

Marinalva Nunes Martins de Andrade Santos

**Aplicação do Geoprocessamento para gestão de
vias públicas no município de Itabira MG**

GEOPROCESSAMENTO 2004

VII CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO



DEPARTAMENTO DE CARTOGRAFIA

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

UFMG

Marinalva Nunes Martins de Andrade Santos

**Aplicação do Geoprocessamento para gestão de vias
públicas no município de Itabira MG**

Monografia apresentada ao Curso de Pós –
Graduação em Geoprocessamento, Departamento
De Cartografia, Instituto de Geociências,
Universidade Federal de Minas Gerais, como
Requisito parcial à obtenção do título de
especialização em Geoprocessamento.

Orientadora: *karla Albuquerque de Vasconcelo Borges*

BELO HORIZONTE

2004

Nunes Martins de Andrade Santos, Marinalva

vi, 39 f.: il.

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

1. Banco de dados 2. SIG 3. Geoprocessamento.

Agradecimentos

Agradeço a todas as pessoas que de forma direta ou indireta participaram da realização deste trabalho.

Agradecimento especial

A DEUS pela dádiva da vida;
Aos meus pais pela oportunidade de estar aqui;
Ao meu marido Reginaldo pelo incentivo e apoio;
Aos professores pelo ensinamento;
A Professora karla Albuquerque, pelas orientações;
A professora e coordenadora do curso Ana Clara Mourão, pelo apoio;
Aos amigos presentes nesta conquista.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	7
2 – OBJETIVO	9
2.1 – GERAL	9
2.2 – ESPECIFICO	9
3 – SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRAFICAS	10
3.1 – HISTÓRICO	10
3.2 – CONCEITOS BASICOS	10
3.3 – APLICAÇÕES E VANTAGENS DO USO DOS SIGS	12
4 – MODELOS DE DADOS	15
4.1 – MODELOS DE DADOS OMT-G	15
5 – MODELO DE REDE OU GRAFO	17
6 – ESTUDO DE CASO DE APLICAÇÃO EM REDE	20
7 – MATRIAIS E METODOS	22
7.1 – Estudo de caso de aplicação em rede	23
7.1.1 – Definição da área de estudo do projeto piloto	24
7.1.2 – Métodos de Avaliação	27
7.1.3 – Avaliação pela Media Ponderada	27
7.1.4 – Organização dos dados existentes	28
7.1.5 – Coleta de Dados	30
7.1.6 – Coleta de dados geográficos	30

7.1.7 – Coleta de dados alfanuméricos	30
7.1.8 – Derivação das linhas de centro das ruas	31
8 – ANÁLISE DOS RESULTADOS	33
9 – CONCLUSÃO	35
10 – REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – O MODELO OMT-G	16
Figura 02 – REPRESENTAÇÃO DE REDE	17
Figura 03- FLUXOGRAMA DO TRABALHO	21
Figura 04 – APLICAÇÃO DE REDE ÁREA CENTRAL	29
Figura 05 – CAMINHO ÓTIMO SEM IMPEDANCIA	33
Figura 06 – CAMINHO ÓTIMO COM IMPEDANCIA	34

LISTA DE MAPAS

Mapa 01 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DE ITABIRA	24
Mapa 02 – MAPA ÁREA DE TRABALHO	25
Mapa 03 – MAPA DECLIVIDADE DAS VIAS CENTRO	26
Mapa 04 – MAPA VIARIO CENTRO	32

RESUMO

De acordo com o disposto no artigo 95, parágrafo 2º da Lei 9503/97, que institui o Código de Trânsito Brasileiro, nenhuma obra ou evento que possa perturbar ou interromper a livre circulação de veículos e pedestres, ou colocar em risco sua segurança será iniciada sem permissão prévia do órgão ou entidade de trânsito com circunscrição sobre a via. Sendo assim sugeridos ao órgão responsável por esta permissão, Departamento de transporte e trânsito – TRÂNSITA, um estudo com base na construção de um SIG para atender de uma forma mais eficaz e bem planejada o processo de tomada de decisão nas interferências causadas no trânsito, por um pedido de autorização para interditar uma via pública, O presente trabalho tem como objetivo a criação de um modelo de rede em geoprocessamento com base de dados para o sistema viário de Itabira MG, assim como desenvolver metodologia para automatizar a derivação das linhas de centro para representação das ruas sob a forma de arcos e trabalhar com a geocodificação de endereços. Nas aplicações em redes de transporte, os fatores mais utilizados são a distância geográfica, as sinalizações e regras de trânsito. A proposta é empregar fatores iniciadores do fluxo, incluindo-os no cálculo de impedância da rede. Nesta pesquisa foi utilizada uma metodologia de pesos e notas para obtenção de valores ordenados por grau de impacto no percurso da rede.

Conceitos Gerais

PMI – Prefeitura Municipal de Itabira

TRANSITA – Departamento de Transporte e Trânsito de Itabira MG.

SIG: Sistema de Informação Geográfica – uma coleção organizada de recursos de *hardware*, *software*, dados geográficos e pessoas, configurados para eficientemente capturar, armazenar, atualizar, manipular, analisar, e visualizar todas as formas de informação referenciada geograficamente.

Área de interesse: corresponde a uma área específica do trabalho em estudo do projeto piloto. Esta área é definida pelo pesquisador, numa região de seu interesse. É representada por um polígono que deve estar contido em uma unidade geográfica.

Espaço geográfico: é o meio físico onde as entidades geográficas coexistem. Uma entidade geográfica é aquela entendida identificável do mundo real, possuindo características espaciais e relacionamentos espaciais com outras entidades geográficas (Gatrell,1991).

Atributos: são informações alfas-numéricas contidas nas tabelas de base de dados diretamente associadas a arquivos geográficos.

Coordenadas geográficas: corresponde a um par de valores angulares medidos sobre um sistema de coordenadas esféricas, definindo a posição de um ponto na superfície terrestre.

Dado geográfico ou georreferenciados: são dados espaciais em que a dimensão espacial está associada à sua localização na superfície da terra, numa determinado instante ou período de tempo (CCHM,1996).

Datum: um conjunto de parâmetros e pontos de controle usado para precisamente definir a forma tri-dimensional da Terra (ex: como um elipsóide). O datum é a base para um sistema de coordenadas planar.

DWG/DXF: arquivos proprietários do *AutoCad*.

Escala do mapa: É a redução necessária para mostrar a representação da superfície da terra sobre um mapa, para isso utiliza-se uma razão entre a medida sobre o mapa e a

equivalente medida sobre a superfície da Terra. Muitas vezes é expressa como uma fração representativa da distância, por exemplo, 1: 10.000 (uma unidade de distância no mapa representa 10.000 da mesma unidade de distância sobre a Terra).

Feição geográfica ou espacial: é a representação de um objeto do mundo real em um plano de informação.

Mapa: É uma representação abstrata das feições físicas de uma região da superfície da Terra, graficamente representada sobre uma superfície plana. Os mapas apresentam símbolos e relações espaciais entre as feições. O mapa enfatiza, generaliza e omite certas feições atendendo objetivos (por exemplo, feições de uma ferrovia podem ser incluídas num mapa de transporte, mas omitida num mapa rodoviário) (ESRI,1996).

Sistema de coordenadas: é um sistema de referência usado para medir horizontal e verticalmente distâncias em um mapa planimétrico. Um sistema de coordenadas normalmente é definido por uma projeção, esferóide, datum, um ou mais paralelos padrões, um meridiano central, possíveis deslocamentos nas direções x e y para localizar feições de ponto, linha e polígono.

Sistemas CAD: *softwares* gráficos desenvolvidos principalmente para o uso nos ramos de engenharia e arquitetura, tendo como principais representantes os softwares *MicroStation* (Bentley) e *AutoCAD* (Autodesk);

Topologia: são as relações espaciais existentes entre feições conectadas espacialmente que permite analisar aspectos relacionados à validação de feição e regras e topologia em um banco de dados espacial.

UTM: *Universal Transversa de Mercator* - Sistema Universal Transverso de Mercator. Projeção cilíndrica, conforme os princípios de *Mercator-Gauss*, com uma rotação de 90° do eixo do cilindro, de maneira a ficar contido no plano do equador. Adota-se um elipsóide de referência (em vez da Terra esférica). É um sistema de coordenadas que divide o mundo em 60 zonas norte e sul com extensão de 6 graus cada uma.

Vetorial: É um formato de arquivo digital. O dado vetorial é representado graficamente por pontos, linhas ou polígonos.

1- INTRODUÇÃO

De acordo com o dispositivo no parágrafo 2º do artigo 95, da lei 9503/97, que institui o Código de Trânsito Brasileiro, nenhuma obra ou evento que possa perturbar ou interromper a livre circulação de veículos e pedestre, ou colocar em risco sua segurança será iniciada sem permissão prévia do órgão responsável sobre a via. Sendo esta responsabilidade um dos grandes desafios que administradores e planejadores municipais enfrentam, para atender às exigências da população quanto às suas necessidades de circulação dentro do perímetro urbano. Devido ao crescimento populacional e o conseqüente aumento da demanda do uso de vias públicas tem exigido, por parte dos governantes e planejadores, decisões mais eficazes no aspecto operacional e principalmente financeiro.

Os objetivos, de certa forma conflitantes, de reduzir custos, por um lado, e de melhorar a qualidade do serviço prestado, por outro, exigem uns níveis crescentes de capacitação dos técnicos em transportes e trânsito e melhores ferramentas para auxiliar o processo de planejamento. Essa necessidade de se atualizar ferramentas que auxiliem os tomadores de decisão atuantes nas áreas de planejamento urbano e de transportes tem levado a uma procura cada vez maior pelos Sistemas de Informação Geográficos (SIG).

Nos dias atuais, um dos componentes mais relevantes para as organizações é a capacidade de gerar informações corretas para a tomada de decisões. A informação é um dos recursos mais estratégicos para a condução de projetos e políticas públicas ou privadas. Dados atualizados e precisos facilitam a consulta rápida pelos diversos níveis das organizações, possibilitando maior controle e permitindo a geração de novos produtos e otimização dos recursos gerados.

O geoprocessamento vem sendo utilizado como importante instrumento para otimizar o alcance das ações das empresas. Por se tratar de um conjunto de técnicas que conta com a axiomática da localização espacial e do processamento de dados, o geoprocessamento abstrai do mundo real as variáveis estratégicas para as decisões gerenciais e as analisa dentro de um espaço predefinido.

Objetivando a tomada de uma decisão ou de uma série de decisões em diferentes níveis, sugerimos neste trabalho uma metodologia de aplicação do geoprocessamento na gestão de

transporte e trânsito com a apresentação do estudo de caso de gestão de vias públicas no perímetro urbano da área central do município de Itabira MG. A montagem de um Sistema de Informações Geográfico - SIG para análise espaciais é destinada ao planejamento de interdição em uma via pública. Dentre as possibilidades de uso dessa ferramenta destacam-se na realização de estudos e pesquisas na área do gerenciamento das vias públicas, auxiliando na elaboração, planejamento e monitoramento de um projeto de interdição do sistema viário urbano e transporte público urbano, na simulação de rotas de coleta/distribuição, e no acompanhamento dinâmico de veículos.

A base de dados geográficos pode ser considerada como um conjunto de entrada, processamento e saída de informações, que fornecem subsídios para o sistema gerenciador de banco de dados recuperar e transformar dados em informações (BURROUGH, 1989). A criação da base de dados talvez seja a etapa mais importante no processo de construção de um SIG; a escolha do método mais apropriado está em função do objetivo do trabalho e de sua aplicação. Cabe salientar que a qualidade dos dados originais e a precisão da técnica irão determinar o nível dos resultados finais do trabalho. Em geral, é formado por componentes geográficos, que representam as características espaciais da superfície e os dados alfanuméricos que descrevem as características dos elementos geográficos.

O SIG é atualmente a melhor ferramenta para solucionar problemas de organização de dados em modelos espaciais. Vários órgãos governamentais e empresas privadas baseiam hoje suas decisões de planejamento em SIG, utilizando suas potencialidades com relação a ferramentas de gerenciamento, bancos de dados e processamento de dados. O SIG também tem sido elemento chave para aprimorar o gerenciamento dos sistemas de transportes e trânsito existentes.

Os sistemas de informações geográficos armazenam e manipulam informações espaciais utilizando uma grande variedade de formatos. Um modelo de dados é um conjunto de regras usado para converter dados geográficos reais em pontos, linhas, áreas ou polígonos. É, portanto, uma abstração digital ou aproximação do mundo real (ARONOFF, 1989)

Os SIGs oferecem recursos de apresentação gráfica do sistema viário e dos pontos de atendimento, e também proporcionam mais rapidez e flexibilidade, possibilitando a localização automática de clientes e endereços.

2. OBJETIVO

2.1 GERAL

Este trabalho tem como objetivo geral desenvolver uma metodologia para automatizar uma série de estudos e análises auxiliando na tomada de decisões e no planejamento e organização de um projeto de interdição de uma via do sistema viário e de transporte coletivo urbano de Itabira MG.

2.2 ESPECÍFICOS

Um dos objetivos específicos do trabalho é montar em um SIG – Sistema de Informação Geográfica uma base de dados do sistema viário urbano, criando o sistema de rede da malha viária do Centro Urbano de Itabira.

É objetivo também do trabalho identificar as vias impróprias para o desvio do trânsito e do transporte coletivo urbano, para elaboração do projeto de interdição de obra, evento ou carga e descarga, estabelecendo as áreas desfavoráveis com relação ao acesso. É preciso lembrar que Itabira possui um centro urbano antigo não possuindo estrutura viária condizente com as atividades e práticas hoje realizadas neste espaço. O geoprocessamento faz-se necessário, para que uma série de estudos e análises possa ser realizada, auxiliando na tomada de decisões e no planejamento de um projeto de interdição de uma via do sistema viário e de transporte de Itabira-MG. Dessa forma será obtida uma intervenção mais precisa e otimizada do espaço geográfico como estudo de caso deste trabalho será analisada a interdição da Rua Tiradentes, no centro histórico de Itabira MG.

3 .SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICOS

3.1 HISTÓRICO

O primeiro SIG teve origem no Canadá em 1962, sendo denominado CGIS (Canadá *Geographic Information Systems*). Seu objetivo era a realização de inventários de terras em âmbito nacional, envolvendo vários aspectos sócio-econômicos e ambientais. Pacotes de SIG, e comerciais passaram a ser desenvolvidos nos anos 70, principalmente nos EUA, e experimentaram rápido crescimento nos anos 80, sendo utilizados inicialmente por empresas do governo. No Brasil as principais aplicações foram nos setores de energia e ambiental. O mercado dos anos 90 é caracterizado pela ampla aplicação no setor privado (Nazário, 1998).

3.2. CONCEITOS BÁSICOS

Essencialmente, o SIG é um sistema de gerenciamento de banco de dados computacional para capturar, armazenar, recuperar, analisar dados espaciais (Lewis,1990). A empresa norte-americana *Enviranmental Systems Research Institule Inc.*-(ESRI, 1996) define SIG como sendo uma coleta de *hardware*, *software*, dados geográficos e pessoal, com o propósito de capturar, armazenar, atualizar, manipular, analisar e visualizar eficientemente todas as formas de informação geograficamente referenciadas. Levine e Landis,(1989) apud Heikkila (1998) afirmam que todo SIG integra uma função de mapeamento com um gerenciador de banco de dados. A marca de um verdadeiro SIG é a sua inteligência geográfica, ou topologia, que facilita procuras baseadas em localização no mapas, e não apenas em valores de dados.

Um SIG permite ao usuário gerar saídas gráficas rapidamente, resumir ou relacionar dados estatísticos num contexto geográfico. Essa técnica gráfica fornece um método efetivo de avaliação dos resultados da análise, particularmente com grandes conjuntos de dados (Hsiao e Sterling,1992). Com essa capacidade de armazenamento de dados e representações espaciais o usuário analisa o problema com mais facilidade, pois sua visualização torna-se muito mais clara.

As principais funções que um SIG completo deve ter: captura dos dados (gráficos ou atributos na forma de importação de dados, digitalização, scanner, importação dos formatos CAD – *Computer Aided Design*, e levantamentos de campo, entre outros), gerência dos atributos (edição, gerência das bases de dados), manipulação espacial (edição), análise dos dados (consultas condicionadas, sobreposições, modelagens) e saída dos dados (mapas, relatórios e imagens) (Vivini,1998).

Outra potencialidade dos SIG é a criação de mapas temáticos, unindo as informações da base de dados de atributos ao mapa. Desta forma, um SIG combina a habilidade gráfica de um sistema com a capacidade de armazenamento da informação de uma base de dados (Viviani,1998). Um mapa temático apresenta uma visão geográfica compreensível que é mais facilmente interpretada que um relatório textual, especialmente para grandes volumes de dados com muitas comparações (Vonderohe et al.,1994).

Lewis,(1990) afirma que um sistema CAD diferencia-se do SIG no sentido de que tipicamente ele tem mais procedimentos desenvolvidos para criar e manipular objetos gráficos, mas não deduz e armazena informações sobre a relação entre os objetos. O CAD não cria, ou armazena, a topologia. Tanto os SIGs como os CADs trabalham com pontos, linhas e áreas, porém os SIGs armazenam também as inter-relações entre esses elementos.

Em um SIG, as representações geométricas podem ser de duas formas básicas a Matricial (Raster) ou Vetorial. As representações Matriciais são caracterizadas por uma matriz de células de tamanhos regulares, onde para cada célula é associado um conjunto de valores representando as características geográficas da região (Botelho,1995). As células podem ser de diferentes formatos: triangulares, hexagonais e retangulares (também chamadas de pixels). O termo raster designa células regulares. São utilizados no processamento de imagens de satélite com múltiplas aplicações no campo florestal, marítimo, ambiental e militar, entre outros. Os sistemas Vetoriais são apropriados para o modelamento de sistemas, controle terrestre, análises de redes, etc. (Bravo e Cerdá, 1995). A representação em formato vetorial utiliza pontos, linhas e polígonos para representar a geometria das entidades geográficas. Pontos são representados por um par de coordenadas, linhas por uma seqüência de pontos e polígonos por uma seqüência de linhas onde a coordenada do

ponto inicial e final coincide. Entidades geográficas lineares, como ruas, divisões político-administrativas e redes de tráfego são naturalmente representados em formato vetorial.

3.3. APLICAÇÕES E VANTAGENS DO USO DOS SIGs

O SIG é uma convergência de campos tecnológicos, dos quais provêm algumas técnicas e metodologias que implementam o sistema. Com base no aspecto de multidisciplinaridade do SIG pode-se observar sua aplicação em diversas áreas: planejamento urbano, geografia, agronomia, ambiental, florestal, engenharia, processamento de dados pesquisas operacionais, arquitetura e urbanismo, gerenciamento de serviços, engenharia de transportes e trânsito e outros.

O uso do SIG pode proporcionar grandes benefícios quando implantado numa organização. Ferrari,(1997), classifica as atividades de uma organização em três níveis: operacional, gerencial e estratégico. O SIG pode ser usado nos três, no nível operacional, os benefícios são: ganho de produtividade, redução ou eliminação de custos ou riscos e qualidade na execução de tarefas. Nos nível gerencial, o benefício imediato é a eficácia administrativa: melhores informações, melhores decisões de caráter tático: planejamento, gerenciamento, alocação de recursos. Finalmente, no nível estratégico, o benefício é o avanço estratégico: melhores imagens junto aos clientes e parceiros, novas fontes de receita, aumento da receita.

Os SIGs também podem ser utilizados servindo diretamente à sociedade, proporcionando um avanço social e estratégico: melhores serviços ou serviços adicionais à população, melhor qualidade de vida, participação da sociedade nas decisões. Os benefícios á sociedade não são resultantes apenas do uso de SIGs, mas sim do projeto, no qual se inserem, como um todo. O SIG é uma ferramenta par viabilizar estes projetos (Ferrari,1997).

Segundo Calijuri e Rôhm,(1993), o SIG pode ser utilizado numa série de análises: otimização do sistema de transporte coletivo, avaliação da tendência de crescimento dos bairros; definição de forma de como se deve proceder ao avanço de infra-estrutura urbana (água, esgoto, pavimentação, iluminação, telefonia); definição de locais estratégicos para a

instalação de postos de saúde, hospitais, escolas, creches, áreas de lazer, áreas potenciais de ocupação residencial e industrial; avaliação da percentagem de cobertura natural e cultivada pelo homem, determinação da extensão de áreas industriais, residenciais, agrícolas e outras.

O SIG vem sendo largamente utilizado na Engenharia de Transportes, obtendo então a denominação de SIG-T. O campo de aplicação dos SIG-T é amplo, na área de planejamento, como em operações de transporte. Dentre as diversas aplicações do SIG em transportes podem ser citadas: projeto geométrico de vias, monitoramento e controle de tráfego, oferta e demanda de transportes, prevenção de acidentes, otimização de rotas, monitoramento e controle de operações rodoviárias, dentre outras (Viviani et al.,1994, Silva, 1998^a).

Fazendo uma abordagem do estado da arte dos trabalhos já realizados na área da Engenharia de Transporte podem se observados vários campos de aplicação. Conforme o trabalho apresentado por Dantas et al, (1996), na área de operação de transportes já foram abordadas questões de Transporte de Carga , Transporte Rodoviário, Engenharia de Tráfego e Transporte Coletivo Urbano; em planejamento prevaleceram os temas relacionados a definição de Zonas de Análise de Tráfego, Transporte de Carga e Transporte Regional; e finalmente na área de gestão observou-se uma preocupação com a criação de bases de dados. Verificou-se, mais especificamente, em projetos e pesquisas já apresentadas, sua utilização como instrumento de gestão de transporte coletivo (Siqueira e Cassundré, 1994), para gerenciamento de vias não pavimentadas, especificamente estradas municipais (Viviani et al., 1994); roteirização de veículos (Rosseto e Cunha, 1994); planejamento de rotas de ônibus (Alencar e Aquino, 1994); simulação de estacionamentos (Waerden e Timmermans, 1994).

As principais vantagens do uso dos SIGs em conjunto com modelos de transportes são: a integridade dos dados propiciada pelo SIG que, se também integrado aos modelos, permite a maior transparência de aspectos físicos dos dados para o usuário; operações pré-incorporadas aos SIGs eliminam ou simplificam tarefas realizadas normalmente por processos manuais ou em módulos computacionais isolados e não muito integrados; facilidade de edição e representação gráfica; tratamento topológico que facilita operações

de edição da base geográfica; armazenamento e edição a um custo menor; realização de certos tipos de análises e representação antes praticam entre inviáveis nos processos tradicionais, como, por exemplo, identificação de caminhos mínimos entre cada par de zonas origem/destino, entre outros (Kagean et al., 1992).

É importante entender que o SIG não é um “fim“, e sim um “meio”. É comum encontrar quem pense que o sistema soluciona tudo por si só, que não é correto. O SIG é apenas uma ferramenta de análise e otimização de processos, portanto a potencialidade do sistema depende dos desenhos dos processos ou dos algoritmos que devem solucionar os problemas. É aí que se concentram os pontos fortes de um SIG: por um lado nas suas características e potencialidades, e por outro e principalmente, na capacidade dos operadores ou especialistas que o utilizam (Bravo e Cerdá, 1995). Deve haver uma organização de pessoas, instalações e equipamentos responsáveis pela implantação de um SIG. Além disso, esta organização deve ter um objetivo e recursos para atingi-lo.

Vários autores já verificaram que, para que o SIG seja efetivamente implantado e corretamente utilizado, é necessário uma maior compreensão do que realmente seja um SIG e quais são suas potencialidades na resolução de problemas de transportes e trânsito. Os SIG evoluíram no intuito de atingir as principais necessidades do mercado, portanto todos acabaram por ter funções semelhantes. Porém, mesmo assim elas apresentam diferenças na execução de cada função. Nenhum software é melhor que outro em todos os sentidos, cada um tem suas particularidades, portanto, o conhecimento mais profundo do que o programa tem a oferecer é muito importante para uma escolha satisfatória. A escolha e implantação de um SIG requerem um estudo prévio que determine o que deseja obter, para poder determinar que sistema satisfará melhor suas necessidade.

Muitas vezes o custo inicial e de implantação do software desestimula sua utilização, mas é importante observar que várias aplicações do SIG geram um retorno financeiro; outros, apesar de não terem um retorno financeiro, melhora a imagem da empresa, a qualidade de seus resultados e análises, viabilizam projetos; enfim, fatores que aumentam consideravelmente sua confiabilidade.

4.MODELO DE DADOS

Modelo de dados é um conjunto de conceitos que podem ser usados para descrever a estrutura e as operações em um banco de dados (ElNa,1994).O modelo busca sistematizar o entendimento que é desenvolvido a respeito de objetos e fenômenos que serão representados em um sistema informatizado. É necessário construir uma abstração dos objetos e fenômenos, por serem complexo demais para permitir uma representação completa, de modo a obter uma forma de representação conveniente e que seja adequada a finalidade das aplicações no banco de dados. Existem vários tipos de modelos, o modelo de dados usado nesse trabalho foi o OMT-G, referente ao sistema viário onde os dados utilizados foram de natureza geográfica e alfanumérica.

4.1. O MODELO DE DADOS OMT-G

O modelo de dados OMT-G (BoDI,2000), é uma técnica orientada a objetos voltada para modelagem de aplicações geográficas proposta inicialmente em (Borges,1997), para trabalhar elementos no nível de representação.

O modelo OMT-G provê primitivas para modelar a geometria e a topologia dos dados geográficos, oferecendo suporte a estruturas topológicas “todo-parte”, estruturas de rede, múltiplas representações de objeto e relacionamento espaciais. Além disso, o modelo permite a especificação de atributos alfanuméricos e métodos associados para cada classe. Os principais pontos fortes do modelo são sua expressividade gráfica e suas capacidades de representação, uma vez que anotações textuais são substituídas pelo desenho de relacionamentos explicativos, representando a dinâmica da interação entre os diversos objetos espaciais e não espaciais.(Fig.1)

MODELO OMT-G

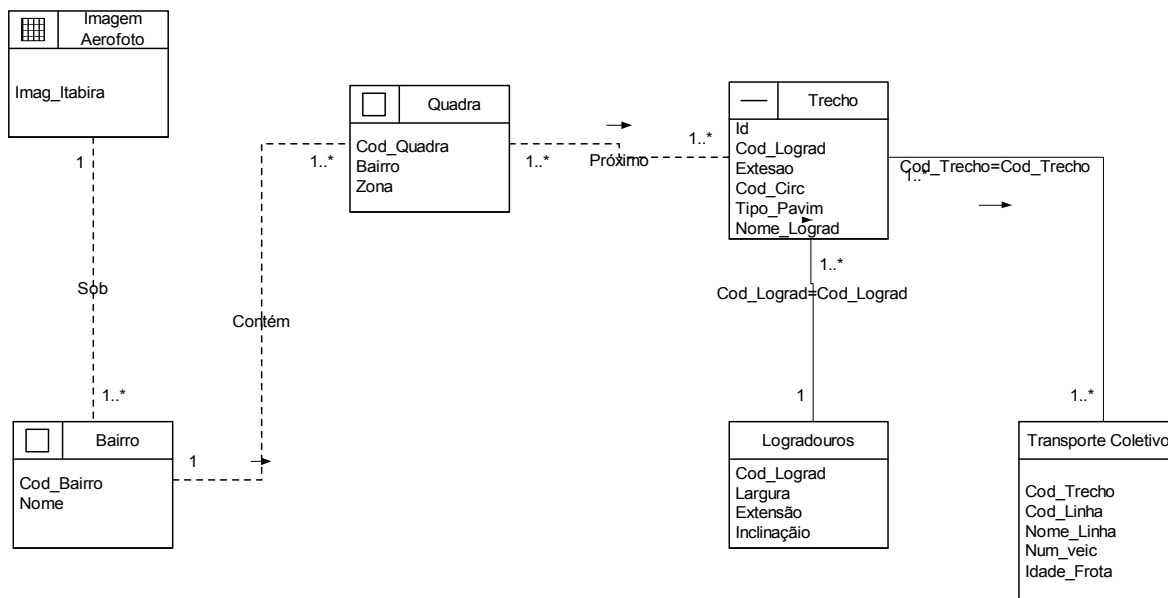


Figura. 1 : Modelo OMT-G

5- MODELO DE REDE OU GRAFO

Mediante a utilização de um modelo vetorial, os SIGs auxiliam na solução de problemas de transportes, as redes são casos especiais de dados vetoriais, onde são utilizados arcos e nós conectados na representação do fluxo e da direção da rede, auxiliando na modelagem o sistema viário (Fig.2), Na qual os arcos (feições lineares) representam, por exemplo, ruas ou rodovias e os nós (confluência de dois ou mais arcos), ou o cruzamento de vias.

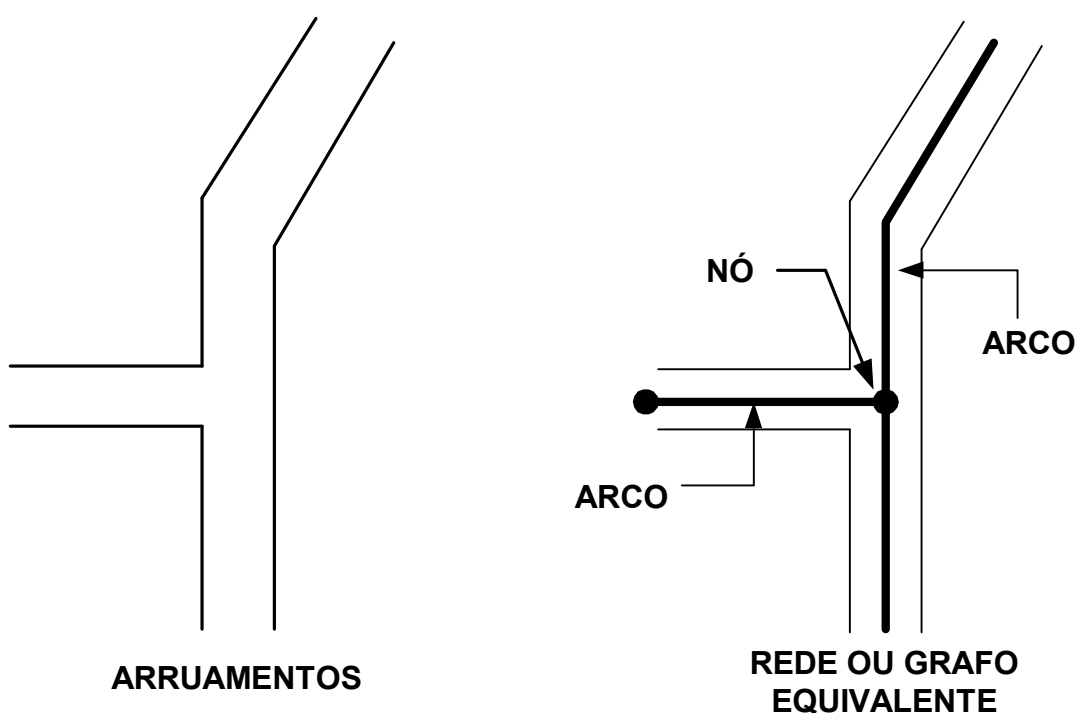


Figura. 2 : Representação de rede

Uma rede pode ser descrita como um par ordenado $R(N,A)$ em que N é um conjunto de nós e A um conjunto de pares de N (ou seja, os arcos). Aos arcos de uma rede podem ser atribuídos valores, definindo grandezas como custos, distâncias, tempo de viagem, capacidade do arco, entre outros. Segundo DYKSTRA (1984), a soma dos valores (dos arcos) entre a origem e o destino da rede pode, então, ser otimizada. De modo geral, estudos em rede envolvem processos de otimização de recursos, buscando minimizá-los ou maximizá-los de acordo com o objetivo a ser alcançado. Mas é preciso lembrar que para o

emprego de tais técnicas é necessária por parte do estudioso uma compreensão dos elementos e processos que compõe esta metodologia. Os elementos são :

- **Grafos:** Um grafo consiste de um conjunto de objetos chamados de vértices $V = \{v_1, v_2, \dots\}$ (ou nós), e um outro conjunto de arestas ou arcos $E = \{e_1, e_2, \dots\}$, tal que cada aresta e_i pertencente a E está associado a dois nós v_p e v_q pertencentes a V . Uma aresta pode também ser identificada pelo par de vértices a ela associadas $e_i = (v_p, v_q)$. Um grafo pode também ser identificado por uma figura onde os vértices sejam designados por pontos, e as arestas por linhas que interliguem os vértices a elas associados. O formato do desenho de um grafo não é relevante na sua definição. O uso de linhas longas ou curtas, retas ou curvas, ou a disposição diferenciada dos vértices no desenho não interferem na definição do grafo.
- **Impedâncias:** Ao analisarmos os processos de formação do chamado caminho “ótimo”, nos deparamos com outro conceito importante no fluxo de redes, as impedâncias.

“O problema de encontrar o caminho mais curto entre dois nós de um grafo ou uma rede é um dos clássicos da ciência da computação. Este problema consiste, genericamente em encontrar o caminho de menor custo entre dois nós da rede, considerando a soma dos custos associados aos arcos percorridos” (Davis, 1997).

Em outras palavras, os custos a serem associados aos arcos de um grafo quaisquer, serão considerados impedâncias. Em redes de transporte estas impedâncias podem ser representadas pelas mais variadas grandezas, seja pela distância linear dos arcos, ou até mesmo por valores específicos relacionados aos atributos de cada trecho em particular.

É a partir das impedâncias que os algoritmos realizarão os cálculos na procura do caminho de menor custo, otimizando assim os fluxos da rede.

“Outras possibilidades de aplicação incluem quaisquer problemas envolvendo redes ou grafos em que se tenha grandeza (distância, tempo, perdas, ganhos, despesas) que se acumulem linearmente ao longo do percurso da rede, (Davis, 1997)”.

- **Caminhos Ótimos** : Após a familiarização com os procedimentos e metodologias, a principal aplicação utilizada em ambientes e rede, é a identificação do “Caminho Ótimo”. Isto é possível graças a uma das características dos grafos, em que se associam aos arcos valores de impedância. Estas impedâncias podem ser as distâncias, velocidades permitidas, inclinação da via, largura da via ou tempo gasto de percorrimento. Nestes casos empregam-se algoritmos específicos que auxiliam no cálculo das impedâncias.

6 – ESTUDO DE CASO DE APLICAÇÃO EM REDE

O estudo de caso escolhido foi o pedido de autorização para interdição de uma via urbana para um evento na rua Tiradentes, em frente a praça Nico Rosa no centro de Itabira MG. Dentro da área do trabalho foram analisados a existência de dados sistemáticos organizados sobre questões ambientais e logísticas, e o perfil singular da malha urbana, que se caracteriza pela falta de estrutura física condizente com a prática atual de trânsito.

Para sistematizar todas estas informações foi necessário o uso de ferramentas variadas para se chegar a um conjunto de dados lógicos capazes de representar a realidade de Itabira. Os procedimentos metodológicos estão representados no fluxograma (Fig.3), como também estão descritos no decorrer do trabalho.

Na maioria das vezes o solicitante de uma interdição na via pública não sabe dos problemas gerados ao interditar uma via no perímetro urbano de uma cidade como Itabira. Primeiramente o pedido é analisado pela seção de transporte para se saber qual a interferência com o transporte coletivo que passa por aquela via, depois é feito o desvio do coletivo com um estudo prévio do novo itinerário do coletivo, observando o sentido do trânsito, os pontos de parada, se houver e assim, definir a área de abrangência do evento, para depois fazer uma publicação falando do novo itinerário, o local, dia e hora do evento., Preparar, quando de nossa responsabilidade, o material de sinalização para a interdição. Dependendo do motivo da interdição convocar um agente para ajudar na sinalização do local do pedido, sem contar o desconforto ambiental que gera para os moradores (dependendo do local). Este pedido é encaminhado ao órgão gestor do trânsito com 24h de antecedência do acontecimento para que possa seguir com todos estes procedimentos, e dar tempo suficiente para fazer a comunicação à comunidade local do evento . No caso de evento festivo, o pedido é feito pela associação comunitária ou com ciência da associação comunitária de onde estiver sendo o evento.

Fluxograma do Trabalho

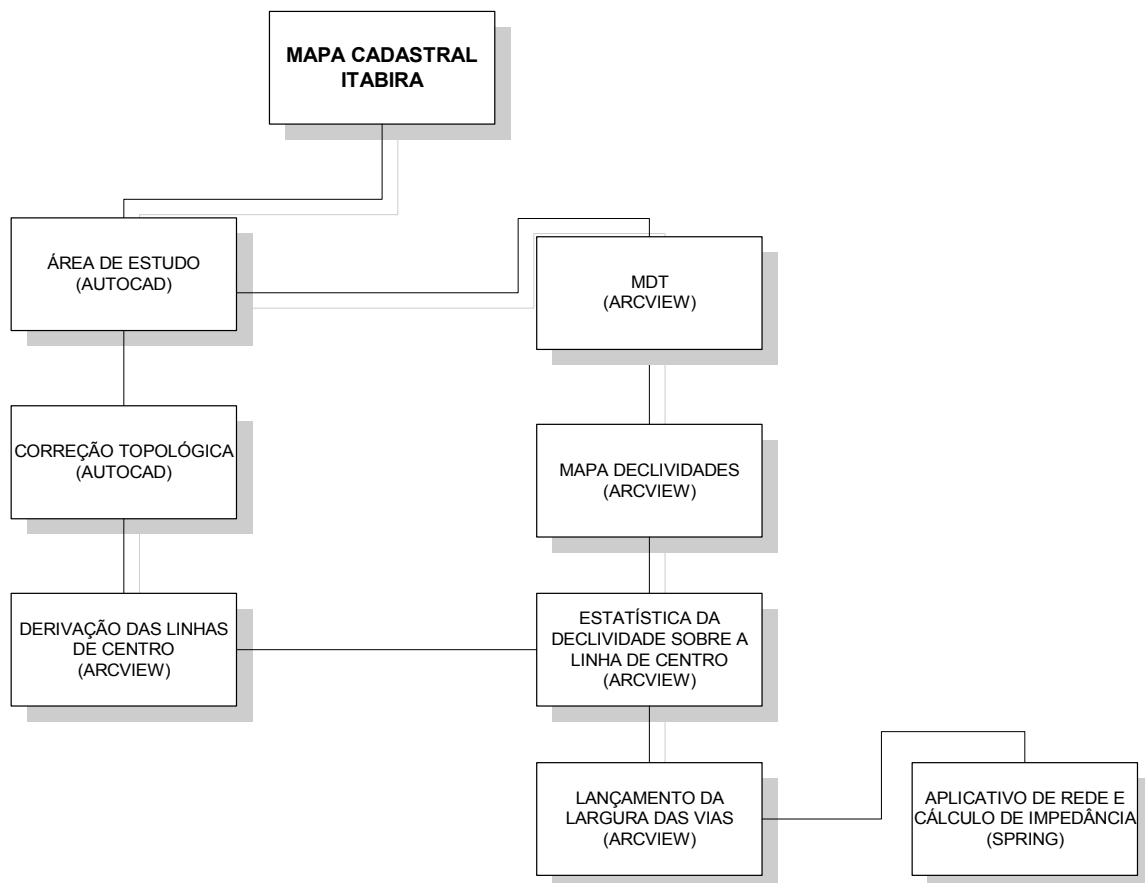


Figura. 3 : Fluxograma do Trabalho

7. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em etapas. A primeira constou do levantamento cadastral os dados foram obtido indo a campo e cadastrando no mapa os dados necessários e o dados alfanuméricos foram obtidos na Secretaria de Fazenda da Prefeitura Municipal de Itabira, para posterior modificação da base de dados digital já existente. A segunda etapa, foi a preparação da base cartográfica onde houve a junção dos mapas, separação das feições e a limpeza topológica. A terceira etapa, foi a conexão dos atributos (dados alfanuméricos) aos arcos utilizando a técnica de geocodificação dos endereços, para posterior análise.

A metodologia para a criação da base de dados do sistema viário de Itabira teve como finalidade e fundamentação a utilização do sistema de informação geográfica.

Dados geográficos ou georreferenciados são dados espaciais em que a dimensão espacial está associada à sua localização na superfície da terra, num determinado instante ou período de tempo(CCHIM.,1996). Dado espacial é qualquer tipo de dado que descreve fenômenos aos quais esteja associada alguma dimensão espacial.

Os dados alfanuméricos constituíram-se de informações de caráter qualitativo e quantitativo (nomes dos logradouros, bairros, numeração das edificações, sentido do tráfego) referentes aos dados geográficos.

7.1- Estudo de caso de aplicação em rede

Em Itabira o aprimoramento do sistema viário e de transportes, é uma das atividades do planejamento urbano que mais necessita de investimento, de modo a facilitar a circulação de pessoas e mercadorias, minimizando os custos operacionais.

Para amenizar estes problemas o geoprocessamento é a ferramenta ideal para organizar e estruturar estas práticas, identificando conseqüências e amenizando-as. Com a criação da base de dados do sistema viário da cidade, uma série de estudos e análises poderão ser realizadas auxiliando na tomada de decisões e no planejamento do sistema viário e de transportes.

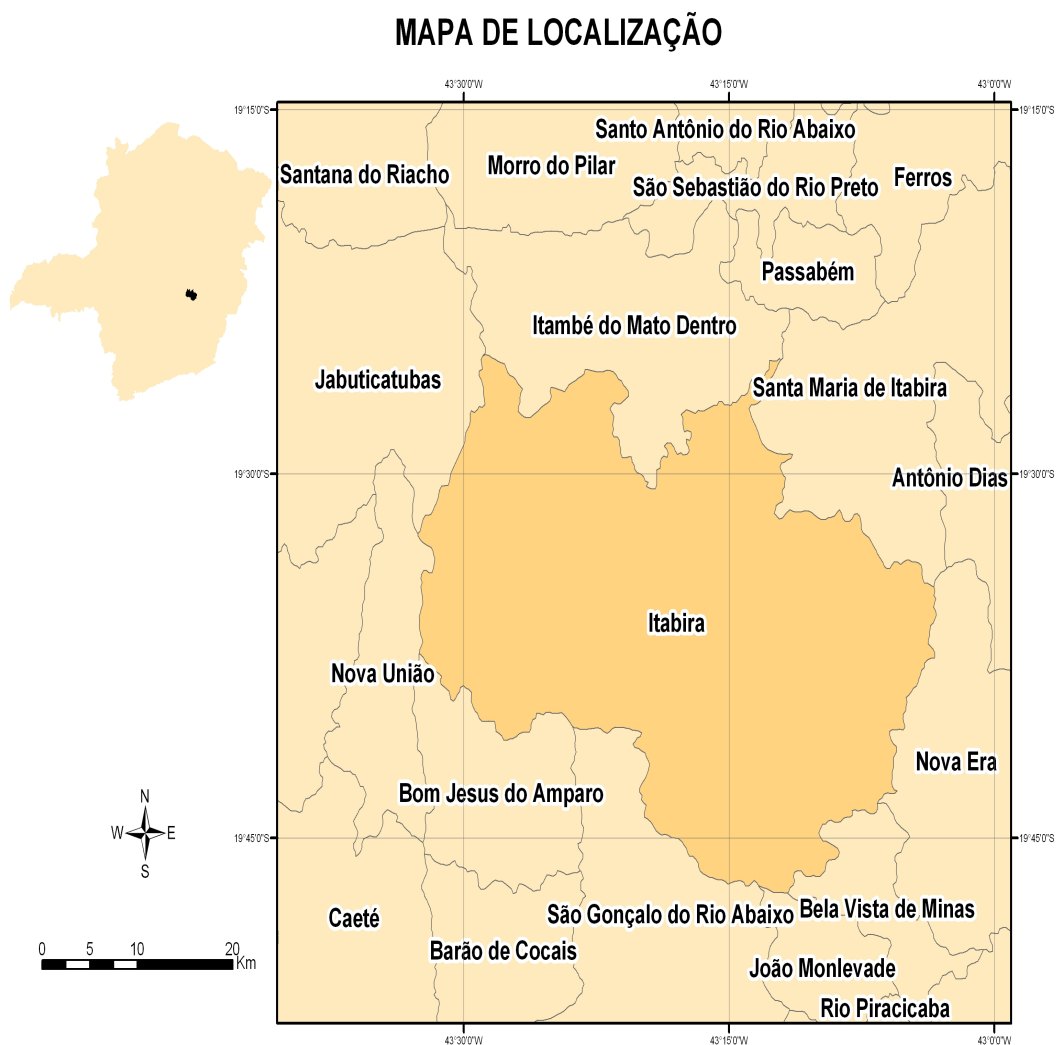
O presente trabalho teve como objetivo criar a rede com base de dados para o sistema viário de Itabira Mg, assim como desenvolver metodologia para automatizar a derivação das linhas de centro para representação das ruas sob forma de arcos simples e trabalhar com a geocodificação de endereços, utilizando-se dos *softwares ArcView*. É com base na visão sistemática dos fenômenos que elaboramos esta metodologia para realização do cálculo de impedância a ser empregado na malha urbana do município de Itabira.

“Uma das principais contribuições metodológicas do geoprocessamento à pesquisa geográfica é, certamente, a possibilidade de implantar processos de análise que, quando trabalhados somente em termos conceituais, apresentavam ser muito complexos. Esses processos são a abordagem e a análise sistêmica, conceitos que trouxeram para as ciências que lidam com complexa gama de variáveis, em especial para as ciências espaciais grande ganho na aproximação entre o modelo de estudo e a realidade”. Moura (2003, p.49)

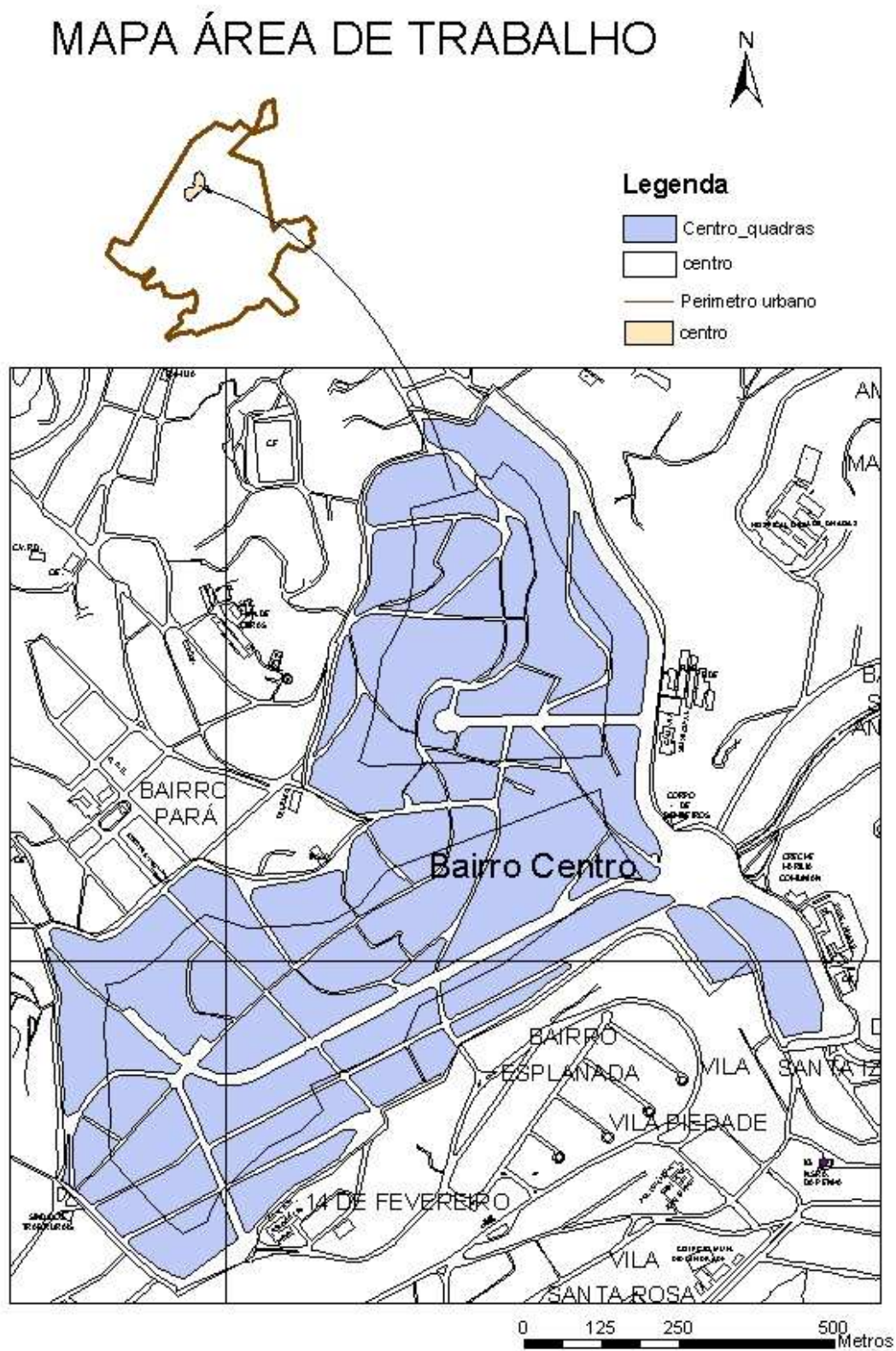
Na malha urbana de Itabira, cada trecho das ruas apresenta umas especificidades únicas que juntas constituem a rede de circulação. Estas especificidades estão ligadas neste trabalho em características das ruas com três variáveis largura da via, declividades (Mapa 3) e pavimentação.

7.1.1- Definição da área de estudo do projeto piloto

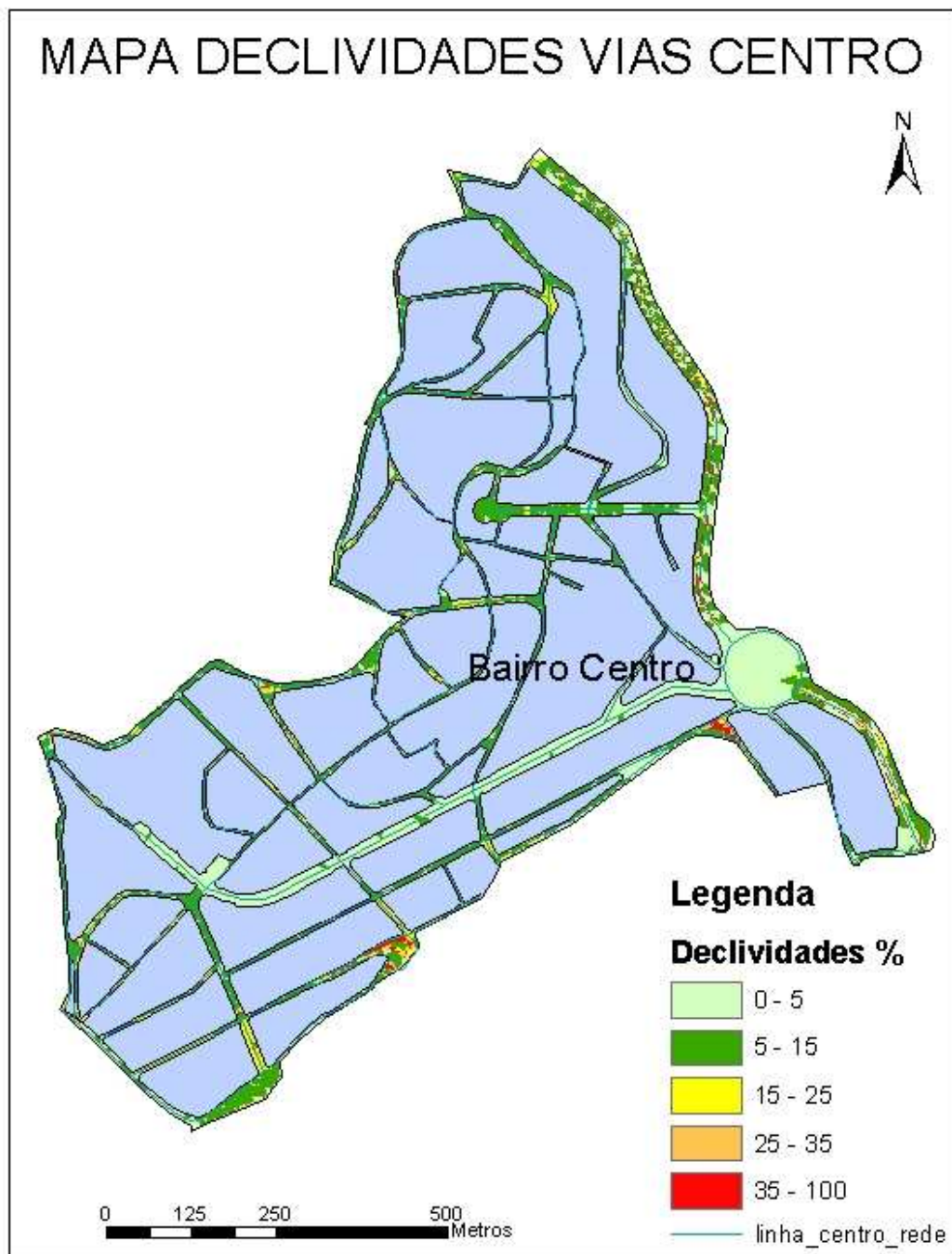
A área de abrangência do estudo foi escolhida depois de feito um levantamento quantitativo do número de ocorrência das interdições para (eventos, obra, carga e descarga), onde limitou-se ao perímetro urbano do bairro Centro da cidade de Itabira (Mapa 1), localizada na região Sudeste do Estado de Minas Gerais a 101km da capital. Itabira tem uma população aproximada de 100 mil habitantes. (Mapa 1) e (Mapa 2)



Mapa 1: Localização de Itabira



Mapa 2: Área de Trabalho



Mapa 3: Declividade vias área de estudo

7.1.2- Métodos de Avaliação

O conjunto de variáveis em geoprocessamento pode ser realizado através de vários métodos matemáticos. A escolha destes métodos dependerá principalmente das características básicas dos dados em si. Seu comportamento e natureza definem as relações matemáticas que melhor as expliquem.

O problema enfrentado pelo pesquisador ao lidar com variáveis complexas, é justamente a existência de dados estatísticos confiáveis, passíveis de serem utilizadas neste método. Em resposta a este problema, um método muito útil e que foi utilizado neste trabalho é o de avaliação pela média ponderada.

7.1.3- Avaliação pela Média Ponderada

Quando os dados de uma variável não se apresentam de forma regular, ou passíveis de identificação matemática aplicável, ou mesmo sua imprevisibilidade é pertinente ao fenômeno, a melhor maneira de sistematizá-los é através de um método que leve em conta a aproximação de valores reais. Neste caso, parte-se do pressuposto que, mais importante do que o valor quantitativo real sobre a ocorrência do fenômeno em si, é seu “peso” dentro do sistema como um todo. Isso quer dizer que o pesquisador levará em conta a importância e a consequência dessa variável no processo estudado.

“Com a adoção da média ponderada está criado um espaço classificatório, em princípio ordinal, mas que pode admitir um grande e variado detalhamento na classificação das estimativas “. Xavier (2001 p.149)”.

O método consiste em atribuir pesos as variáveis escolhidas, cuja soma não deve ultrapassar a 100%, e dar notas aos planos de informação presentes nesta variável. Com isso obtém-se uma classificação baseada na percepção do estudioso, quanto ao fenômeno estudado.

7.1.4- Organização dos Dados Existentes

O primeiro passo foi à identificação dos dados já existentes sobre a malha urbana de Itabira.

Entre os dados vetoriais disponíveis está a malha viária, em formato “dwg”, contendo a delimitação das quadras. Para o nosso trabalho foi necessário digitalizar os eixos de rua. Devemos ressaltar que aqui teve início a construção dos nós e arcos.(Fig.4)

Portanto, a construção topológica do mesmo foi realizada no *software AutoCad* que contém ferramentas apropriadas para a realização deste trabalho.

Outro elemento obtido a partir de medições na base cartográfica digital de Itabira, foi a largura da caixa de rua. Em termos atuais esta característica é fundamental para o fluxo de transporte viário, por isso esta variável foi armazenada na base de dados.

A solução encontrada para realizarmos o levantamento desta informação de maneira otimizada e automática foi a utilização de um procedimento simples, através de uma ferramenta topológica, existente no *software ArcView* foi criada uma linha perpendicular às faces do logradouro, a partir da qual tiramos a menor distância das caixas de ruas, já que esta é variável.

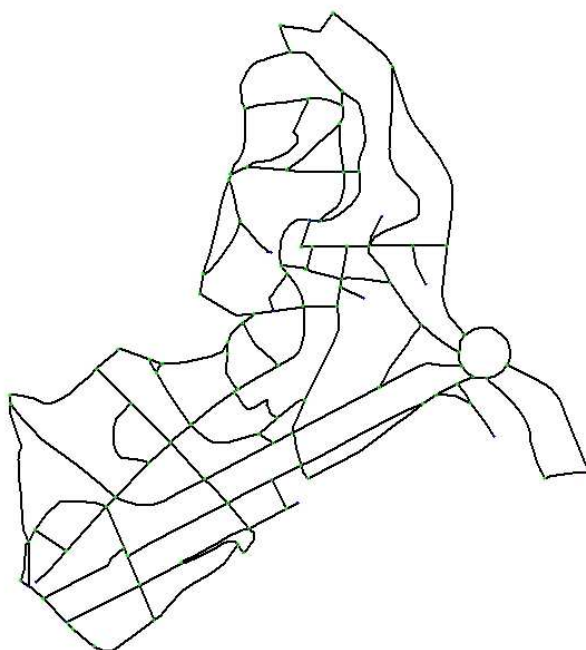


Figura. 4: Aplicativo de Rede Área Central

O passo seguinte na montagem dos dados foi transferir a base de um ambiente *CAD* para um ambiente mais adequado para a agregação de dados alfanuméricos.

O *software* escolhido foi o ArcView, por ser de fácil manuseio e permitir a agregação dos dados de maneira simples e prática, além de propiciar o cruzamento alfanumérico através de propriedades topológicas entre os elementos. Esta propriedade será descrita no desenvolvimento do trabalho.

7.1.5- Coleta de dados

Basicamente, o dados utilizados neste trabalho foram de natureza geográfica e alfanumérica. Os dados geográficos consistiram de mapas georeferenciados da aerofoto dos arruamentos de Itabira. Já os dados alfanuméricos constituíram-se de informações de caráter qualitativo e quantitativo (nomes dos logradouros, bairros, sentido do tráfego referente aos dados geográficos).

7.1.6- Coleta de dados geográficos

Os dados geográficos originaram de mapas georreferenciados oriundos do levantamento aerofotogramétrico o ano de 2000, realizado pela Prefeitura de Itabira Mg. Fornecido em meio digital no formato DWG, na escala 1:2000.

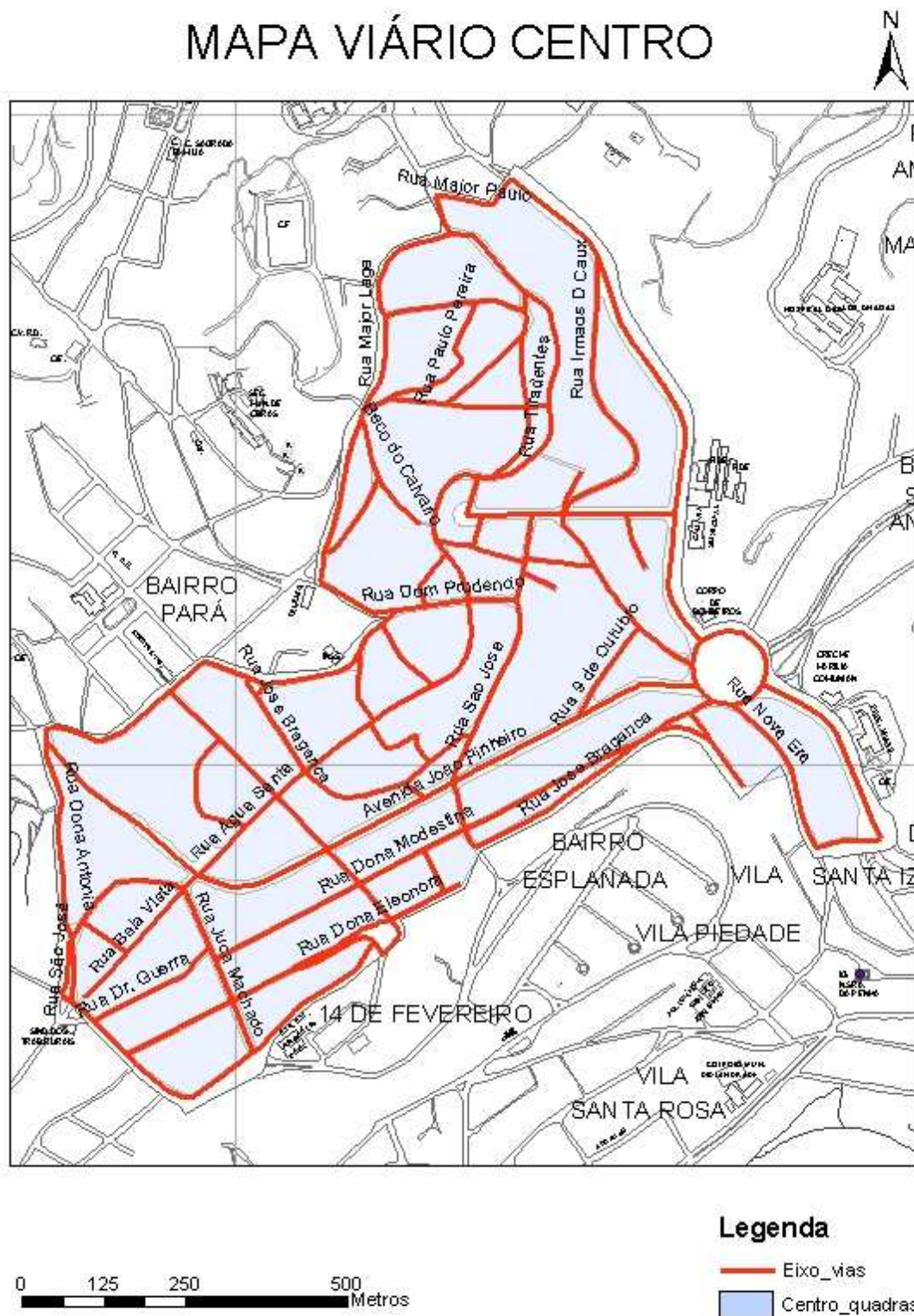
O mapa referente aos arruamentos da cidade de Itabira foi obtido na Secretária de Obra, fornecido em meio digital, onde o cadastramento dos dados necessário foram feitos indo a campo com uma cópia da área em estudo e sendo identificados os locais dos pontos de parada do transporte coletivo urbano, sinalização horizontal , vertical e semafórica, largura da via..

7.1.7- Coleta de dados alfanuméricos

As informações necessárias á construção do banco de dados alfanuméricos do sistema viário foram, obtidos na Prefeitura de Itabira. No Departamento de Transporte e Trânsito, foram levantadas as informações do sentido do trafego, o itinerário do transporte coletivo urbano. Os nomes do logradouro e os nomes dos bairros foram obtidos no Cadastro Técnico da Secretaria da Fazenda.

7.1.8- Derivação das linhas de centro das ruas

A etapa seguinte à coleta de dados foi a criação da rede do sistema viário (Fig.2). Para tal realização foi feita a digitalização das linhas de centro das ruas. Desta forma, foi necessário realizar alguns ajustes de edição, atualização de alguns logradouros de acordo com o arquivo de Cadastro e estabelecer a topologia de polígonos para o arquivo de arruamentos. Para tal foi usado o *software ArcView*.(Mapa 4)



MAPA 4: Mapa viário da área de estudo

8. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para armazenamento e aplicação das ferramentas de análise foi utilizado o *software Spring*. Este *software* foi escolhido por ser um dos poucos *softwares* no mercado que disponibiliza este tipo de aplicações de rede ou *grafo* em sua estrutura. Outro ponto importante é o fato do *software* ser de livre domínio, facilitando o acesso do mesmo por parte de usuários em geral, pesquisadores e órgãos administrativos. Após a montagem do SIG será avaliadas a facilidade de interação do usuário com a ferramenta.

O objetivo é fazer a simulação o mais próxima possível da realidade, otimizando a tomada de decisão para o melhor local de desvio para o transporte coletivo urbano e de veículos.(Fig.5 e Fig.6)

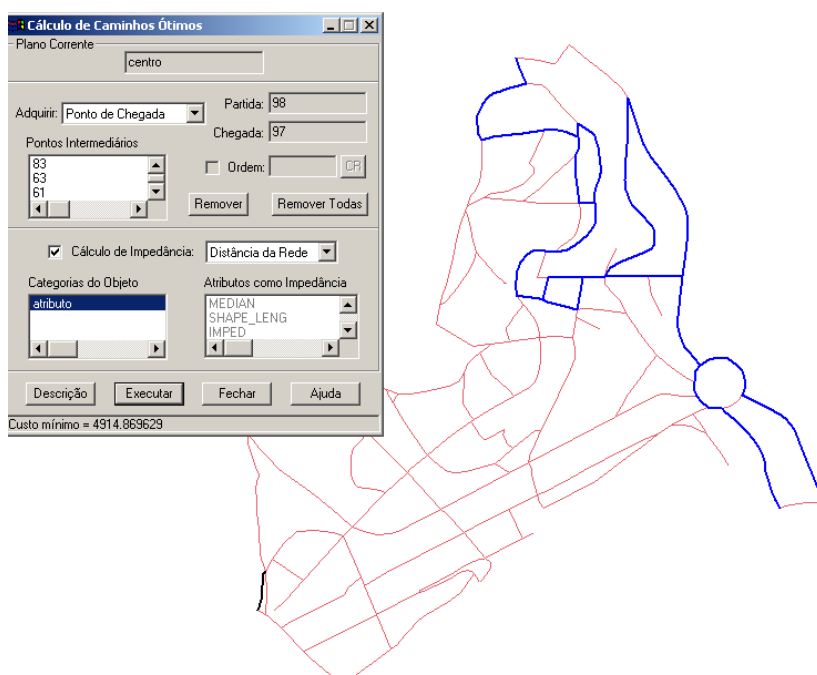


Figura 5: Caminho Ótimo sem impedância

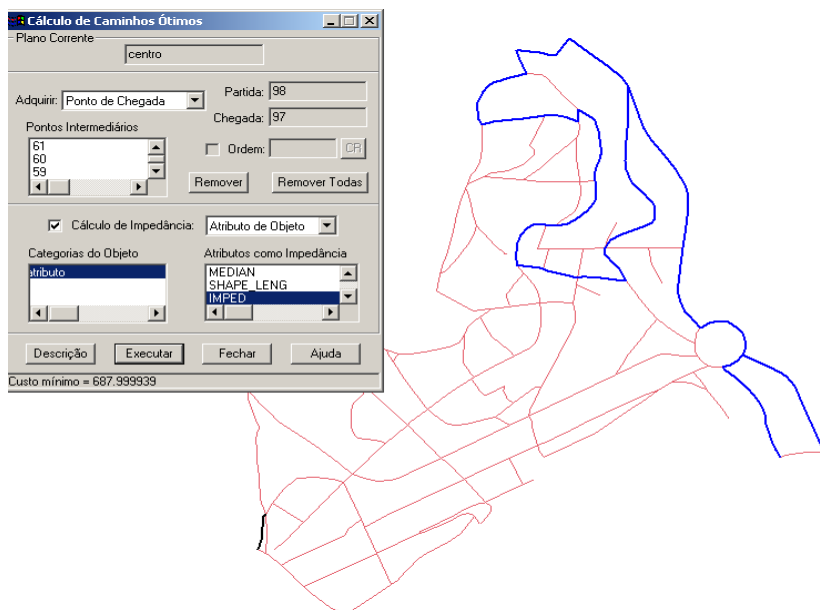


Figura 6: Caminho Ótimo com impedância

Foram levados em conta na base de cálculo das impedâncias, a declividade e a largura da via. Apesar de levantado os tipos de pavimentação, a distância e o sentido do tráfego, não foram contemplados neste cálculo de impedância das vias na área do projeto piloto em estudo, por decisão do pesquisador, o que não impede a aplicação destas ou outras variáveis em outros estudos futuros.

9 – CONCLUSÃO

O SIG particularmente para este trabalho tem sua importância para a execução de um projeto de interdição, tendo como objetivo ajudar na elaboração do projeto em tempo hábil para a interdição de uma via pública urbana, otimizando a tomada de decisão para mudança de itinerário e fazendo uma melhor escolha para o evento sem que cause tanto transtorno ao trânsito local. Este sistema vai ajudar a saber com maiores detalhes sobre o local do evento dando condições de saber, sentido do tráfego, largura da via, declividade da via, itinerário e quais os coletivos que passam por aquela via, os locais de ponto de parada dos coletivos, o tipo de sinalização da via, o nome dos logradouros.

O presente trabalho mostrou como é possível aplicar variáveis diversas em modelos sistêmicos, visando a realização de simulações de rotas para o transporte coletivo urbano e de veículos. Como foi dito anteriormente, cabe ao planejador escolher as variáveis que melhor representam sua realidade ou o que pretende analisar, sempre tendo em mente que estas análises devem estar em constante adaptação à realidade local.

Hoje em dia já é possível ao planejador utilizar-se de técnicas e ferramentas capazes de obter respostas favoráveis a vários problemas encontrados no espaço urbano. É possível adquirir ferramentas de análises sem custos elevados, graças aos *softwares* de livre domínio, mas não devemos esquecer que a ferramenta não trabalha sozinha, sendo necessário um profissional capacitado e consciente de seu papel na construção e gestão do espaço geográfico.

Depois de feito este trabalho em uma segunda etapa pretende-se definir melhores locais para eventos, fora das áreas de obstáculos já conhecidos.

Uma das preocupações do órgão gestor é dar segurança e certeza da acessibilidade a população local, e fluidez ao trânsito local.

10 . REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Alencar. V. C. e Aquino. M. S. (1994). Um sistema de informações geográficas para o planejamento de rotas de ônibus. In: 1º GIS Brasil 94 – *Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento*. Anais. Sagres Editora/Revista FATOT GIS. Curitiba. P.1-9.

Bravo. F. e Cerda. J. (1995). Tecnologia SIG aplicada a sistemas de transporte. In: *VII Congresso Chileno de Ingenieria de Transporte*. Santiago. Chile. Actas del Séptimo Congresso Chileno de Ingenieria de Transporte. Pp. 547-562.

BORGES, karla Albuquerque de Vascelos. Modelagem de Dados Geográficos –uma extensão do modelo UMT para aplicação geográfica. Belo Horizonte , MG: ESCOLA DE GOVERNO DE MINAS GERAIS . Fundação João Pinheiro, 1997.(Dissertação de Mestrado)

BURROUGH, P. A. *Principles of geographical information systems for land resources assessment Monograph on Soil and Resource*. Oxford: Claredon,1989.194p.

CÂMARA,G., CASANOVA, M., HEMERLY. ^a, MAGALHÕES . G., MEDEIROS, C. Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica. Campinas: Instituto de Computação, UNICAMP.1996.197p.

DAVIS, Jr., Clodoveu A., Fonseca, Frederico T. Introdução aos sistemas de Informação Geográficos. Belo Horizonte: Empresa de Informática e informação do município de Belo Horizonte S.A. – Prodabel, 2001.

DAVIS JÚNIOR, Clodoveu Augusto. **Aumentando a eficiência da solução de problemas de caminho mínimo em SIG**. 15f.

DAVIS JÚNIOR, Clodoveu Augusto. **Caminho mínimo em redes**. 5f.

- Dantas, A. S.; Taco, P. W. G.; Yamashita, Y. (1996). Sistema de Informação Geográfica em Transportes. O Estudo do Estado da Arte. *In: X Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Anais. Volume 1. Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET. Pp. 211-219.*
- DYSTRA, D. P. Mathematical programming for natural resource management. New York: McGraw-Hill, 1984. 318p.
- ESRI (1996). *ArcView GIS, The Geographic Information System for Everyone, Using ArcView GIS*. United States of America. Environmental Systems Research Institute, Inc.
- ELMARI, R., NAVATHE.S. Fundamental of database systems. 2º Edition Menlo Park.CA:Addison-Wesley, 1994.
- Heikkila, E. J. (1998). GIS is Dead. Long Live GIS! *APA Journal*. Summer 1998, pp. 350-360. Data Analysis. *In: Chow, J.; Litvin, D. M.; Opiela, K. S. (eds) (1992) American Society of Civil Engineers, New York. Microcomputers in Transportation, pp. 94-102.* Hsiao. S. e Sterling. J. (1992). Use of Geographic Information System for Transportation
- Kagan, H.; Rossetto, C. F.; Custódio, P. S.; Martins, W. C. (1992). Uso de Sistemas de Informação Geográfica no Planejamento de Transportes. *In: VI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Anais, Volume I. Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET, Rio de Janeiro, pp. 892-909.*
- Levine, J. e Landis. (1989), Geographic Information System for Local Planning. *Journal of the American Planning Association* 55,2: 209-20.
- Lewis, S. (1990). Use of Geographical Information Systems in Transportation Modeling. *ITE Journal*, Março 1990, pp. 34-38.

- Rosseto, C. F. e Cunha, C. B. (1994). A aplicação do geoprocessamento na roteirização de veículos. *In: GIS Brasil 94 - Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento*. Anais. Sagres Editora/Revista FATOR GIS. Curitiba, p. 35-44.
- Siqueira, C. A. B. e Cassundé, M. I. V. (1994). O geoprocessamento com o instrumento de gestão de transporte coletivo na EMTU/Recife. *In: 8º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET*. Anais, Vol. 1, Recife, pp. 551-556.
- Viviani, E. ; Sória, M. H. A.; Silva, A. N. R. (1994). Gerenciamento de vias não pavimentadas e a utilização de sistemas de informação geográfica. *In: 1º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário*. Anais. Florianópolis, pp.118-126.
- Viviani, E. (1998). A Utilização de um Sistema de Informação Geográfica com o Auxílio à Gerência de Manutenção de Estradas Rurais não-pavimentadas. *Tese de Doutorado*. Escol.a de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- Vonderohe, A. P; Travis, L.; Smith. R.; Tsai, V. (1994). Adapting Geographic Information -Systems for Transportation. *TR News171*. Março-Abril 1994, pp.7-9.
- Waerden, P. van der; Timmermans. H. (1994). Parking Simulation Using a Geographical Information Systems. Paper presented at the *2nd Design & Decision Support Systems in Architecture & Urban Planning Conference*, Agosto 15-19 1994, Vaals. The Netherlands.
- MACHADO, Maria Márcia Magela, VOLL, Eliane. Projeto em Geoprocessamento – Entrada, Manipulação, Análises Simples e Layout no ArcView 8: Notas de aula , Belo Horizonte: UFMG 2002.
- MOURA, Ana Clara M. **Geoprocessamento aplicado ao Planejamento Urbano e à Gestão do Patrimônio Histórico de Ouro Preto - MG**. Rio de Janeiro: UFRJ/IGEO, 2002. 482p. (Tese de Doutorado)

ARONOFF, S. Geographical information system A monagement perspective. Ottawa: WDL, 1989.249P.

ROSE, Adriana. Uma avaliação comparação de alguns sistemas de informação geográfica aplicados aos Transportes.São Carlos, 2001,79p,Dissertação (Mestrado)-Universidade de São Carlos.

ROCHA, César Henrique Barra & FILHO, Luiz Fernandes de Brito. **Locais Para Aterro Sanitário de Mangaratiba / Rj: Seleção por Geoprocessamento**. Monografia apresentada a Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2000.

SILVA, Jorge Xavier da. **Geoprocessamento para análise ambiental**. Ed. Rio de Janeiro – RJ - 2001.