

MARIA ÂNGELA VILAÇA DINIZ

**ANÁLISE DO RELEVO PARA OTIMIZAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO
TERRENO UTILIZANDO SIG**



Monografia apresentada ao Curso de Especialização
em Geoprocessamento da Universidade Federal de
Minas Gerais para a obtenção do título de
Especialista em Geoprocessamento

Orientadora:
Maria Márcia Magela Machado

2002

Diniz, Maria Ângela V.
Análise do relevo para otimização do uso e ocupação do terreno
utilizando SIG. Belo Horizonte, 2002.
29 p.

Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais.
Departamento de Cartografia.

1. uso e ocupação 2. relevo 3. geoprocessamento. Universidade
Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. Departamento de Cartografia

AGRADECIMENTO

À orientadora Professora Maria Márcia Magela Machado, o meu agradecimento pela dedicação e disponibilidade.

SUMÁRIO

RESUMO	1
1- INTRODUÇÃO	2
1.1- APRESENTAÇÃO	2
1.2- OBJETIVOS	3
1.3- ESTADO DA ARTE	4
1.4- ÁREA DE ESTUDO	7
2- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
2.1- SUMÁRIO HISTÓRICO-EVOLUÇÃO DA TOPOGRAFIA	9
2.2- FORMA E DIMENSÃO DA TERRA	9
2.3- A TOPOGRAFIA	11
2.4- TOPOGRAFIA EM FORMATO DIGITAL	16
3- METODOLOGIA	18
3.1- BASE DE DADOS	18
3.2- TRATAMENTO DOS DADOS	18
3.3- GERAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS	23
3.4- ANÁLISE DOS MAPAS TEMÁTICOS	27
3.5- MAPA SÍNTESE DE POTENCIAL DE APROVEITAMENTO	28
4- CONCLUSÃO	29

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	PLANTA DE SITUAÇÃO DE RIO ACIMA	7
FIGURA 2 A	MAPA DE MINAS GERAIS COM LOCALIZAÇÃO DA ÁREA	8
FIGURA 2 B	MAPA INDICANDO A POSIÇÃO DE RIO ACIMA	8
FIGURA 3	REPRESENTAÇÃO DO GEÓIDE	8
FIGURA 4	REPRESENTAÇÃO PLANIMÉTRICA DE UM TERRENO	10
FIGURA 5	REPRESENTAÇÃO PLANIALTIMETRICA DE TERRENO NATURAL	12
FIGURA 6	REPRESENTAÇÃO PLANIALTIMETRICA DE TERRENO	13
FIGURA 7	RELEVO CORTADO POR PLANOS HORIZONTAIS	13
FIGURA 8	REPRESENTAÇÃO DO RELEVO EM CURVAS DE NÍVEL	14
FIGURA 9	CURVAS MESTRAS E SECUNDÁRIAS	15
FIGURA 10	PLANTA TOPOGRÁFICA DA ÁREA	15
FIGURA 11	VISUALIZAÇÃO DE GAPS	17
FIGURA 12	PLANTA COM CURVAS DE NÍVEL DIFERENCIADAS PELA COR	19
FIGURA 13	VISTA DO MDT EM MALHA TRIANGULAR	21
FIGURA 14	DETALHE DA MALHA TRIANGULAR	21
FIGURA 15	VISTA DO MDT EM MALHA RETANGULAR	22
FIGURA 16	VISUALIZAÇÃO COM SOMBREAMENTO	22
FIGURA 17	MAPA DE DECLIVIDADE	24
FIGURA 18	MAPA DE INSOLAÇÃO	25
FIGURA 19	MAPA DE DRENAGEM	26
FIGURA 20	MAPA SÍNTESE: POTENCIAL DE APROVEITAMENTO	28

RESUMO

Para a determinação da melhor forma de ocupação de uma área, o relevo é um fator extremamente relevante a ser estudado.

O relevo é representado em planta normalmente por curvas de nível e sua visualização exige uma certa experiência do observador. O advento do uso da computação possibilitou a representação do modelado de uma área da superfície da terra em 3D. Conhecida como MDT, Modelo Digital do Terreno, esta forma de representação do relevo, por ser muito próxima do real, solucionou um dos pontos mais delicados nos estudos das áreas de engenharia, arquitetura e urbanismo, análise ambiental e tantas outras que envolvem análise de relevo: a dificuldade de visualização imediata da forma do terreno em planta. Além disso, o uso do MDT, ainda possibilita a produção praticamente automática de mapas temáticos derivados dessas informações, facilitando e agilizando análises e conclusões.

Considerando a crescente utilização de tecnologia de geoprocessamento, buscou-se, neste trabalho, apresentar uma aplicação desses recursos como metodologia de análise no planejamento do uso e ocupação do Solo.

A área em estudo fica situada em Rio Acima - MG, tem aproximadamente 80.000m², para os quais foram geradas cartas temáticas de declividade, linhas de talvegue e insolação. O cruzamento dessas informações possibilitou a produção de mapa síntese de potencialidade de uso e, conseqüentemente, uma análise de viabilidade do aproveitamento da área para ocupação de forma mais racional e otimizada.

Concluí-se que a utilização da tecnologia SIG - Sistema de Informação Geográfica permite a checagem automática de alguns parâmetros básicos, facilita a análise, agilizando substancialmente todo o processo.

1 – INTRODUÇÃO

1.1 - APRESENTAÇÃO

É de fundamental importância para o estudo, análise e elaboração de projetos na área da engenharia civil, arquitetura e urbanismo, no gerenciamento e planejamento de uso de recursos naturais, em monitoramentos ambientais e outras aplicações, o perfeito conhecimento da forma do terreno. Tradicionalmente, as formas da crosta terrestre, melhor dizendo, o seu relevo, têm sido representadas por curvas de nível, tanto em plantas topográficas como em mapas cartográficos. Entretanto, os extraordinários avanços da informática ocorridos nos últimos anos possibilitaram novas formas e técnicas de apresentação desse tipo de dados, com o aprimoramento do *hardware* e produção de *softwares*. Dentre as principais ferramentas que surgiram a partir daí, destacam-se os SIGS – Sistemas de Informação Geográfica, que a cada dia estão mais eficientes e de utilização mais viável na implementação de estruturas espaciais, pois possibilitam aliar rapidez e precisão nas análises.

Este trabalho estuda a potencialidade da utilização do Geoprocessamento na análise do planejamento do uso e ocupação do solo. Evidencia, principalmente, o tratamento gráfico de informações derivadas diretamente do relevo tais como: declividade, linhas de talvegue (ou coletoras de água), direção do fluxo das águas superficiais (linhas de maior declive), dentre outras, essenciais ao planejamento de aproveitamento solo. O método baseia-se então na elaboração de material cartográfico a partir da geração do Modelo Digital de Terreno, a fim de possibilitar uma análise técnica do problema.

1.2 - OBJETIVOS

Geral:

O presente trabalho objetiva a exploração das potencialidades do Geoprocessamento nos estudos do uso e ocupação do solo partindo da modelagem digital do terreno.

Específicos:

Produzir o Modelo Digital do Terreno (MDT), a partir de plantas topográficas disponíveis em formato digital.

Produzir mapas temáticos, com informações disponibilizadas a partir do MDT, importantes na análise do aproveitamento do terreno:

- Declividade
- Drenagem –fluxo descendentes
- Insolação

Produzir de um mapa síntese que traduza o potencial de uso e ocupação do terreno.

Analisar criticamente as potencialidades dos *softwares* utilizados.

1.3 – ESTADO DA ARTE

O grande desenvolvimento da informática, ocorrido a partir da segunda metade do século passado, disponibilizou grande número e variedades de *softwares* com aplicações em áreas específicas. A Topografia, como todas as outras ciências, foi beneficiada. Existem no mercado muitos *softwares* que atendem com eficiência as suas necessidades, principalmente produzindo plantas topográficas bastante satisfatórias, modelagem do terreno em 3D e também aplicativos de simulação de projetos que possibilitam, por exemplo, o cálculo do volume de terra a ser movimentada. Para citar apenas um, o Sistema *Topograph* é um *software* bastante utilizado em projetos que envolvem uma base topográfica na sua elaboração. É utilizado em diversas áreas da engenharia, com destaque para aqueles relacionados à construção civil, da arquitetura e urbanismo: projetos de loteamentos, construções, irrigação, barragens, estradas, etc. É constituído por módulos, a saber: MODULO I – Topografia: “Cálculos Topográficos e UTM” - parcelamento e elaboração de memoriais descritivos, visualização e edição de plantas e perfis, interpolação automática de curvas de nível; MODULO II – “Volumes” - geração de seções transversais e cálculo de volumes, MDT/3D – modelagem digital do terreno; MODULO III – “Projetos” – cálculo de projetos em seções-tipo inteligentes, definição de traçados horizontal e vertical, superelevação e superlargura.

Esse *software*, especificamente, e muitos outros fazem parte dos Sistemas CAD¹- Projeto Auxiliado pelo Computador, que são sistemas destinados a auxiliar no projeto e nos desenhos gerais. Eles não pertencem à geração SIG², sistemas mais “potentes” que permitem o cruzamento de informações através da álgebra de mapas, portanto eles não possibilitam, por exemplo, a elaboração mapas temáticos.

Os SIGs tornaram possíveis análises que combinam diversos mapas e dados e a produção quase automática de resultados em forma de novos mapas. Tratando da questão colocada

¹ Sistemas CAD - *Computer Aided Design*, também chamado CADD - *Computer Aided Drafting and Design*, se destinam a auxiliar na elaboração dos projetos, pois possibilitam simulações de forma rápida e eficaz, e na produção dos desenhos dos projetos em geral. Os Sistemas CAE - *Computer Aided Engineering* e os Sistemas CAM - *Computer Aided Manufacturing-Manufatura* , são sistemas de aplicações específicas destinados a área de engenharia, executam cálculos e análises de engenharia utilizando um CAD para representar os resultados. Os CAM são próprios para o projeto e execução de peças manufaturadas. (MOURA-2001)

² Os Sistemas SIG - Sistema de Informação Geográfica ou GIS - *Geographic Information System*, objetivam coleta, armazenamento, tratamento e análise de dados georreferenciados, utilizando o CAD como uma das formas de aquisição desses dados. (MOURA-2001)

por este trabalho, aonde o dado altimétricos vai muito além de sua aplicação direta no desenvolvimento de projetos específicos ligados à topografia podendo até mesmo ser parâmetros decisivos na conclusão da viabilidade técnica do projeto, é de grande importância o cruzamento desses dados com outras informações espaciais. Com os recursos do geoprocessamento tal lacuna foi preenchida ao permitir a produção de mapas temáticos resultantes do cruzamento de informações armazenadas em banco de dados.

“Em sua proposição básica, os SIGs possuem a abrangência de manipular o conjunto complexo dos dados, como ferramenta útil á operacionalização da abordagem holística numa concepção transdisciplinar” (TEIXEIRA, 1998:76)

Os *softwares* que tratam de dados espacializados podem ser classificados levando em consideração os recursos de organização de dados alfanuméricos convencionais e das informações geograficamente referenciadas, bem como da possibilidade de interrelacioná-los que disponibilizam.

Os primeiros SIGs surgiram na década de 60 no Canadá, com o esforço governamental. No entanto, eram muito difíceis de serem usados, não havia monitores gráficos de alta resolução, além da necessidade de mão de obra altamente especializada. Ao longo dos anos 70 foram desenvolvidos novos e mais acessíveis recursos de *hardwares*, e, no decorrer dos anos 80, com a grande popularização e barateamento das estações de trabalhos gráficos, além do surgimento, evolução dos computadores pessoais e dos sistemas de gerenciadores de bancos de dados, ocorreu uma grande difusão do uso de SIG (DAVIS, 2002)

Os SIGs, sendo sistemas automatizados de armazenamento, análise e manipulação de dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável a sua análise (CAMARA, 1996), se difundiram em todos os campos onde a espacialização de fenômenos ou informações é imprescindível na tomada de decisões.

Para MARBLE (1990) a inovação de maior significância do começo dos anos 80 veio com o desenvolvimento do ARC/INFO pela ESRI que chegou a dominar o mercado no final da década.

O processo evolutivo dos sistemas de informação geográfica passou por vários estágios até atingir o alto nível de sofisticação tecnológica observado nos dias atuais.

A atual fase é a fase de domínio do usuário, apresentando competições entre empresas fornecedoras de sistemas, a padronização e sofisticação dos sistemas e o conhecimento das potencialidades dos sistemas por parte do usuário.

Os SIGs tem sido amplamente empregados como valiosos instrumentos de auxílio no planejamento municipal e definição de políticas públicas tratando informações como cadastros técnicos, imobiliários, cálculo de impostos, e tantos outros.

“Nos dias atuais existe um grande consenso de que a informação é um dos recursos mais estratégicos e mais valiosos para a condução de qualquer tipo negócio ou projeto, seja de natureza pública ou privada, seja de abrangência global, nacional, regional, local e até mesmo pessoal. Nenhum País, Estado ou Município atingirá seu pleno desenvolvimento se não dispuser de informações atualizadas, precisas e sinópticas sobre a natureza, a quantidade e a distribuição geográfica e seus recursos naturais e das riquezas geradas pelo seu povo. O Geoprocessamento nasceu, cresceu e está em franco desenvolvimento por conta desta filosofia de que a informação localizada, correta e disponível de forma ágil é indispensável para planejar e tomar decisões importantes. O dito popular de que “informação é poder” nunca foi tão verdadeira e ganhou um vigor renovado em relação a informação geográfica com o evento das novas ferramentas do geoprocessamento.”(Timbó, 2002:1)

Na análise de uso do solo esta tecnologia vem sendo cada vez mais difundida. Como exemplo pode-se citar os Estudos de Degradação do Solo, trabalho desenvolvido no Campus Experimental III da Faculdade de Agronomia "Manoel Carlos Gonçalves", situado no município de Espírito Santo do Pinhal, região centro-leste do Estado de São Paulo. Para estudo da área de 64,45 ha, foi utilizado o SIG-IDRISI, que permitiu que as informações fossem armazenadas, manipuladas, transformadas e analisadas, obtendo-se novos mapas (resultados), com rapidez e precisão, a partir do cruzamento de diferentes planos de informação. Essas facilidades tornam o SIG uma ferramenta importante na atualização das informações, no diagnóstico do meio ambiente e no processo de tomada de decisões.

1.4 - ÁREA DE ESTUDO

Para elaboração deste trabalho foi escolhida uma área de aproximadamente 80.000m² localizada no município de Rio Acima, distante de Belo Horizonte 36 km. A área, por ter seu relevo bastante acidentado, se mostrou adequada ao estudo uma vez que requer análise de informações e mapas derivados de dados altimétricos para embasar tecnicamente e otimizar o seu uso. As coordenadas geográficas do local são: Latitude 20° 04' sul e Longitude 43° W.

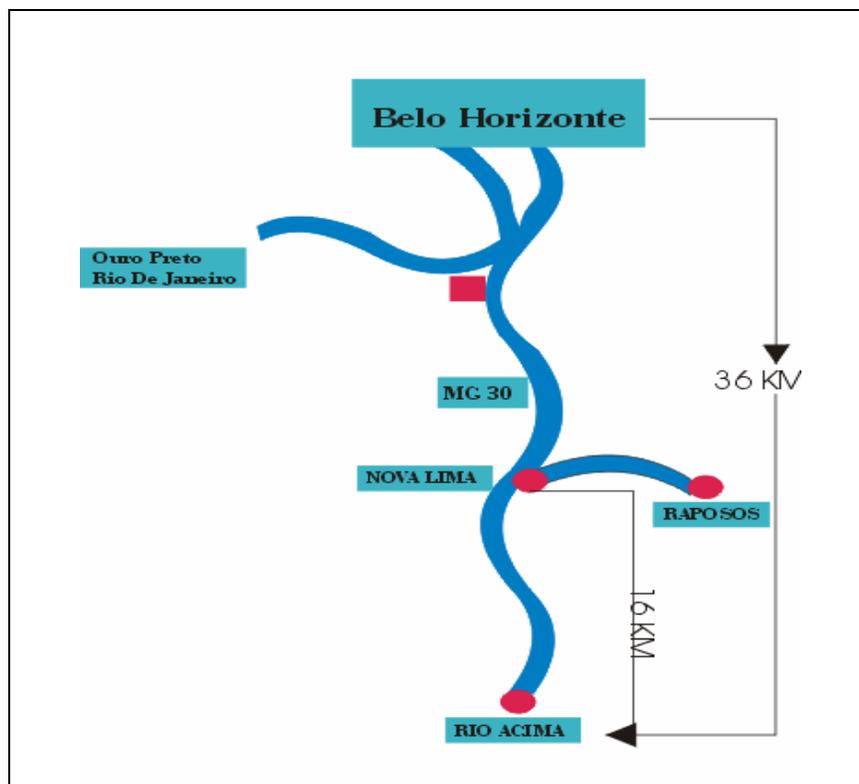


Figura-1 Planta de situação de Rio Acima

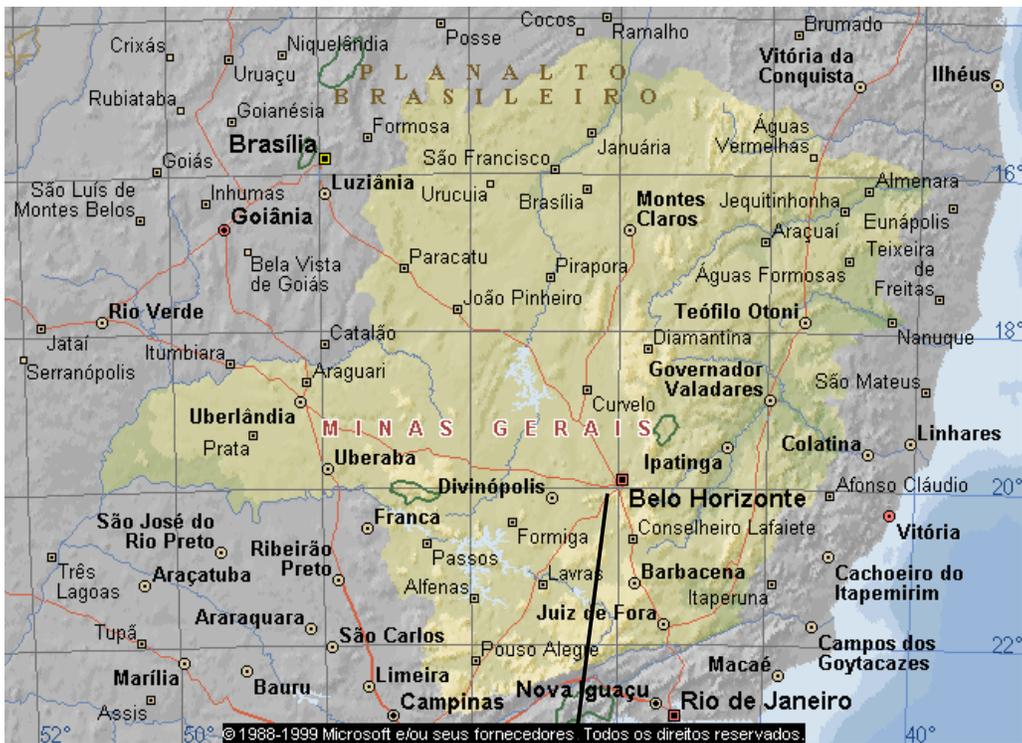


Figura 2 A - Mapa de Minas Gerais com a localização da área

Fonte – Atlas Encarta / 2000 - Microsoft



Figura 2 B – Mapa ampliado indicando a posição da cidade de Rio Acima

Fonte – Atlas Encarta / 2000 – Microsoft

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 – Sumário Histórico da Evolução da Topografia

Os egípcios, os gregos, os árabes e os romanos nos legaram, instrumentos e processos que, embora primitivos, serviram para descrever, delimitar e avaliar propriedades rurais. No livro “História da Topografia” de Laussedat, são mencionadas plantas e cartas militares e geográficas organizadas nos primórdios da Topografia.

Contudo, somente nos últimos séculos a Topografia teve uma orientação analítica passando do empirismo às bases de uma autêntica ciência graças ao desenvolvimento notável que tiveram a matemática e a física. Os aperfeiçoamentos tecnológicos da mecânica de precisão e da ótica introduzidos nos instrumentos topográficos contribuíram eficientemente para o progresso crescente da precisão dos trabalhos topográficos, surgiram as fotogrametrias terrestres e aéreas, esta última dominando hoje em dia a maioria dos grandes levantamentos topográficos.

Nos últimos quinze anos, a topografia convencional e a análise espacial de dados sofreram profundas modificações, basicamente marcadas pelo advento da informática possibilitando o uso generalizado de sistemas computacionais para desenho, consultas, armazenamento e ligações de dados espaciais.

2.2 - Forma e Dimensões da Terra

A superfície física do nosso planeta é muito irregular, constituída de grandes elevações e depressões, estas alterações são, no entanto bem pequenas comparadas com as dimensões da Terra. De fato, a maior elevação situa-se em *Glaisker*, no monte *Everest* com aproximadamente 8.838 m, tomando como referência o nível do mar. Este valor é pouco maior que um milésimo do raio terrestre cujo valor médio aproximado é de 6.370.000m. A profundidade máxima do oceano é de 9.425 m, aproximadamente a mesma proporção. Quando se fala em forma da Terra se entende aquela superfície do nível médio das águas dos mares prolongada sob os continentes. Esta superfície se chama **geóide** e não há formula matemática capaz de defini-la (Fig. 3).

São usadas para representações da Terra em plantas ou cartas, formas que vão desde o elipsóide de revolução para trabalhos que exigem maior precisão, já que é a forma que mais se aproxima do real, passando pela esfera até a plana.

Assim, a forma da Terra é definida em função da ciência que a estuda. A Topografia, por tratar da representação de pequenas áreas da superfície, trabalha com projeções planas, isto é desconsidera a sua esfericidade. A Cartografia, Geografia, Geodésia e Astronomia, por sua vez, trabalham a representação da Terra em sua totalidade ou grandes superfícies e consideram a sua forma conforme a precisão desejada.

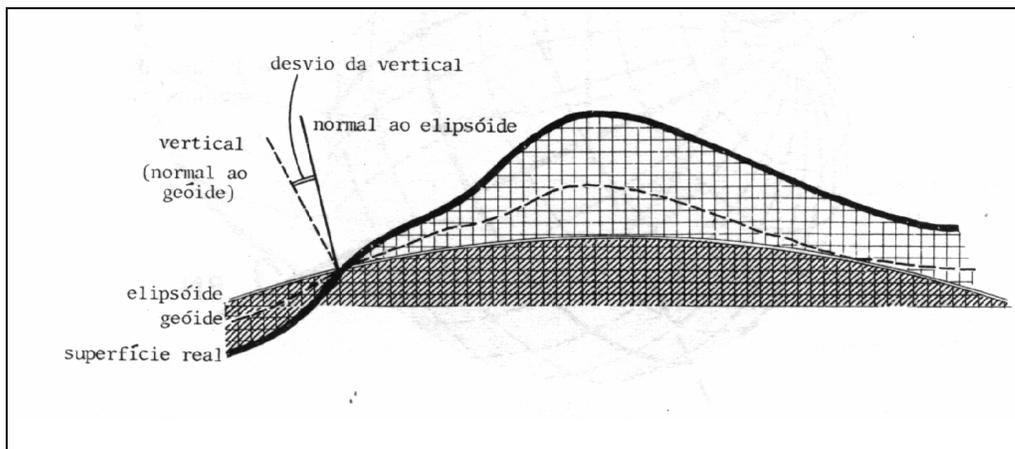
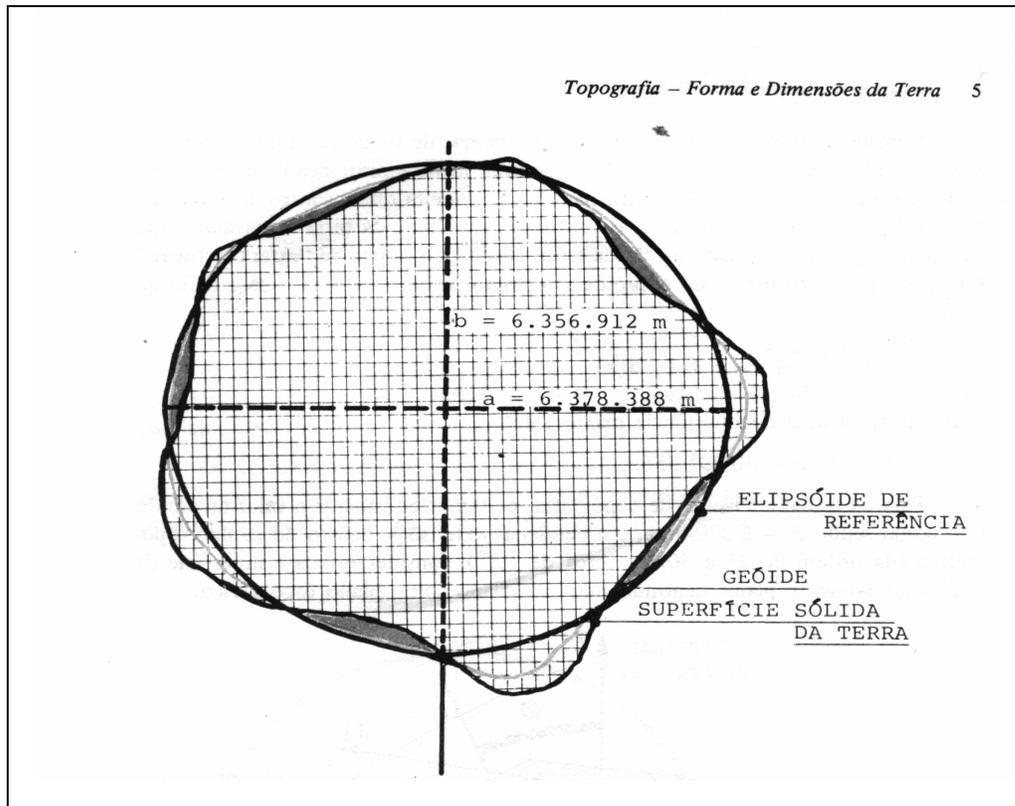


Figura 3- Representação do geóide

2.3 – A Topografia

A Topografia se incumbem da representação, por uma projeção ortogonal cotada, de todos os detalhes da configuração do solo. É uma ciência aplicada de âmbito restrito, baseada na geometria e na trigonometria. É um capítulo da Geodésia cujo objetivo é o estudo da forma e dimensões da Terra.

A Topografia tem por finalidade representar graficamente o contorno, as dimensões, e a posição relativa de uma pequena parte da superfície terrestre, fornecendo a sua área e a sua posição altimétrica. A esta representação, fiel e expressiva em projeção horizontal, do terreno estudado dá-se o nome de planta topográfica.

Ao conjunto de métodos empregados para colher o dado necessário para o traçado da planta dá-se o nome de Topometria, que pode ser dividida em Planimetria e Altimetria. A Planimetria trata da representação, em projeção horizontal, dos detalhes existentes na superfície. A Altimetria é medição da altura relativa dos pontos, parte que envolve o relevo, elemento de capital importância para projetos de uso e ocupação do solo. A Planialtimetria é a combinação da Planimetria e Altimetria, sendo, portanto o estudo mais completo.

“A Topografia (do grego: “topos” = lugar, e “graphos” = descrição de um lugar) é a ciência e arte que tem por objeto principal a representação gráfica dos detalhes e acidentes do terreno, guardando as forma e proporções. Entretanto, esta não é somente a finalidade da Topografia, inclui também o trabalho de levar ao terreno, dados e indicações obtidas da dita representação gráfica. O primeiro trabalho toma o nome de Levantamento e o segundo de Locação”(SEIXAS-1981:1)

No caso do levantamento, ou aquisição de dados, deve-se considerar, essencialmente, os pontos característicos do terreno, como:

- Pontos altos, baixos e aqueles que marcam as mudanças de declividade;
- Linhas naturais do terreno como cristas, vales, talvegues e rios;
- Linhas construídas como as que materializam construções civis como edificações, ruas, estradas, muros, etc;
- Áreas planas existentes ou construídas que possuem a mesma cota, como platôs, campo de futebol, lagos e outras.

Logo, para a representação fiel do terreno, nos levantamentos topográficos temos que considerar as divisas e todos os detalhes que estão em seu interior como cercas, estradas, construções, campos cultivados, córregos, elevações, gargantas, vales, espigões, etc. As curvas de nível são a melhor representação do relevo do solo em plantas, mapas ou cartas por ser o processo que possibilita a visualização eficaz. Esta representação permite também conhecer a diferença de nível entre dois ou mais ponto, seja qual for a distância que os separe.

As figuras 4, 5 e 6 ilustram representações planimétrica e plani-altimétrica de terrenos. A representação apenas altimétrica é inexequível, uma vez que representar a altitude ou cota de ponto é impossível sem antes localizá-lo.

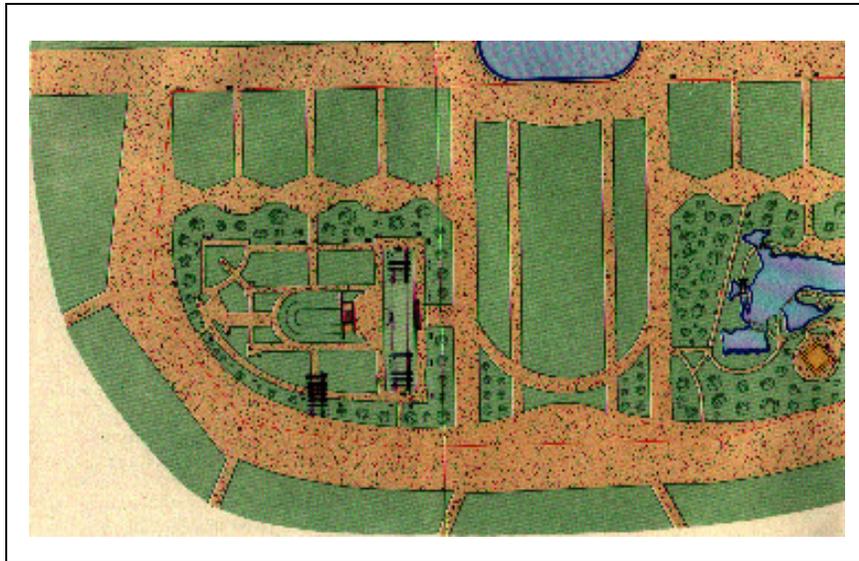


Figura 4 – Representação planimétrica de um terreno.

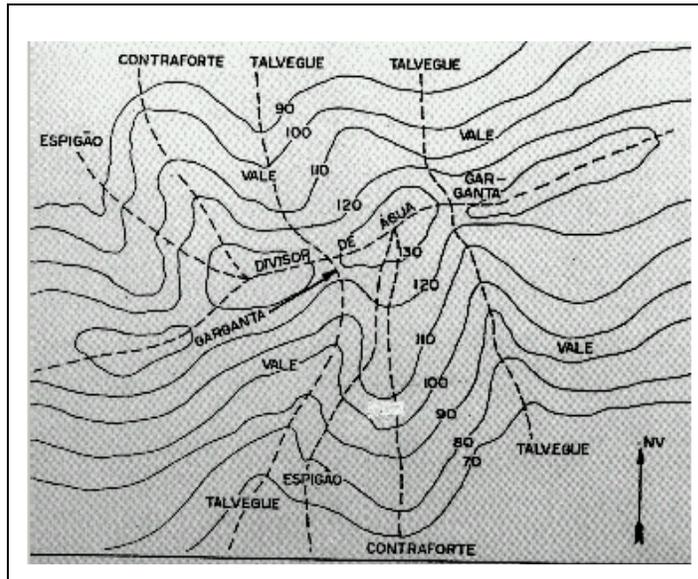


Figura 5 – Representação plani-altimétrica de um terreno natural.

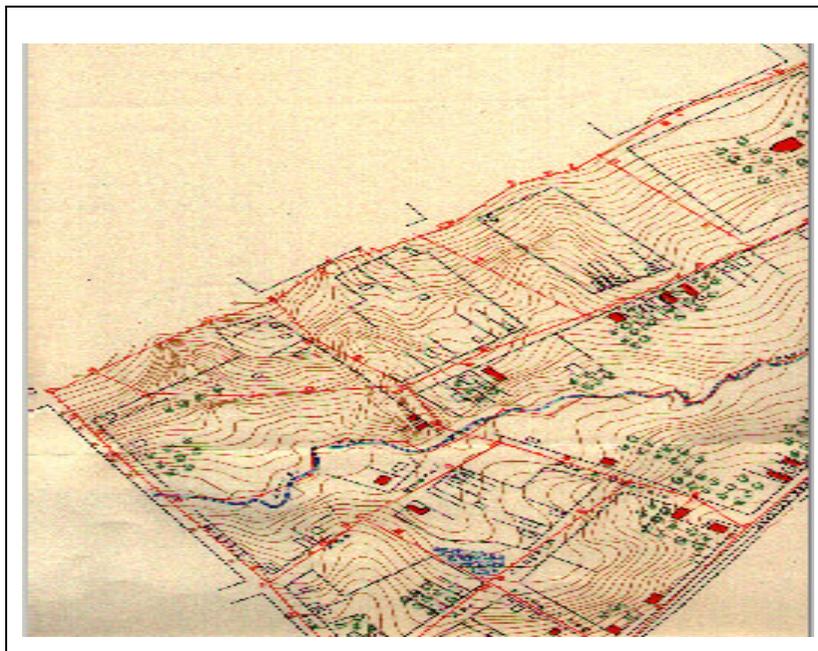


Figura 6 – Representação plani-altimétrica.

As curvas de nível são linhas resultantes da interseção de uma série de planos horizontais paralelos e eqüidistantes com o terreno a ser representado, projetadas num único plano (Fig-7). Pode-se definir então, curva de nível como sendo o lugar geométrico de pontos de mesma cota ou altitude. Obviamente, em uma dada porção de terreno, todos os pontos que tiverem a mesma cota pertencerão à mesma curva de nível. As curvas de nível podem ser regulares ou irregulares, abertas ou fechadas, concêntricas ou não, sua forma depende do modelado do terreno seccionado. Para facilitar a visualização das diferenças de nível, algumas curvas são representadas com o traçado do desenho mais reforçado, são chamadas Curvas Mestras e são espaçadas de 5 em 5 curvas de nível. Normalmente, apenas as curvas mestras recebem a inscrição do valor numérico da cota, a cota das demais curvas, intermediárias ou secundárias, é deduzida.

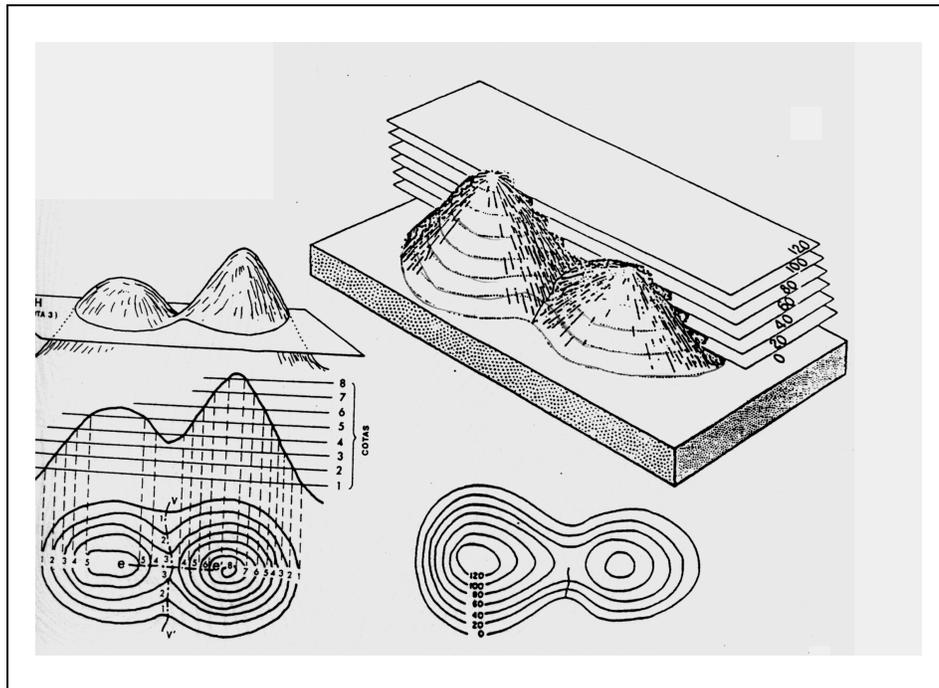


Figura 7- Relevo cortado por planos horizontais paralelos e eqüidistantes.

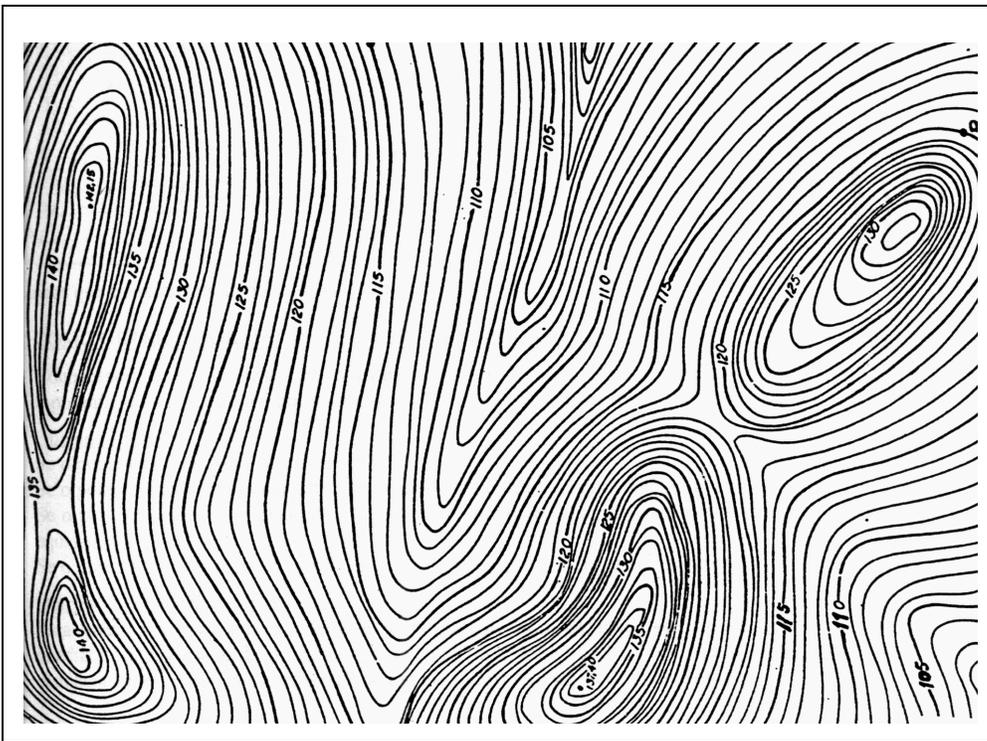


Figura 8 – Representação do relevo de um terreno por curvas de nível

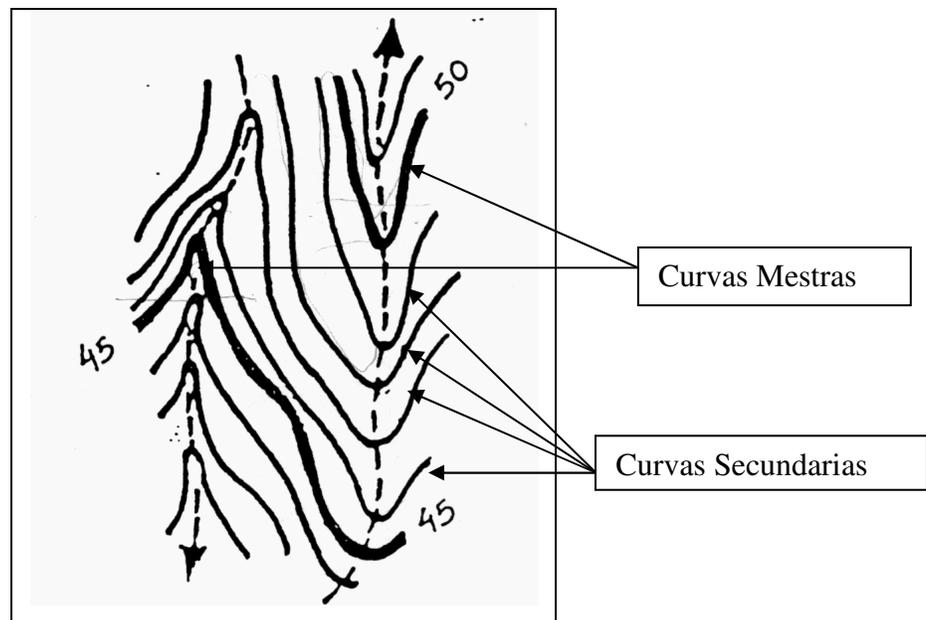


Figura 9 – Curvas mestras e secundárias.

2-4 Topografia em formato digital

Qualquer forma contínua de representação das variações do relevo no espaço, armazenada em formato digital para uso em computadores, é chamada de Modelo Digital do Terreno - MDT. Esta é a forma adequada de representação do relevo em formato digital porque é uma solução numérica eficiente no sentido de permitir o armazenamento dos dados de altimetria e geração de mapas topográficos, perfis e seções, visualização tridimensional do terreno, cálculo de volume de corte e aterro, elaboração de mapas de declividade e exposição solar, etc.

Segundo ROCHA (2000:187), o processo de geração de um MDT consta de três etapas:

- Aquisição dos dados;
- Edição dos dados;
- Geração do Modelo Digital do Terreno propriamente dita.

A aquisição de dados para a geração do MDT pode ser feita através de pontos cotados, a partir de levantamento topográfico realizado no campo, ou a partir de planta topográfica da área em curvas de nível.

No processo de edição, estes dados são convertidos em modelos matemáticos, equação analítica ou grade de pontos (modelo de interpolação). A vantagem de empregar uma equação matemática está em poder determinar direta e rapidamente a cota de qualquer ponto e em obter perfis e seções transversais, com o cálculo de cotas ao longo da linha desejada.

O aplicativo *Geoterrain* é um módulo do *MicroStation* para gerar Modelos Numéricos de Superfície ou Modelo Digital do Terreno - MDT. Através dessa modelagem numérica, impõe-se que a informação da coordenada Z representa as altitudes das superfícies topográficas. Depois de gerado o MDT, o *Geoterrain* permite criar curvas de nível na equidistância desejada, cartas de declividade, cartas hipsométricas, estudo de insolação, modelos de drenagens e muitos outros.

Resumindo, o MDT pode ser definido como a representação matemática de uma superfície, através das coordenadas X,Y, Z.

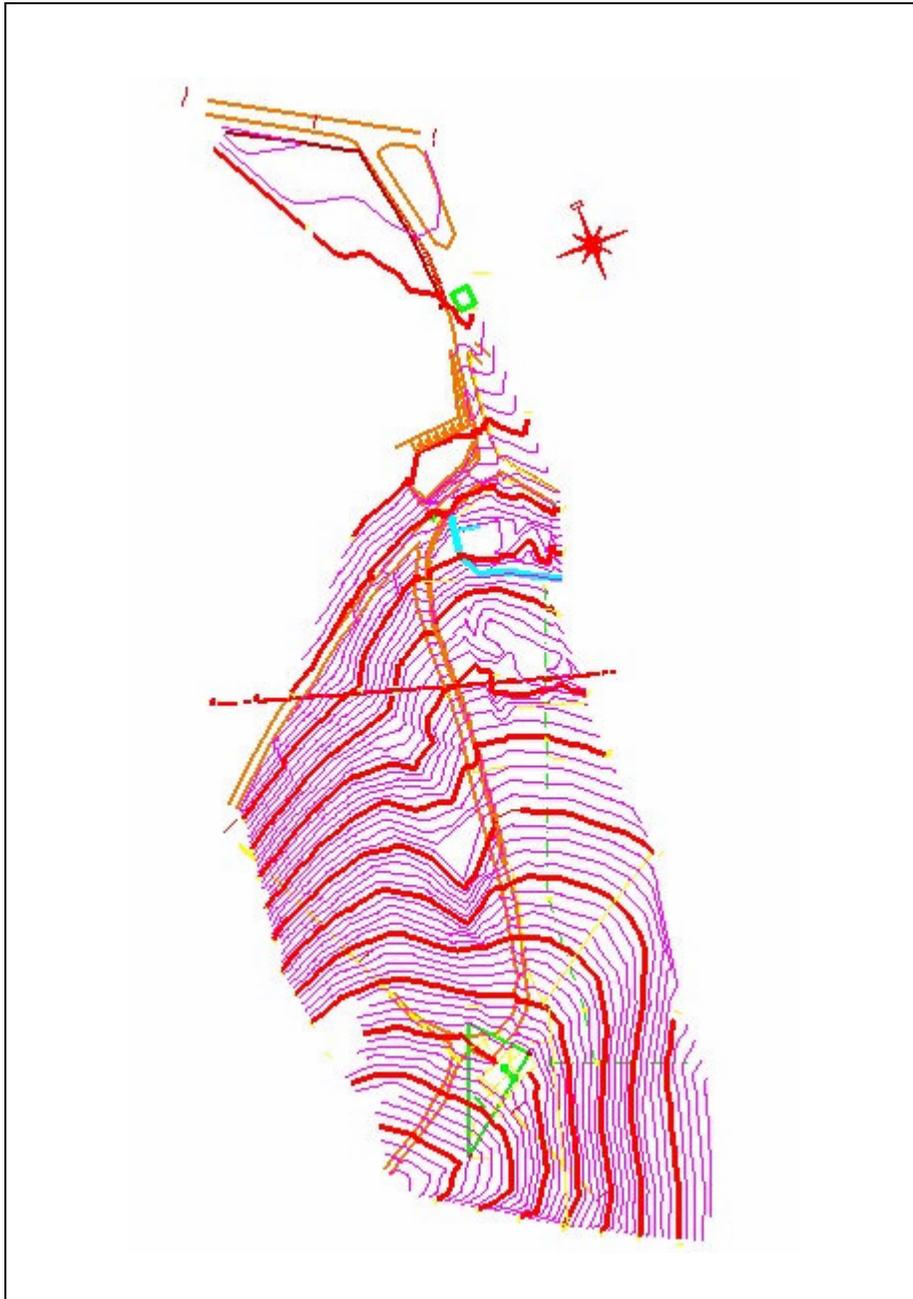


Figura 10- Planta topográfica em formato digital

3- METODOLOGIA

3-1-BASE DE DADOS

- 1- Planta Topográfica, no formato digital em arquivo 2D (duas dimensões), de parte da área do terreno em estudo, com curvas de nível espaçadas de 1 em 1 metro, fornecida pela CEMIG (Fig. 10).
- 2- Levantamento planialtimétrico complementar da área com Estação Total *Leica (Wild)* modelo TC 600 e um GPS de navegação *Garmin (Etrex)* para orientação da planta (NV).

3-2- TRATAMENTO DOS DADOS

- **Avaliação dos dados obtidos em formato digital**

Com relação ao arquivo digital de parte da área cedido pela CEMIG, além do fato de estar em 2D impossibilitando a geração automática do MDT, outras características do arquivo dificultariam a necessária transformação do mesmo para 3D, como o fato de todas as curvas de nível estarem em único *layer* e a existência de segmentos de cores diferentes compondo uma mesma curva de nível.

A orientação da planta estava equivocada, havia quase 90° de erro na direção indicada em planta como Norte Verdadeiro.

Foram detectados ainda alguns problemas de cartografia digital que, se não corrigidos, podem comprometer os produtos dele advindos como discontinuidades indevidas em algumas curvas de nível, isto é, linhas seccionadas, problema conhecido como “*gap*” (Fig. 11) e a existência de fragmentos, isto é, pequenos segmentos lineares sem significado cartográfico.

O trabalho de identificação e correção desses problemas mencionados é conhecido como limpeza topológica.

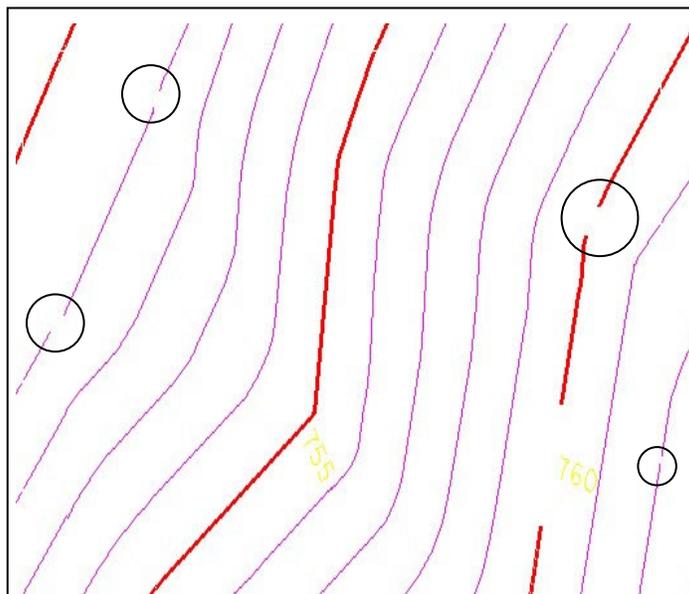


Figura-11- Visualização de *gaps*

- **Limpeza topológica do arquivo digital**

Para a detecção e correção dos *gaps* e fragmentos foi usado o módulo *Geographics* do *MicroStation*. O *software* aponta a localização dos problemas através da geração de um círculo no local e possui ferramentas que facilitam a correção.

- **Produção da planta digital do restante do terreno a partir do levantamento de campo**

Os dados referentes ao levantamento feito com Estação Total foram descarregados no computador através do *software Liscad Plus*. Utilizando-se o *Excel*, os dados foram trabalhados e exportados para o um formato *txt* compatível com o *MicroStation*. Neste *software* foi produzida a planta planialtimétrica digital em arquivo 2D, com curvas de nível espaçadas de 1 em 1 metro, visando a junção com o arquivo digital do restante do terreno.

- **Junção das duas plantas digitais em 2D**

Foi feito o georreferenciamento do arquivo já recebido em formato digital tomando como referência o arquivo digital produzido para o restante do terreno a partir do levantamento topográfico realizado no campo. Foram utilizados quatro pontos de controle (pontos notáveis de fácil identificação nos dois arquivos).

Nesta operação foi corrigida a distorção de orientação existente no arquivo originariamente digital.

- **Geração do arquivo 3D e do MDT**

Foi criado um arquivo 3D com as informações do arquivo único 2D corrigido.

As curvas de nível foram selecionadas, uma a uma, e diferenciadas através do uso da cor (Fig. 12). O atributo cor foi utilizado então para fazer o deslocamento em “Z” de cada curva até a sua altitude real, os valores das curvas variavam de 738m a 808m.

As curvas mestras também foram diferenciadas das secundárias pela espessura e foram armazenadas em diferentes *layers*.

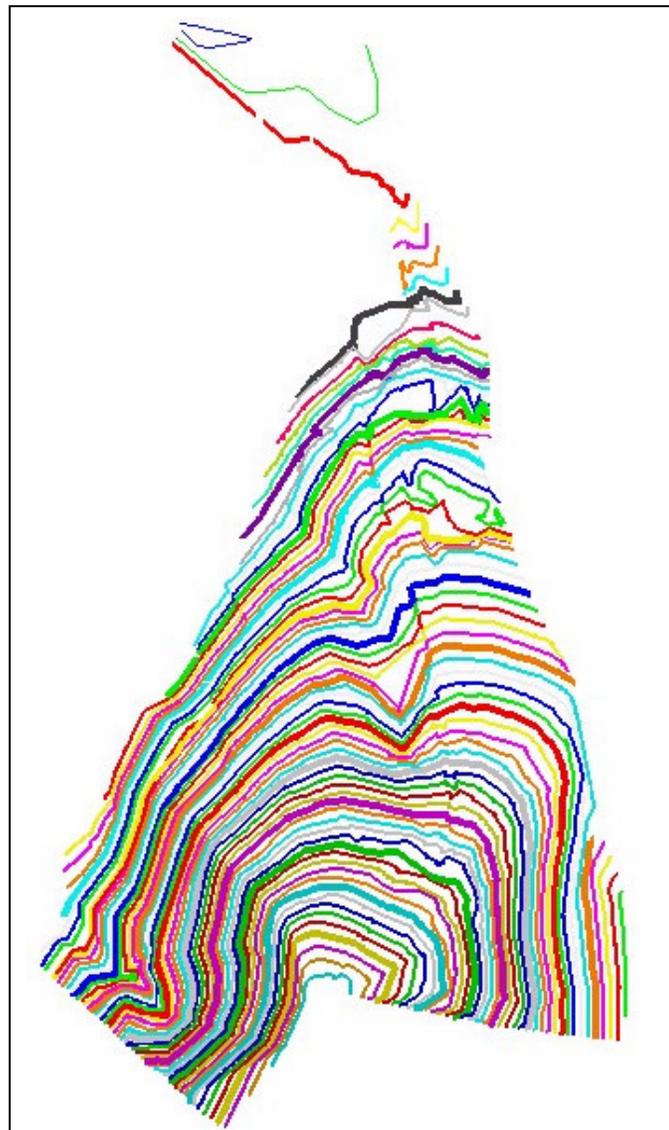


Figura 12- Planta planialtimétrica com curvas de nível diferenciadas pela cor.

Utilizando o aplicativo o *Geoterrain* do *MicroStation*, foi gerado o arquivo DAT, arquivo numérico que contém as coordenadas X,Y e Z dos pontos retirados do arquivo digital das curvas de nível.

Através de uma interpolação entre os pontos contidos no DAT, o *software* constrói uma rede triangular tridimensional ao ligar os pontos observando sempre a menor distância entre eles, arquivo TIN (Figuras 13 e 14).

Do arquivo TIN foi criado um arquivo em malha retangular, modelo LAT (Fig. 15).

Conforme pode ser observados nas perspectivas do terreno nos dois modelos, a qualidade de visualização do relevo é muito superior em malha retangular. Para melhorar ainda mais a qualidade da visualização do relevo do terreno podem ser usadas técnicas de sombreamento sobre a malha retangular (Fig. 16).

A vantagem do arquivo em malha triangular é os outros produtos (mapas) gerados a partir dele tem maior precisão do os gerados a partir da retangular.

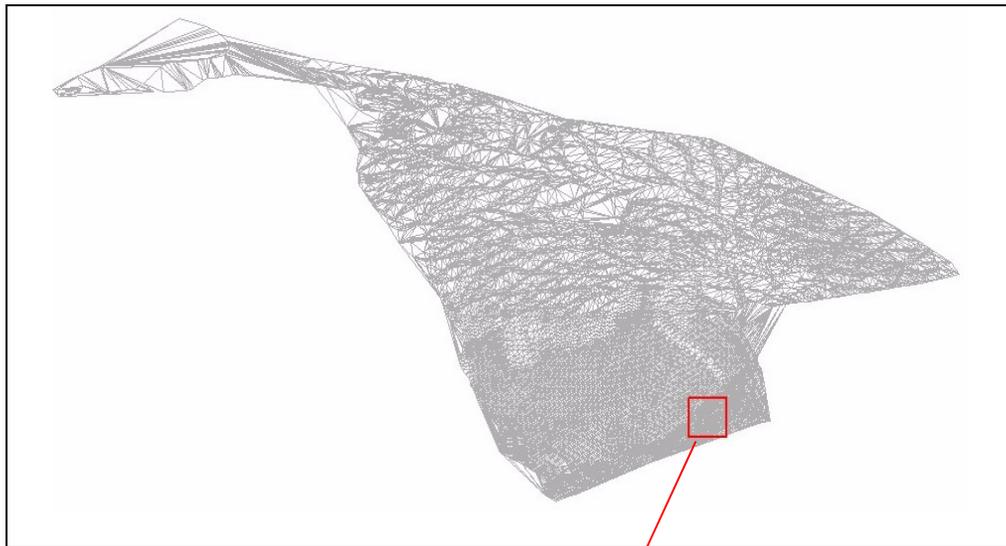


Figura 13 - Vista do MDT da área de estudo em malha triangular.

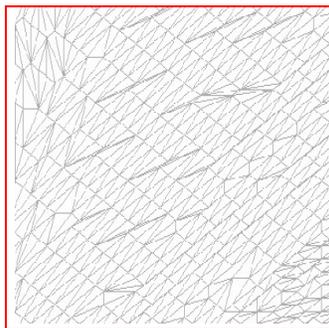


Figura 14 - Detalhe da malha triangular.

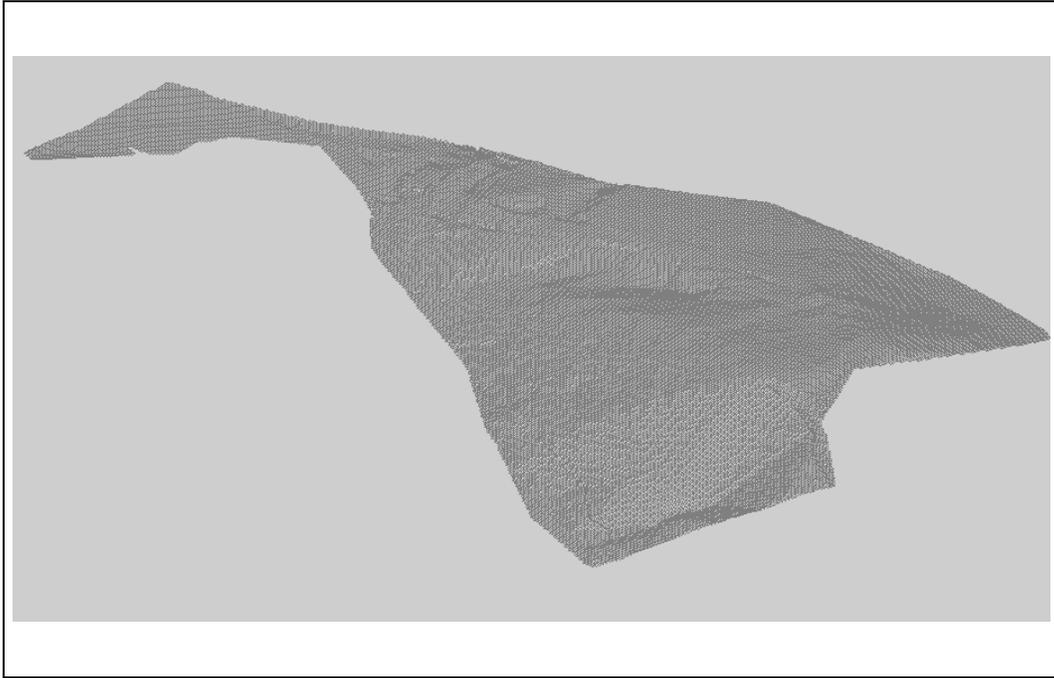


Figura 15- Vista do MDT da área de estudo em malha retangular.

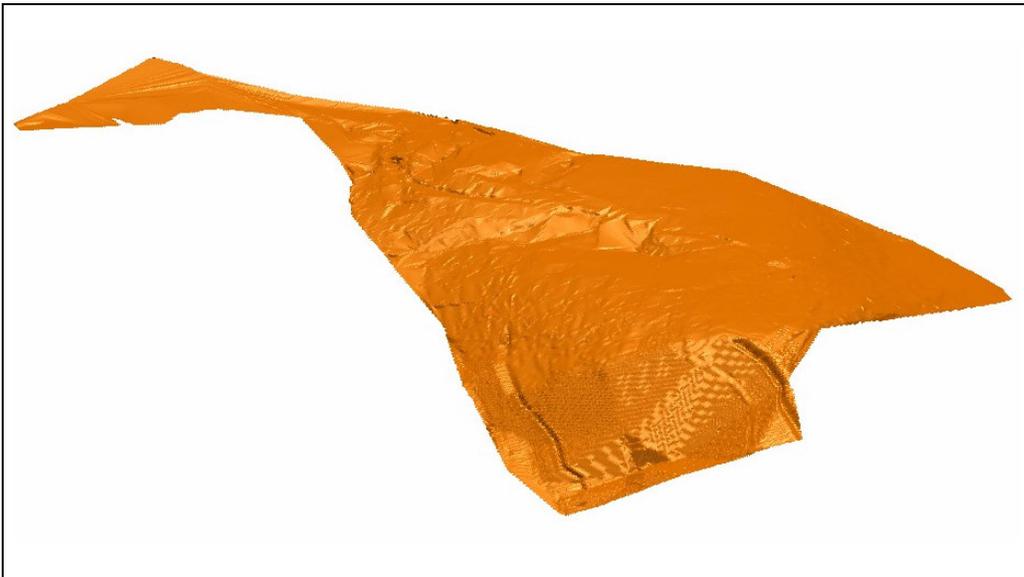


Figura 16 - Visualização com sombreamento em função de determinada insolação.

3-3 - GERAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS

Os mapas temáticos são veículos de comunicação que expressam, através da representação gráfica, os fenômenos estudados permitindo assim sua visualização espacial. .Mais é que representações gráficas de atributos qualificados de ocorrência de variáveis ou de uma.

Os mapas temáticos podem ter o objetivo de somente retratar “o que” e “onde” como podem também apresentar o resultado de combinação(ões) espacial(is) das informações disponíveis no estudo possibilitando mais facilmente a identificação e análise de fenômenos.

No caso do presente trabalho foram gerados mapas de faixas de declividades (Fig. 17), insolação (Fig. 18) e drenagem (Fig.19), por serem informações diretamente derivadas do relevo que era a base de dados e, portanto, determinantes ou, pelo menos, importantes no estudo do aproveitamento do terreno para uso e ocupação.

MAPA DE DECLIVIDADES

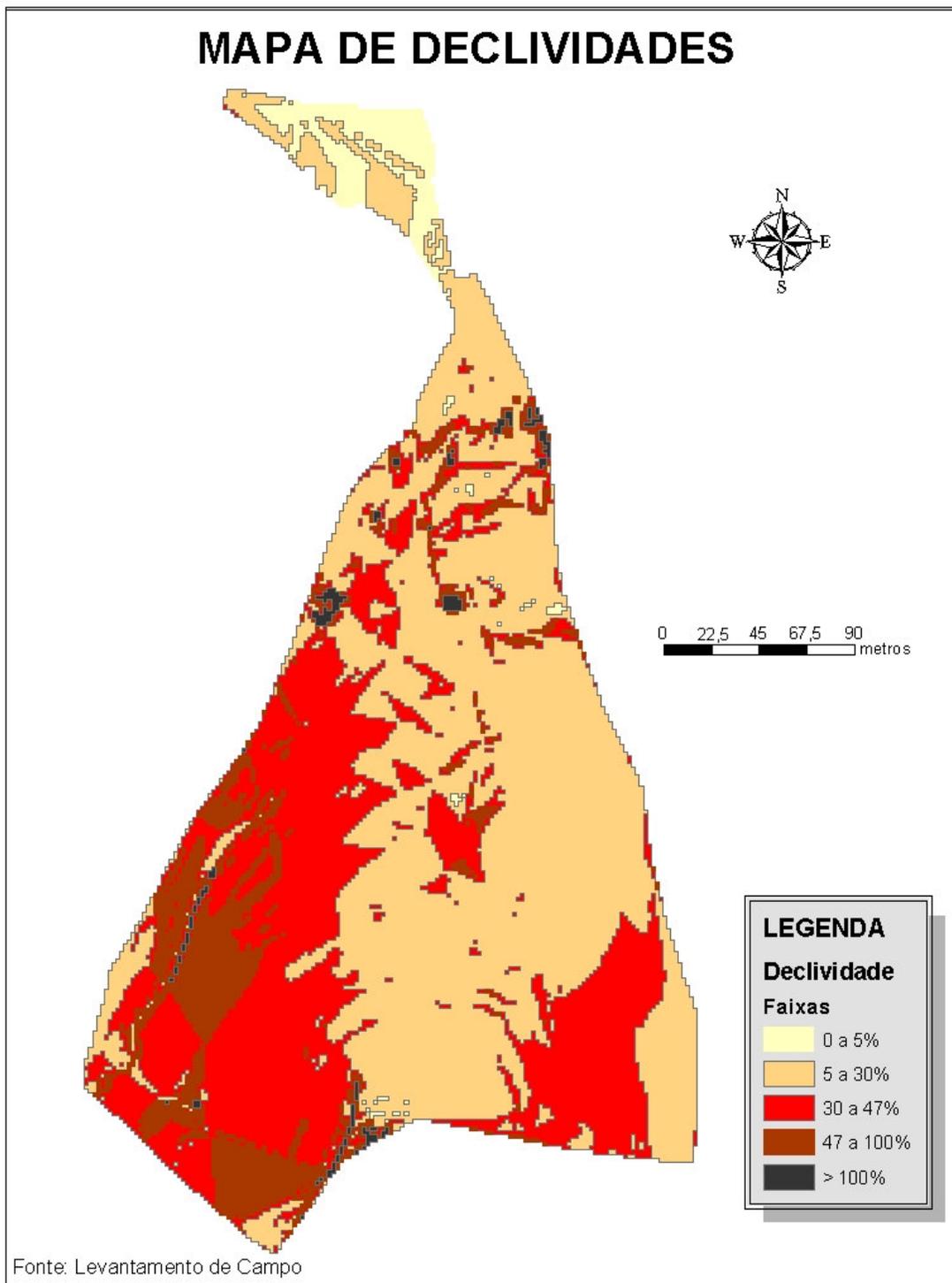


Figura 17 - Mapa de declividade

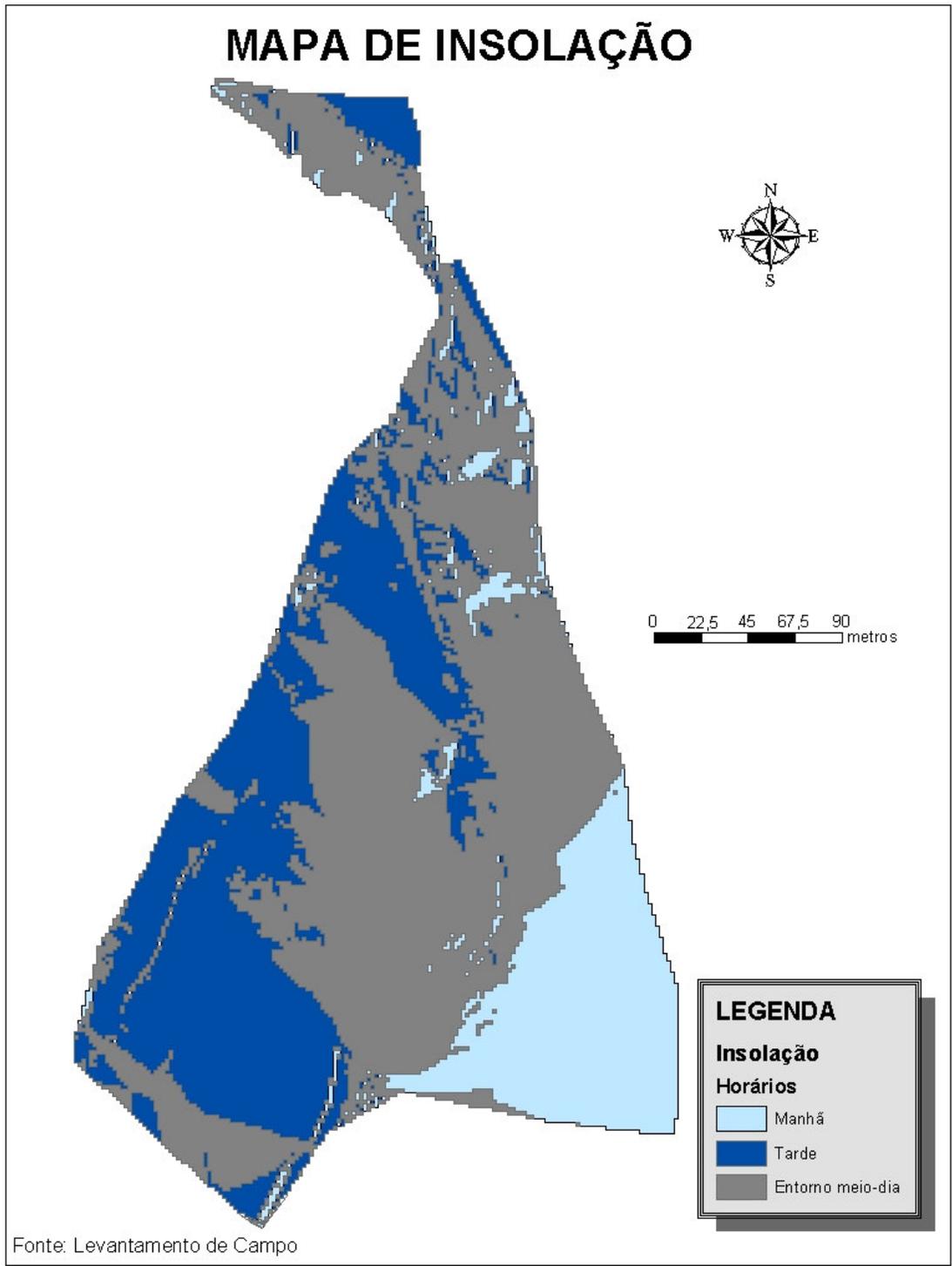


Figura 18 - Mapa de insolação

MAPA DE DRENAGEM

(linhas de escoamento superficial)

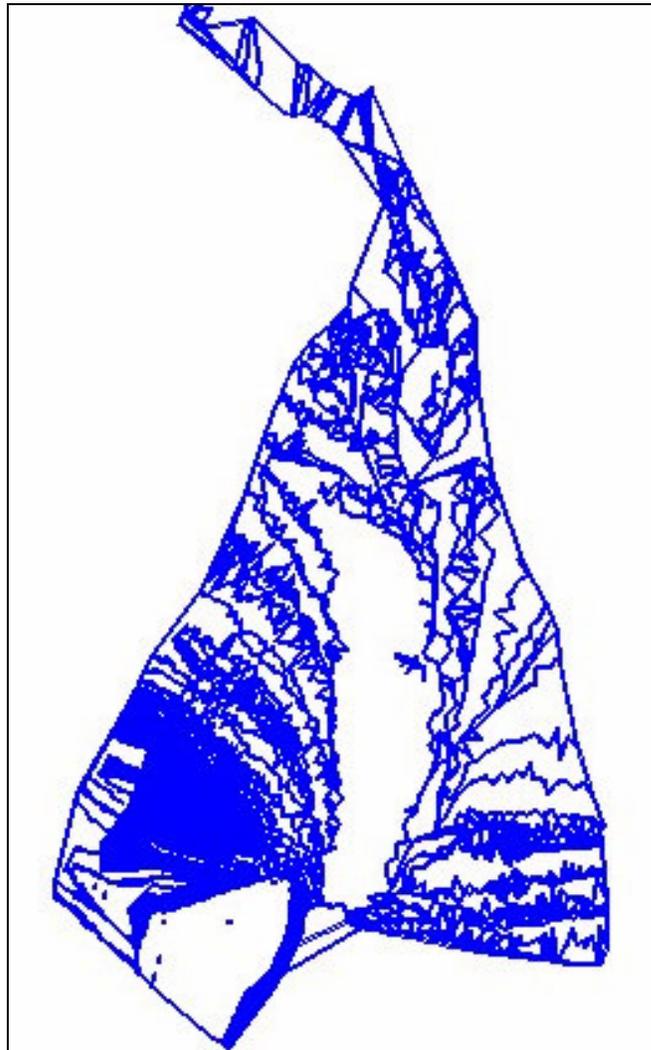


Figura 19 – Mapa de drenagem

3-4 – ANÁLISE DOS MAPAS TEMÁTICOS

Pelo mapa de declividades é possível constatar que grande parte do terreno pode ser aproveitada em termos de ocupação, pois a declividade varia de 0% a 47%. Obviamente que à medida que declividade aumenta também a velocidade do escoamento da água superficial.

Na faixa de 0 a 5% o terreno é praticamente plano e o problema a que terrenos nesta faixa podem estar sujeitos, como inundações, por exemplo, não ocorrem no caso em estudo. Mas à medida que a declividade vai aumentando e, principalmente, ao ir se aproximando de 30% o escoamento superficial vai se tornando rápido estando o terreno então sujeito à erosão hídrica em função da suscetibilidade da composição do solo. Normalmente medidas preventivas devem ser tomadas a fim de se evitar problemas futuros como deslizamentos de terra.

Declividades de 30 a 47% ocupam uma área considerável do mapa e a ocupação está sujeita ao resultado de laudo geotécnico.

Áreas com declividades maiores que 47% não são edificantes e devem ser destinadas à conservação.

O mapa de exposição solar mostra que a maior parte das encostas está praticamente voltada para o norte ou sul e, conseqüentemente, recebem pouco sol. Este parâmetro remete a um padrão de qualidade ambiental e apenas uma pequena porção do terreno, situada à sudeste, recebe sol pela manhã.

A enorme quantidade de linhas de escoamento superficial presentes no mapa de drenagem retrata bem o relevo acidentado do terreno. Para trabalhar essas informações em termos de cruzamento com outras para análise seria necessário produzir um novo mapa de drenagem adotando critérios para seleção apenas das principais.

Para se ter uma visão geral da área em termos de aproveitamento foi produzido a partir de álgebra entre os mapas de declividade e insolação, que são informações fundamentais aquando se trata de uso e ocupação, utilizando-se o SIG *ArcView* 8.0.

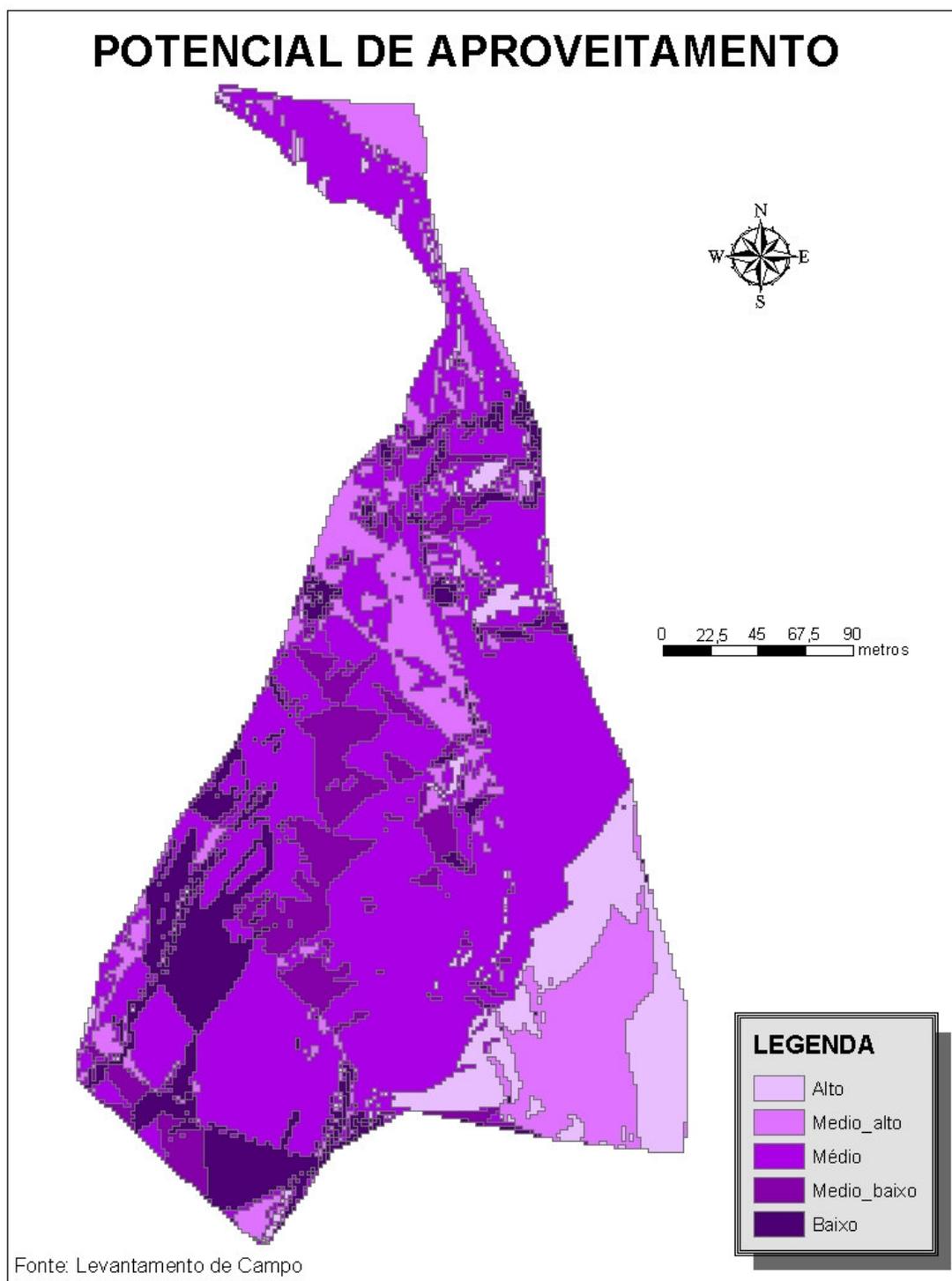


FIGURA 20

Para classificação de padrões ordenadamente, de alto até baixo, foram consideradas desde as áreas com menores declividades e insolação no período da manhã, melhor situação para ocupação, até a pior, ou seja, áreas não edificantes devido às altas declividades e com insolação apenas em intervalo próximo ao meio dia.

4- CONCLUSÃO

Fazendo uma análise dos estudos feitos sobre uso e ocupação do solo, algumas informações são parâmetros básicos de suporte técnico, tais como: declividade, drenagem, insolação, etc. O *Geoterrain*, além de criar o MDT e possibilitar sua edição, enquanto componente de um Sistema de Informação Geográfica, disponibiliza funções de geração de diversos mapas temáticos a partir desse modelo.

O SIG proporciona a elaboração de um mapa síntese agilizando e otimizando assim o processo de planejamento do uso e ocupação do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COMASTRI, José Aníbal, *Topografia- planimetria-* Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- SEIXAS, José Jorge, *Topografia*, v 1 – Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Cartográfica. Recife, 1981.
- ESPARTEL, Lelis, *Curso de Topografia* – Porto Alegre, 1965.
- FILHO, Valter Barrueco, *Noções Básicas de Topografia e Projeto Geométrico de estradas*, Belo Horizonte.
- MACHADO, Maria Márcia M., *Contribuição do uso do SIG na análise de projetos de parcelamento do solo*. Belo Horizonte, 1999. 28p. Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Cartografia.
- MOURA, Ana Clara M., *Desmistificando os aplicativos MicroStation-Guia* prático para usuários de geoprocessamento, Petrópolis, 2001.
- DAVIS, Clodovel, *Introdução aos Sistemas de Informação Geográficos.*- Belo Horizonte, 2001.
- TEIXEIRA, Amândio Luís, *Implantação de Sistemas de Informação Geográfica- IGA* – Instituto de Geociências Aplicadas, Belo Horizonte, 1998.

<http://www.flem.org.br/Eventos/IIIForumGeomática/slides/gilberto/sld045.htm>

<http://www.ufpe.br/>

Estudos de Degradação do Solo com o Uso do SIG-IDRISI_arquivos