos de deflexão e o método dos ângulos internos.

No presente trabalho optou-se por implementar o cálculo de coordenadas utilizando o Método das Poligonais Irradiadas, que consiste em se obter as coordenadas de um determinado ponto tomando como referência as coordenadas de um dos vértices ( $P_i$ ) da poligonal (Figura 2.3), o azimute ( $R_i$ ) e a distância ( $l_i$ ) deste vértice ao ponto considerado utilizando as fórmulas:

$$X_j = X_i + x_i \quad Y_j = Y_i + y_i$$

Onde:  $x_i = l_i \cdot \text{sen}R_i$

$y_i = l_i \cdot \text{cos}R_i$ , sendo

$(X_i, Y_i)$  = Coordenadas do vértice inicial

$(x_i, y_i)$  = Projeções naturais dos alinhamentos correspondentes

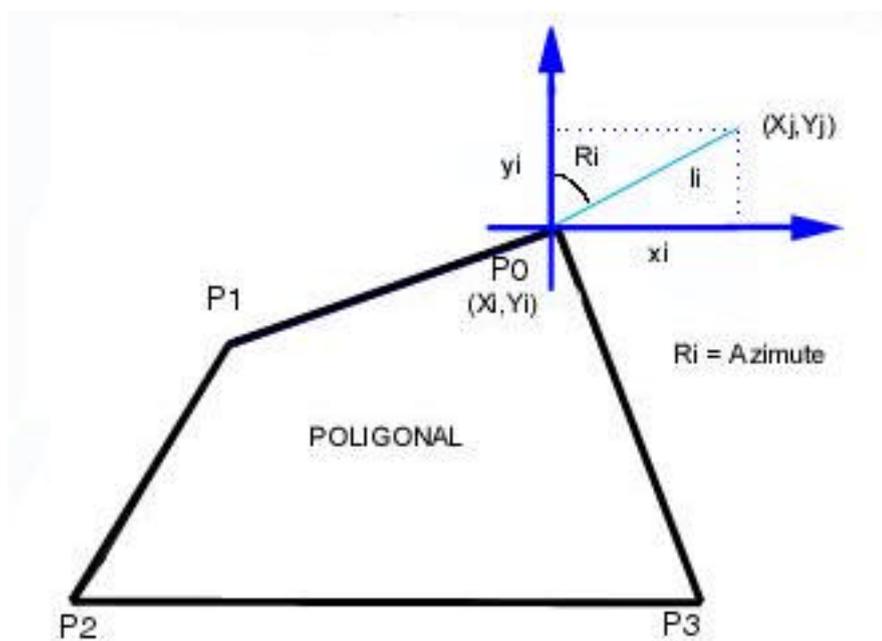


Figura 2.3 Obtenção de coordenada de um ponto utilizando uma poligonal

A Figura 2.4 exibe um diagrama da aquisição dos dados a partir de Cadernetas de Campo e a Tabela 2.1 um exemplo dos valores das coordenadas dos vértices da poligonal ( $X_i, Y_i$ ), e dos parâmetros  $R_i, l_i$  e  $h$  necessários para a obtenção das coordenadas  $(x, y, z)$  do arquivo de saída.

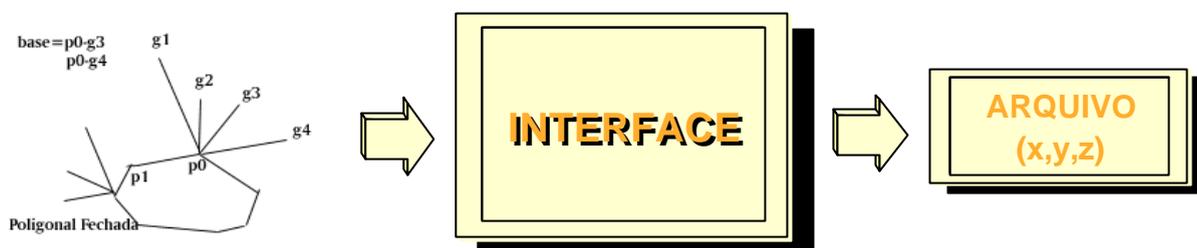


Figura 2.4 Geração do arquivo de coordenadas da amostra

Tabela 2.1 Parâmetros de entrada e valores de saída

Vértices da poligonal X Y Z	Az (o ' '' )	Base(m)	H(m)	Coordenadas (x,y,z)
150 250 20	32 12 12	400	30	(363.34 588.35 30 )
	35 15 10	500	35	(409.89 617.36 35)
	45 08 11	450	35	(504.36 602.54 35)

➤ **Estação total e cadernetas eletrônicas**

As estações total são instrumentos que têm a capacidade de armazenar os dados de levantamentos plani-altimétricos em um módulo de memória interna ou serem transferidos a um coletor de dados externo através de uma interface serial. Sua precisão de medida angular e a precisão e o alcance do seu distanciômetro estão interligados.

O processo de aquisição dos dados, consiste em posicionar o equipamento em um ponto de coordenadas ( $E_0, N_0, H_0$ ) conhecidas e um bastão com um prisma na extremidade, no ponto que se deseja obter as coordenadas e distância (Figura 2.5). O prisma refletirá um feixe de luz infravermelho que sai da objetiva do telescópio e a estação total fará a gravação das coordenadas e cota do alvo.

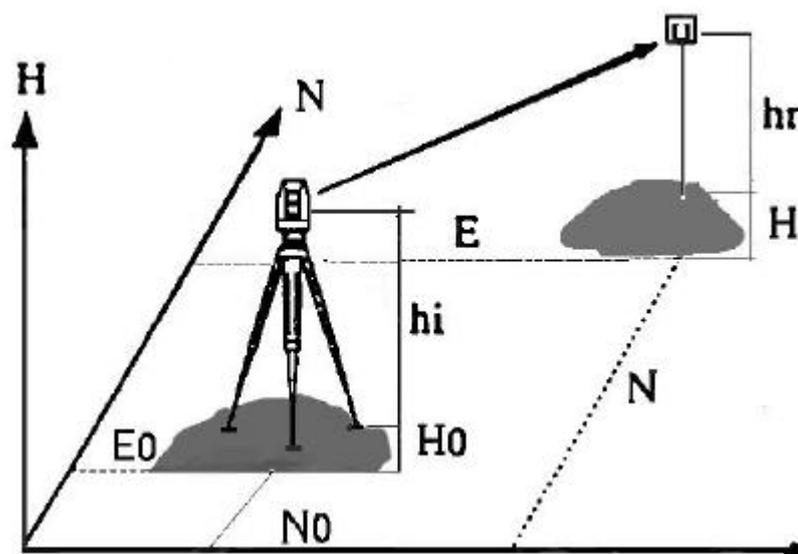


Figura 2.5 Obtenção das Coordenadas de um Ponto

A Figura 2.6 exibe uma representação gráfica do processo de aquisição de dados, a Figura 2.7 um diagrama mostrando a utilização da interface na geração do arquivo de coordenadas e a Figura 2.8 um relatório parcial de um levantamento e o arquivo texto gerado.

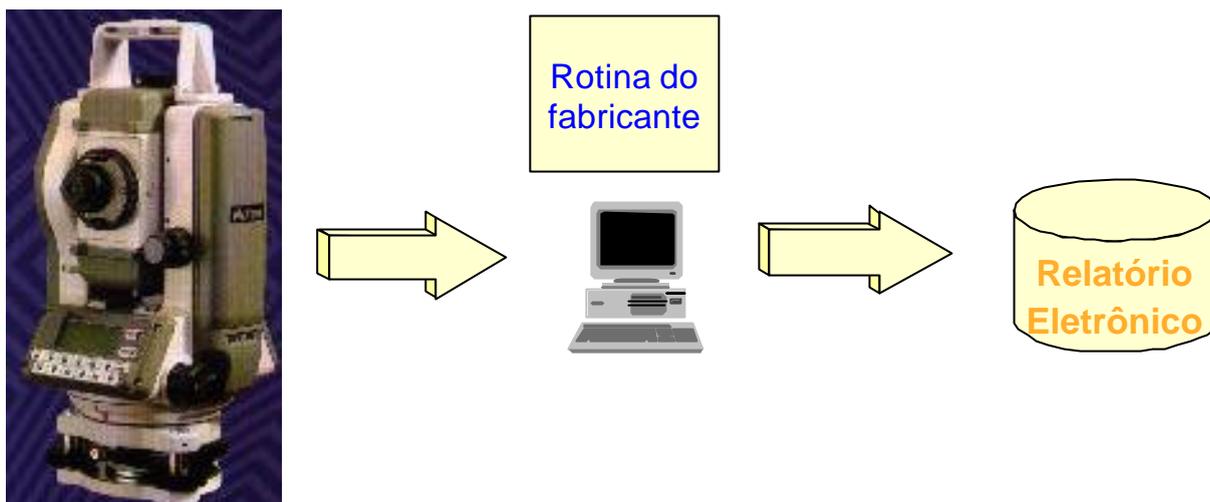


Figura 2.6 Obtenção da caderneta eletrônica

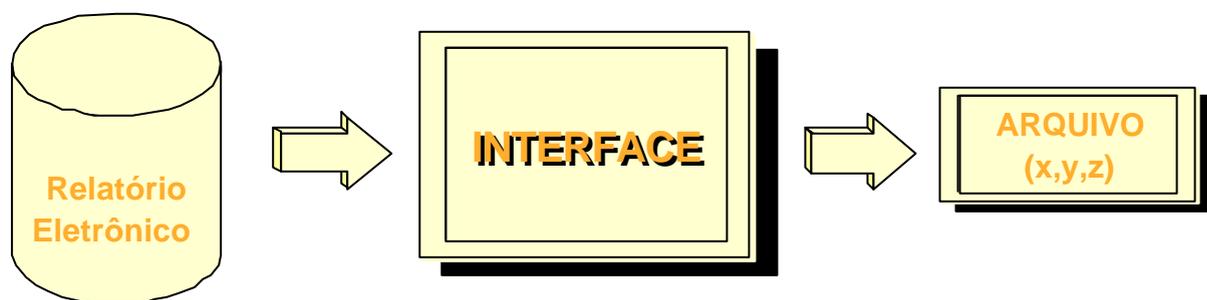


Figura 2.7 Geração do arquivo de coordenadas utilizando relatório eletrônico

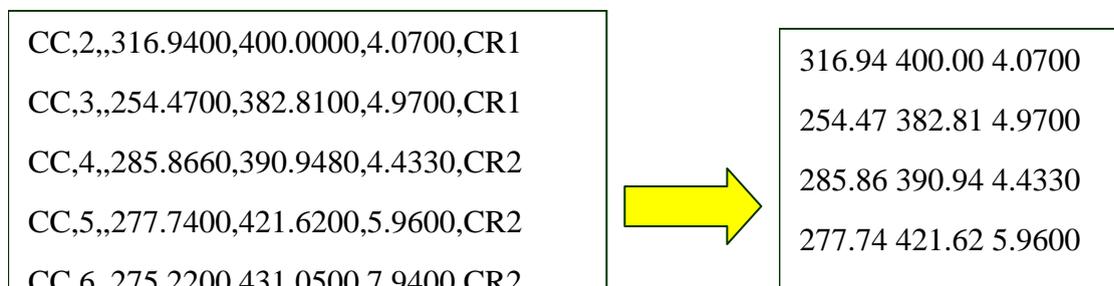


Figura 2.8 Relatório parcial gerado por estação total e arquivo texto gerado

## 2.2. Aquisição a partir de Mapas ou Cartas Topográficas

Dentre as fontes mais utilizadas na obtenção de amostras para geração de modelos de terrenos estão os Mapas e as Cartas Topográficas. A partir destas fontes, algumas técnicas foram desenvolvidas para aquisição dos valores das coordenadas (x,y,z). Dentre estas técnicas, destacam-se a digitalização manual e a digitalização raster.

Na *Digitalização Manual ou digitalização vetorial* utiliza-se uma mesa digitalizadora para captura das coordenadas (x, y) dos pontos, que podem ser representadas em coordenadas cartesianas (expressas numa unidade adequada) ou em coordenadas geográficas (latitudes e longitudes). O valor da elevação (z) é, em geral, apropriado via teclado.

Na *Digitalização Raster*, utiliza-se uma *scanner* que gera uma imagem em forma matricial ("bitmap") que é então vetorizada. Se a fonte escaneizada for uma carta topográfica, o processo de vetorização busca extrair o subconjunto de pixels da imagem que define uma mesma curva de nível. Assim, obtém-se um conjunto de pontos amostrais com suas coordenadas (x, y, z). Se houver uma relação pré-definida entre cor e altitude (Figura 2.9), é possível obter a cota z correspondente a cada pixel por interpolação. As coordenadas (x,y) dos pixels são obtidas em função das relações de escala e resolução da imagem.



Figura 2.9 Representação aproximada do mapa de alturas do Brasil

### 2.2.1. Digitalização Manual ou Digitalização Vetorial

Nesta técnica, a partir de uma cópia do mapa da região a ser modelada, as coordenadas  $(x,y,z)$  de uma série de pontos considerados relevantes para a construção do modelo digital São obtidas com o auxílio de uma mesa digitalizadora (Figura 2.10).

Uma mesa digitalizadora é constituída basicamente de duas partes: uma superfície plana, sensível eletronicamente, onde se coloca o mapa ou o gráfico a ser digitalizado; e um mouse, que envia as coordenadas  $(x,y)$  de um ponto na superfície da mesa, para o computador.

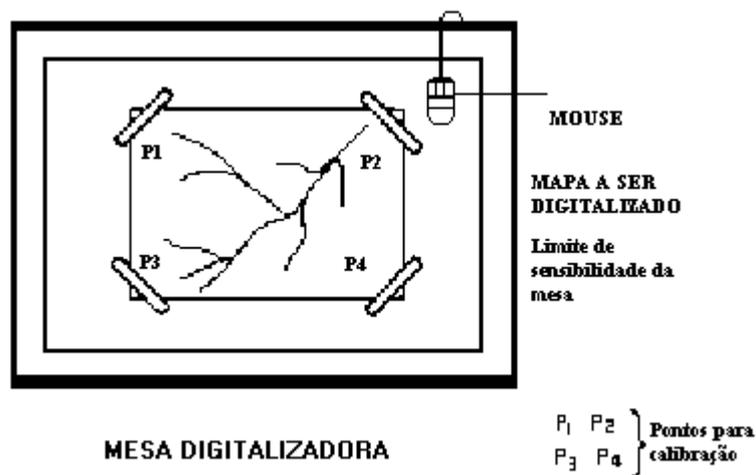


Figura 2.10 Mesa Digitalizadora

O mouse da mesa digitalizadora tem a função de adquirir as coordenadas (x y), que serão relacionadas às coordenadas geográficas através de botões, que desempenham funções específicas para cada objetivo. Em geral as seguintes operações estão disponíveis:

- edição de pontos e linhas - botão "select" (botão 1) do mouse.
- término de uma linha - botão "adjust" .

O processo de digitalização de uma carta topográfica consiste em percorrer, com o *mouse*, toda a extensão da curva de nível e, em seguida, usando o teclado, fornecer a cota. Ao percorrer uma curva de nível, o usuário deve selecionar um conjunto de pontos que definam uma linha poligonal e seja uma boa aproximação da mesma.

A Figura 2.11 exibe uma representação gráfica do processo de aquisição de dados e na Figura. 2.12 destaca-se um trecho de uma curva de nível de uma carta digitalizada, o arquivo DXF respectivo, e o arquivo de coordenadas (x,y,z) obtido a partir do tratamento pela interface do arquivo digitalizado.

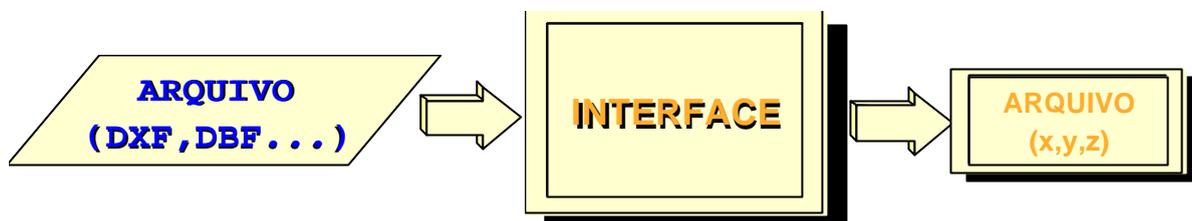


Figura 2.11 Geração do arquivo de coordenadas utilizando mapa digitalizado

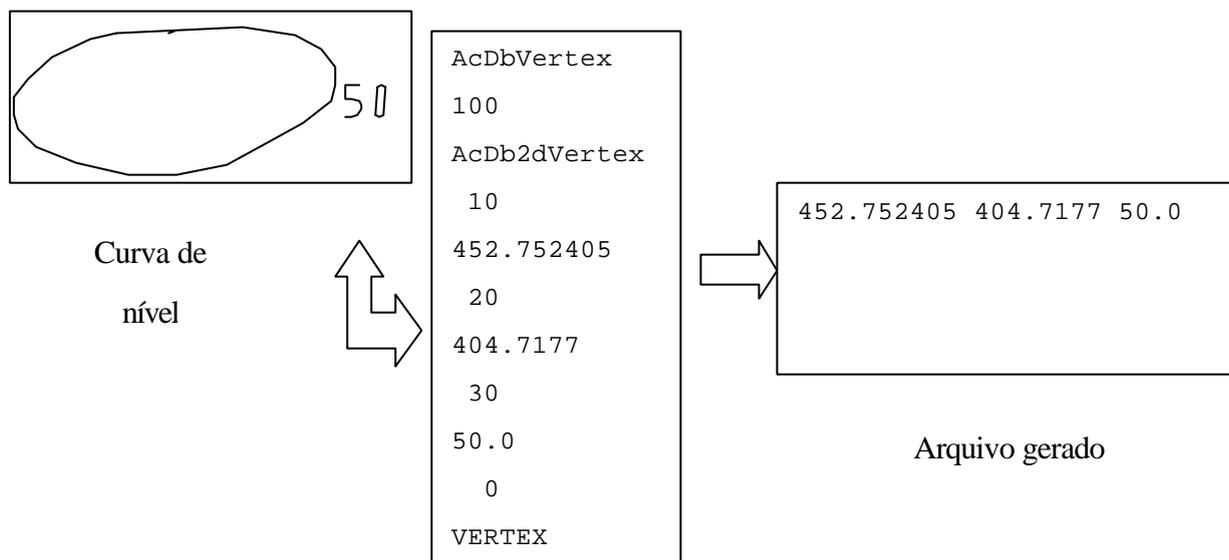


Figura 2.12 Arquivo parcial (DXF) e arquivo texto gerado por carta digitalizada

Pontos de interesse, tais como o leito de um rio ou uma linha divisora de águas, também podem ser digitalizados de forma que o modelo do terreno seja o mais fiel possível.

### 2.2.2. Digitalização Raster.

Uma solução que vem sendo adotada por várias instituições públicas e privadas em todo o mundo é a digitalização através de *scanners* ou Dispositivos Imageadores por Varredura (DIV's). Os DIV's permitem a aquisição de dados para MDT's a partir de dois processos: o processo semi-automatizado e o processo automatizado de reconhecimento de mapas. No processo semi-automatizado, o reconhecimento de um mapa é feito com a intervenção do operador em determinadas etapas. O processo automatizado de reconhecimento de cartas topográficas segue regras pré-estabelecidas para a definição de lacunas ou folgas de um traço (linhas tracejadas), reconhecimento de textos e distâncias entre curvas de nível, sem a intervenção do operador.

A digitalização raster converte as informações analógicas de um mapa em informações digitais, ou seja transforma-as em elementos (pixels) que passam a compor uma matriz bidimensional denominada imagem.

A técnica de aquisição de dados utilizando a digitalização raster no processo semi-automático tomando como referência o trabalho de Rechiuti [REC93] envolve as etapas mostradas na (Figura 2.13).

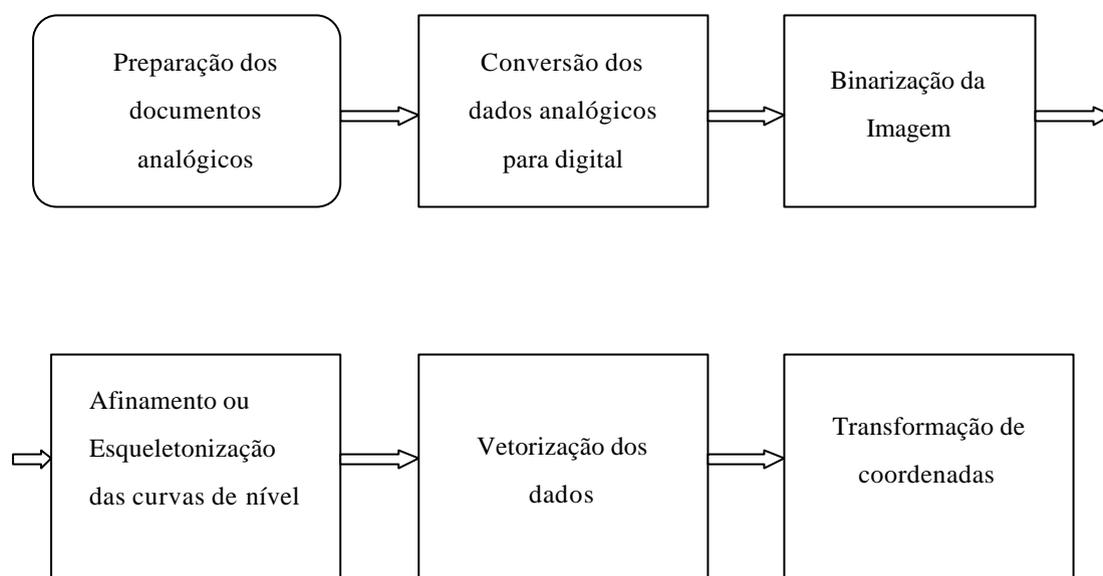


Figura 2.13 Diagrama de processos para o processo semi-automático.

#### 2.2.2.1. Processo semi-automático para o reconhecimento de mapas

O processo semi-automático se caracteriza pela necessidade de intervenção do operador em algumas etapas devido a restrições na implementação do software de reconhecimento.

Nos próximos subitens, serão descritas as etapas que constituem o processo semi-automático de aquisição de dados, que se inicia com a remoção dos textos inseridos na imagem que venham a fragmentar as curvas de nível (Figura 2.14). Em seguida descreve-se o processo de afinamento ou esqueletonização que promove a redução dos pixels que formam uma curva de nível até que o conjunto atinja uma espessura unitária. Efetivada a esqueletonização da imagem, parte-se então para a vetorização da imagem que busca extrair o subconjunto de pixels que define uma mesma curva de nível, obtendo-se, então, um conjunto de pontos amostrais com suas coordenadas (x, y, z).

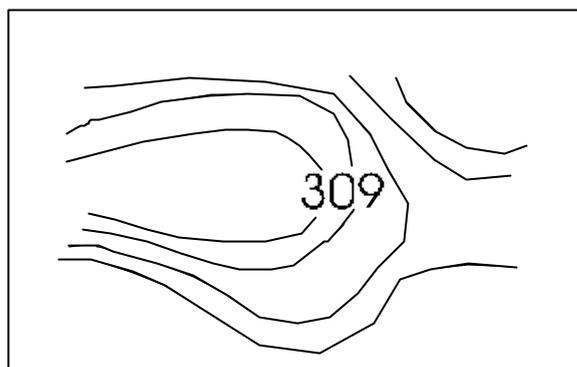


Figura 2.14 Curvas de nível com cota superposta

➤ **Preparação dos documentos analógicos**

No processo semi-automático, a etapa inicial consiste na preparação da carta topográfica que se deseja utilizar para o processo de rasterização das informações de interesse - as curvas de nível. Uma das formas de obter estas informações é através de uma cópia em positivo do plástico de gravação mecânica<sup>2</sup> referente à carta que se deseja rasterizar.

➤ **Binarização da imagem**

Esta etapa tem a finalidade de separar e de selecionar as informações através da binarização da imagem. Utilizando um filtro -Limiar- através de editores gráficos, o operador poderá observar no monitor o valor que apresenta a melhor resposta após a binarização. Ao final desta operação, a informação estará separada do fundo, restando na imagem apenas os níveis de cinza "0" e "1". O valor "1" (preto) estará associado à informação, e o valor "0" (branco) estará associado ao fundo.

➤ **Afinamento de curvas de nível.**

Um dos pré-requisitos para o processo de vetorização é a operação de afinamento das linhas que representam as curvas de nível. Essa operação, também chamada de esqueletonização, tem a finalidade de reduzir a espessura das linhas a um pixel.

Varella [VAR92] descreve que o método clássico, assim como os outros, baseia-se na busca dos pixels de contorno para, em seguida, verificar se estes fazem parte ou não do esqueleto da imagem. Os pixels ditos não esqueléticos são eliminados e os esqueléticos são preservados. O processo é repetido até que toda a imagem seja formada apenas de pixels ditos esqueléticos. Um pixel P1 (Figura 2.15) é dito de contorno se ele possui na sua vizinhança-4 (P2,P4,P6,P8) pelo menos um nulo.

A obtenção do esqueleto, reduz-se inicialmente, a identificação dos pixels esqueléticos. A identificação é feita com uma varredura pixel a pixel na imagem e pode ser feita através de operações locais com janelas  $3 \times 3$  (Figura 2.16) sobre os pixels de contorno. Um pixel é dito esquelético se sua vizinhança-8 coincidir com um dos padrões da Figura 2.17. Em todos os padrões no mínimo um elemento marcado por A ou B precisa ser não nulo. O primeiro padrão rotacionado uma vez de  $90^0$  e o segundo padrão rotacionado três vezes de  $90^0$  também devem ser considerados.

O método clássico consiste, então, para cada iteração de afinamento, de 04 varreduras na imagem, um para cada valor de N, onde N assume os valores de 0,2,4 e 6 dos seguintes passos:

PARA V = 1 ATÉ 4

TESTAR SE O PIXEL TEM VIZINHANÇA ZERO

SE VERDADE

---

<sup>2</sup> O plástico de gravação mecânica é um plástico estável constituído de uma base coberta por uma película que permite a gravação de traços nítidos por meio de instrumentos apropriados, fazendo com que o plástico funcione como um negativo fotográfico.

```
TESTAR SE É ESQUELETAL
SE VERDADE
    MARCAR COM CÓDIGO 2
SE FALSO
    MARCAR COM CÓDIGO 3
SE FALSO
    IR PARA O PRÓXIMO PIXEL
END PARA
    APAGAR PIXEL COM CÓDIGO 3
```

Onde V= número de iterações.

P9	P2	P3
P8	<b>P1</b>	P4
P7	P6	P5

Figura 2.15 Designação dos 9 pixels da janela 3×3.

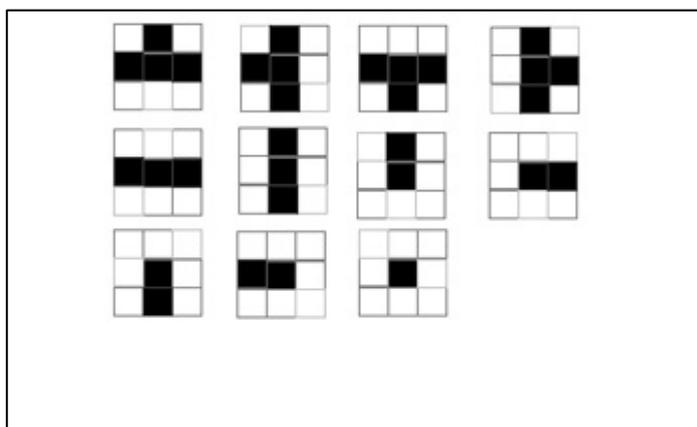


Figura 2.16 Padrões de contorno

	A	A	A			A	A	A	
	0	1	0			A	1	0	
	B	B	B			A	0	1	

Figura 2.17 Padrões de pixels esqueléticos

### ➤ **Processo de vetorização**

Nesta seção serão discutidos dois métodos de vetorização: o método descrito no trabalho de Sanchez(1990) citado em [REC93], que realiza a vetorização dos dados através da extração de arcos e o método que realiza a extração ao longo da varredura ("map scanning").

Rechiuti [REC93] propõe a conversão raster-vetor por um processo misto, que engloba ambos os métodos citados acima. Nesta proposta, a vetorização dos dados se inicia com uma varredura que começará pelo pixel situado na extrema esquerda da primeira linha da imagem. A varredura é executada linha a linha, e cada vez que é encontrado um ponto (pixel) com informação (nível de cinza 1) o algoritmo passa a percorrer a isolinha até o seu final. Como a imagem está binarizada e afinada, isto é feito através da análise da vizinhança-8 de cada pixel da isolinha. A cada pixel de coordenadas de imagem (L, C) detectado, são atribuídas as coordenadas vetoriais (x, y) do ponto correspondente. Ao mesmo tempo que cada pixel é detectado, o valor do nível de cinza do mesmo é trocado de "1" para "0", eliminando-se da imagem os pixels já vetorizados. Como resultado, será obtida uma tabela que conterá o nome do elemento (por exemplo, CURVA 1), o número de pontos do elemento, e o "array" das coordenadas (x, y) dos pontos.

Uma vez terminado o processamento da primeira isolinha, o cursor retorna à posição inicial do primeiro pixel encontrado com informação de nível de cinza "1", (localizado neste caso, na primeira linha da imagem), e continua a varredura até encontrar um outro pixel com informação. Esta seqüência de ações se repete até que todas as isolinhas da imagem sejam vetorizadas.

Depois que todas as linhas estiverem vetorizadas, parte-se para uma rotulação das mesmas, atribuindo-se os valores das altitudes a cada uma das isolinhas gerando-se, assim, um arquivo digital com os valores das coordenadas (x, y, z). Esta rotulação pode ser efetuada tanto através de um procedimento de posicionar o cursor sobre a isolinha editada e digitando o valor pelo teclado, como gerando um procedimento para o preenchimento de um campo do registro referente a cada isolinha.

### ➤ **Materiais e Métodos**

Após a preparação dos documentos analógicos utiliza-se uma *scanner* compatível com o formato da carta que se deseja rasterizar. Os *scanners* mais simples são encontrados desde os formatos A0 até A4, com resoluções variando entre 300 e 1200 dpi. Para o tratamento de mapas, a resolução mínima exigida é de 600 dpi, mas mesmo utilizando-se esta resolução, a imagem escaneada pode apresentar serrilhamento (quebras na continuidade da imagem), o que pode prejudicar sua visualização e, mais tarde, sua vetorização.

Um outro parâmetro que pode ser usado para identificar uma *scanner* é a resolução radiométrica. Ela está intimamente ligada ao tamanho, em bytes, que o arquivo final (imagem) apresenta. A Tabela 2.1 mostra a relação entre resolução de *scanners* e o tamanho do arquivo da imagem gerada.

Tabela 2.1. Relação entre resolução e tamanho da imagem.

Cores	Bits	Folha A4		Folha A1	
		300 dpi	1200 dpi	300 dpi	1200 dpi
2	2	2Mb	36,5Mb	15Mb	275Mb
16	4	4Mb	73Mb	30Mb	505Mb

256	8	8Mb	146Mb	60Mb	1100Mb
-----	---	-----	-------	------	--------

Outro fator que influencia na qualidade geométrica da imagem final é a velocidade da escanerização. Velocidades inadequadas podem causar o "arrastamento", apresentando uma deformação no sentido da escanerização da imagem.

A qualidade do original também tem grande influência na qualidade final da imagem. Originais rasgados, com marcas de fita adesiva ou sujus, resultam em imagem cheia de "ruídos", fazendo com que uma edição desta imagem seja necessária para eliminar estes problemas.

#### 2.2.2.2. Processo automatizado de reconhecimento de mapas

Difere do processo semi-automático, principalmente por existir uma etapa inicial de pré-processamento que elimina os ruídos da imagem escanerizada sem a necessidade de intervenção do operador. A operação de afinamento assemelha-se ao processo semi-automático, enquanto o processo de vetorização é composto do cálculo da função de vizinhança de todos os pixels da imagem, levando-se em conta que alguns elementos gráficos de classes distintas se encontram conectados. Por exemplo, a malha do sistema de coordenadas e diversas curvas de isovalores formam um único componente conectado. Este fato reproduz um estado de conectividade indesejável, que é resolvido com a inclusão de um processo que visa separar convenientemente as diversas classes de elementos do desenho.

A descrição das etapas do processo automatizado, está aqui restrita à etapa de pré-processamento, pois em Varella [VAR92] encontram-se os vários algoritmos utilizados nas diversas fases do processo.

#### ➤ **Pré-processamento da imagem**

O pré-processamento elimina os ruídos da imagem, preparando-a para o afinamento. Em Ramachandran (1980) apud [VAR92], dois métodos são propostos: o método para remoção de ruídos e o método de preenchimento de vazios, que exploram as características físicas das linhas do desenho, tais como: espessura mínima (0.25mm) e distância entre linhas (0.3048mm).

Duas outras técnicas para o pré-processamento de imagens binárias são ainda sugeridas: A remoção de pixels isolados e a técnica que promove a reconstrução de linhas fragmentadas (Figura 2.18), também conhecida como suavização direcional. A remoção de pixels isolados é feita utilizando-se a função OU EXCLUSIVO na vizinhança-8 para identificação dos padrões isolados. A reconstrução de linhas fragmentadas procura corrigir as falhas dos contornos, identificando as configurações do conjunto de pixels da Figura 2.19 e substituindo o pixel central (cor vermelha) por um valor preto, de forma a preservar a conectividade entre os elementos. Os pixels de cor branca indicam que o pixel pode estar aceso ou apagado.

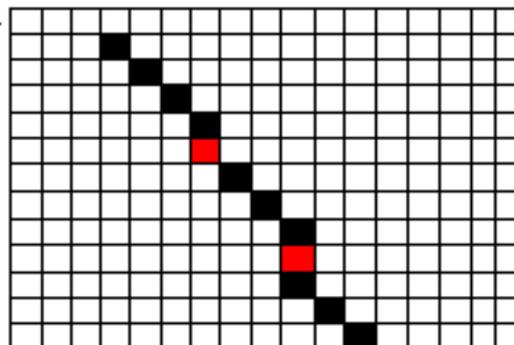


Figura 2.18 Linha fragmentada

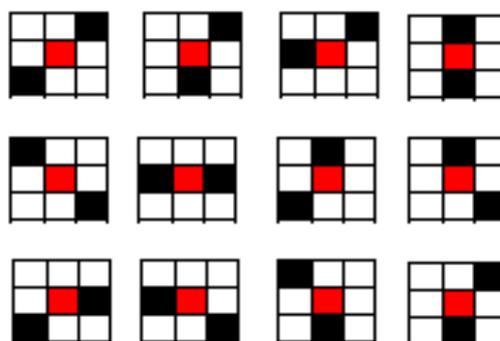


Figura 2.19 Suavização direcional

### 2.2.2.3. A Estrutura dos Arquivos Rasterizados

A divisão do espaço na estrutura raster é obtida através de uma malha com linhas verticais e horizontais espaçadas regularmente, formando um conjunto de células ou "pixels". As dimensões dos pixels definem a resolução da malha.

A relação espacial entre pixels é função das coordenadas da malha. Sua forma regular facilita a localização de um ponto ou ainda análises simples tais como a determinação de vizinhança e cálculo de distâncias.

Os dados são estruturados como um conjunto de células localizadas em coordenadas contíguas, implementadas como uma *matriz 2D*. Cada célula é referenciada por índices de linha e coluna e contém um número representando o tipo ou o valor do atributo mapeado (Figura 2.20).

Assim, após o processo de reconhecimento de um mapa de curvas de nível, tanto no processo automático como no processo semi-automático, obtém-se um conjunto de coordenadas (x,y,z) dos pontos que formam cada isolinha da região escaneizada.

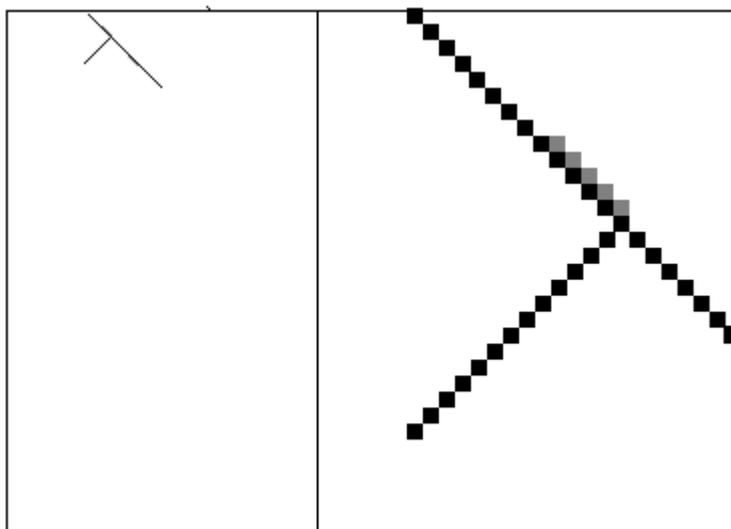


Figura 2.20 Matriz de pixels

### 2.3. Aquisição utilizando receptores GPS (Global Positioning System)

A coleta de dados topográficos obtidos por teodolitos e registrados em cadernetas de campo tornou-se tão obsoleta que nos dias atuais é utilizada somente para pequenas obras de engenharia.

Em aplicações onde se exige uma maior precisão na representação dos dados reais em um modelo, utiliza-se o GPS. O GPS fornece informações precisas de data, hora, velocidade, posição e direção em qualquer lugar da terra. As informações que o sistema GPS fornece estão disponíveis para utilização por engenheiros, agrônomos, entre outros profissionais.

O sistema GPS é composto por 24 satélites estacionários (21 operando e 3 de reserva), que circulam a terra num período de 12 horas, a uma distância de 20200 Km. São necessários 3 satélites para se obter a latitude e a longitude de um ponto e um 4º satélite para obtenção de sua altitude. Uma outra informação muito importante é o DATUM. Trata-se de uma projeção, uma vez que a terra não é exatamente esférica, ou seja variações de grau nos pólos são diferentes das

variações no equador. Diversos padrões de DATUM (ver APÊNDICE A) como o WGS 84, o SAD 69, e outros, foram estabelecidos para localização de pontos na superfície terrestre, objetivando reduzir erros de posicionamentos[PRI96].

### 2.3.1. Estrutura e tratamento de arquivos GPS

Os dados obtidos a partir de um receptor GPS são organizados segundo padrões especificados com recomendações mínimas que são identificados através dos arquivos de informações gerados pelo receptor. Após a recepção dessas informações, estes arquivos são transferidos através de meio magnético para serem processados em um ambiente de microcomputador utilizando-se um programa específico que gerará um outro arquivo de saída, cujo formato dos dados variará conforme o programa que acompanha o GPS. Um dos formatos mais comuns está descrito na Figura 2.21; outros relatórios estão exemplificados no capítulo 4.

#pt	LATITUDE	LONGITUDE	HEIGHT	TIME	ATTRIBUTE
-----	----------	-----------	--------	------	-----------

Figura 2.21 Arquivo de dados de processamento GPS.

O processo de obtenção de dados a partir de receptores GPS, representado pelo diagrama da Figura 2.22, é iniciado com o levantamento da amostra em campo, seguido pela transferência das informações obtidas em meio magnético para um programa específico de cada fabricante. O processamento destas informações, gera um relatório eletrônico com informações de interesse para o usuário. O relatório eletrônico gerado será utilizado para disponibilizar os valores das coordenadas (x,y,z), através da interface aqui desenvolvida, para a geração de modelos digitais de terrenos (Figura 2.23).

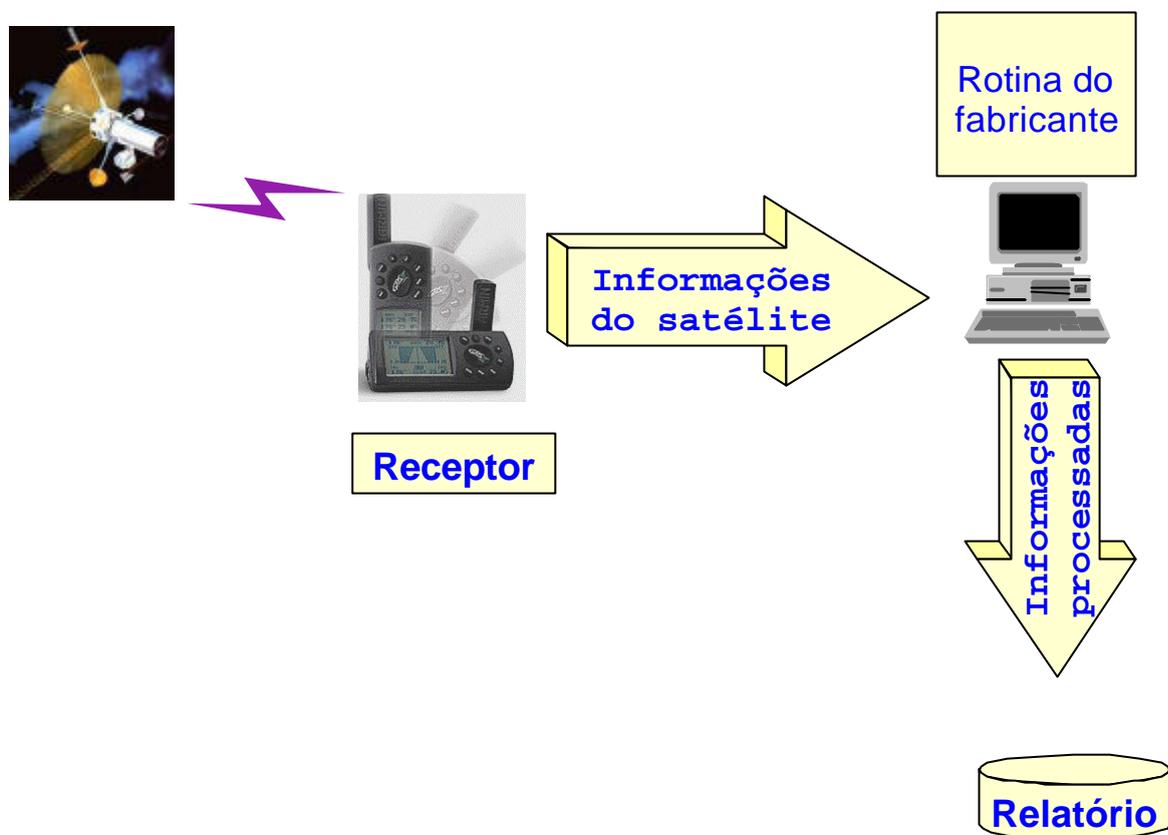


Figura 2.22 Técnica de obtenção da amostra por GPS

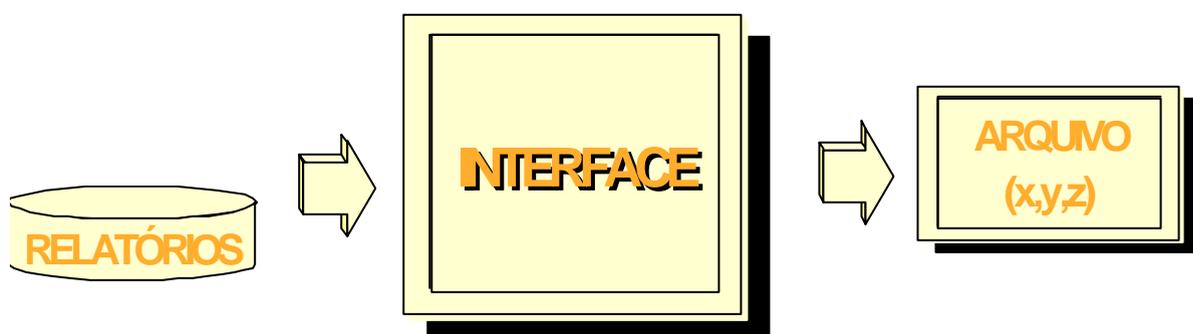


Figura 2.23 Processo de geração do arquivo padrão

## 2.4. Aquisição de dados por Aerolevamento

A obtenção de fotografias aéreas é feita através de câmaras (também chamadas de sensores de quadro) acopladas a um avião e fazem a captura de uma cena por inteiro de uma só vez. Quando fotografa-se uma cena, as informações obtidas dizem respeito à “estática” do instante em que a foto foi retirada. O sobrevôo de uma determinada região deve seguir uma determinada trajetória para que se consiga fotos do mesmo local de dois pontos de vista distintos, para obtenção de estereoscopia.

O sistema orbital SPOT<sup>3</sup> possui um mecanismo especial de apontamento que permite o imageamento fora do nadir, isto é, o instrumento pode ter seu apontamento deslocado entre 0° e 27° perpendicularmente à órbita, o que permite a obtenção de imagens numa faixa de 950 km de largura, centrada na órbita do satélite. Este sistema possibilita a obtenção de pares estereoscópicos (Figura 2.24), o que torna os dados do SPOT extremamente úteis para aplicações cartográficas e geração de modelos digitais de terrenos.

---

<sup>3</sup> Programa sob gerência da Agência Espacial Francesa - CNES, que tem por objetivo o lançamento de satélites cartográficos e de recursos naturais, atualmente mantendo seus três satélites totalmente operacionais e garantindo a disponibilidade de imagens por mais uma década.

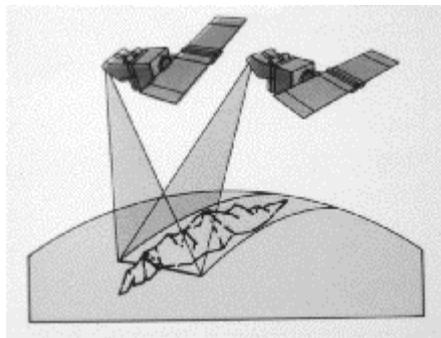


Figura 2.24 Órbita de satélite para geração de pares estereoscópicos

#### 2.4.1. Geração de uma Ortofoto Digital

Fotografias aéreas tomadas a partir de câmaras aéreas não apresentam escala homogênea, ou seja, a escala difere de ponto a ponto dependendo da distância que a câmara se encontra em relação à superfície do terreno. Os deslocamentos de imagem devido ao relevo e às inclinações da câmara aérea durante a tomada de fotografias são eliminados por um processo denominado *retificação diferencial*, dando origem ao que se chama de ortofoto. Esta é geometricamente equivalente a um mapa convencional obtido através de levantamentos aéreos ou terrestres, com a vantagem de apresentar os detalhes do terreno através de uma imagem fotográfica [MER97].

Uma ortoprojeção (ortofoto) é obtida através de uma projeção óptica direta de um dispositivo do modelo estereoscópico. Esta projeção óptica, associada a outras informações, tais como legenda e malha de coordenadas, é copiada através dos padrões estabelecidos para um sistema fotográfico convencional, para compor a ortofotocarta (Figura 2.25).

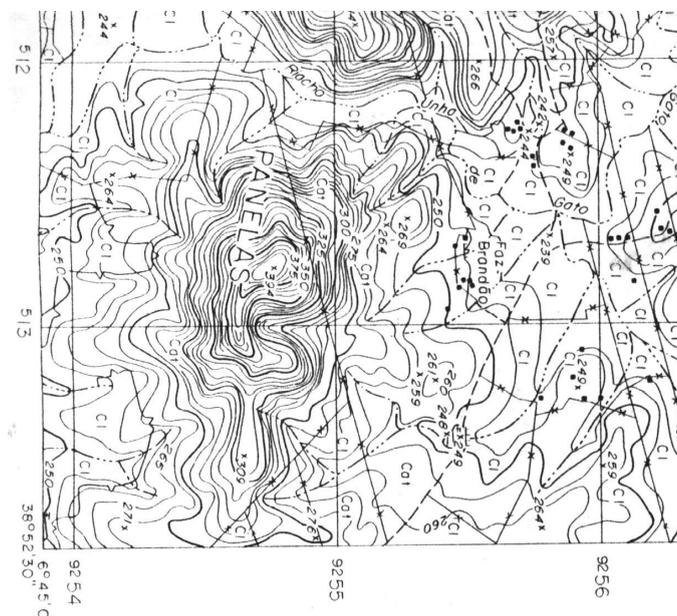


Figura 2.25 Ortofotocarta de uma região no interior do Ceará

As ortofotos vêm se tornando um instrumento de grande utilidade na geração de modelos digitais de terrenos, tendo em vista que as mesmas podem ser associadas à superfície topográfica modelada para compor o mapeamento de textura (Figura 2.26).

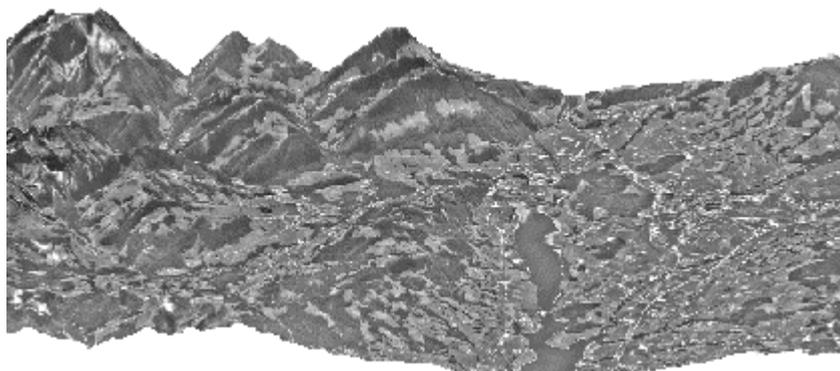


Figura 2.26 Orto-imagem obtida da associação de imagem de satélite (SPOT) sobre um DTM.  
Fonte : Automatic Digital Terrain Model Generation

## **2.5. Considerações**

Neste capítulo descreveram-se as principais técnicas de aquisição de dados utilizadas em levantamentos topográficos e geodésicos, objetivando extrair os dados necessários à construção de um modelo computacional da superfície de um terreno.

Inicialmente foi abordada a técnica onde são utilizadas as cadernetas de campo e os teodolitos para o levantamento plani-altimétrico do relevo de uma região, em seguida as técnicas de digitalização de mapas cartográficos e levantamentos efetuados com estações GPS, destacando-se as peculiaridades inerentes à precisão dos dados coletados e finalmente, uma descrição da técnica de aquisição de dados por aerolevanteamento.

A diversidade de fontes alternativas de aquisição de dados gerou a necessidade de se desenvolver uma interface para a obtenção do conjunto de pontos para entrada de dados em um sistema de modelagem digital de terrenos. A implementação desta interface será objeto de estudo do próximo capítulo.

## **CAPÍTULO 3**

### **A INTERFACE**

A Interface foi organizada em módulos definidos a partir dos arquivos ou relatórios originados das fontes de aquisição de dados. Tais módulos foram implementados combinando uma base de dados no formato paradox e um conjunto de variáveis de memória estruturados vetorialmente conforme exigências no processamento do arquivo de saída.

Na implementação dos procedimentos e funções para o processamento dos arquivos ou relatórios de entrada, a Interface foi codificada gerando os seguintes módulos: um módulo principal designado *Modelador* utilizado para chamada aos sub-módulos *Entrada de dados*, *Modelo*, e *Aplicações*, o módulo *Entrada de dados* por sua vez acessa os módulos *Cadernetas*, *Mapas digitalizados*, *GPS* e *Estação total*.

O módulo *Caderneta* apresenta a peculiaridade de os dados de entrada serem digitados via teclado, armazenados em memória e processados quando do término da digitação dos dados solicitados. Entretanto, a geração do arquivo de saída só é solicitado após o término da digitação, estando, assim, o usuário vulnerável a falhas de equipamento ou queda de energia. Para evitar tal risco foi implementada um rotina de gravação automática de arquivo que fica a critério do usuário.

Os relatórios originados por receptores GPS disponibilizam, em geral, os dados relativos às coordenadas dos pontos levantados, em coordenadas geográficas. Para tanto foi necessário implementar uma rotina que permita a transformação destas coordenadas em coordenadas planas UTM<sup>4</sup>, visto que de modelos de terrenos gerados a partir de coordenadas planas.

### **3.1. Procedimentos e Funções**

---

<sup>4</sup> Universal Transverse Mercator. Baseado na Projeção Cilíndrica Transversa Conforme, este sistema mantém a forma das figuras representadas, isto é, reduz a um mínimo as deformações angulares.

Para cada módulo da interface foram implementadas rotinas utilizando os recursos do software de desenvolvimento DELPHI R3.0 [OSI97], que utiliza recursos de linguagem baseada em objetos e eventos.

O software DELPHI R3.0 utiliza o Object Pascal como linguagem de base, que é uma linguagem baseada em objetos, fundamentada por um sólido compilador. Além de oferecer as facilidades de desenvolvimento rápido de aplicações através de ferramentas intuitivas e visuais, a linguagem permite aplicações WEB e a criação de componentes nativos e os reutilize em outros projetos.

Dentre os métodos (procedimentos e funções), destacam-se para cada módulo os seguintes:

<b>Método</b>	<b>Módulo</b>	<b>Descrição</b>
AquisicaoClick	<i>Modelador</i>	Acessa os módulos de aquisição de dados
ModeloClick	<i>Modelador</i>	Acessa um módulo de geração de modelos tridimensionais.
GeraAplic	<i>Modelador</i>	Acessa aplicações MDT's
SairClick	<i>Modelador</i>	Sai da interface.
ImportarClick	<i>Cadernetas, Mapas,GPS,Estação</i>	Permite importação de arquivos.
EditarClick	<i>Cadernetas, Mapas,GPS,Estação</i>	Acessa um editor de texto acesso a arquivos.
CriarClick	<i>Cadernetas, Mapas,GPS,Estação</i>	Criação de uma pasta de projeto.
GERACAMPOClick	<i>Cadernetas</i>	Cria, abre e grava o arquivo de saída do módulo.
GerarClick	<i>Cadernetas</i>	Processa e armazena em memória os dados de entrada.

Timer1Timer	<i>Cadernetas</i>	Ativa o aviso de gravação automática.
Timer3Timer	<i>Cadernetas</i>	Ativa gravação automática de arquivos.
Principal	<i>Cadernetas, Mapas,GPS,Estação</i>	Retorna ao menu principal.
OrigemCadClick	<i>Mapas</i>	Acessa o arquivo origem (*.dxf).
GeraCADClick	<i>Mapas</i>	Processa arquivo origem e grava arquivo de saída (*.txt).
ORIGEMGPSClick	<i>GPS</i>	Acessa arquivo de origem (*.fop,*.txt).
GeragpsClick	<i>GPS</i>	Processa arquivo origem e grava arquivo de saída.
ORIGEMTOTALClick	<i>Estação total</i>	Acessa arquivo de origem (*.trn).
GERANIKONClick	<i>Estação total</i>	Processa arquivo origem e grava arquivo de saída (*.txt).

### 3.2. Formato e *Layout* dos arquivos gerados

A Interface permite opções de geração de arquivos texto ou binário cujas coordenadas se encontram em uma sistema definido pelo usuário. No caso do módulo *Cadernetas* o sistema de coordenadas é em geral um sistema de coordenadas cartesianas arbitrário, com origem definida pelo profissional que efetua o levantamento ou define a poligonal. Nos módulos *GPS* e *Estação total* o arquivo gerado poderá se encontrar com as coordenadas no sistema UTM ou arbitrário.

Assim, temos para levantamentos efetuados em coordenadas UTM o seguinte *layout* do arquivo:

$E_1$	$N_1$	$H_1$
$E_2$	$N_2$	$H_2$
$E_3$	$N_3$	$H_3$
.....		
$E_n$	$N_n$	$H_n$

Onde :

$E_n$  = Coordenada em metros no sentido da linha do equador.

$N_n$  = Coordenada em metros no sentido Norte-Sul.

$H_n$  = Altitude Ortométrica.

$n$  = número de coordenadas da amostra.

Para coordenadas cartesianas com origem arbitraria, temos:

$x_1$	$y_1$	$z_1$
$x_2$	$y_2$	$z_2$
$x_3$	$y_3$	$z_3$
.....		
$x_n$	$y_n$	$z_n$

Onde :

$x_n$  = Coordenada relativa ao eixo abcissas.

$y_n$  = Coordenada relativa ao eixo das ordenadas.

$z_n$  = Coordenada relativa ao eixo Z que representa a cota do ponto.

$n$  = número de coordenadas da amostra.

### 3.3. Considerações

O processo de implementação da interface gráfica foi iniciada com a escolha de uma metodologia baseada em objetos, levando-se em conta as facilidades apresentadas por esta metodologia diante da definição do problema. A análise foi feita com o envolvimento de profissionais e usuários ligados à área de engenharia, topografia e cartografia, e através de um estudo na entrada de dados em sistemas de modelagem digital de terrenos.

Neste capítulo foram apresentados os módulos que compõem a Interface gráfica, as rotinas (funções e procedimentos implementados), assim como o formato dos dados e o *layout* do arquivo obtido após o processamento da amostra pela Interface.

O capítulo seguinte abordará o processamento de amostras obtidas através das técnicas de aquisição de dados citadas no capítulo 2 e exemplos de visualização de modelos tridimensionais gerados por estas amostras.

## CAPÍTULO 4

## PROCESSAMENTO DE AMOSTRAS PELA INTERFACE

Neste capítulo, são apresentados os resultados do processamento de arquivos e relatórios gerados por equipamentos utilizados nas técnicas de aquisição de dados topográficos, sendo também geradas algumas imagens modeladas a partir das amostras processadas.

### 4.1 Amostra obtida a partir de caderneta de campo

As coordenadas processadas pela interface utilizando dados armazenados em cadernetas de campo foram digitadas via teclado e o resultado do processamento disponibilizado em um arquivo texto. A Tabela 4.1 apresenta na coluna 1 os valores das *coordenadas* (x,y,z) relativos aos vértices da poligonal (Figura 4.1), na coluna 2 o *azimute*, na coluna 3 a *base* (distância de um vértice da poligonal ao ponto genérico) e no Relatório 4.1 o arquivo gerado pelo processamento dos dados da Tabela 4.1.

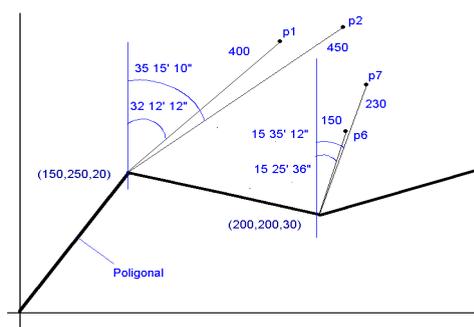


Figura 4.1 Poligonal irradiada

Tabela 4.1 Cálculo de coordenadas de pontos utilizando uma poligonal

Vértice da poligonal			Azimute (o ' ")	Base(m)	H(m)
X	Y	Z			
150	250	20	32 12 12	400	30
			35 15 10	450	35
			45 08 11	500	35
			55 14 02	250	40
			75 10 15	100	40
200	200	30	15 25 36	150	40
			15 35 12	230	45
			45 12 10	280	45
			60 10 05	350	50
			64 02 02	400	50
			14 20 20	450	60
			24 25 12	480	60
			18 29 24	500	60
			48 19 24	550	60

Utilizando os dados apresentados na Tabela 4.1, e o módulo *Cadernetas* da interface (Figura 4.2) obtemos, a partir dos azimutes, das bases e dos vértice da poligonal, as coordenadas dos pontos que se deseja calcular.

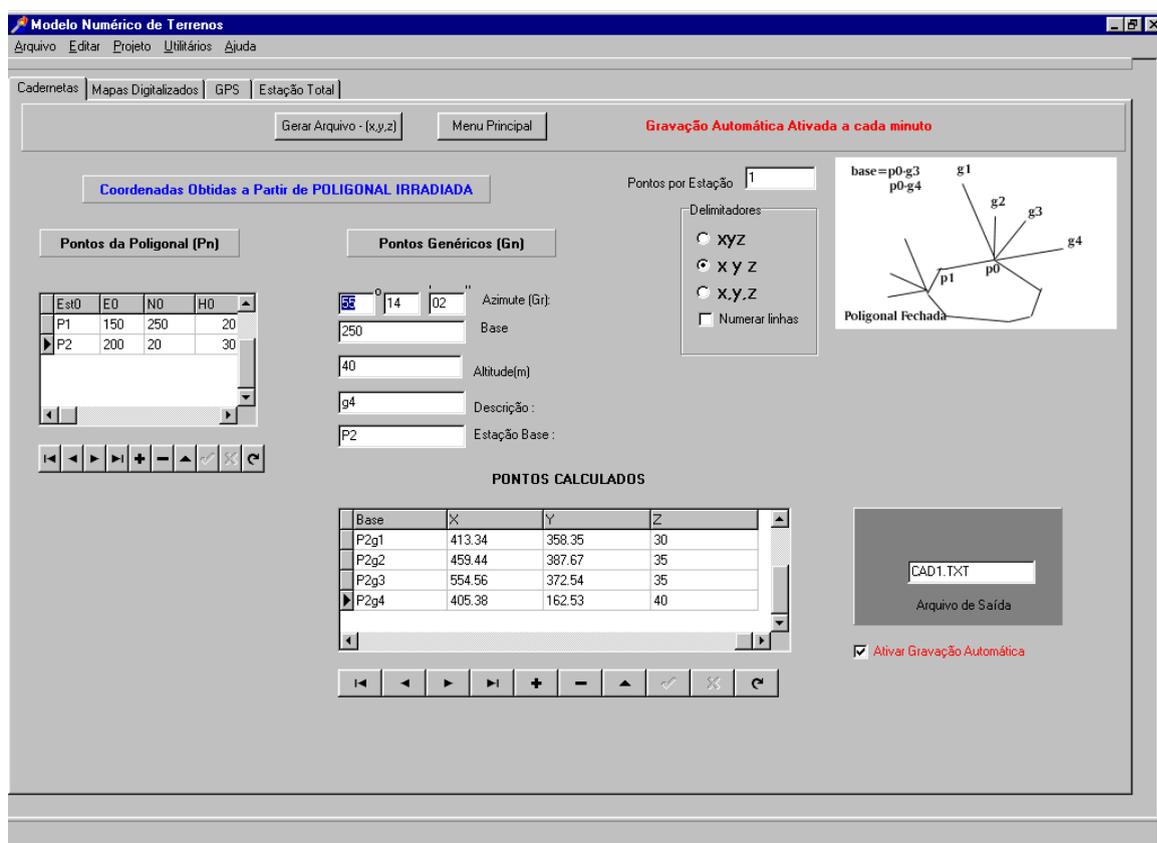
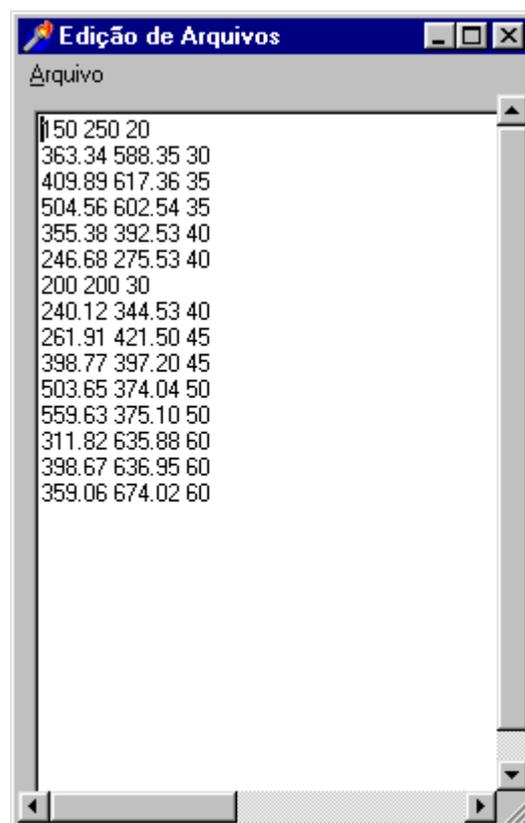


Figura 4.2 Módulo da Interface para processamento de dados tabulados em cadernetas



A screenshot of a Windows Notepad window titled "Edição de Arquivos". The window contains a text file named "Arquivo" with 15 lines of coordinate data. The data is presented as a list of numbers, with each line containing four values separated by spaces. The values are: 50 250 20, 363.34 588.35 30, 409.89 617.36 35, 504.56 602.54 35, 355.38 392.53 40, 246.68 275.53 40, 200 200 30, 240.12 344.53 40, 261.91 421.50 45, 398.77 397.20 45, 503.65 374.04 50, 559.63 375.10 50, 311.82 635.88 60, 398.67 636.95 60, and 359.06 674.02 60.

50	250	20
363.34	588.35	30
409.89	617.36	35
504.56	602.54	35
355.38	392.53	40
246.68	275.53	40
200	200	30
240.12	344.53	40
261.91	421.50	45
398.77	397.20	45
503.65	374.04	50
559.63	375.10	50
311.82	635.88	60
398.67	636.95	60
359.06	674.02	60

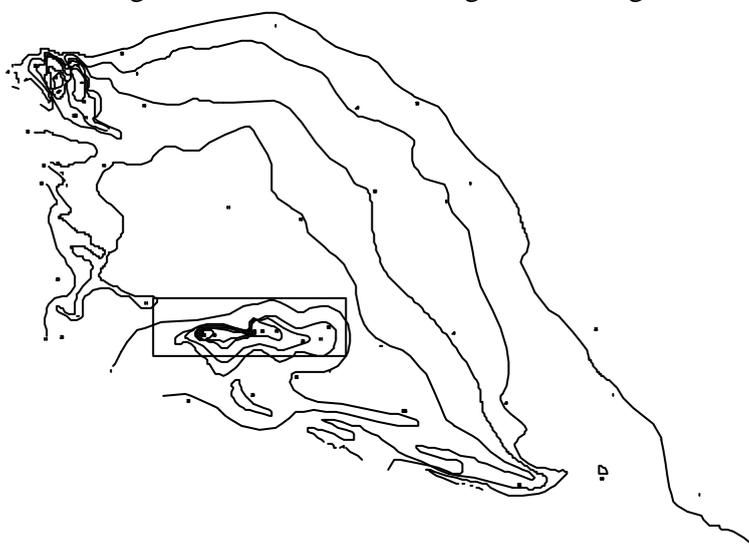
Relatório 4.1 Arquivo de coordenadas gerado da Tabela 4.1

## 4.2 Amostra obtida por digitalização de cartas topográficas

Nesse tipo de amostra serão apresentados dois arquivos digitalizados utilizando o software AUTOCAD R13 com amostras de duas regiões, uma região próxima a Fortaleza no município de Paracuru, e outra no município de Tauá, Estado do Ceará. As curvas de nível bidimensionais com uma diferença de cota de 5m estão representadas na Figura 4.3 e o módulo da interface que processa o arquivo na Figura 4.4. Uma amostra parcial da carta relativa à área selecionada na Figura 4.3 é exibida na Figura 4.5 e o arquivo parcial das coordenadas obtidas no Relatório 4.2. O arquivo original se encontra no formato (DXF) e será aqui denominado CARTA DE PARACURU.

A segunda amostra é um arquivo digitalizado de uma região no município de TAUÁ Estado do Ceará, que será denominado CARTA DE TAUÁ com as curvas de nível mostradas na Figura 4.6, um detalhe na Figura 4.7, um relatório parcial do processamento no Relatório 4.3 e uma visualização tridimensional na Figura 4.8.

Figura 4.3 Curvas de nível digitalizada - região de Paracuru



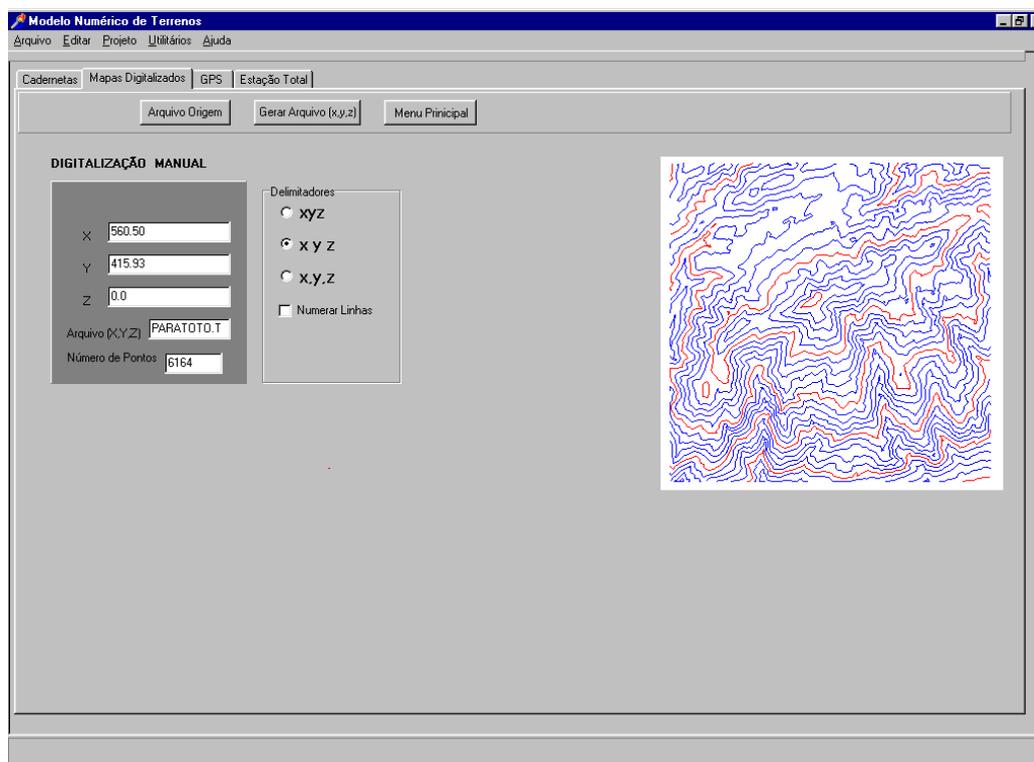
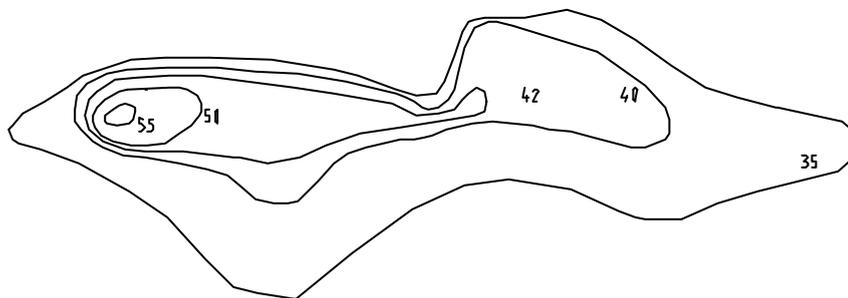
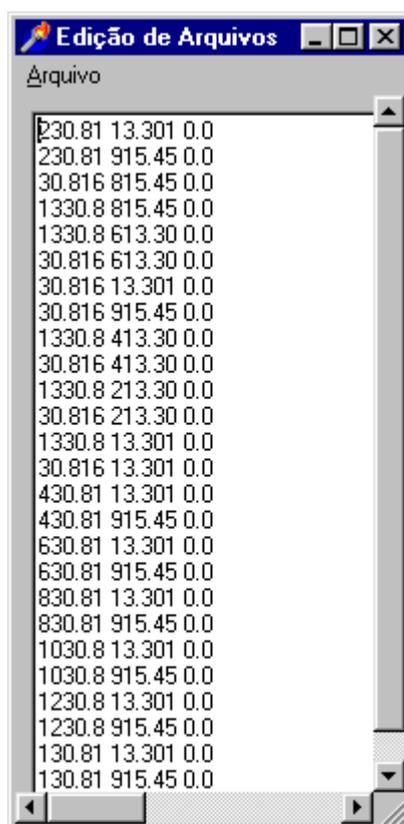


Figura 4.4 Módulo da Interface para o processamento de arquivos digitalizados



25

Figura 4.5 Detalhe do retângulo da CARTA DE PARACURU



Relatório 4.2 Arquivo parcial de coordenadas (x,y,z) da CARTA DE PARACURU

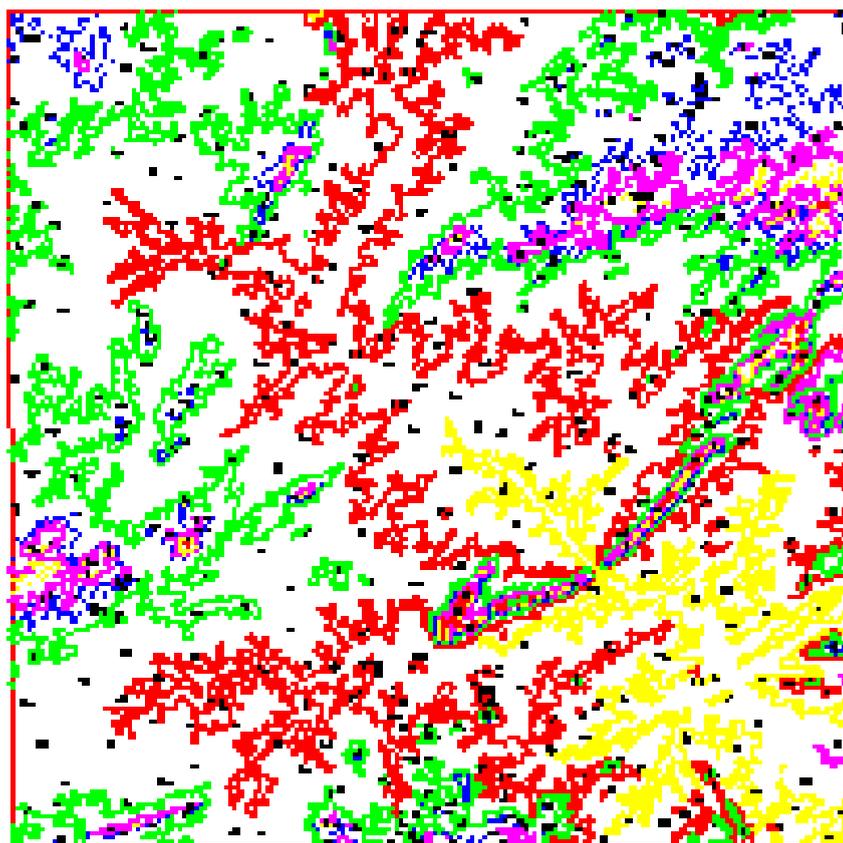


Figura 4.6 Curvas de nivel digitalizadas - CARTA DE TAUÁ

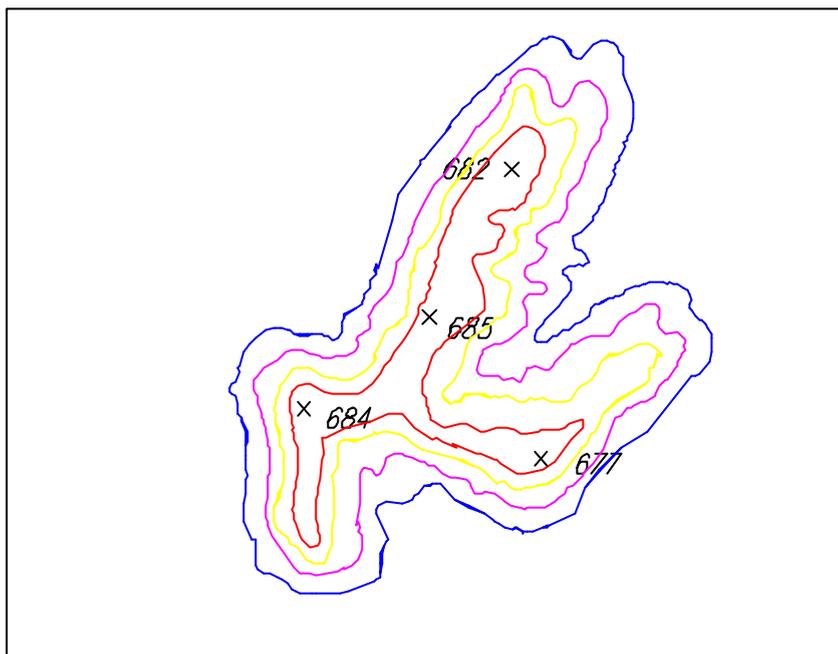
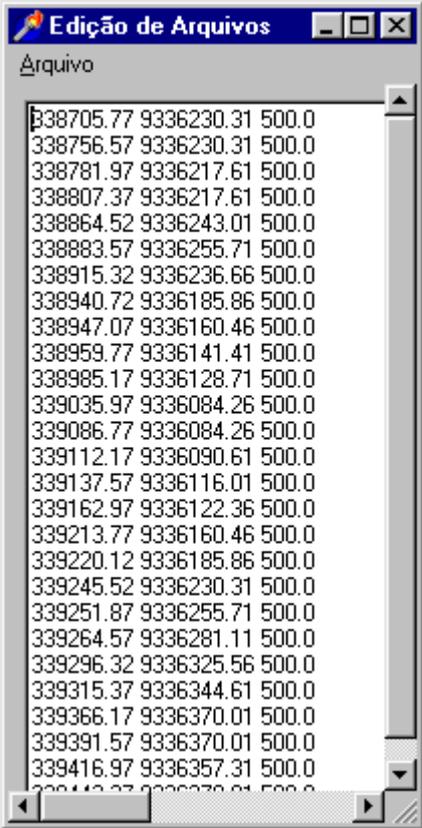


Figura 4.7 Detalhe de curvas de nível da CARTA DE TAUÁ



x	y	z
338705.77	9336230.31	500.0
338756.57	9336230.31	500.0
338781.97	9336217.61	500.0
338807.37	9336217.61	500.0
338864.52	9336243.01	500.0
338883.57	9336255.71	500.0
338915.32	9336236.66	500.0
338940.72	9336185.86	500.0
338947.07	9336160.46	500.0
338959.77	9336141.41	500.0
338985.17	9336128.71	500.0
339035.97	9336084.26	500.0
339086.77	9336084.26	500.0
339112.17	9336090.61	500.0
339137.57	9336116.01	500.0
339162.97	9336122.36	500.0
339213.77	9336160.46	500.0
339220.12	9336185.86	500.0
339245.52	9336230.31	500.0
339251.87	9336255.71	500.0
339264.57	9336281.11	500.0
339296.32	9336325.56	500.0
339315.37	9336344.61	500.0
339366.17	9336370.01	500.0
339391.57	9336370.01	500.0
339416.97	9336357.31	500.0

Relatório 4.3 Arquivo parcial das coordenadas (x, y, z) da CARTA DE TAUÁ

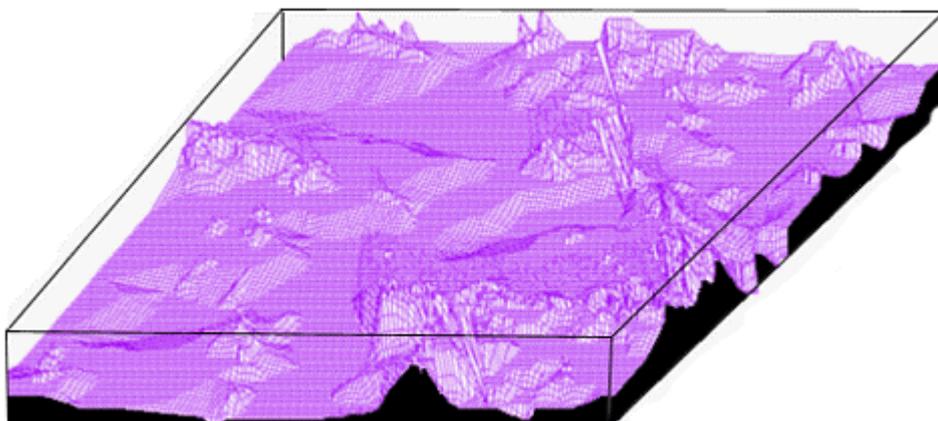


Figura 4.8 Modelo tridimensional do arquivo de coordenadas do Relatório 4.2

### **4.3 Amostra obtida a partir relatórios gerados por estação total.**

As amostras obtidas por estação total geram relatórios cujo conteúdo traz informações relativas às configurações do equipamento, ao sistema de coordenadas utilizado, às coordenadas de

origem do levantamento, ao sistema de unidades e às coordenadas dos pontos obtidos pelo levantamento, conforme descrito no Relatório 4.4.

Para efeito de demonstração, foi obtido um relatório de um levantamento efetuado em uma região de dunas no Município de Caucaia no Estado do Ceará com 141 pontos cotados com distribuição irregular com um equipamento da marca WILD. O módulo da interface (Figura 4.9) utilizado para processar o arquivo original disponibilizou os valores das coordenadas (x,y,z), conforme o Relatório 4.5. A Figura 4.10 exibe uma visão tridimensional do modelo.

```

CO,Dist Units: Metres
CO,Angle Units: Degrees
CO,Zero azimuth: North
CO,Zero VA: Zenith
CO,Coord Order: NEZ
CO,HA Raw data: Azimuth
CO,Sea Level Adjustment: Off
CO,Scale Adjustment: Off
CO,Scale Factor: 0.0000
CO,C & R Adjustment: On
CO,C & R Coefficient: 1320.0000
CO,2,9, ,NS001,
MP,1, ,300.0000,400.0000,5.0000,
ST,1, ,2, ,1.5700,0.0000
CC,2, ,316.9400,400.0000,4.0700,CR1
CC,3, ,254.4700,382.8100,4.9700,CR1
CC,4, ,285.8660,390.9480,4.4330,CR2
CC,5, ,277.7400,421.6200,5.9600,CR2
CC,6, ,275.2200,431.0500,7.9400,CR2
CC,7, ,269.6900,455.7600,16.4400,C2
CC,8, ,294.0200,398.3300,4.7900,PS
CC,9, ,351.3100,487.4200,22.0200,EJ2
CC,10, ,435.7900,445.1600,33.4400,EJ3
CC,11, ,386.8500,280.6400,15.6400,3J3
CC,12, ,328.5300,402.5000,4.0200,C
CC,13, ,321.1100,381.5000,3.6700,C
ST,11,EJ3,1, ,1.3900,126.0227
ST,11,EJ3,1, ,1.3900,126.0227
CC,12, ,400.2400,264.2300,14.5600,D
CC,13, ,449.0900,259.3000,12.4600,D
CC,14, ,481.6100,259.0300,11.4200,D
CC,15, ,498.7400,265.6800,11.9800,D

```

Relatório 4.4 Relatório parcial da amostra DUNAS

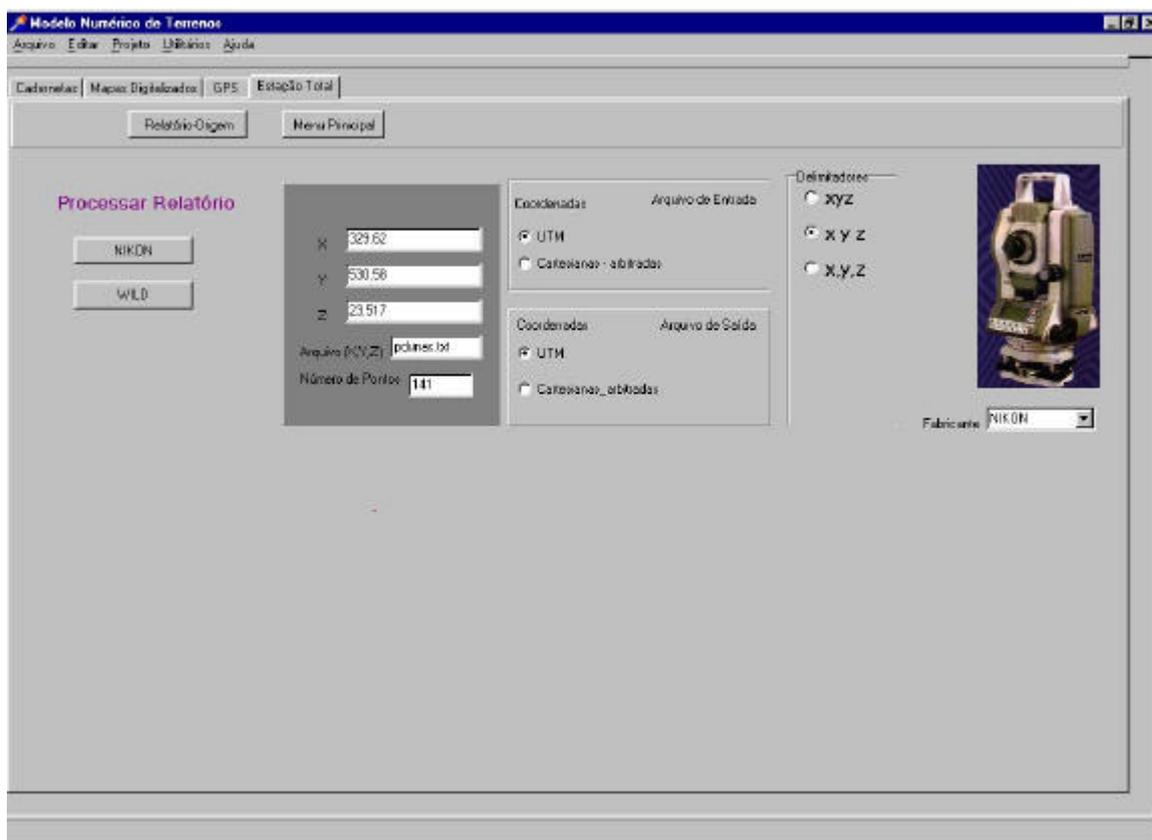
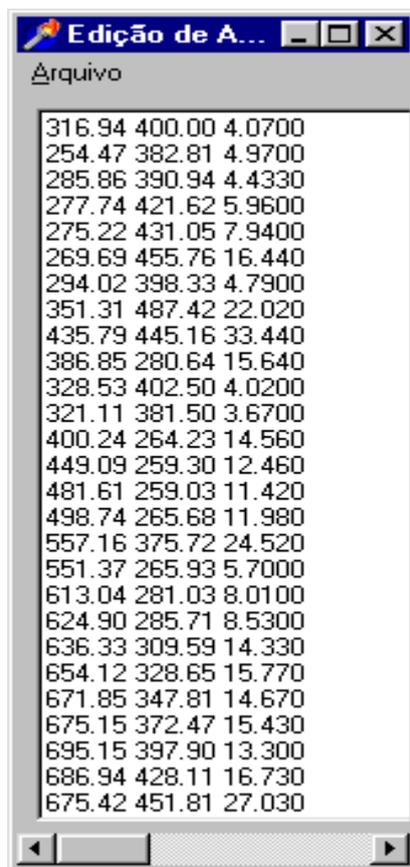


Figura 4.9 Módulo para processamento de relatórios de Estação Total



Edição de A...

Arquivo

316.94	400.00	4.0700
254.47	382.81	4.9700
285.86	390.94	4.4330
277.74	421.62	5.9600
275.22	431.05	7.9400
269.69	455.76	16.440
294.02	398.33	4.7900
351.31	487.42	22.020
435.79	445.16	33.440
386.85	280.64	15.640
328.53	402.50	4.0200
321.11	381.50	3.6700
400.24	264.23	14.560
449.09	259.30	12.460
481.61	259.03	11.420
498.74	265.68	11.980
557.16	375.72	24.520
551.37	265.93	5.7000
613.04	281.03	8.0100
624.90	285.71	8.5300
636.33	309.59	14.330
654.12	328.65	15.770
671.85	347.81	14.670
675.15	372.47	15.430
695.15	397.90	13.300
686.94	428.11	16.730
675.42	451.81	27.030

Relatório 4.5 Arquivo parcial das coordenadas da amostra DUNAS

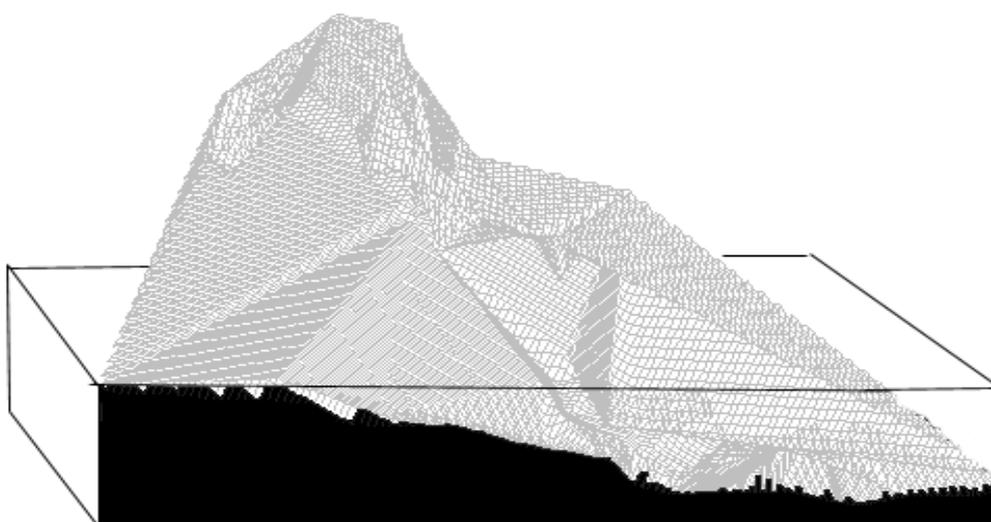


Figura 4.10 Modelo tridimensional do arquivo de coordenadas do Relatório 4.5

#### **4.4 Amostra obtida por relatórios GPS**

As amostras obtidas por receptores GPS geram relatórios cujo conteúdo traz informações relativas a configurações da estação, ao sistema de coordenadas utilizado, a parâmetros do

elipsóide, a estimativas de erros, intervalos de tempo para o rastreamento de um determinado ponto e outras informações que variam de fabricante para fabricante.

Os dados que serão utilizados como entrada de dados pelo modelador, em geral, são disponibilizados pelos receptores GPS em coordenadas geográficas, ou seja longitude e latitude. Entretanto, para utilização destes dados é necessário que os mesmos estejam disponibilizados em um sistema de coordenadas planas. Para tanto foi desenvolvido uma rotina que possibilita a conversão de coordenadas geográficas em coordenadas UTM.

Um dos aspectos importantes na aquisição de dados por GPS é quanto à precisão e aos parâmetros utilizados, tais como, o DATUM, a precisão dos valores da latitude e longitude e a acuracidade na conversão de coordenadas geográficas em coordenadas planas, aspectos estes que são levados em consideração pela interface.

A amostra utilizada para exemplificar o processamento de um arquivo GPS pela interface foi obtida de um levantamento de 9 pontos na região de Limoeiro do Norte no Estado do Ceará e está mostrada parcialmente no Relatório 4.6. O relatório completo gerado por um equipamento da marca ASHTECH, assim como relatórios de outros fabricantes, encontram-se no APÊNDICE B. O arquivo processado pelo módulo correspondente da interface (Figura 4.11) disponibilizou os valores das coordenadas (x, y, z), mostrados no Relatório 4.7.

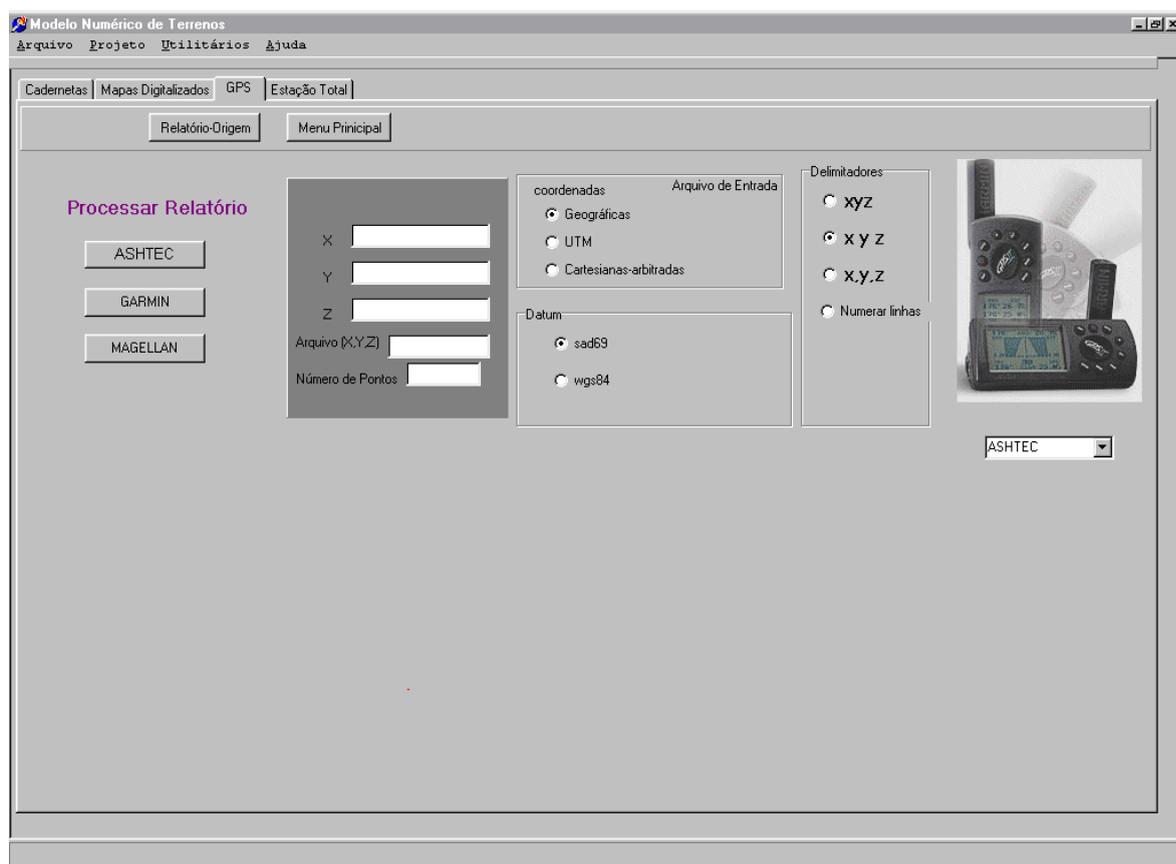


Figura 4.11 Módulo da Interface para processamento de relatórios GPS

LAT.

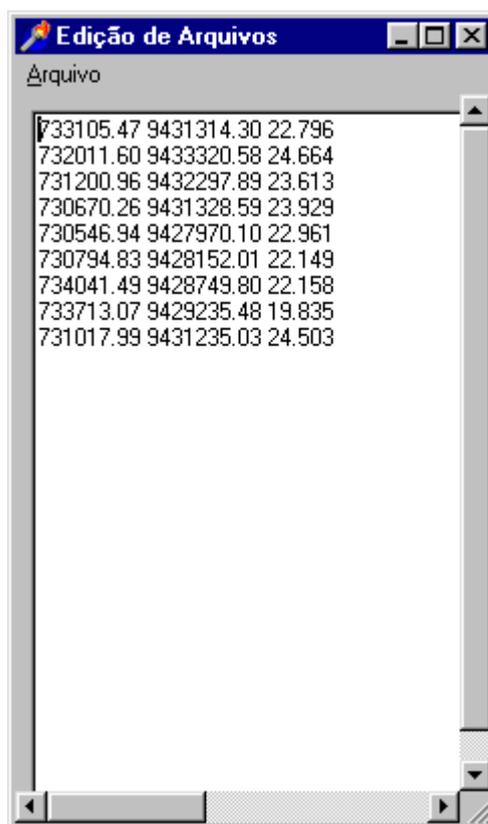
LON.

ELEV.

STD. ERRORS (m)

1	M719	-	5	8	29.23041	38	6	11.73118	22.796	0.000	0.000	0.000
2	M716	-	5	7	24.05147	38	5	35.98779	24.664	292.689390	.561390	.561
3	M714	-	5	7	57.42162	38	5	9.76546	23.613	297.969403	.505403	.505
4	M713	-	5	8	29.02469	38	4	52.62998	23.929	289.925397	.601397	.602
5	M711	-	5	10	18.34304	38	4	48.98020	22.961	281.782391	.704391	.704
6	M710	-	5	10	12.39628	38	4	57.01325	22.149	230.857329	.876329	.876
7	M709	-	5	9	52.59269	38	6	42.41019	22.158	230.835356	.813356	.813
8	BASE	-	5	9	36.82130	38	6	31.69012	19.835	177.956262	.076262	.076
9	M712	-	5	8	32.03273	38	5	3.93484	24.503	234.755332	.615332	.615

Relatório 4.6 Trecho de um relatório obtido de levantamento GPS



Relatório 4.7 Arquivo gerado a partir do relatório 4.6

## **4.5 Considerações**

A utilização da interface está sendo demonstrada com o processamento de amostras obtidas através das diversas técnicas de aquisição de dados aqui apresentadas. Para cada fonte de aquisição de dados foi gerado, pelo respectivo módulo, um arquivo padrão, que será utilizado na entrada de dados em sistemas de modelagem digital de terrenos.

Exemplos de modelos tridimensionais são apresentados utilizando arquivos gerados a partir de algumas fontes de aquisição de dados. Aplicações práticas que utilizam estes modelos serão descritas no próximo capítulo.

## **CAPÍTULO 5**

### **APLICAÇÕES DA INTERFACE**

Programas que utilizam modelagem digital de terrenos são ferramentas que vem sendo amplamente utilizadas na obtenção de informações de ordem prática para tomada de decisões em áreas como engenharia, arquitetura, agronomia entre outras.

Neste capítulo serão mostradas as possíveis aplicações práticas utilizando modelos digitais de terrenos, bem como exemplos de visualização de informações obtidas do processamento de uma amostra adquirida através de um receptor GPS e coletada em uma região de açudes no município de Pacajus no Estado do Ceará.

Será mostrada, também, a importância da Interface no tratamento dos dados de entrada da amostra citada acima, e sua utilização em conjunto com o sistema "AÇUDES" que foi desenvolvido pelo grupo de computação gráfica da UFC. Tal sistema disponibiliza mapas de curvas de nível, geração de perfis, bem como cálculos de volumes e áreas.

## 5.1 Aplicações

Diversas aplicações práticas em áreas como engenharia, arquitetura, telecomunicações, agronomia e cartografia fazem uso de modelos de digitais de terrenos para obtenção de informações relevantes para tomada de decisões. Dentre os exemplos de aplicações na engenharia, destacam-se a simulação prévia de locação e posicionamento de barragens visando a análise de custos, o estudo de impacto ambiental através de simulação de enchentes e a utilização de modelos para o traçado de estradas.

No campo da arquitetura, as informações sobre o relevo de uma região auxiliam na construção de redes de esgotos e escoamento de águas pluviais. Na área de hidrografia, modelos podem ser utilizados para prevenção de assoreamento de portos, e na área de telefonia celular, na determinação de posicionamento de antenas.

Dentre as informações morfológicas geradas a partir de uma amostra podemos citar:

- O valor da cota  $z$  de uma posição dentro do modelo, mas diferente da localização de pontos do conjunto de dados original.
- Mapas de curvas de isovalores com cota inicial e espaçamento entre cotas definido.
- Mapas com informações de declividade.
- Perfis ao longo de trajetórias sobre a superfície.

- Intervisibilidade entre dois pontos na superfície.
- Regiões visíveis a partir de um ponto.
- Visualização do modelo projetado.

A visualização de algumas informações morfológicas como um mapa de curvas de nível estão representados na Figura 5.1 e na Figura 5.2 com o contorno da região e o traçado do caminho na coleta dos pontos cotados de um reservatório.

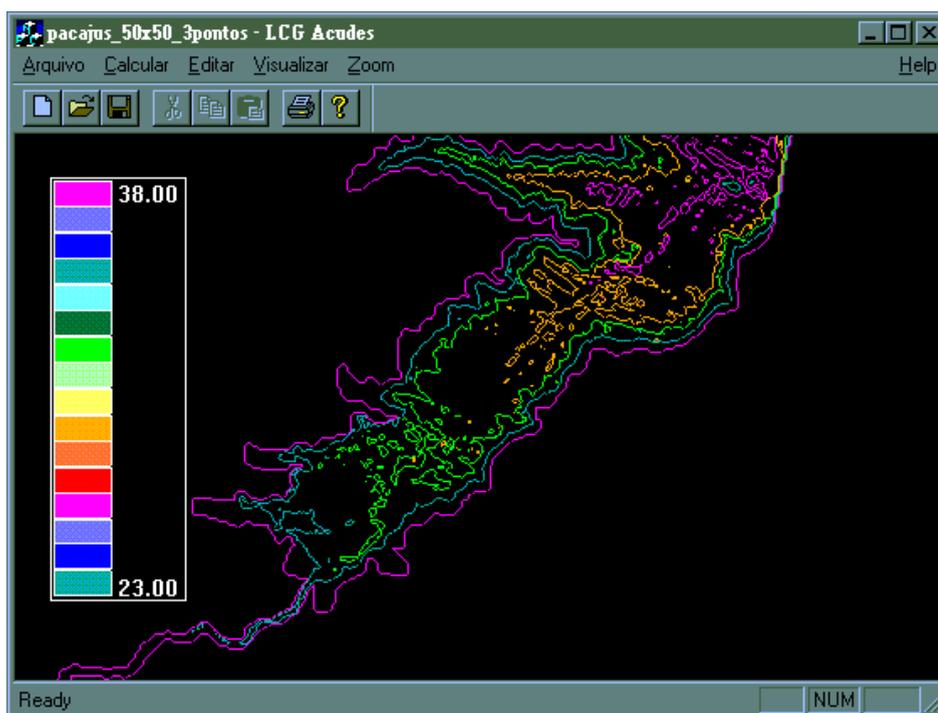


Figura 5.1. Curvas de nível exibidas a cada 3m

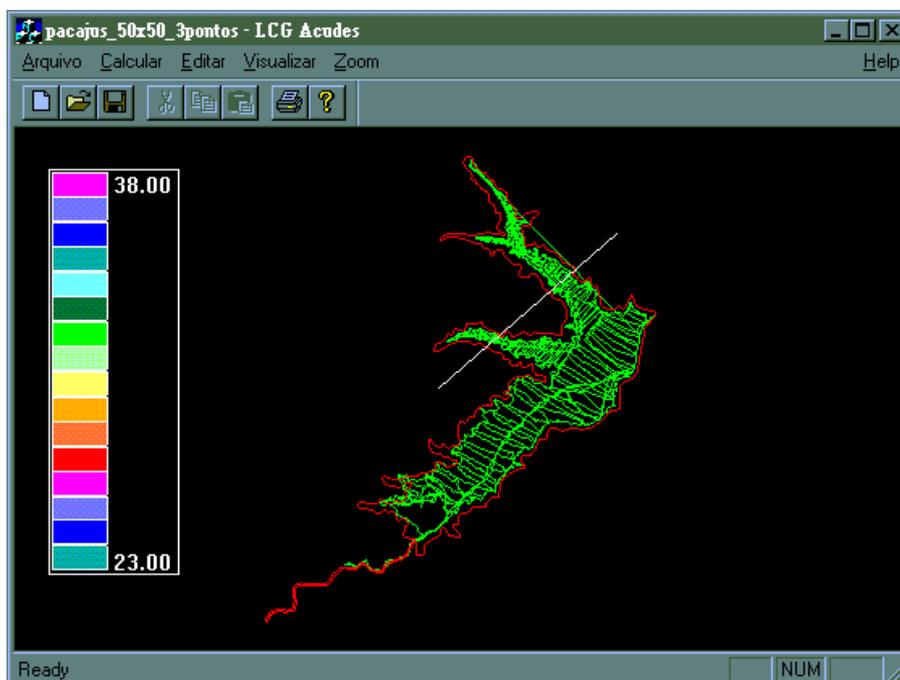


Figura 5.2. Visualização do caminho da batimetria e contorno do reservatório

## 5.2 Análise da precisão nos cálculos de volumes e áreas

Para avaliar a importância da entrada de dados em sistemas de modelagem de terrenos, tomamos como exemplo uma amostra de um levantamento efetuado em uma região de um reservatório de água localizada no município de Pacajus, Estado do Ceará, utilizando a interface para o tratamento dos dados de entrada e na conversão de coordenadas.

No levantamento plani-altimétrico, a coleta dos dados relativos às coordenadas (x,y) dos pontos foi efetuada utilizando um receptor GPS. A determinação da altitude foi feita utilizando-se um ecobatímetro.

A conversão de coordenadas geográficas em coordenadas planas - UTM foi feita inicialmente por aproximação<sup>5</sup>, posteriormente foi utilizada a interface para a conversão desta amostra em coordenadas UTM, onde a curvatura da terra é levada em consideração.

Após o tratamento dos dados de entrada, foi utilizado o sistema AÇUDES para o cálculo dos volumes e das áreas ao nível de três cotas (26,30,38). Os resultados obtidos e os erros observados no cálculo por aproximação estão registrados na Tabela 5.1 e na Tabela 5.2 respectivamente. Na coluna 2 (dois) da Tabela 5.1 estão mostrados os volumes das respectivas cotas, utilizando a conversão de coordenadas geográficas em UTM - planas por aproximação, na coluna 3 (três) da mesma tabela estão os volumes calculados com a utilização da interface na conversão de coordenadas, e na coluna 4 (quatro) a diferenças (erros), medidas em metros cúbicos, entre os volumes calculados.

Tabela 5.1 Cálculo dos volumes

<b>COTA</b>	<b>VOLUME(m3) Por aproximação</b>	<b>VOLUME(m3) Considerando a curvatura da terra</b>	<b>ERRO (m<sup>3</sup>)</b>	<b>ERRO (%)</b>
38	251,758,639.53	250,432,428.38	1,326,211.15	0.53

---

<sup>5</sup> Ao nível da latitude 0° temos aproximadamente 111,32 km para cada 1° de longitude e 110,57 km para cada 1° de latitude.

30	33,901,005.02	33,752,942.76	148,062.26	0.44
26	2,610,091.46	2,604,574.60	5,516.86	0.22

Tabela 5.2 Cálculo das Áreas

<b>COTA</b>	<b>ÁREA(m<sup>2</sup>) Por aproximação</b>	<b>ÁREA(m<sup>2</sup>) Considerando a curvatura da terra</b>	<b>ERRO (m<sup>2</sup>)</b>	<b>ERRO (%)</b>
38	34,345,604.63	34,115,592.21	230,012.42	0.67
30	13,470,722.70	13,392,630.19	78,092.51	0.58
26	2,972,966.78	2,968,650.96	4,315.82	0.14

Como podemos observar na Tabela 5.1, o volume calculado na cota máxima (38), levando em consideração a curvatura da terra, apresentou um total de 250,432,428.38m<sup>3</sup> contra um volume de 251,758,639.53m<sup>3</sup> calculado por aproximação, apresentando uma diferença percentual de 0.53 sobre o volume real e um erro de 1,326,211.15 m<sup>3</sup>. O mesmo raciocínio pode ser seguido para análise da Tabela 5.2.

### 5.3 Considerações

O emprego de modelos digitais de terrenos em áreas que, de alguma forma, tratam de dados relativos à superfície da terra, como dados topográficos, vêm se tornando bastante expressivo, visto que a simulação de modelos em ambiente de computadores permite a manipulação de informações de um modo mais abrangente. O presente capítulo tratou de mostrar como estas

informações podem ser disponibilizadas utilizando dados amostrais reais, bem como sua relevância para tomada de decisões em diversas áreas.

Mostrou-se, também, a relevância que os dados de entrada têm na geração de modelos digitais de terrenos visto que, a precisão dos resultados obtidos, como no caso dos volumes e áreas calculados, dependem das técnicas de aquisição com que esses dados foram disponibilizados.

## **CAPÍTULO 6**

### **CONCLUSÕES**

O processo de entrada e tratamento de dados em sistemas de modelagem de terreno é uma etapa que define o grau de precisão das informações geradas visto que, em aplicações que envolvem regiões com grandes áreas, qualquer variação nas coordenadas pode resultar em diferenças consideráveis nos cálculos de volumes e áreas.

A interface desenvolvida poderá ser utilizada tanto para dar suporte na entrada de dados em sistemas já utilizados no mercado, pois disponibiliza um arquivo que é reconhecido pela grande maioria dos softwares que contemplem módulo de modelagem de terrenos, como para compor um dos módulos de sistemas modeladores que venham a ser desenvolvidos e cujo código utilize o paradigma de orientação a objetos.

A interface pode ser associada a sistemas que tenham função estrita de modelar terrenos cujo processo de entrada de dados contemple um único formato.

Dos diversos softwares analisados não se encontrou nenhum cuja entrada de dados apresente as funções de reconhecimento de dados obtidos por estações GPS, disponibilizando o conjunto de coordenadas dos pontos amostrais em um sistema de coordenadas planas como o sistema UTM. Caracterizando, portanto, a grande contribuição que o ambiente proporciona tanto na área de computação gráfica como nas áreas de engenharia, topografia e cartografia.

## RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- a) A modelagem digital de elevação constitui uma das partes integrantes em diversos sistemas de Informações Geográficas, permitindo que as informações sejam tratadas em sua posição real no espaço tridimensional. Portanto, a integração de um ambiente de entrada de dados para geração de MDT's com as bases de dados utilizadas nestes sistemas será de grande utilidade para minorar os obstáculos na aquisição dos dados topográficos.
- b) Estudo de técnicas não convencionais de modelagem de terrenos (utilizando imagens de satélite para composição de modelos estereoscópicos) devem ser explorados, visando uma melhor representação do terreno real no ambiente computacional.
- c) Tecnologias emergentes como a visualização de dados através de aplicações cliente servidor utilizando uma base de dados remota de modelos digitais de elevação dentro de um ambiente VRML (Virtual Reality Modeling Language), serão temas de trabalhos futuros do autor.

**APÊNDICE A**

**CONCEITOS DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA**

## TOPOGRAFIA E GEODÉSIA

Topografia e Geodésia constituem os dois ramos principais da agrimensura. A topografia se encarrega de levantamentos de pequena extensão (detalhes) nos quais a terra pode ser considerada plana.

A Geodésia abrange os levantamentos em que a curvatura da terra deve ser levada em consideração. É aplicável a grandes extensões e se encarrega da locação de pontos básicos para controlar os levantamentos topográficos, evitando a acumulação de erros. Por esse motivo os métodos geodésicos são de extrema precisão.

### ➤ Tipos de levantamento

Em um levantamento topográfico distinguem-se :

- *Levantamento de Controle ou Geodésico:* Abrange os levantamentos em que a curvatura da terra deve ser levada em consideração. É aplicável a grandes extensões e se encarrega da locação de pontos básicos para controlar os levantamentos topográficos, evitando a acumulação de erros. A execução é feita através da fixação permanente de alguns pontos (estações) por meio de marcos. As cotas das estações ou de outros pontos denominados referência de nível são obtidas por meio de um nivelamento de precisão.
- *Levantamento de Detalhes (Topográfico) :* Encarrega-se de levantamentos de pequena extensão nos quais a terra pode ser considerada plana.

*O Nivelamento Geodésico* : A cartografia comum, em suas aplicações correntes na engenharia, fornece não somente a planimetria do terreno, mas também a representação altimétrica. Os

relevos topográficos devem ser plani-altimétricos e, por conseguinte, na *triangulação*<sup>6</sup> (Figura A1) de apoio é necessário também determinar as cotas dos diversos vértices.

Os primeiros mapas foram simplesmente planimétricos e esquemáticos, mas com o progresso da técnica, os mapas antigos começaram a ser completados com este elemento novo: a cota dos vértices.

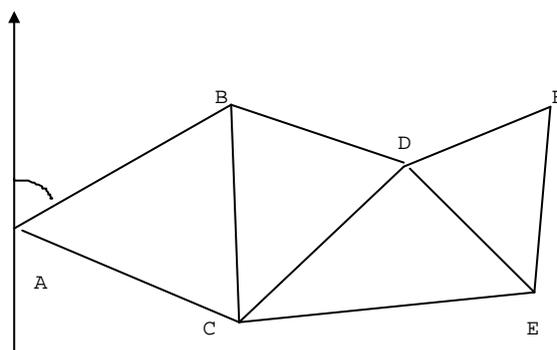


Figura A.1 O Processo de triangulação

A confecção de uma carta construída a partir de um levantamento topográfico ou geodésico traz determinadas variáveis necessárias ao reconhecimento das características plani-altimétricas de uma determinada região. Tais variáveis são utilizadas para identificar o posicionamento preciso dos pontos que são julgados mais convenientes para servir de vértices que são unidos por linhas (base) para formar uma poligonal (Figura A2).

---

<sup>4</sup>Metodologia utilizada para calcular as coordenadas geográficas e determinar a direção do meridiano em um determinado ponto (E) a partir de um ponto inicial conhecido (A) e de pontos intermediários, construindo-se uma série de triângulos, especialmente quando não se pode visar os pontos a calcular.

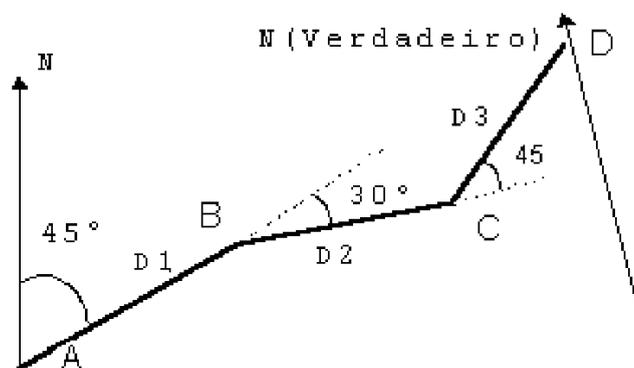


Figura A.2 Poligonal aberta

As coordenadas dos pontos B,C,D são calculadas a partir das bases e dos ângulos de deflexão mostradas na Tabela A1 conforme a Tabela A2, e considerando a Latitude da estação A  $50^{\circ} 0' 0''$ .

Tabela A.1 Parâmetros para a poligonal

Estação	Comprimento	Deflexões	Azimute Astronômico
A	6600m		$45^{\circ} 0' 0''$
B			

C	6600m	30° 0'0"	
D	6600m	45° 0'0"	

### AZIMUTES

- A    45°  
 B    30°+45°=75°  
 C    30°+45°-30°=30°  
 D    30°+180°=210°

Tabela A.2    Tabela de cálculo de coordenadas cartesianas

Ponto	X	Y
A	0	0
B	$D1\cos45^\circ=XB$	$D1\sen45^\circ=YB$
C	$D2\sen75^\circ+XB$	$D2\cos75^\circ+YB$
D	$D3\sen30^\circ+XC$	$D3\cos30^\circ+YC$

### ➤ Processo de obtenção de coordenadas utilizando poligonais irradiadas

As poligonais irradiadas, são, na verdade, poligonais abertas de um único vértice (Figura A.3). Estaciona-se somente em uma estação de onde se efetua a amarração (em azimute) de todos

os pontos. Este processo exige que a estação central esteja intervisível a partir de todos os vértices, então medem-se as distâncias desta aos vértices, e os ângulos correspondentes.

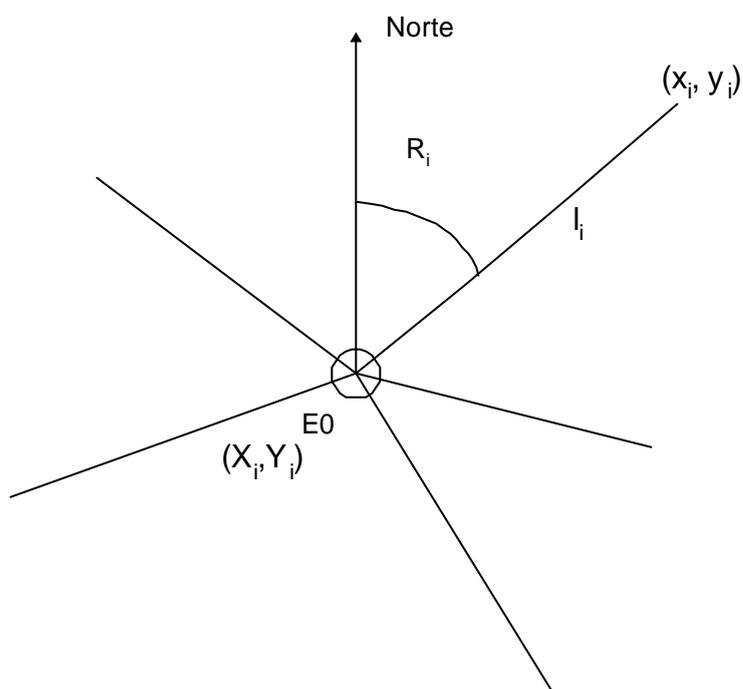


Figura A.3 Exemplo de poligonal irradiada.

O processo de obtenção das coordenadas exige que se faça as seguintes operações:

**a) Operações de campo**

- a1) Medição das radiais;
- a2) Medição dos ângulos;

a3) Medição do Azimute.

**b) Trabalhos de escritório**

a1) Ajustamento angular

a2) Cálculo dos lados da poligonal

a3) Cálculo das coordenadas e da área

As coordenadas dos vértices são obtidas a partir da soma algébrica das coordenadas ( $X_i$ ,  $Y_i$ ) do vértice inicial, com as respectivas projeções naturais ( $x_i$ ,  $y_i$ ) dos alinhamentos correspondentes, assim temos :

$$X_j = X_i + x_i \quad Y_j = Y_i + y_i$$

Onde:  $x_i = l_i \cdot \text{sen}R_i$

$$y_i = l_i \cdot \text{cos}R_i$$

## SISTEMAS DE COORDENADAS

Coordini e Loch [LOC95] expressam que todos os levantamentos, sejam geodésicos ou topográficos, desenvolvidos em um país ou região, devem ser coordenados, isto é, devem ser relacionados a um único sistema de referência: ao *Sistema Fundamental de Coordenadas*. Este sistema fundamental de coordenadas serve de apoio aos trabalhos cartográficos, e compõe-se das coordenadas geodésicas - latitude e longitude, além da precisão da altitude, determinadas por processos geodésicos. Estas coordenadas (esféricas ou elipsóidicas) são transformadas em coordenadas plano-retangulares através da aplicação do sistema de projeção **U.T.M.** As coordenadas topográficas são, então, vinculadas ao sistema fundamental através das coordenadas **U.T.M.** dos pontos fundamentais<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Pontos fundamentais são vértices da rede geodésica brasileira (Sistema Geodésico Brasileiro), cujas coordenadas - latitude e Longitude, bem como a altitude, são determinadas por processos Geodésicos.

➤ **Sistema de coordenadas geográficas**

As coordenadas geográficas ou astronômicas latitude ( $\varphi$ ) e longitude ( $\lambda$ ) são determinados pela astronomia de campo.

A direção da gravidade é fundamental em Astronomia de campo; o teodolito, uma vez nivelado na estação, tem seu eixo principal orientado segundo aquela direção. É a direção da gravidade que define a vertical do ponto sobre o qual o instrumento se acha instalado. A vertical de um ponto do campo de gravidade é perpendicular à superfície equipotencial passante por esse ponto (Figura A5).

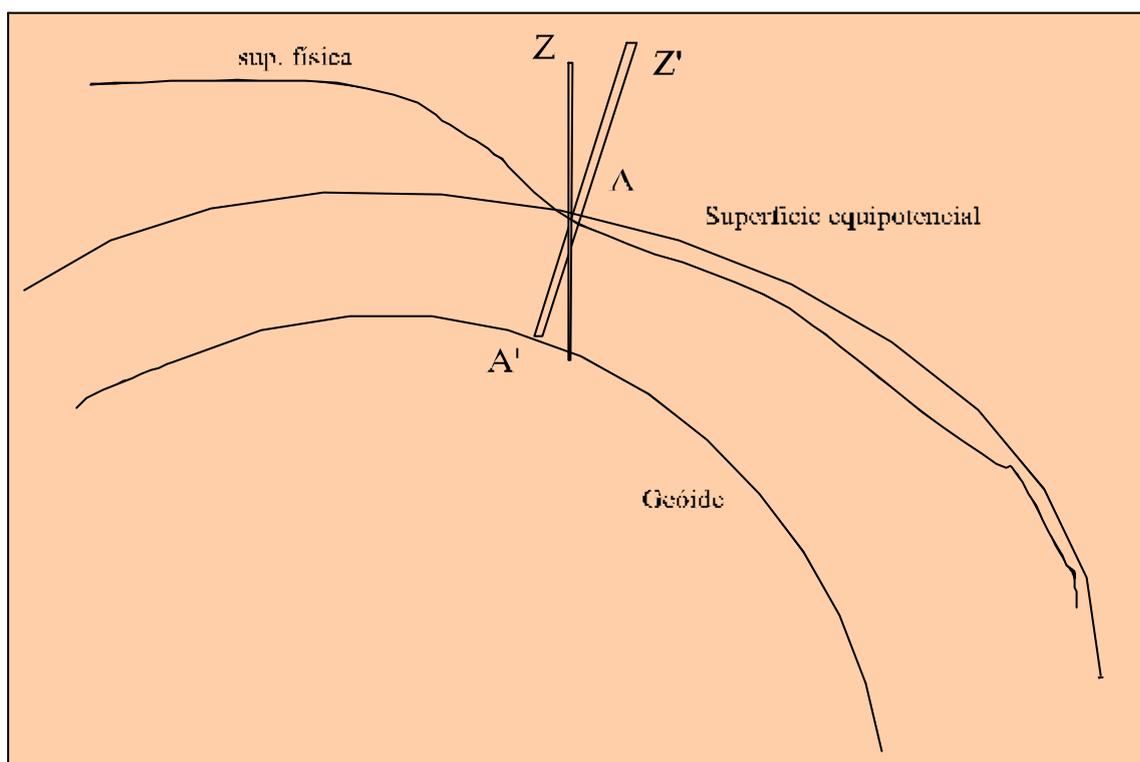


Figura A.4 Vertical do lugar.

Fonte GEMAEL,1987

Dentre as inúmeras superfícies equipotenciais que passam por um determinado ponto o Geóide que coincide com o nível médio dos mares é de interesse particular. Em consequência da falta de homogeneidade de nosso planeta, o geóide é uma superfície irregular, somente determinável ponto a ponto, o que justifica sua substituição nos cálculos geodésicos pela superfície geométrica que mais se lhe assemelha: o elipsóide de revolução. Com isso, a vertical ( $A'Z'$ ), pode ser substituída pela normal ao elipsóide.

Considere-se um ponto A da superfície topográfica ( Figura A6) que coincide com suas projeções sobre o geóide e sobre o elipsóide, o ângulo que a vertical do ponto A forma com sua projeção sobre o plano equatorial é a latitude geográfica ou astronômica de A ( $\varphi_A$ ). A latitude varia de  $0^\circ$  no equador a  $\pm 90^\circ$  ( nos pólos), por convenção latitude são consideradas positivas no hemisfério norte e negativas para pontos no hemisfério sul. O ângulo que a normal do ponto A forma com sua projeção sobre o plano equatorial é a latitude elipsóidica de A ( $\Phi_A$ ), que é obtida mediante cálculos sobre a superfície elipsóidica de referência (Figura A7), a partir de um ponto inicial chamado *datum*.

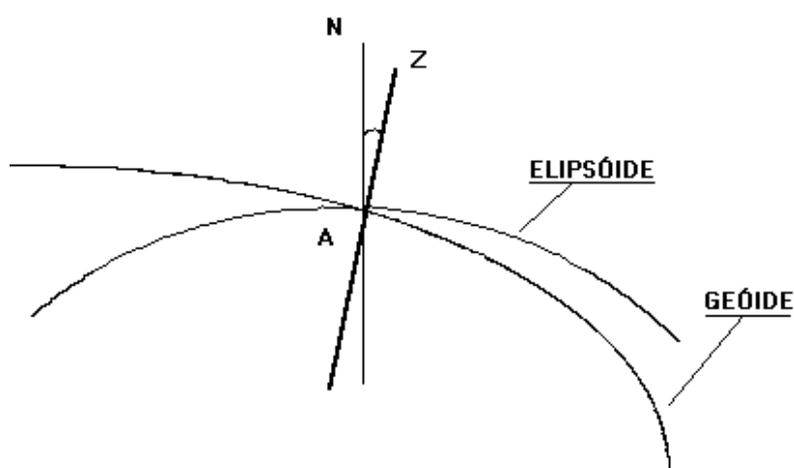


Figura A.5 Desvio da vertical

Fonte GEMAEL,1987

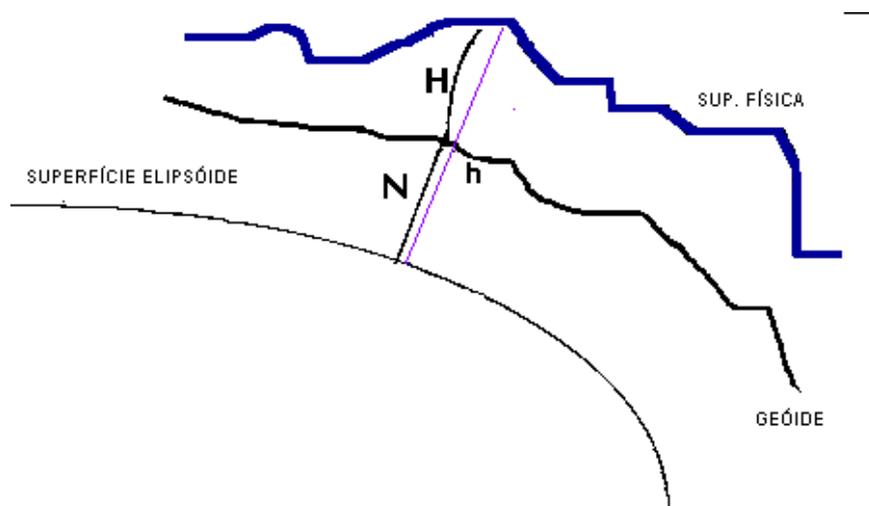


Figura A.6 Superfícies de referência

A Segunda coordenada deste sistema é a longitude geográfica ( $\lambda$ ). Por convenção adotou-se como origem das longitudes, o meridiano local do laboratório localizado em GREENWICH, assim o ângulo formado entre o plano do meridiano origem e o plano que passa pelo ponto A (Figura A7) é a longitude geográfica e varia de  $0^\circ$  a  $\pm 180^\circ$ , contada positivamente para leste, e com origem no meridiano de GREENWICH.

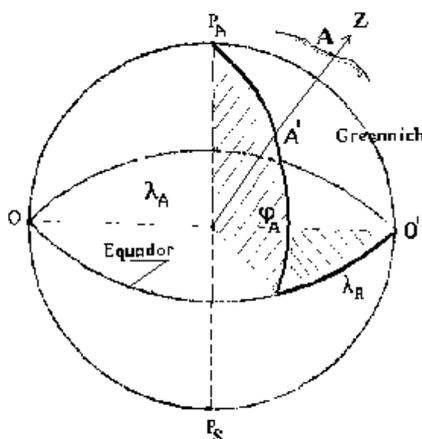


Figura A.7 Coordenadas Geográficas ( $\varphi, \lambda$ )

### ➤ Sistema Transverso de MERCATOR

O sistema Transverso de MERCATOR foi inicialmente calculado por J.H.LAMBERT, que era conhecido pela denominação de sistema de GAUSS, sendo que em 1950 os Estados Unidos propuseram uma combinação entre os sistemas existentes, objetivando abranger a totalidade das longitudes. Baseado na projeção cilíndrica transversa conforme, o sistema resultante foi denominado Projeção Transversa de Mercator; tal sistema concebia o globo terrestre fracionado em fusos, de longitude determinada, com a preocupação de não ultrapassar os limites aceitáveis de deformação[LOC95]. Desta forma dividiu-se o globo terrestre em 60 fusos de  $6^\circ$  de amplitude com origem localizada sobre o anti-meridiano de GREENWICH (figura A8).

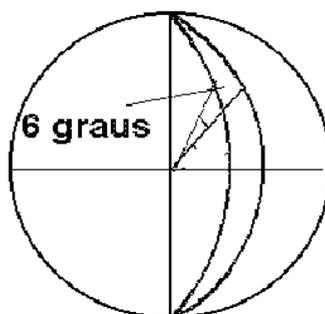


Figura A.8 Representação de um fuso de 6°

➤ **Conversão das Coordenadas Geográficas em Coordenadas Cartesianas.**

O atual Sistema Geodésico Brasileiro foi definido e adotado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 1980. Este sistema coincide com o Sistema Geodésico Sul-Americano (SAD-69), que adota para modelo geométrico da terra o elipsóide de referência 1967[LOC95].

Na cartografia, é usual a utilização do Sistema Geodésico, cujas coordenadas Latitude( $\phi$ ) e Longitude( $\lambda$ ) são utilizadas para representar o arcabouço geodésico (canevas) sob a forma de coordenadas plano-retangulares. O Sistema plano-retangular normalmente empregado é o Sistema Transverso de Mercator, originando as conhecidas coordenadas UTM (Universal Transverso Mercator).

A transformação de coordenadas do sistema elipsóidico para o sistema UTM, e vice-versa, é realizada utilizando-se fórmulas de transformação apropriadas, levando-se em consideração os parâmetros definidos do elipsóide de referência adotado.

Assim, para um determinado da elipsóide de referência, as coordenadas UTM (N,E) de um ponto cuja latitude e longitude são ( $\phi,\lambda$ ), são obtidas da seguinte forma:

Se ( $\phi,\lambda$ ) corresponde a um ponto no hemisfério norte, então  $N = N'$  ; no hemisfério sul,  
 $N = 10.000.000\text{m} - N'$ ;

Ao leste do meridiano central (MC),  $E = 500.000\text{m} + E'$ , enquanto que a oeste do MC,  
 $E = 500.000\text{m} - E'$ .

$N'$  e  $E'$  são determinados por

$$N' = (I) + (II)p^2 + (III)p^4 + (A'_6)p^6$$

$$E' = (IV)p + (V)p^3 + (B'_5)p^5$$

onde:

$p = 10^{-4} \cdot |\lambda - \lambda_0|$  " com  $(\lambda)$  = longitude do ponto considerado e  $(\lambda_0)$  longitude do Meridiano Central (MC). Considerados negativos a oeste de Greenwich.

$$I = K_0 \cdot x_s \quad \text{no Sistema UTM } K_0 = 0,9996$$

$$s = a(1 - e^2) \left( \frac{A p f_1}{180} - \frac{1}{2} B \text{sen } 2f_1 + \frac{1}{4} C \text{sen } 4f_1 - \frac{1}{6} D \text{sen } 6f_1 + \frac{1}{8} E \text{sen } 8f_1 - \frac{1}{10} F \text{sen } 10f_1 \right)$$

sendo  $s$  = o arco da linha meridiana que vai do ponto considerado até o equador.

e para as constantes A,B,C,D,E e F teremos:

$$A = 1.00505262473$$

$$B = 0.00563232048$$

$$C = 10.6281071177 \times 10^{-6}$$

$$D = 20.8218961595 \times 10^{-9}$$

$$E = 3.93275334635 \times 10^{-11}$$

$$F = 6.55534022587 \times 10^{-14}$$

Para o elipsóide de referência SAD69, temos que:

$$a = 6.378.160,000$$

$$b = 6.356.774,719$$

$$e = \frac{(a^2 - b^2)^{1/2}}{a}$$

$$e' = \frac{(a^2 - b^2)^{1/2}}{b}$$

onde:

a = raio equatorial

b =raio polar

e = primeira excentricidade do elipsóide

e'= Segunda excentricidade do elipsóide

$$II = \frac{N_1 \sin f_1 \cos f_1 \sin^2 1''}{2} \cdot K_0 \cdot 10^8$$

$$N_1 = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 f_1}}$$

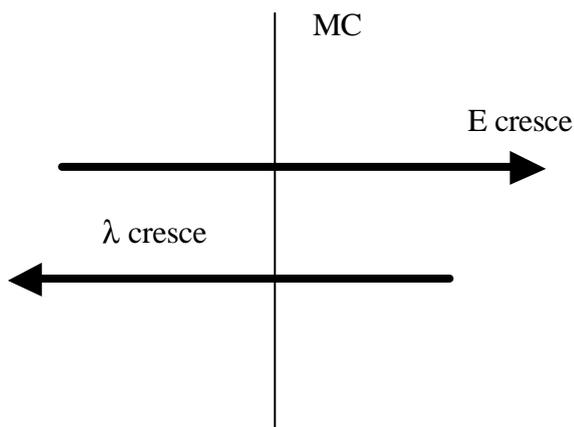
$$III = \frac{(\sin^4 1'' N_1 \sin f_1 \cos^3 f_1)}{24} (5 - \operatorname{tg}^2 f_1 + 9e'^2 \cos^2 f_1 + 4e'^2 \cos^4 f_1) K_0 10^{16}$$

$$A'_6 = \frac{(\sin^6 1'' N_1 \sin f_1 \cos^5 f_1)}{720} (61 - 58 \operatorname{tg}^2 f_1 + \operatorname{tg}^4 f_1 + 270e'^2 \cos^2 f_1 - 330e'^2 \sin^2 f_1) k_0 10^{24}$$

$$IV = N \cos f_1 \sin 1'' K_0 10^4$$

$$V = \frac{(\sin^3 1'' N_1 \cos^3 f_1)}{6} (1 - \operatorname{tg}^2 f_1 + e'^2 \cos^2 f_1) k_0 \cdot 10^{12}$$

$$B'_5 = \frac{(\sin^5 1'' N_1 \cos^5 f_1)}{120} (5 - 18 \operatorname{tg}^2 f_1 + \operatorname{tg}^4 f_1 + 14e'^2 \cos^2 f_1 - 58e'^2 \sin^2 f_1) k_0 \cdot 10^{20}$$



**APÊNDICE B**

**RELATÓRIOS ELETRÔNICOS**

### ➤ Relatórios Estação total e GPS

Os relatórios gerados a partir de receptores GPS ou estação total apresentam formatos diferenciados conforme o fabricante e o software que acompanha o equipamento. Neste capítulo será mostrado um relatório obtido por um receptor GPS da ASHTECH e processado pelo programa FILLNET Versão 3.0.00 (Relatório B1), um relatório gerado pelo programa GPSurvey do GPS Magellam (Relatório B2), e um relatório obtido por uma Estação Total marca WILD (Relatório B3).

#### Relatório B1 Arquivo gerado por receptor GPS - ASHTECH

PROGRAM FILLNET, Version 3.0.00

LICENSED TO: ASHTECH INC.

Fillnet Input File LIMOEIRO5 M712 -5.1 38.1

a = 6378137.000 1/f = 298.2572235 W Longitude positive WEST

PRELIMINARY COORDINATES:

				LAT.		LON.	ELEV.	G.H.	CONSTR.
1	FFF	M719-	5 8	29.23041	38 6	11.73118	22.796	0.000	
2		M716-	5 7	59.80734	38 5	13.48067	24.488	0.000	
3		M714-	5 7	57.42160	38 5	9.76546	23.613	0.000	
4		M713-	5 8	29.02470	38 4	52.63000	23.930	0.000	
5		M711-	5 10	18.34304	38 4	48.98022	22.961	0.000	

6	M710-	5	10	12.39553	38	4	57.01289	22.257	0.000
7	M709-	5	9	52.59268	38	6	42.41020	22.158	0.000
8	BASE-	5	9	36.82129	38	6	31.69014	19.836	0.000
9	M712-	5	8	32.03275	38	5	3.93483	24.503	0.000

GROUP 1, NO. OF VECTORS AND BIAS CONSTRAINTS:

11	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001
----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

VECTORS:

		DX	DY	DZ	LENGTH	ERROR CODES		
BASE	M710	1719.735	2356.791	-1088.128	3113.836	3	51.0	51.0 2
BASE	M719	523.691	370.474	2068.102	2165.306	3	51.0	51.0 2
BASE	M716	1241.076	946.222	4420.045	4687.473	3	51.0	51.0 2
BASE	M716	1692.919	1733.463	2968.424	3831.763	6	102.0	102.0 2
BASE	M714	1769.348	1818.942	3041.335	3960.917	3	51.0	51.0 2
BASE	M713	2026.206	2288.146	2074.497	3693.868	3	51.0	51.0 2
BASE	M711	1858.727	2562.176	-1269.981	3410.640	3	51.0	51.0 2
BASE	M710	1719.735	2356.791	-1088.128	3113.836	3	51.0	51.0 2
BASE	M709	-239.880	-231.439	-482.283	586.262	3	51.0	51.0 2
BASE	M712	1804.486	2019.554	1982.521	3356.361	3	51.0	51.0 2
BASE	M712	1804.486	2019.554	1982.521	3356.361	3	51.0	51.0 2

SHIFTS:

1	0.000	0.000	0.000
	21098.325	-693.203	-0.309
3	-0.001	-0.000	-0.000
4	0.000	0.001	0.001
5	-0.000	0.000	0.000
6	-0.023	-0.011	0.108
7	-0.000	0.000	-0.000
8	-0.000	0.001	0.001
9	0.000	-0.000	0.000

SHIFTS:

1	0.000	0.000	0.000
2	0.004	0.011	0.133
3	0.000	0.000	-0.000

4	0.000	0.000	-0.000
5	0.000	0.000	-0.000
6	0.000	0.000	-0.000
7	0.000	0.000	-0.000
8	0.000	0.000	-0.000
9	0.000	0.000	-0.000

## ADJUSTED VECTORS, GROUP 1:

			DX,DY,DZ	V	DN,DE,DU	v	v'
BASE	M710	1067A	1719.735	0.000	-1092.790	-0.000	-0.0
			2356.791	0.000	2915.780	0.000	0.0
			-1088.128	-0.000	-3.777	-0.000	-0.0
BASE	M719	1067A	523.691	0.000	2076.228	0.000	0.0
			370.474	-0.000	614.675	0.000	0.0
			2068.102	-0.000	-1.054	0.000	0.0
BASE	M716	1067A	1342.415101.339		4078.355-359.108-64526.5		
			1127.432181.210		1715.534205.13129930.2		
			4062.371-357.674		-1.822 -0.144 -20.9		
BASE	M716	1067A	1342.415-350.504		4078.3551098.339112847.8		
			1127.432-606.031		1715.534-693.180-55019.6		
			4062.3711093.947		-1.822 0.485 38.5		
BASE	M714	1067A	1769.348	-0.000	3053.297	0.000	0.0
			1818.942	-0.000	2523.140	-0.000	-0.0
			3041.335	0.000	-1.417	-0.000	-0.0
BASE	M713	1067A	2026.206	-0.000	2082.519	0.000	0.0
			2288.146	-0.000	3050.864	-0.000	-0.0
			2074.497	0.000	-2.510	0.000	0.0
BASE	M711	1067A	1858.727	-0.000	-1275.465	0.000	0.0
			2562.176	-0.000	3163.167	-0.000	-0.0
			-1269.981	0.000	-4.895	0.000	0.0

BASE	M710	1067A	1719.735	0.000	-1092.790	-0.000	-0.0
			2356.791	0.000	2915.780	0.000	0.0
			-1088.128	-0.000	-3.777	-0.000	-0.0

BASE	M709	1067A	-239.880	-0.000	-484.460	0.000	0.0
			-231.439	-0.000	-330.142	-0.000	-0.0
			-482.283	0.000	-2.910	-0.000	-0.0

BASE	M712	1067A	1804.486	-0.000	1990.129	-0.000	-0.0
			2019.554	0.000	2702.690	-0.000	-0.0
			1982.521	0.000	-3.047	-0.000	-0.0

BASE	M712	1067A	1804.486	-0.000	1990.129	-0.000	-0.0
			2019.554	0.000	2702.690	-0.000	-0.0
			1982.521	0.000	-3.047	-0.000	-0.0

S.E. OF UNIT WEIGHT = 48098.593

NUMBER OF -

OBS. EQUATIONS	37
UNKNOWN	28
DEGREES OF FREEDOM	9
ITERATIONS	1

GROUP 1 ROT. ANGLES (sec.) AND SCALE DIFF. (ppm):

HOR. SYSTEM	0.000	0.000	-0.020	-0.021
STD. ERRORS	48.099	48.099	48.099	48.099
XYZ SYSTEM	-0.015	0.012	0.002	

ADJUSTED POSITIONS:

			LAT.		LON.		ELEV.	STD. ERRORS (m)		
1	M719	- 5 8	29.23041	38 6	11.73118		22.796	0.000	0.000	0.000
2	M716	- 5 7	24.05147	38 5	35.98779		24.664	292.689390	561390.561	
3	M714	- 5 7	57.42162	38 5	9.76546		23.613	297.969403	505403.505	

4	M713	- 5 8	29.02469	38 4	52.62998	23.929	289.925397	601397.602
5	M711	- 5 10	18.34304	38 4	48.98020	22.961	281.782391	704391.704
6	M710	- 5 10	12.39628	38 4	57.01325	22.149	230.857329	876329.876
7	M709	- 5 9	52.59269	38 6	42.41019	22.158	230.835356	813356.813
8	BASE	- 5 9	36.82130	38 6	31.69012	19.835	177.956262	076262.076
9	M712	- 5 8	32.03273	38 5	3.93484	24.503	234.755332	615332.615

ACCURACIES (m):

		D. LAT.	D. LON.	VERT.
BASE	M710	147.061	200.335	200.336
BASE	M719	177.956	262.076	262.076
BASE	M716	232.377	289.578	289.578
BASE	M716	232.377	289.578	289.578
BASE	M714	238.993	306.811	306.812
BASE	M713	228.885	299.005	299.005
BASE	M711	218.479	291.116	291.117
BASE	M710	147.061	200.335	200.336
BASE	M709	147.025	242.141	242.140
BASE	M712	153.107	204.816	204.817
BASE	M712	153.107	204.816	204.817

```

*****
****
****
ESTIMATES OF PRECISION
****
****
Based on the VECTOR ACCURACIES produced by
****
FILLNET
****
****
This is a reasonable estimate of the accuracies
****
of the vectors in the network at 1 SIGMA.
****
****
*****

```

VECTOR	LENGTH	PPM(h)	RATIO(h)	PPM(v)	RATIO(v)
BASE M710	3113.836	2270.2	1:	440	107.9 1: 9267

BASE	M719	2165.306	3797.3	1:	263	958.8	1:	1043
BASE	M716	4424.483	2230.4	1:	448	2164.8	1:	462
BASE	M716	45608.712	216.4	1:	4622	210.0	1:	4762
BASE	M714	3960.917	2848.1	1:	351	1719.8	1:	581
BASE	M713	3693.868	3424.7	1:	292	2437.8	1:	410
BASE	M711	3410.639	2507.5	1:	399	327.5	1:	3053
BASE	M710	3113.836	2270.2	1:	440	107.9	1:	9267
BASE	M709	586.262	%12527.0	1:	80	3650.2	1:	274
BASE	M712	3356.361	1707.6	1:	586	1435.2	1:	697
BASE	M712	3356.361	1707.6	1:	586	1435.2	1:	697

Relatório B2

Relatório B3

## **APÊNDICE C**

### **MODELO E PROJETO DA INTERFACE**

## MODELO E IMPLEMENTAÇÃO DA INTERFACE GRÁFICA

No presente capítulo serão apresentados a análise, o projeto e a implementação da interface utilizando a metodologia orientada a objetos proposta por *James Rumbaugh* [RUM91], que traz o benefício de propor a modelagem de sistemas sob três diferentes pontos de vista, cada um deles relacionado a uma determinada visão do sistema. Essas visões são denominadas modelo de objetos, modelo dinâmico e modelo funcional que, juntamente com o estudo da definição do problema gerada pelas requisições dos usuários, constituem o processo de análise. Subseqüente à análise, é elaborado o projeto do sistema e o projeto de objetos que contribuem para a elaboração do código.

### ➤ A Análise

O processo de análise foi elaborado consultando-se profissionais que trabalham como usuários de programas ligados à área de engenharia e topografia, bem como analisando a entrada

de dados em sistemas que contemplam modelos digitais de terrenos. Com base nas necessidades definidas surgiu o seguinte problema: Como gerar um modelo digital de terrenos utilizando diversas fontes alternativas de entrada de dados? (ver capítulo 2, item 2.1).

Durante a fase de análise a preocupação é com o entendimento e a modelagem da aplicação e a definição do problema a ser solucionado através do conhecimento do domínio e experiências do mundo real. Finaliza-se a análise com um modelo formal que captura três aspectos essenciais do sistema: os objetos e seus relacionamentos, o fluxo de controle dinâmico e as transformações funcionais de dados.

O passo seguinte para a análise dos requisitos do sistema é construir um modelo de objetos que descreva os objetos-classe do mundo real e seus relacionamentos.

A partir do modelo de objetos são construídos os módulos de um sistema particionando o modelo em partes passíveis de manipulação. No caso da interface foi implementado um módulo principal chamado modelador constituído de quatro objetos que acessam quatro outros submódulos, e um sistema de menus conforme descrição abaixo:

O módulo Modelador permite, através do objeto Aquisição de dados, o acesso aos módulos *Cadernetas de Campo, Mapas Digitalizados, GPS e Estação Total*. Através do objeto Modelos são acessadas rotinas ou chamadas a sistemas que utilizam os arquivos gerados pelo módulo Aquisição de dados para geração de modelos bidimensionais ou tridimensionais. O objeto Aplicações permite o acesso a rotinas que disponibilizam informações geradas a partir do módulo Modelos.

O sistema de menus é um conjunto de rotinas comuns a todos os submódulos e contempla a importação e a edição de arquivos através do menu Arquivo. O menu Projeto permite a criação e gravação de uma pasta para manipulação dos arquivos de cada submódulo, O menu Utilitários acessa rotina de conversão de coordenadas ponto a ponto em relatórios obtidos de estações GPS e o módulo de ajuda que descreve passo a passo a utilização da interface.

### ➤ **Modelo de objetos**

O modelo de objetos descreve a estrutura dos objetos do sistema: identidade, relacionamentos com outros objetos, atributos e operações; e consiste em um ou mais módulos.

O modelo de objetos precede o modelo dinâmico e modelo funcional, porque a estrutura estática é usualmente melhor definida, menos dependente de detalhes da aplicação, mais estável e de melhor entendimento.

Para interface foi construído o modelo representado no diagrama da Figura C2 mostrando os relacionamentos entre objetos, utilizando a legenda da Figura C1, conforme a análise e definição do problema.

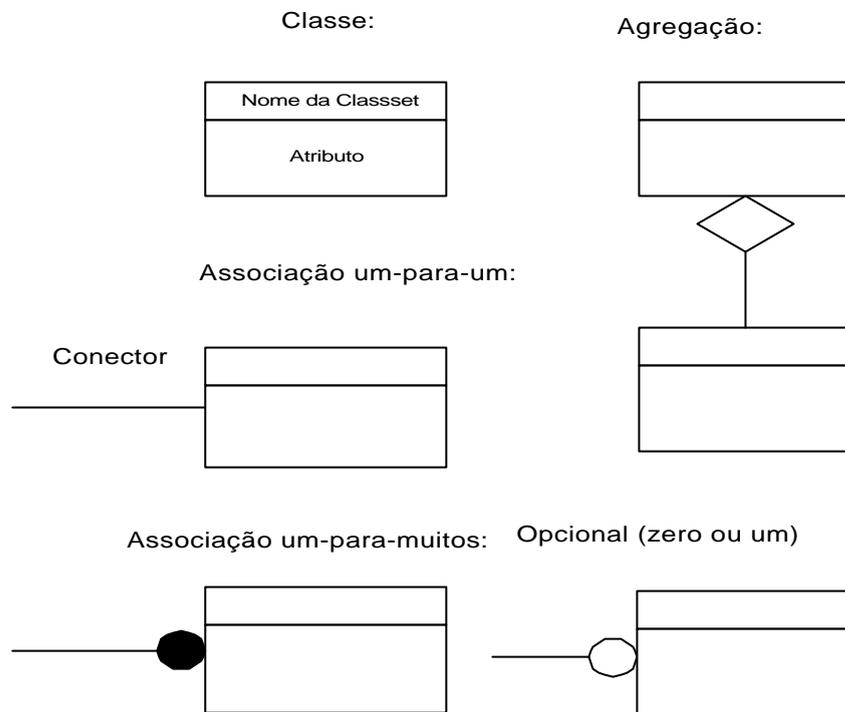


Figura C1. Legenda para o Diagrama de objetos

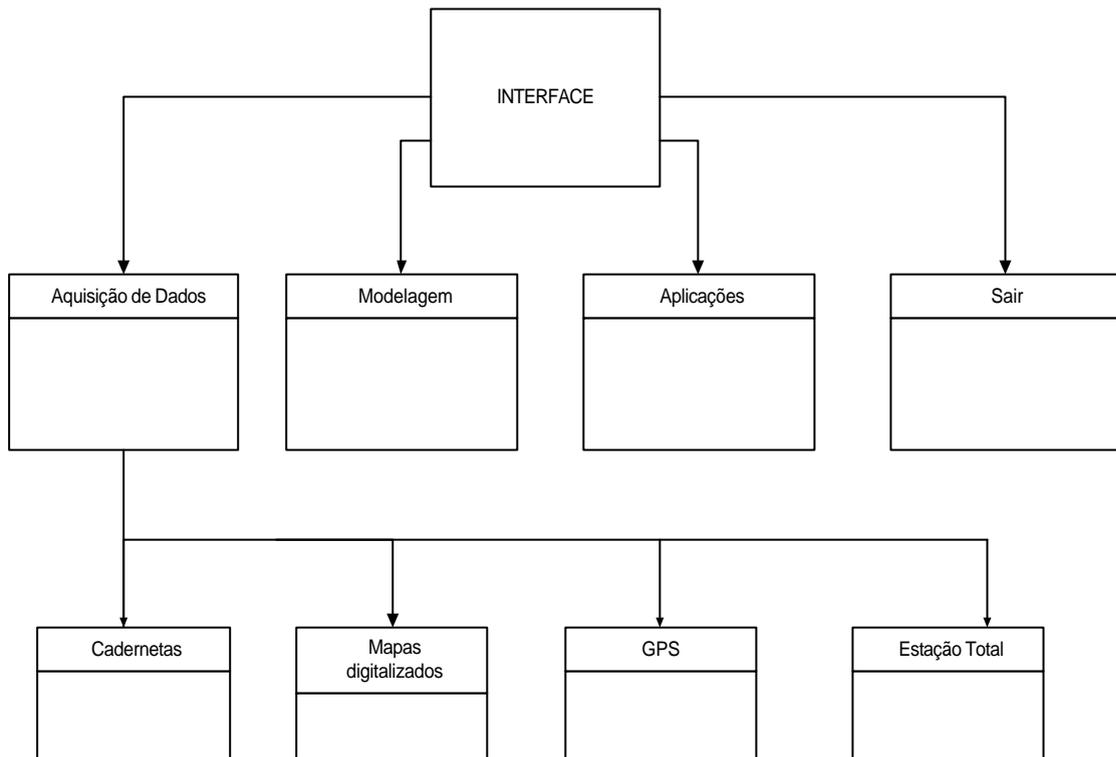


Figura C2. Diagrama de objetos

ARQUIVO "OBJETO-31"

### ➤ **Modelo dinâmico**

A modelagem dinâmica é construída observando-se os eventos (estímulos visíveis externamente), e respostas a estes estímulos utilizando-se de diagramas que serão chamados de diagrama de cenários, diagrama de seqüência de eventos, e diagrama de fluxo de eventos. A partir daí resumam-se as seqüências de eventos possíveis para cada objeto, representando-os num diagrama de estado.

O modelo dinâmico da interface foi gerado baseando-se nas seqüências de interações com a interface e preparando-se cenários para cada caso, assim a Figura C3 descreve o cenário para o módulo principal da interface que será chamado *modelador*, a Figura C4 o cenário para o módulo Estímulo temporizado, a Figura C5 o cenário para o módulo *Cadernetas de Campo*, a Figura C6 o cenário para o módulo *Mapas digitalizados*, a Figura C7 para o módulo *GPS* e a Figura C8 para o módulo *Estação Total*.

Seguindo a metodologia construiu-se um diagrama de seqüências de eventos entre os objetos, associados a colunas numa tabela, e o diagrama de fluxo de eventos que apresenta uma visão dinâmica para o diagrama de objetos.

O cenário para módulo principal (Figura C3), consiste da apresentação pela interface dos 4 principais sub-módulos (*Aquisição de Dados, Modelo, Aplicações e Sair*). O usuário ao selecionar o *módulo Aquisição de Dados*, fará com que a interface apresente as folhas com as guias indicando as fontes de aquisição de dados, que poderão ser utilizadas conforme a necessidade do usuário

O USUÁRIO inicia a aplicação solicitando a exibição dos módulos.

O USUÁRIO seleciona o módulo *Aquisição de dados*.

A INTERFACE apresenta as folhas com as guias indicando as fontes de aquisição.

O USUÁRIO seleciona o módulo referente à fonte de aquisição de dados a ser utilizado.

O USUÁRIO seleciona o módulo *Modelo*.

A INTERFACE apresenta rotina de modelagem do terreno.

O USUÁRIO seleciona o módulo *Aplicações*.

A INTERFACE apresenta as rotinas de aplicações práticas utilizando MDT's.

O USUÁRIO seleciona o módulo *Sair*.

A INTERFACE é fechada.

Figura C3. Cenário do módulo principal - *Modelador*

A INTERFACE a cada dois minutos alerta ao usuário para a gravação do arquivo.

A INTERFACE pergunta se o usuário deseja continuar recebendo alerta.

O USUÁRIO indica para a interface continuar apresentando ou não a janela de alerta e confirma.

O USUÁRIO digita o nome do arquivo texto a ser gerado.

O USUÁRIO seleciona se o tipo de gravação do arquivo será automática.

A INTERFACE cria o arquivo e grava os atributos dos pontos calculados a cada minuto.

Figura C4. Cenário para estímulo temporizado

O USUÁRIO solicita a criação do projeto.

A INTERFACE solicita o nome do projeto.

O USUÁRIO define o nome do novo projeto .

A INTERFACE atualiza a árvore de diretórios.

O USUÁRIO abre a pasta do novo projeto.

O USUÁRIO confirma a criação do projeto.

O USUÁRIO seleciona o delimitador de campo do arquivo a ser gerado.

O USUÁRIO define o arquivo a ser gerado.

O USUÁRIO insere os pontos da Poligonal (Pn).

O USUÁRIO insere os pontos genéricos (Pg).

A INTERFACE fornece a descrição do ponto genérico e a estação base.

A INTERFACE calcula as coordenadas (x, y, z) dos pontos genéricos.

A INTERFACE atualiza o GRID de pontos calculados.

O USUÁRIO solicita a geração do arquivo destino.

A INTERFACE grava o arquivo destino.

O USUÁRIO edita o arquivo gerado para confirmação ou alteração manual.

O USUÁRIO fecha o projeto.

Figura C5. Cenário do módulo *Cadernetas*

O USUÁRIO solicita a criação do projeto; a interface exibe uma janela de diálogo.  
A INTERFACE solicita o nome do projeto.  
O USUÁRIO define o nome do projeto.  
A INTERFACE atualiza a árvore de diretórios.  
O USUÁRIO abre a pasta do novo projeto.  
O USUÁRIO confirma a criação do projeto  
O USUÁRIO seleciona o delimitador de campo do arquivo a ser gerado.  
O USUÁRIO insere o disquete contendo arquivo digitalizado.  
A INTERFACE importa o arquivo do disquete.  
O USUÁRIO acessa o arquivo origem; a interface exibe janela de diálogo.  
O USUÁRIO seleciona o arquivo origem e digita o nome do arquivo final.  
O USUÁRIO solicita o processamento do arquivo origem.  
A INTERFACE processa o arquivo origem e grava arquivo destino.  
O USUÁRIO edita o arquivo gerado para confirmação ou alteração manual  
O USUÁRIO fecha o projeto.

Figura C6. Cenário do módulo Mapas Digitalizados

O USUÁRIO solicita a criação do projeto.  
A INTERFACE solicita o nome do projeto.  
O USUÁRIO define o novo projeto.  
A INTERFACE atualiza a árvore de diretórios.  
O USUÁRIO abre a pasta do projeto criado.  
O USUÁRIO confirma o novo projeto  
O USUÁRIO seleciona o delimitador de campo do arquivo a ser gerado.  
O USUÁRIO seleciona o sistema de coordenadas das amostras.  
O USUÁRIO insere o disquete contendo relatório gerado pelo receptor GPS e solicita importação.  
A INTERFACE importa o arquivo do disquete.  
O USUÁRIO acessa o arquivo original; a interface solicita nome dos arquivos origem e destino.

O USUÁRIO digita o nome do arquivo final.  
O USUÁRIO solicita a geração do arquivo  
A INTERFACE processa o relatório de origem.  
O USUÁRIO edita o arquivo gerado para confirmação ou alteração manual

Figura C7. Cenário do módulo *GPS*

O USUÁRIO solicita a criação do projeto.  
A INTERFACE solicita o nome do projeto.  
O USUÁRIO define o novo projeto.  
A INTERFACE atualiza a árvore de diretórios.  
O USUÁRIO abre a pasta do projeto criado.  
O USUÁRIO confirma o novo projeto.  
O USUÁRIO seleciona o delimitador de campo do arquivo a ser gerado.  
O USUÁRIO insere o disquete contendo relatório da Estação Total e solicita importação.  
A INTERFACE importa o relatório do disquete.  
O USUÁRIO acessa o relatório original; a interface solicita o nome dos arquivos origem e arquivo destino.  
O USUÁRIO digita o nome do arquivo final.  
A INTERFACE processa o relatório de origem.  
O USUÁRIO edita o arquivo gerado para confirmação ou alteração manual

Figura C8. Cenário do módulo *Estação Total*

➤ **Diagramas de seqüência de eventos para o cenário da interface**

Uma seqüência de eventos é uma lista ordenada de eventos entre diferentes objetos associados a colunas numa tabela. Para cada módulo da interface foi construído um diagrama de seqüência de eventos baseado no diagrama de cenário correspondente. A seqüência de eventos para o módulo Modelador está descrito na Figura C9, para o módulo *Cadernetas* na Figura C10, para o módulo *Mapas digitalizados* na Figura C11, para o módulo *Estação total* na Figura C12 e para o módulo *GPS* na Figura C13.

Para melhor entendimento será detalhado o diagrama seqüência de eventos do módulo principal, que é iniciado com a solicitação, pelo usuário, da exibição dos módulos da interface. No evento seguinte a interface responde exibindo os objetos que dão acesso aos outros módulos. Opcionalmente o usuário pode selecionar um dos módulos como, por exemplo, o módulo *Aquisição de dados*. Neste caso a interface responde com a exibição de folhas com guias indicando as fontes de aquisição de dados utilizadas. Seguindo o raciocínio acima descrito, teremos a relação entre os cenários apresentados e os correspondentes diagramas de seqüência eventos para os demais diagramas.



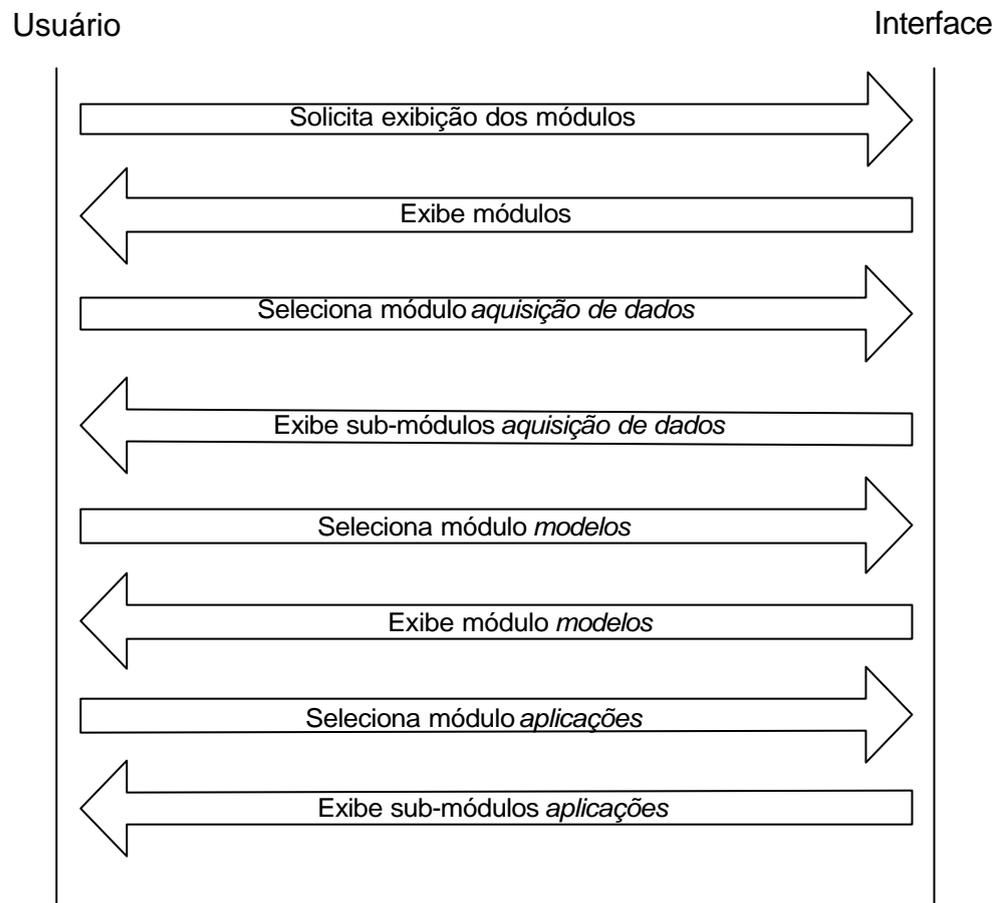


Figura C9. Seqüência de eventos para o módulo modelador

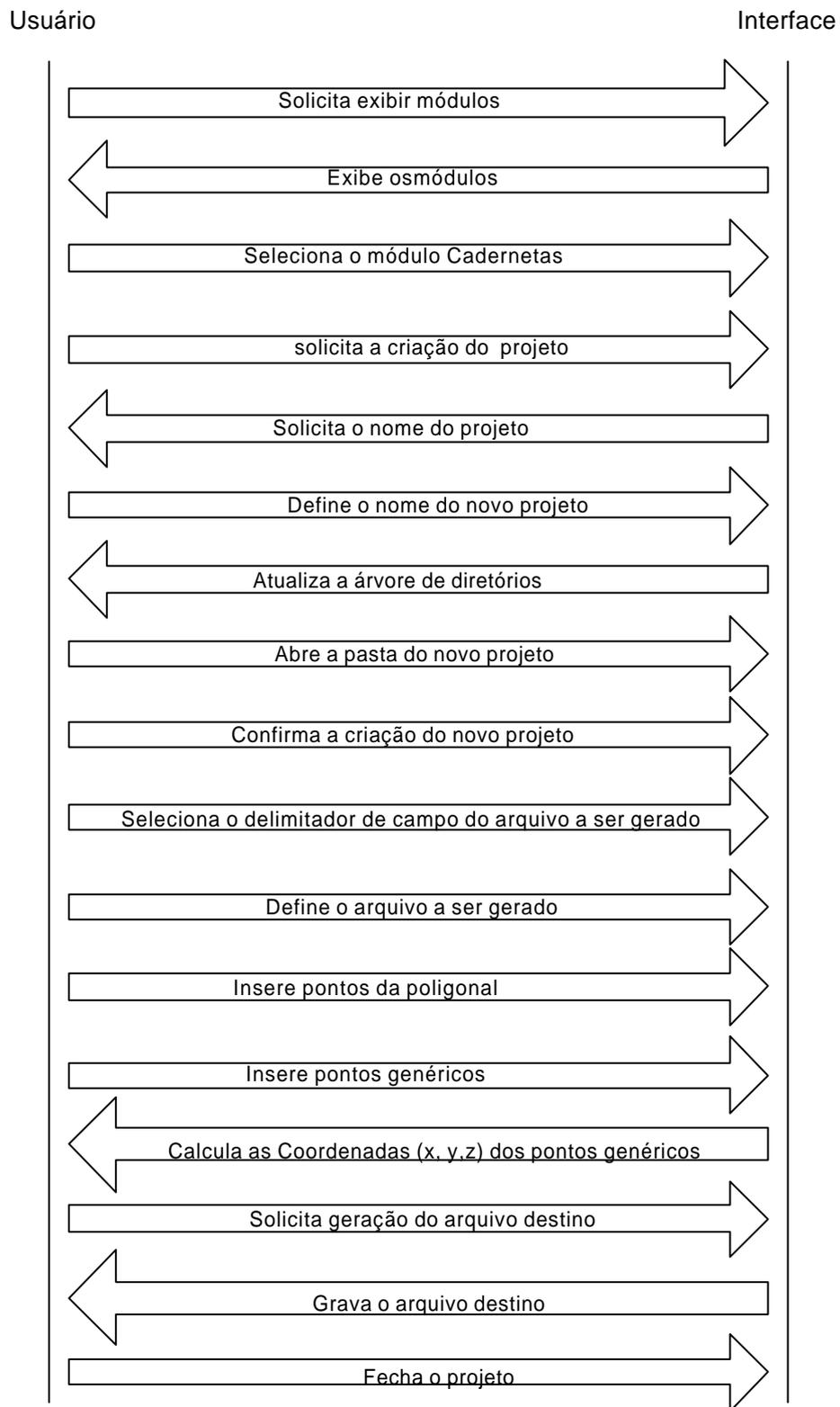


Figura C10. Sequência de eventos para o módulo *Cadernetas*

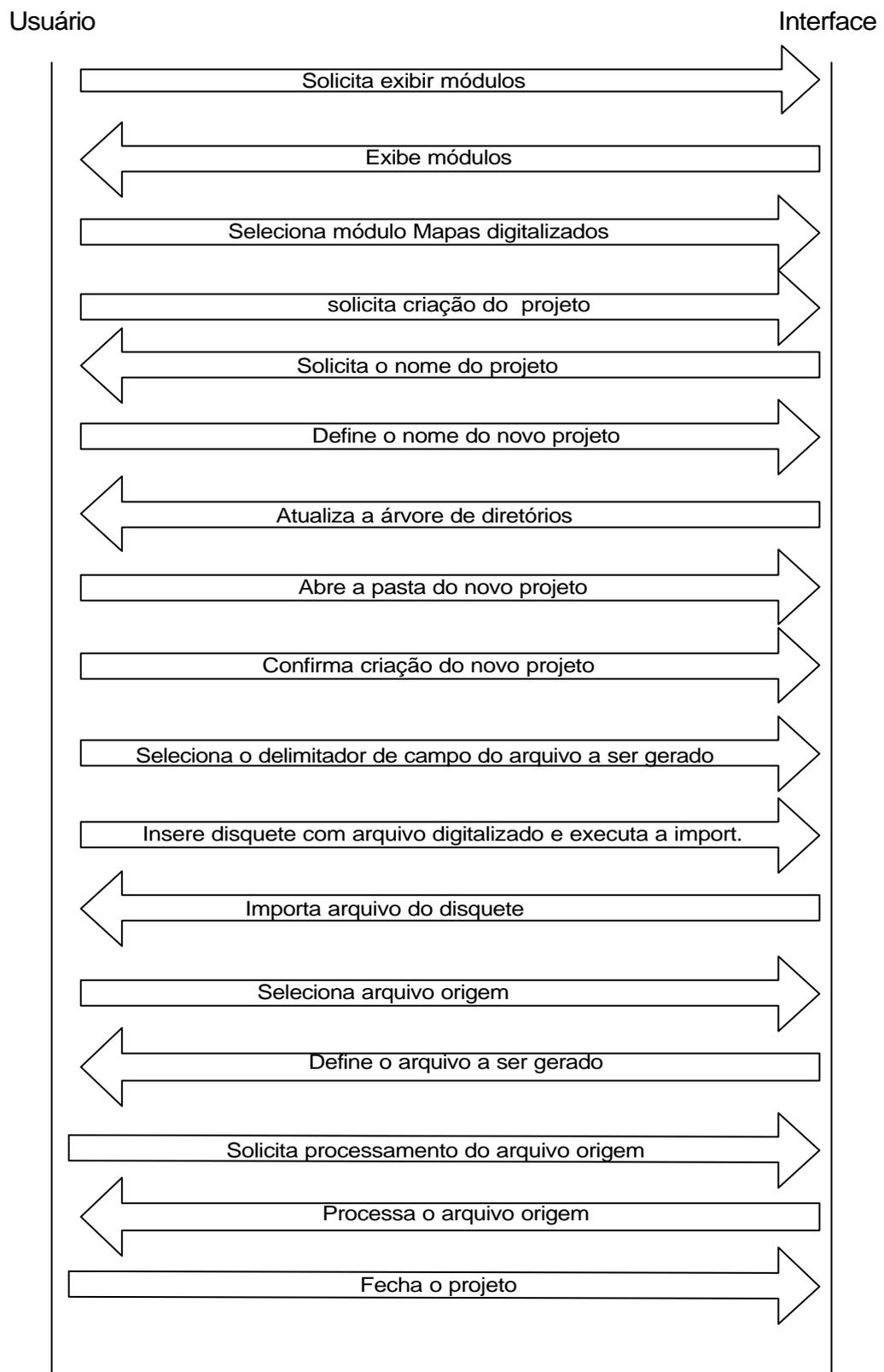


Figura C11. Seqüência de eventos para o módulo *Mapas digitalizados*

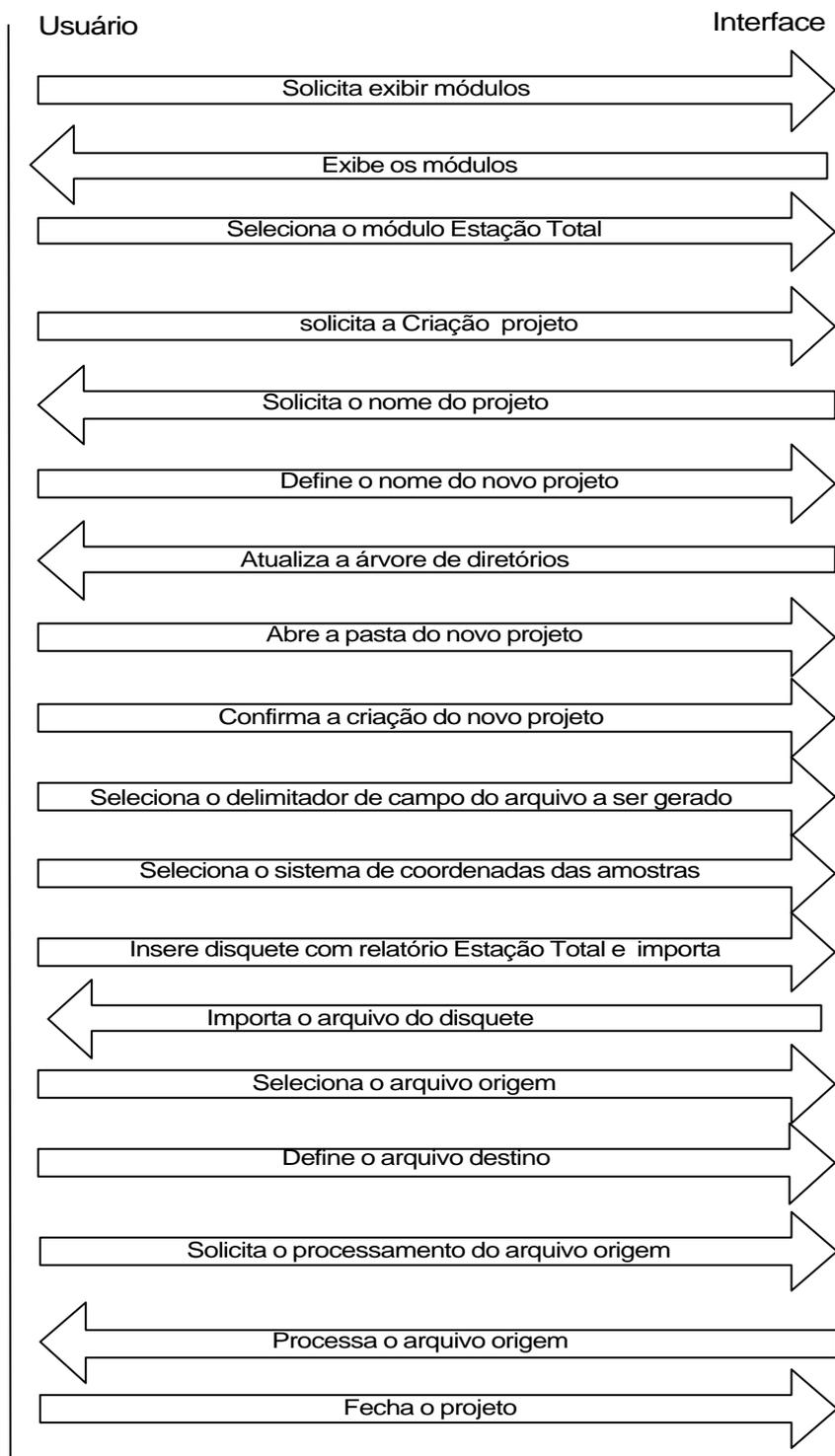
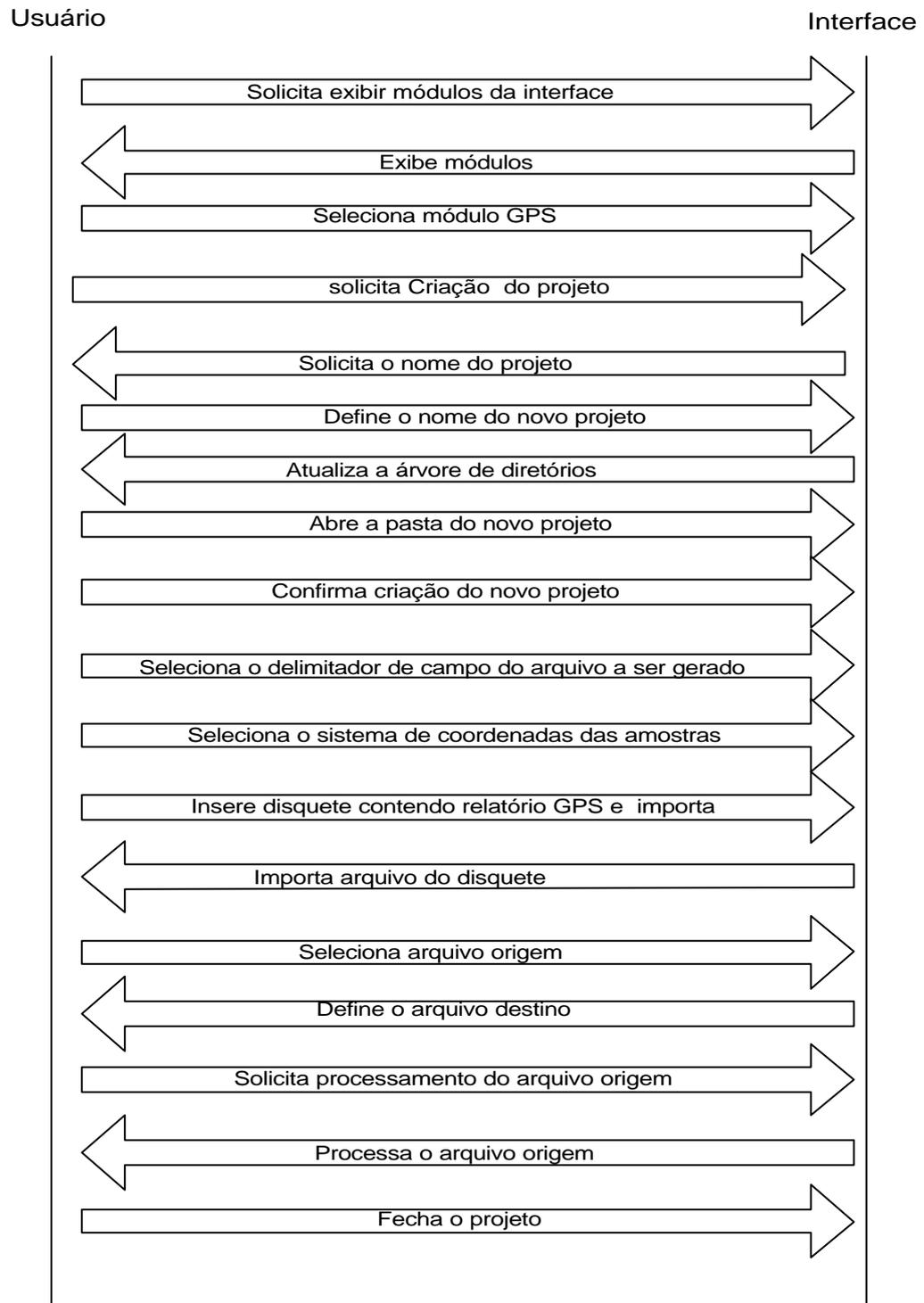


Figura C12. Seqüência de eventos para o módulo *Estação total*

Figura C13. Seqüência de eventos para o módulo *GPS*

### ➤ Diagrama de fluxo de eventos

Um diagrama de fluxo de eventos mostra os eventos entre um grupo de classes independentemente de sua seqüência e apresenta uma visão dinâmica para o diagrama de objetos. O diagrama de fluxo de eventos para a interface é mostrada na Figura C.14.

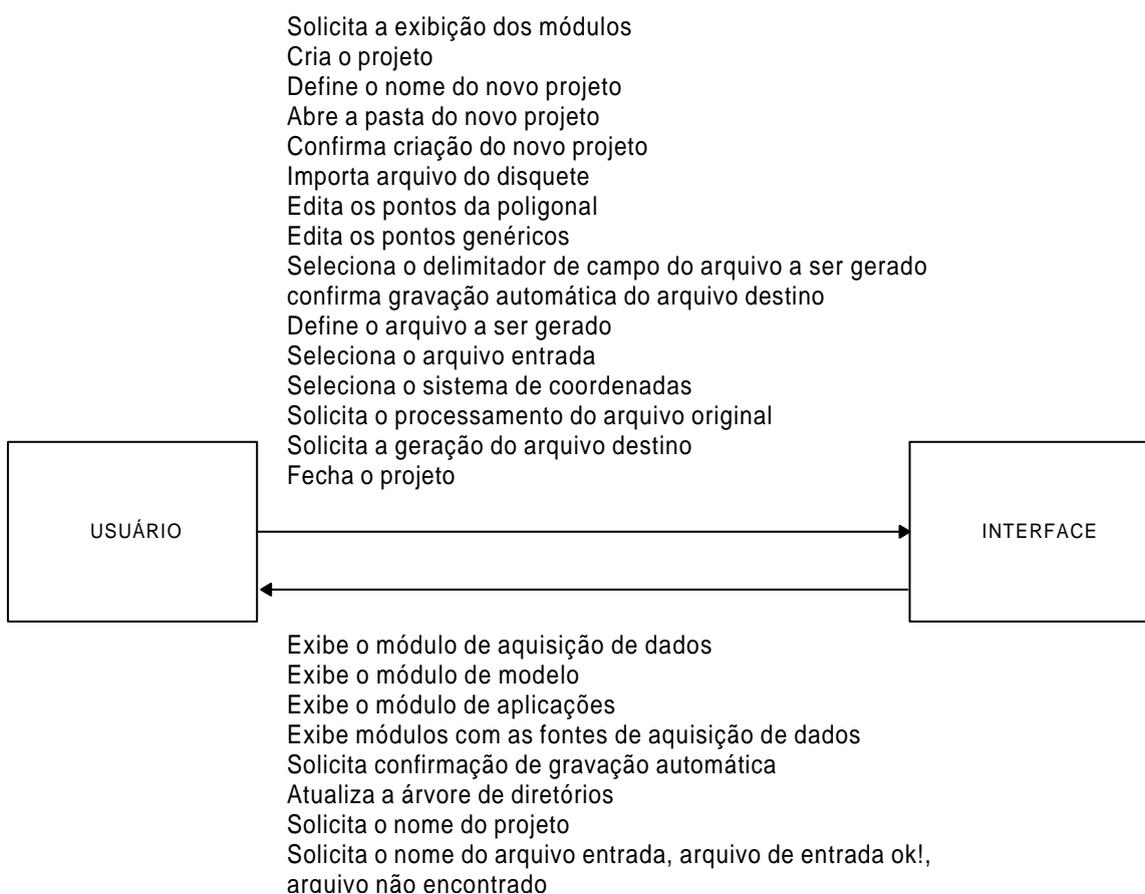


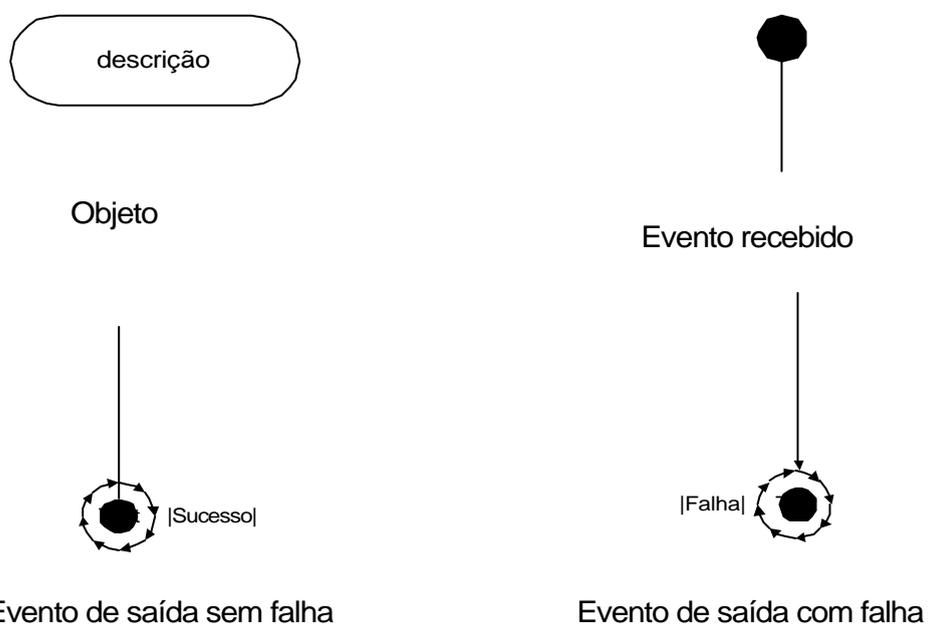
Figura C14. Diagrama de Fluxo de eventos

### ➤ Diagramas de estado

Diagramas de estado são construídos com o objetivo de apresentar os objetos que possuem comportamento não trivial, ou seja, para cada objeto dessa natureza deverá ser analisada a resposta ou transição de saída que ele terá para o respectivo evento recebido.

Assim, para cada cenário ou sequência de eventos corresponde a um caminho no diagrama de estado. Para o diagrama de estado construído para interface (Figura C16) e legenda na Figura C15, por exemplo, o objeto - calcular coordenadas, do módulo *Cadernetas*, recebe o evento Editar ponto genérico, tendo dois possíveis eventos de saída: um evento - falha gerado pela digitação do tipo de dado incorreto, ou um evento - sucesso, indicando que o dado editado a ser utilizado no cálculo das coordenadas está correto.

Os objetos apresentados nos diagramas de estado referentes aos módulos Mapas digitalizados, GPS e Estação Total possuem comportamento semelhante ao diagrama de estado



exemplificado.

Figura C15. Legenda para o Diagrama de estado

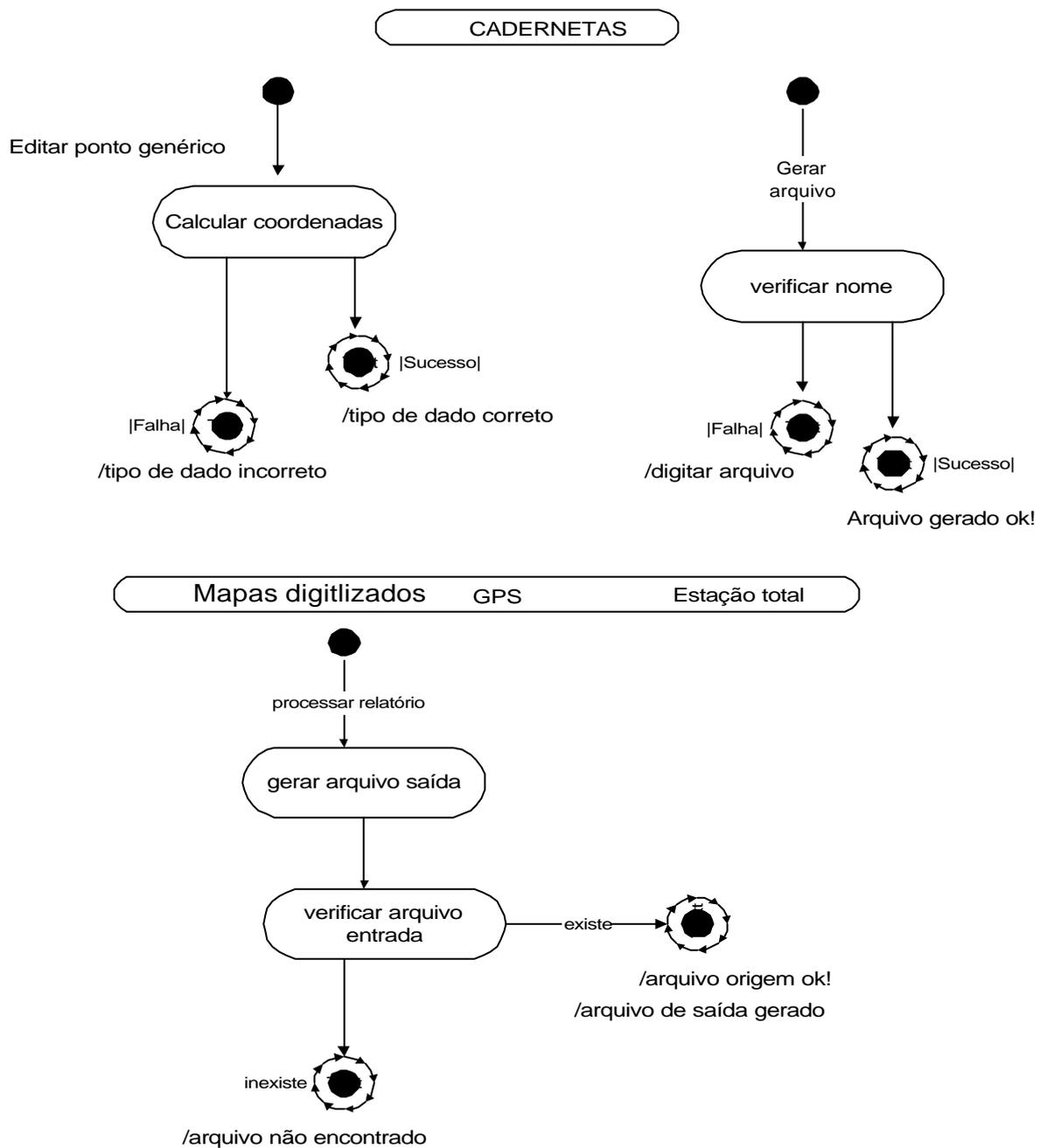


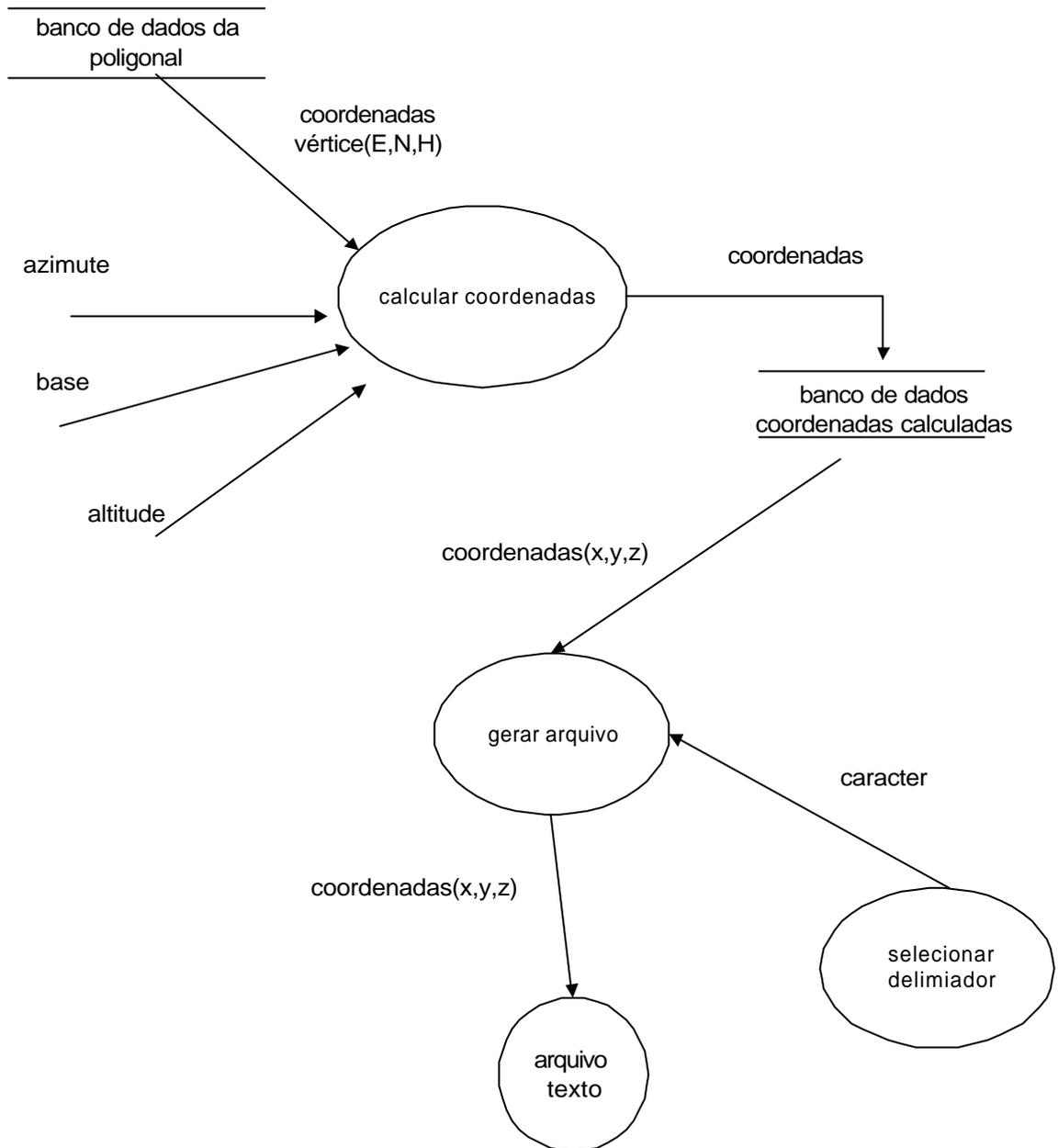
Figura C16. Diagrama de estado

➤ **O modelo funcional**

O modelo funcional é representado através do diagrama de fluxo de dados (DFD) que mostra as dependências entre os valores e a computação de valores de saída, a partir de valores de entrada e funções, sem levar em conta quando ou se as funções são executadas. O diagrama funcional da interface foi construído observando-se o fluxo de dados em cada módulo separadamente. A Figura C.17 exhibe o DFD do módulo *Cadernetas*, a Figura C.18 do módulo *Mapas digitalizados*, a Figura C.19 do módulo *GPS*.

O diagrama de fluxo de dados referente ao módulo *Cadernetas* foi implementado utilizando duas tabelas no formato paradox: uma que armazena os dados relativos aos vértices da poligonal (*est\_poly.db*) e outra tabela (*Proj.db*) que armazena os dados das coordenadas calculadas. Inicialmente o módulo recebe os valores do azimute, da base e da altitude e utilizando as coordenadas da poligonal armazenadas na tabela *est\_poly.db*, previamente inseridas. Procede-se, então, o cálculo das coordenadas dos pontos genéricos, os quais são armazenados na tabela *Proj.db*. Após o cálculo das coordenadas o procedimento - gerar arquivo é solicitado para gravar em memória o arquivo texto final que conterá as coordenadas dos pontos genéricos e da poligonal.

Para o diagrama de fluxo de dados dos módulos *Mapas digitalizados*, *Estação total* e *GPS* o fluxo de dados ocorre de forma semelhante. Inicialmente o arquivo original é recebido pelo módulo correspondente, para, logo em seguida, ser ativado o procedimento - gerar arquivo, o qual processa o arquivo origem e grava, em memória, outro arquivo texto extraindo somente as coordenadas dos pontos cotados.

Figura C17. Diagrama de fluxo de dados - *Cadernetas*

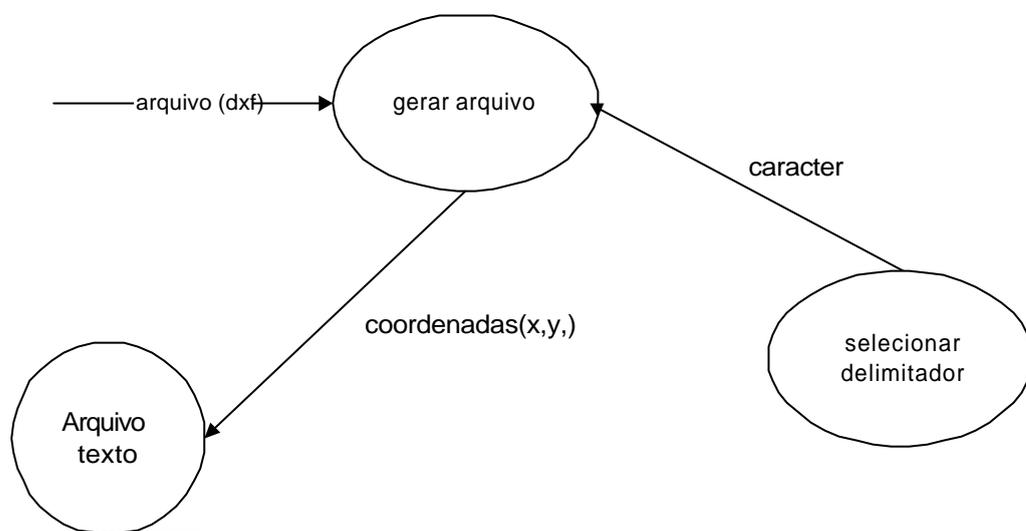


Figura C18. Diagrama de fluxo de dados - *Mapas digitalizados*

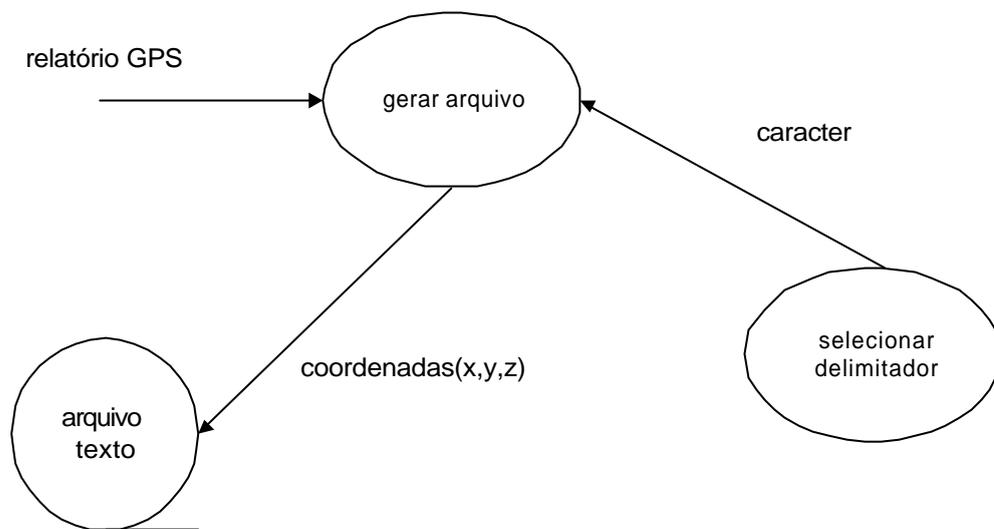


Figura C19. Diagrama de fluxo de dados - *GPS*

## GLOSSÁRIO

**Vertical do lugar:** Direção definida pela tangente da linha de força do campo de gravidade num ponto considerado, materializada por um fio de prumo.

**Plano Horizontal:** Plano perpendicular à direção da gravidade.

**Meridiano Geográfico:** Forma genérica de indicar tanto um meridiano astronômico, quanto um geodésico (isto é: conjunto de pontos de uma superfície que têm a mesma longitude geográfica, seja a superfície da Terra ou do Elipsóide de referência)

**Elipsóide de Referência ou Elipsóide:** Figura matemática bem próxima do geóide na forma e tamanho, a qual é muito utilizada como superfície de referência para os levantamentos geodésicos.

**Geóide:** Superfície equipotencial do campo gravimétrico da Terra, coincidindo com o nível médio do mar e que se estende por todos os continentes.

**Sistema Ortogonal:** Sistema de coordenadas onde os eixos de referência são retas perpendiculares.

**Meridiano de Origem:** Meridiano adotado como origem da medida das Longitudes, e que passa pelo observatório de Greenwich, Inglaterra. Para estudos da Geodésia Científica a definição do Meridiano de Origem exige considerações muito mais aprofundadas e rigorosas.

**Altitude Ortométrica:** Distância desde um ponto da superfície da Terra até o Geóide contada ao longo da Vertical. As altitudes resultantes dos procedimentos topográficos habituais geralmente são chamadas de altitudes ortométricas, embora para que o sejam a rigor devem possuir algumas correções que por razões práticas geralmente não são efetuadas.

**Elipsóide de Revolução:** Corpo geométrico obtido da rotação de uma elipse ao redor de um de seus eixos. Fica caracterizado pelo comprimento de seu semi-eixo maior ( $a$ ), pelo achatamento  $f$ , onde  $f=(a-b)/a$ , sendo  $b$  o semi-eixo menor e pela excentricidade ( $e$ ) de suas elipses meridianas (as que contém o eixo de rotação do elipsóide).

**Vértices Geodésicos:** Ponto no terreno cuja coordenadas foram determinadas por processos geodésicos e que foi materializado por um marco.

**Elipsóide de Referência Internacional 1967:** Elipsóide definido pela Assembléia Geral da Associação Geodésica Internacional que teve lugar em Lucerna, no ano de 1967 e adotado como superfície de referência da rede geodésica do Brasil.

**SAD-69:** Datum sul-americano de 1969. Datum adotado para uniformizar a rede geodésica de controle básico continental. A sua origem é a localidade denominada Chuá, no Brasil. O elipsóide adotado é o Elipsóide Internacional 1967.

**Hayford de 1910:** Elipsóide recomendado na conferência de Madri de 1924. Foi utilizado no Brasil junto com o ponto Datum de Córrego Alegre até a utilização do Datum atual: Chuá-SAD 69.

Boa parte da cartografia do Brasil ainda existente está referida ao Datum anterior de Córrego Alegre.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [AMA91] Amaral, Janete P. **Uma metodologia para o desenvolvimento de sistemas de grande porte com orientação a objetos**. Porto alegre PGCC-UFRGS. 1991 cap.2, p. (90-102).
- [AUT98] AutoDesk, Inc. The integrated Softdesk® 8 Civil/Survey Special Edition toolset extends AutoCAD® Release 14 and AutoCAD Map® 2.0. <URL: <http://www.autodesk.com>>.
- [FOL90] J. D. Foley, A. Van Dam, S. K. Feiner, and J. F. Hughes. **Computer Graphics Principles and Practice**. Addison-Wesley Publishing Company, 1990.
- [FRA97] Franco, Ismar Silveira. **Implementação de Operações Booleanas Regularizadas entre Sólidos CGS em VRML**. Tese Doutorado (1997).

- [FRE96] Frederick, Paula; Guedes, Luíz Carlos; Gattass, Marcelo; Carvalho, Paulo C. Pinto. **Visualização Interativa Tridimensional de Modelos de Terrenos com Textura.** ANAIS do IX SIBGRAPI (1996) p. 341-342.
- [GOL95] Golden Software, Inc, **SURFER** for Windows, manual do usuário.
- [GON96] Gonçalves, Luiz M. Garcia e Fernandes, Antônio Alberto. **Modelagem de Terrenos com Triangulação CFK Adaptativa.** Anais do IX SIBGRAPI (1996) p. 337-338.
- [GRA94] K. Ch. Graf, M. Suter. **Perspective terrain Visualization - A Fusion of Remote Sensing, GIS, and Computer Graphics.** Comput & Graphics. Vo 18 n°6, p. 768-802 (1994)
- [JAC93] Jackie Neider, T. Davis, and M. Woo. **OpenGL programming Guide**, Addison-Wesley Publishing Company, 1993.
- [KAN89] Kaneda, Kazufumi, Tomoyuk Nishita, Hideo Tanaka. **Three Dimensional Terrain Modeling and Display for Environmental Assessment.** 3,7 (1989), p. 207-213.
- [LOC95] Loch, Carlos & Cordini, Jucilei. **Topografia Contemporânea-Planimetria**, Editora da UFSC, 1995, p. 17-33.
- [MER97] Merege, Pedro. **Cartografia Digital.** Sagres Editora (1997). p. 30-32.
- [MIL95] Militão, Júlio Guido. **Uma Metodologia para Posicionamento de Prédios em Terrenos Acidentados.** Dissertação (Mestrado) - PUC. 6,11 (1995), p.12-14.
- [NAG94] Nagy, Geroge. **Terrain visibility.** Comput. & Graphics vol 18, No 6, p. 763-773. (1994).

- [NAMI93] Namikawa, Laércio. **Modelagem digital de Elevação**. Monografia em Computação aplicada. INPE, 1993, p. 33-51.
- [OSI97] Osier, Dan & Batson, Estev, **Aprenda em 14 dias Delphi 3**, Editora Campus, 1997, p. 3-546.
- [PET87] Petrie, G and Kennie, T. J. M. **Terrain Modeling in Surveying and Civil Engineering Computer Aided Design** 19(4): 171-187 (1987),.
- [PRI96] Beraldo, Primo e Soares, Sérgio. **GPS Introdução e aplicações práticas**. Editora e Livraria Luana Ltda (1996).capítulo 1 (1-12), capítulo 5 p.(1-9).
- [REC93] Rechiuti, Luciano Valentim. **Digitalização semi-automatizada de dados na produção de Modelos Numéricos de Elevação**. Anais do VII SBSR (1993) 381-388.
- [ROS89] Rosenfeld A . & E. Johnston, **Angle Detection on Digital Curves**, IEEE Trans. Comput., 1973, Vol. C-2 22, p. 875-878.
- [RUM91] RUMBAUGH, James et al. **Object-oriented modeling and design**. Englewood Cliffs: Printice Hall, 1991. p.500.
- [RUM94] Rumbaugh, James & Michael Blaha. **Modelagem e Projeto Baseados em Objetos**. Editora Campus Ltda, 1994, p. 176-186 e 219-245.
- [SAK92] Sakude, Milton Teruaki. **Modelagem de Terrenos por Superfícies Triangulares de Bezier**. Anais do SIBGRAPI V. (1992), p.213-222.

- [SPR95] SPRING-2.0, **Manual para ambientes UNIX**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais(INPE) <URL:<http://www.dpi.inpe.br/spring>>.
- [SUT95] M Suter, D. Nuesch, “AUTOMATED GENERATION OF VISUAL SIMULATION DATABASES USING REMOTE SENSING AND GIS” in *Proceedings of Visualization 95*. Ed. Gregory M. Nielson and Deborah Silver, IEEE. Computer Society Press, October 29-November 3, Atlanta,GA,USA, p. 86-93, 1995.
- [TEO97] Teodolini Alezi, **Data-GeoSisV1.1**®1996-1997.<URL:<http://www.hezolinem.com>>.
- [THI89] Thiemann, Rolf. **Visualizations of Digital Terrain Data**. Eurographics'89. p. 173-195.