

Frederico Luciano Santos

Estudo da Adequação de Bases Cartográficas Digitais Originárias de  
CAD à Utilização em Sistemas de Informação Geográficos: Estudo  
de Caso de Aplicativo de Rede em Divisa Alegre/MG

VII Curso de Especialização em Geoprocessamento  
2004



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

Santos, Frederico Luciano

Geoprocessamento aplicado à elaboração de bases cartográficas digitais e a análises de redes de abastecimento de água

VI, 34f.: il.

Monografia (Especialização) - Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. Departamento de Cartografia, 2004.

Orientadora: Profa. Karla Albuquerque Vasconcelos Borges

1. Geoprocessamento 2. Cartografia 3. Aplicativo de rede 4. Abastecimento de água. I. Título.

FREDERICO LUCIANO SANTOS

**Estudo da Adequação de Bases Cartográficas Digitais Originárias de CAD à Utilização em Sistemas de Informação Geográficos: Estudo de Caso de Aplicativo de Rede em Divisa Alegre/MG**

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

Orientadora: Profa. Karla A. V. Borges

BELO HORIZONTE

2004

## **AGRADECIMENTOS**

Ao fim de mais uma etapa, olho para trás e percebo a humildade e também a responsabilidade dos professores, que ao longo do ano buscaram transmitir seu conhecimento a todos nós. A todos vocês muito obrigado.

É devido também um agradecimento muito especial aos monitores Charles e Christian pela imensa paciência e dedicação que dispensaram a todos nós.

Agradeço a meus pais que sempre me incentivaram a realizar todos os meus sonhos e principalmente porque me fizeram acreditar numa frase sempre dita por minha mãe:

**“- O saber não ocupa lugar.”**

# SUMÁRIO

1.	OBJETIVO .....	7
1.1.	Geral .....	7
1.2.	Específico.....	7
2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	8
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	10
3.1.	Limpeza Topológica.....	10
3.2.	Grafos Lineares .....	13
3.3.	Matriz de Incidência.....	16
3.4.	Sistemas de Informação Geográficos .....	17
3.5.	Banco de Dados.....	18
4	METODOLOGIA .....	20
4.1.	Softwares utilizados.....	20
4.2.	Limpeza Topológica.....	24
4.3.	Aplicativo de Rede.....	26
5	CONCLUSÕES.....	32
5.1.	Limpeza Topologia em bases cartográficas elaboradas em CAD .....	32
5.2.	Análise de redes de abastecimento d água num aplicativo de rede.....	33
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	34

## **RESUMO**

O geoprocessamento transformou-se numa ferramenta fundamental para análise, planejamento, interação e intervenção em situações que envolvem o espaço.

As bases cartográficas são fundamentais para a maioria das análises que envolvem o espaço. Hoje ainda é muito comum a criação de uma base cartográfica utilizando ambiente CAD (Computer Aided Design). No entanto, o seu uso em Sistemas de Informação Geográficos (SIG) causam inúmeros problemas de consistência quando não observados os parâmetros necessários. Hoje ao construirmos esses desenhos devemos levar em consideração que eles servirão de suporte para inúmeras análises espaciais. Nesse trabalho foram identificados os problemas contidos em uma base cartográfica criada em ambiente CAD, onde as relações topológicas não são consideradas.

Em função disso são enumerados alguns cuidados fundamentais na criação destas bases cartográficas visando o seu uso não só na forma tradicional na engenharia civil, mas também como requisito básico na criação de um Sistema de Informação Geográfico.

# **1. OBJETIVO**

## ***1.1. Geral***

O objetivo desse trabalho é avaliar as dificuldades e identificar os cuidados necessários para transformar bases cartográficas criadas em ambiente CAD (Computer Aided Desing) em bases de dados geográficos adequados para uso em Sistemas de Informações Geográficos (SIG). Será proposta uma metodologia para identificação e tratamento dos problemas encontrados nos dados geográficos gerados em ambiente CAD e utilizados em um SIG.

## ***1.2. Específico***

Avaliar a metodologia proposta através de um estudo de caso. O estudo de caso consiste na implantação do projeto de uma rede de abastecimento de água da cidade de Divisa Alegre/MG partindo de uma base digital elaborada em CAD.

## 2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Município de Divisa Alegre pertence a Mesorregião do Norte de Minas (VII região do Vale do Jequitinhonha) e está inserido na Microrregião 159 do estado (Bacia do Rio Mosquito), tendo sua posição geográfica determinada pelo paralelo 15°43'32 "de latitude sul em sua interseção com o meridiano de 41°20'40" de longitude oeste. Limita-se ao norte com o município de Cândido Sales, ao Sul com Cachoeira de Pajeú, a leste com Divisópolis, e a oeste com Águas Vermelhas. O Córrego do Jacu e o Córrego do Engenho banham a cidade vide figura 1, página 4.

A altitude máxima é de 1.430 m (Serra do Anastácio) e a mínima de 674 m próxima à foz do Rio Mosquito.

A temperatura média anual é de 23,0°C, com índice pluviométrico anual de 1.200 mm.

A infra-estrutura básica de transporte do município é composta das ligações rodoviárias existentes. A rodovia federal BR-116 compõem o principal eixo de tráfego do município. Divisa Alegre interliga-se aos centros urbanos mais importantes por meio desta via federal e da BR-251 que também serve o município.

As principais informações demográficas sobre o município de Divisa Alegre, publicadas nos Censos Demográficos de 1991, 1996 e 2000, são apresentadas na Tabela abaixo.

Indicadores demográficos	Município de Divisa Alegre
Área total (km <sup>2</sup> )	121,14
População em 1991 por situação de domicílio	
Urbana	204
Rural	3.428
Total	3.632
População em 1996 por situação de domicílio	
Urbana	157
Rural	4.150
Total	4.307
População em 2000 por situação de domicílio	
Urbana	4.656
Rural	159
Total	4.815
Densidade demográfica total (hab./km <sup>2</sup> )	
1991	29,98
1996	35,55
2000	39,74

Tabela1 - FONTE: IBGE, Censo 1991, Contagem da População 1996 e Censo 2000.



Em termos percentuais a topografia tem as seguintes representações: 40% plana, 50% Ondulada e 10% Montanhosa.

O Município é servido por telefone, sendo a TELEMAR a concessionária responsável. Possui ainda serviços postais, telegráficos, sendo os CORREIOS a empresa responsável.

A energia elétrica é fornecida pela CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais.

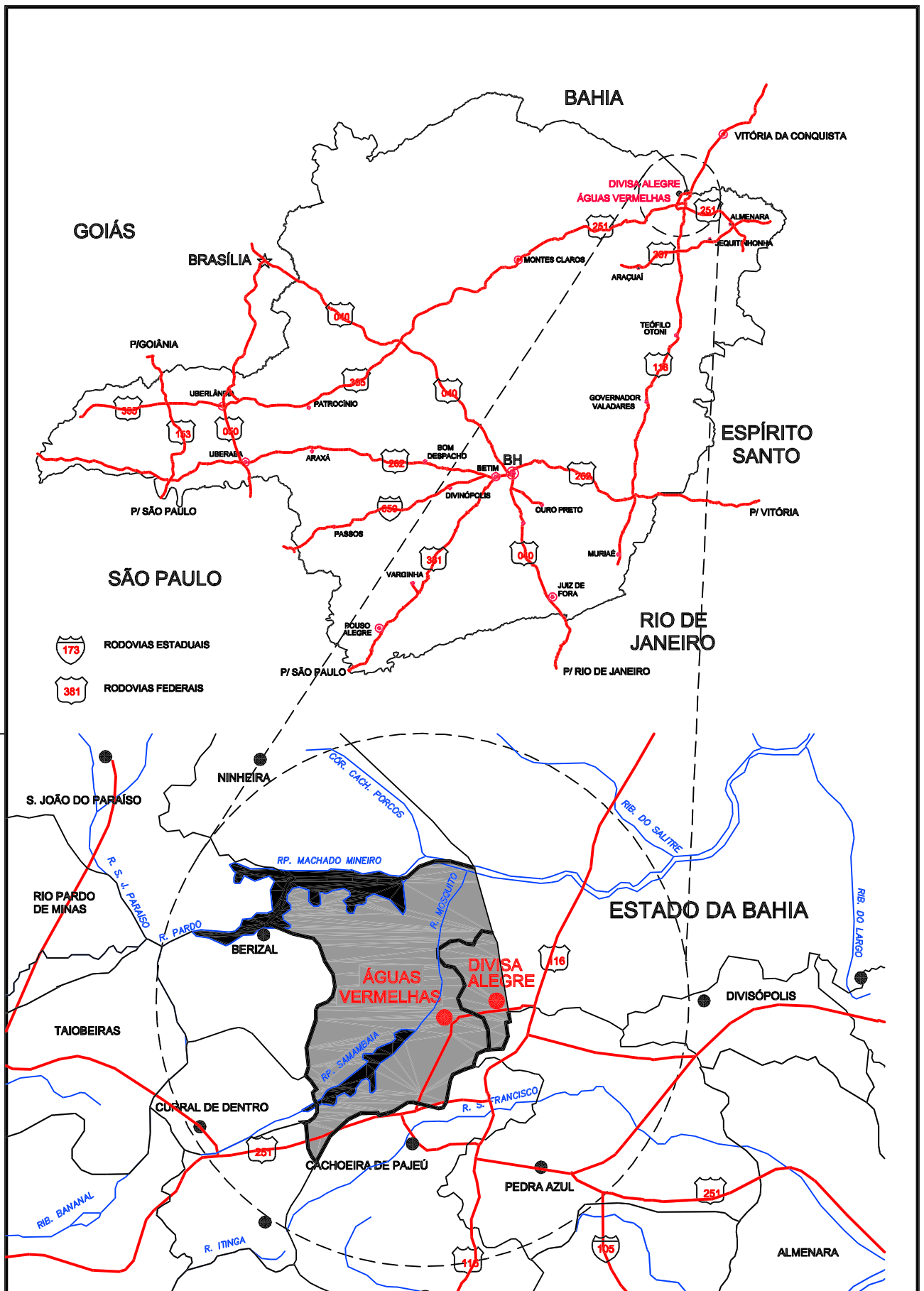
Na área de assistência médica, Divisa Alegre conta com um hospital, um centro de saúde e dois postos médicos.

O setor de educação de Divisa Alegre, conta com 1 escola estadual e 1 escola municipal.

Dentre as atividades, tem predominância na economia municipal a agropecuária e grande parte da população trabalha principalmente com gado de corte.

A renda média dos chefes de família dos domicílios urbanos é igual a 1,64 salários mínimos, situando-se abaixo da média estadual que é de 3,3 salários mínimos.

A seguir é apresentado um croqui de localização de Divisa Alegre/MG. (Figura 1)



<p>DIVISA ALEGRE</p>	<p>ESCALA S/ ESCALA</p>
<p>CROQUI DE LOCALIZAÇÃO</p>	<p>FIGURA 1</p>

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para uma melhor compreensão dos assuntos aqui abordados serão apresentados alguns conceitos fundamentais relativos a (1) processos metodológicos no tratamento de bases CAD para uso em Sistemas de Informação Geográficos e (2) representação gráfica de redes.

#### 3.1. *Limpeza Topológica*

Quando se fala em cartografia digital, pressupõe-se um trabalho preciso e confiável. Porém, não é sempre o que se encontra. Um mapa digital pode ser gerado por qualquer profissional que manipule um “*software*” de CAD, mesmo sem conhecer critérios mínimos de cartografia, nem noções de SIG. Diante dessa realidade, antes de iniciar um projeto, torna-se imperativo verificar todas as bases digitais disponíveis, principalmente as de origem desconhecida. Esse é um dos principais problemas na elaboração de SIG, haja vista, o tempo necessário para verificação e correção das bases,(Moura 2004).

Defini-se topologia como sendo:

“O ramo da matemática que estuda as propriedades das configurações geométricas que não são alteradas por transformações ou deformações elásticas homomórficas. Trocando em miúdos, topologia é um conjunto de técnicas que nos permitem perceber as relações espaciais inerentes ao posicionamento relativo dos objetos, independente de suas dimensões ou coordenadas exatas. Relações de continência (contém / contido), adjacência (vizinho a / ao lado de) e conexão (conectado a, ligado a, relacionado com) são deduzidos com base em técnicas de topologia”, (Davis & Fonseca, 2001).

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 as coordenadas do ponto inicial e final coincidem. Entidades geográficas lineares como ruas, divisão político-administrativas e redes de tráfego são naturalmente representadas em formato vetorial. As redes são casos especiais de dados vetoriais, onde são utilizados arcos e nós conectados na representação do fluxo e da direção da rede. As operações topológicas e métricas são comuns em representações vetoriais, (Balabanian, 1972).

As relações espaciais estão presentes tanto nas linguagens de consulta espacial quanto nas aplicações geográficas. A representação e o processamento das relações espaciais são cruciais nas aplicações geográficas porque frequentemente, no contexto do espaço geográfico, relações entre entidades espaciais são tão importantes quanto as próprias entidades. As relações espaciais foram agrupadas em três categorias: topológicas, métricas e de ordem. As relações topológicas são consideradas relações que descrevem os conceitos de vizinhança, incidência, sobreposição, mantendo-se invariavelmente ante transformações como escala e rotação (por exemplo, disjunto, adjacente, dentro de). As relações métricas são orientação no espaço como, por exemplo norte e sul. As relações direcionais dependem de aspectos cognitivos que variam culturalmente. As relações relativas a ordem total ou parcial dos objetos espaciais são descritas por preposições como em frente a , atrás, acima e abaixo, (Balabanian, 1972). As três categorias básicas de relações são importantes para o armazenamento e recuperação das informações por fornecerem semântica e consistência geométrica às análises realizadas sobre os objetos geográficos armazenados nos SIG, (Borges 2002).

Aplicando o conceito de topologia em SIG vemos que é a topologia que responde para um objeto geográfico, aos seguintes tipos de questões: onde estou, ao lado de, perto de, à direita ou à esquerda de, vindo de ou indo para, (op. cit.).

A “análise topológica” que é natural na mente humana, nos SIG é inserida de modo explícito e portanto é conhecida como topologia explícita. Portanto, os objetos de um SIG devem ter sua natureza e suas relações com outros objetos claramente definidas, para que o computador possa distinguir as relações espaciais, (Davis 2001).

Alguns SIG são capazes de deduzir as relações topológicas no momento da realização de uma análise. Esse “*approach*” denominado topologia dinâmica, é implementado principalmente por sistemas cuja concepção e estrutura tendem a não permitir a fragmentação dos objetos gráficos em parcelas menores (arcos e pontos), por motivos de consistência interna ou segurança, (op. cit.).

É difícil comparar os sistemas de topologia explícita e dinâmica. Enquanto os primeiros tendem a ser mais compactos, pois os arcos compartilhados não são armazenados de forma redundante, sua estrutura poderá causar perda na performance, uma vez que é necessário caminhar entre as três tabelas básicas sempre que for necessário apresentar a entidade gráfica na tela ou plotter. Por outro lado, os sistemas de topologia dinâmica tenderão a consumir mais recursos computacionais na realização das análises devido a

necessidade de construção das relações topológicas, porém o fazem com maior consistência e segurança, (Davis 2001).

Os sistemas baseados no modelo vetorial tendem em sua maioria, a armazenar diretamente a topologia em seu banco de dados, enquanto que os SIG baseados no modelo matricial tendem a derivar a topologia na hora, Isto é, durante o processamento de dados, (op. cit.).

Para garantir a integridade das estruturas existem basicamente, duas estratégias envolvendo procedimentos de verificação da topologia e editores capazes de construir a estrutura topológica “*on-the-fly*”, ou seja, na medida em que os dados são digitalizados, (op. cit.)

A primeira consiste em permitir o traçado dos elementos vetoriais livremente, disparando um programa de verificação de erros ao final do processo de entrada de dados. Esse programa aponta falhas e inconsistências na geometria, indicando-as para que o operador as corrija, (op. cit.).

A segunda envolve o uso de editores especiais, que vão sendo construindo a estrutura topológica à medida que a digitalização dos vetores avança, (op. cit.).

As entidades gráficas em níveis feitas pelos sistemas CAD não corresponde, necessariamente a uma estrutura de banco de dados , como no SIG. Na passagem do CAD para o SIG, faz-se uma analogia entre nível CAD e modelo de dados SIG, entretanto, o CAD não está preparado para gerenciar os dados de um nível como sendo entidades pertencentes a um mesmo banco de dados. O CAD geralmente não necessita gerenciar as relações topológicas entre objetos ao contrário do SIG, (op. cit.).

Os sistemas CAD, sem sofrer nenhum tipo de customização permitem que se crie qualquer tipo de entidades gráficas, com quaisquer atributos, em qualquer nível. Não existem intrinsecamente definidos controles que façam com que o *software* impeça a digitalização de uma entidade inconsistente. São freqüentes os erros de simbologia em que elementos são codificados com a cor ou tipo de linha errado, (op. cit.).

Pode ocorrer o refinamento cartográfico excessivo em alguns casos que o enfoque do trabalho de conversão está na formatação de uma base cartográfica digital, em que a representação gráfica das entidades assume papel preponderante, mas para o geoprocessamento muitas vezes esse refinamento é dispensável, (Davis & Fonseca, 1994).

### 3.2. Grafos Lineares

Segundo Balabanian (1972) quando conectamos dois ou mais objetos através de segmentos define-se um grafo. Freitas (2003, p.12) define: “um grafo consiste de um conjunto de objetos chamados de vértices (ou nós)  $V = \{v_1, v_2, \dots\}$ , 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  $V$ ” (Figura 1).

Num grafo, às vezes, convém considerar os nós que coincidem com os pontos extremos das arestas, como parte destas. Em outras ocasiões convém considerar que os nós não pertencem às arestas, (Balabanian, 1972).

Por topologia da rede entendemos todas as propriedades que surgem da estrutura e/ou geometria da rede, (op. cit.).

Podemos estabelecer imediatamente uma correspondência entre uma rede e um grafo linear. A Figura 1 mostra essa relação.

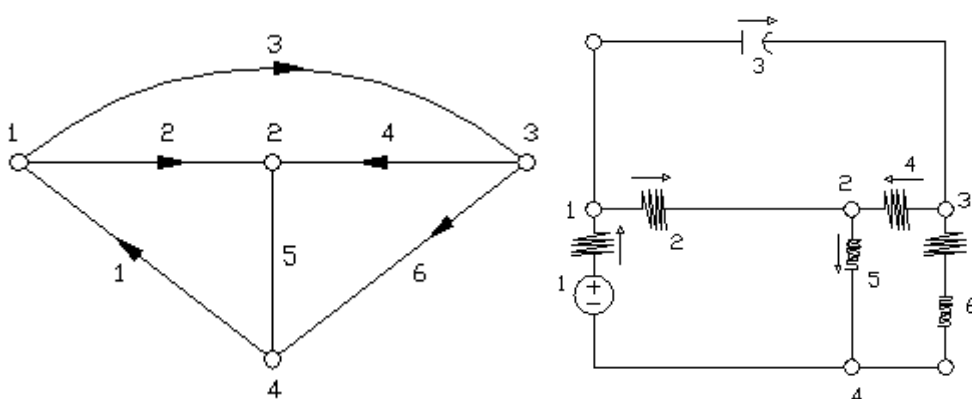


Figura 1- Rede e grafo linear associados.

Cada nó e cada aresta estão numerados. Usaremos este grafo para ilustrar algumas observações que podem ser generalizadas. Também serão descritas as propriedades dos grafos, (op. cit.).

Às arestas cujos extremos terminam sobre um nó chamaremos de incidentes ao nó. Como exemplo, na Figura 1 temos as arestas 2, 4 e 5, como incidentes ao nó 2.

Cada aresta tem uma seta indicando seu sentido. Quando uma seta está orientada costuma-se chamá-la de arco. Um grafo cujas arestas são orientadas (arcos), é denominado grafo orientado, (Balabanian, 1972).

Os grafos podem ser subdivididos em subgrafos. Um subgrafo é um subconjunto de arestas e nós de um grafo, (op. cit.).

Um caminho é um tipo particular de subgrafo, que consiste numa sucessão ordenada de arestas com as seguintes propriedades, (op. cit.):

- ☞ Salvo os nós terminais, os demais, chamados de nós internos, incidem exatamente nas arestas do subgrafo;
- ☞ Em cada um dos nós chamados de nós terminais, incide exatamente uma aresta do subgrafo;
- ☞ Nenhum subgrafo, que tenha os mesmos nós terminais pode ter as propriedades descritas acima.

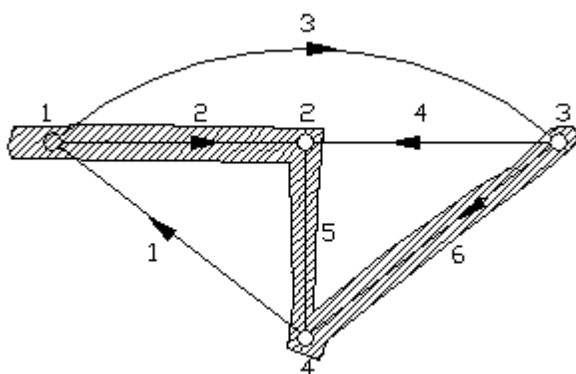


Figura 2 – Subgrafo de conexão

Na figura acima, os arcos 2, 5 e 6 constituem um caminho. Os nós 1 e 3 são nós terminais. Assim, quando incidem sobre o nó 2 três arestas do grafo, arestas 2 e 5 são membros do subgrafo.

Um grafo é dito de conexão se existe ao menos um caminho entre dois nós, (op. cit.).

Um anel é um caso particular de subgrafo. Em cada um dos nós incidem exatamente duas arestas do subgrafo. Assim, se os nós terminais do caminho forem coincidentes (podemos chamar de caminho fechado), o resultado será um anel. Na Figura 2 as arestas 4, 5 e 6, junto com os nós 2, 3 e 4, constituem um anel. Ao definirmos um anel podemos considerar o conjunto de todas as arestas do anel (quando não existirem arestas em paralelo) e o conjunto de todos os nós. Cada um desses procedimentos especifica de uma forma unívoca o anel. Portanto, para especificarmos o anel que acabamos de descrever basta considerar o conjunto de arestas (4, 5 e 6) e o conjunto de nós (2, 3 e 4). (Balabanian,1972).

Uma árvore é um subgrafo de conexão que contém todos os nós do grafo, porém não contém nenhum anel. Para especificar uma árvore basta considerar suas arestas. No grafo da Figura 2 as arestas 2, 4 e 5 constituem uma árvore. O conceito de árvore é um conceito chave na teoria dos grafos. As arestas de uma árvore recebem o nome de ramais, as arestas que não são de uma árvore, recebem o nome de ligações. Juntos constituem o complemento de uma árvore, a “co-árvore”. Esta decomposição das arestas de um grafo não é única. A Figura 3 mostra duas árvores correspondentes ao grafo da Figura 2. No primeiro, as arestas 2, 4 e 5 são ramais. Na segunda árvore, a aresta 2 segue sendo ramal, mas as arestas 3 e 6 que antes eram ramais são agora ligações. Uma aresta em particular seja ramal ou ligação não pode estabelecer de maneira unívoca um grafo; só tem sentido usar tal denominação depois de especificado uma árvore, (op. cit.).

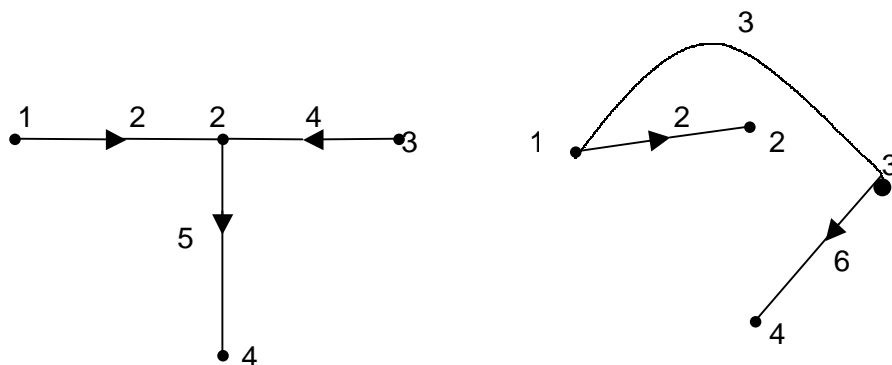


Figura 3 – Grafo do tipo árvore

O número de arestas de uma árvore de um grafo é igual ao número de nós  $-1$ . Assim, para um grafo com dois nós o número de ramais é 1. Supondo que para um grafo que contenha  $k$  nós e com número de ramais igual a  $k-1$ . Consideremos agora um grafo de conexão que tenha  $k+1$  nós e que faremos uma árvore deste grafo. Haverá ao menos um nó desta árvore no qual incidirá apenas um ramal (caso incidisse em cada nó dois ou mais ramais, o que é impossível porque exigiria que cada árvore contivesse ao menos um anel). Suprimindo o nó e o ramal único incidente nele, teremos uma árvore com  $k$  nós, (Balabanian, 1972).



Por hipótese, o número de ramais desta árvore é  $k-1$ , substituindo o nó e o ramal suprimidos alcança-se o resultado. Por conveniência, o número de nós de um grafo é representado por  $n+1$ , neste caso, o número de ramais de uma árvore será  $n$ , (op. cit.).

### 3.3. Matriz de Incidência

Um grafo está completamente definido quando sabemos quais arcos incidem nos nós e qual sua orientação. A forma mais conveniente para se conseguir essa informação é através de uma matriz, (op. cit.)

Para um grafo que tenha  $n+1$  nós e  $b$  arcos a matriz de incidência completa (ou matriz de incidência completa nó-arco)  $A_t=[a_{ij}]$  é uma matriz retangular  $(n+1) \times b$ , cujos elementos têm os seguintes valores, (op. cit.):

$a_{ij}= 1$  se o arco  $j$  incide no nó  $i$  e está orientado no sentido do alinhamento dele;

$a_{ij}= -1$  se o arco  $j$  incide no nó  $i$  e está orientado contra ele;

$a_{ij}= 0$  se o arco  $j$  não incide no nó  $i$ .

O índice  $f$  de  $A_f$  significa que se estende a todos os nós.

Para o grafo da Figura 2, temos a seguinte matriz de incidência.

	NÓS	ARCOS					
		1	2	3	4	5	6
$A_t=$	1	-1	1	1	0	0	0
	2	0	-1	0	-1	1	0
	3	0	0	-1	1	0	1
	4	1	0	0	0	-1	-1

Figura 2 – Matriz de Incidência

Podemos observar que cada coluna contém um único valor positivo e um único negativo. Esta é uma propriedade geral de todo grafo linear, porque cada arco incide exatamente em um dos nós e obrigatoriamente terá que estar orientado no sentido do alinhamento de um ou do outro. Assim, se somarmos a última linha a todas as demais o resultado será zero, o que indica que nem todas as linhas são independentes, (Balabanian,1972).

Podemos eliminar ao menos uma das linhas, isso pode ser obtido com a soma das demais trocando-se o sinal. Assim, a ordem da matriz  $A_T$  não pode ser superior a  $(n + 1) - 1 = n$ , (op. cit.).

A matriz obtida de  $A_i$  eliminando-se uma das linhas recebe o nome de matriz de incidência (às vezes chamada de matrizes de incidência reduzida) sendo representada por  $A$ , (op. cit.).

### ***3.4. Sistemas de Informação Geográficos***

É fundamental também para a compreensão desse trabalho lembrar alguns conceitos fundamentais.

Conforme descrito por Davis e Fonseca (2001) existem diversas definições para os Sistemas de Informação Geográficos (SIG). Cada uma delas tenta privilegiar um aspecto de uma tecnologia que estando na fronteira de várias áreas do conhecimento, é percebida de maneira diferente pelos especialistas de cada área. Há muito tempo são desenvolvidos esforços no sentido de representar de forma alfanumérica dados geográficos. No entanto, a riqueza desses dados dificilmente é capturada de forma adequada usando apenas dados alfanuméricos. Assim, novos recursos foram desenvolvidos para que fosse possível extrair mais detalhes das informações disponíveis.

É possível de posse dessas tecnologias recuperar informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial. Trata-se de um conjunto de técnicas de desenvolvimento bastante recente, cuja utilização oferece ao analista uma visão de seu ambiente de trabalho, em que todas as informações disponíveis sobre um determinado assunto estão ao seu alcance, inter-relacionadas com base no que lhes é fundamentalmente comum a geografia. Diante disso, não se está restrito à recuperação de informações com base em suas características alfanuméricas. Pode-se também, deduzir relações de proximidade, adjacência, envolvimento, sobreposição, entre outras, de forma bastante natural., (op. cit.).

Sempre que onde aparece dentre as questões e problemas que precisam ser resolvidos por um sistema informatizado existirá a oportunidade para considerar a adoção de um SIG. A utilização dessa tecnologia possibilita não apenas fazer análises de dados existentes, mas também projetar e simular situações ideais e potenciais, fazer previsões e desenvolver modelos de simulação, (Davis & Fonseca,2001).

### ***3.5. Banco de Dados Geográficos***

Banco de dados é a representação do arquivo físico de dados armazenados em dispositivos periféricos, onde estão todos os dados de diversos sistemas, para consulta e atualização pelo usuário. As tabelas lógicas consistem em estruturas de armazenamento de dados (arquivos) dos sistemas.

O processo de criação do banco de dados geográfico se inicia de forma análoga à criação de quaisquer sistemas convencionais, com a identificação do problema. Esse problema envolve elementos que existem no mundo real e a incorporação de informação sobre cada um desses elementos do mundo real e seu inter-relacionamento com outros e essencial para a compreensão do problema, (Davis & Fonseca, 2001).

O mundo real é muito complexo, e os recursos computacionais são insuficientes para representá-lo completamente na forma de bits e bytes. Assim, alguma forma de simplificação é necessária ao processo de simplificação da realidade dá-se o nome de abstração, que é a técnica básica para modelagem conceitual de dados geográficos, (op. cit.).

Para efetuar a abstração de conceitos sobre algum elemento do mundo real a pessoa encarregada de modelar o banco de dados utiliza um conjunto de conceitos sobre o contexto em que esse elemento do mundo real será analisado. A esse conjunto de conceitos dependentes do contexto, sobre os elementos reais, dá-se o nome de ontologia, (op. cit.).

Um modelo de dados é um conjunto de conceitos que podem ser usados para descrever a estrutura e as operações em um banco de dados. O modelo busca sistematizar o entendimento que é desenvolvido a respeito de objetos e fenômenos que serão representados em um sistema informatizado. Os objetos e fenômenos reais, no entanto, são complexos demais para permitir uma representação completa considerando os recursos à disposição dos SGBD atuais. Desta forma, é necessário construir uma abstração dos objetos e fenômenos do mundo real, de modo, a obter uma forma de representação conveniente embora simplificada, que seja adequada às finalidades das aplicações do banco de dados.(Borges 2002)

Ao longo dos anos, desde o surgimento dos primeiros SGBD foram criados vários modelos de dados que apesar de muitas vezes terem a pretensão de se constituírem em ferramentas genéricas refletem as condicionantes tecnológicas dos SGBD à época sua

criação. Existem vários tipos de modelos, os que possuem descrições orientadas aos usuários chamados “*infological*” até aqueles cuja principal função é a representação no computador, os “*datalogical*”. Os modelos podem ser classificados em: modelos de dados conceituais, modelos de dados lógicos e modelos de dados físicos. Os modelos de dados lógicos, também chamados de clássicos se destinam a descrever a estrutura de um banco de dados apresentando um nível de abstração mais próximo das estruturas físicas de armazenamento de dados. Uma característica desse tipo de modelo é a sua inflexibilidade forçando a adequação da realidade à estrutura proposta por ele. Os modelos de dados relacional, de redes e hierárquico, exemplos de modelos lógicos são implementados diretamente por vários SGBD. Os modelos de dados conceituais são os mais adequados para capturar a semântica dos dados e conseqüentemente para modelar e especificar suas propriedades. Eles se destinam a descrever a estrutura de um banco de dados em um nível de abstração independente dos aspectos de implementação. Como exemplo desse tipo de modelo temos o modelo entidade-relacionamento, modelo funcional, modelo binário e os modelos orientados a objetos. (Borges 2002).

## 4 METODOLOGIA

A metodologia adotada é dividida basicamente em duas etapas: limpeza topológica e elaboração de aplicativo de rede.

A limpeza topológica da base cartográfica construída em ambiente CAD busca identificar e relatar os problemas encontrados na sua construção e propor caminhos a serem seguidos para que esses problemas sejam evitados.

A construção do aplicativo de rede do sistema de abastecimento de água da cidade de Divisa Alegre, através da criação de atributos para trechos e nós da rede e elaboração de análises de como essa rede se comporta mediante condições impostas ao sistema. Para o desenvolvimento do aplicativo de rede será utilizada a base cartográfica, após a limpeza topológica

### 4.1. Softwares utilizados

Para o desenvolvimento desse trabalho foram empregados os *softwares* MapInfo® e SPRING; que podem ser brevemente descritos pelas características:

O Spring é um produto desenvolvido com tecnologia totalmente nacional, feito pelo Instituto nacional de pesquisas Espaciais (INPE), em São José dos Campos/SP. O Spring (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) é um banco de dados geográfico de 2ª geração, para ambientes “UNIX” e “Windows” com as seguintes características:

- ☞ Opera como banco de dados geográfico sem fronteiras e suporta grande volume de dados (sem limitações de escala, projeção e fuso), mantendo a identidade dos objetos geográficos ao longo de todo banco;
- ☞ Administra tanto dados vetoriais como dados matriciais (“*raster*”), e realiza a integração dos dados de Sensoriamento Remoto num SIG;
- ☞ Provê um ambiente de trabalho amigável e poderoso, através da combinação de menus e janelas com uma linguagem espacial facilmente programável pelo usuário (LEGAL – Linguagem Espaço Geográfica baseada em Álgebra);
- ☞ Consegue escalonabilidade completa, isto é, capaz de operar com toda sua funcionalidade em ambientes que variem desde microcomputadores a estações de trabalho “RISC” (Estações de Trabalho “UNIX” de alto desempenho).

O Spring é baseado num modelo de dados orientado a objetos, do qual são derivadas sua interface de menus e a linguagem espacial LEGAL. Algoritmos inovadores, como os utilizados para indexação espacial, segmentação de imagens e geração de grades triangulares garantem o desempenho adequando para as mais variadas aplicações. Projetado para a plataforma “RISC” e interface gráfica padrão “OSF Motif”, o Spring apresenta interface altamente interativa e amigável, além de documentação “on line”, ambas escritas em português.

Outra característica importante deste programa é que a base de dados é única, isto é, a estrutura de dados é a mesma quando o usuário trabalha em um micro computador PC (“*Personal Computer*”) e em uma máquina “RISC”, não havendo necessidade alguma de conversão de dados. O mesmo ocorre com a interface, a qual é exatamente a mesma, de maneira que não existe diferença no modo de operar o produto Spring.

O banco de dados do Spring corresponde fisicamente a um diretório onde são armazenados suas definições de categorias e classes e os projetos pertencentes ao banco. Os projetos são armazenados em sub-diretórios juntamente com seus arquivos de dados: pontos, linhas, imagens orbitais e aéreas, imagens temáticas, textos, grades e objetos.

O MapInfo® é uma ferramenta poderosa para associação de bancos de dados a mapas. Os dados em tabelas, ficam mais fáceis de serem analisados, se colocados em um mapa. A escolha do MapInfo® foi porque ele aceita desde uma simples tabela em Excel, até qualquer formato de bancos de dados, incluindo acesso remoto ODBC a bancos de dados de grande porte em tempo real ou usando tabelas vinculadas. Algumas funções que o *software* possui foram fundamentais para sua escolha. Dentre as quais podemos citar:

- ☞ Abertura direta de arquivos criados com dBASE ou FoxBASE, ASCII delimitado, Lotus 1–2–3, Microsoft Excel e Microsoft Access;
- ☞ Importação de arquivos gráficos em vários formatos;
- ☞ Função para criar arquivos de bancos de dados a partir do MapInfo®.
- ☞ Visualização múltipla de seus dados em três formatos: Janela de Mapa, Listagem e Gráficos.
- ☞ Associação automática de dados a mapas através da função de geocodificação.

- ☞ Conversão de uma janela de mapa do MapInfo® em imagem “HTML” e ferramenta “HotLink”, que permite que se carregue objetos ativos.
- ☞ Cálculos de distâncias, áreas, perímetros, etc.
- ☞ Cálculos estatísticos de mínimo, máximo, soma, média, intervalo de variação, desvio padrão e variância sobre uma coluna numérica de dados.
- ☞ Possibilidade de localizar características no mapa , por exemplo um endereço de rua.
- ☞ Capacidade de consultas que vão desde a simples seleção de dados de um único arquivo até complexas consultas por “SQL”, em um ou mais arquivos, possibilitando a agregação de informações e a criação de colunas derivadas.
- ☞ Possibilidade de analisar informações contidas em várias tabelas que podem ser ligadas pela comparação do conteúdo de um determinado campo ou geograficamente.
- ☞ Uma ampla gama de ferramentas de desenho e edição (símbolos, linhas, polilinhas, arcos, retângulos, polígonos, círculos, elipses, alteração de forma de objetos existentes, conversão de polilinhas em regiões e vice-versa, combinação / divisão de polígonos).
- ☞ Possibilidade de digitalizar mapas, suportando o novo padrão “WinTab” para todos os digitalizadores mais importantes.
- ☞ Importação e Exportação de arquivos em formatos gráficos como por exemplo, o “DXF” do AutoCAD®.
- ☞ Capacidade de alterar a projeção de seu mapa para exibição ou digitalização.
- ☞ Geocodificação para mapas de ruas , comparando o nome da rua e numeração de cada quadra aos endereços fornecidos e associando cada endereço a um ponto no mapa.
- ☞ Utilização da capacidade de sobreposição de seu mapa a arquivos “raster” provenientes de mapas em papel, fotos aéreas, imagens de satélite, etc., para melhorar sua sessão de trabalho.
- ☞ O MapInfo® possui manipuladores de imagem “raster” para diversos formatos, incluindo .bmp, .pcx, .gif, .jpg, .tif, tga, bil, .wmf, .png, .sid, .ecw, .grd e .grc.

- ☞ Ferramentas de edição avançadas que possibilitam a criação de intersecções reais (representadas por nós) nos pontos onde há cruzamento de polilinhas bem como a criação e modificação de mapas existentes.
- ☞ Obtenção de informações sobre os dados relacionados a qualquer objeto do mapa.
- ☞ Criação de uma zona de cobertura ao redor de pontos, linhas ou polígonos, baseada em informações de seu banco de.
- ☞ Função Cobertura Convexa que cria um polígono representando uma cobertura convexa ao redor de uma série de pontos. O polígono pode ser considerado como um operador que coloca um elástico em volta de um conjunto mínimo de pontos, de forma que todos os outros pontos fiquem dentro do polígono.
- ☞ Função Cercar Objetos cria regiões a partir de áreas poligonais cercadas por polilinhas. Essa função pode gerar mais de um objeto.
- ☞ Integração de critérios geográficos (contém, está contido, intercepta) a buscas em bancos de dados.
- ☞ Possibilidade de criar e executar aplicações voltadas para mapeamento através de uma linguagem própria. Essa linguagem permite que o mapeamento seja adicionado a aplicações existentes baseadas em vários ambientes de desenvolvimento em linguagens comumente utilizadas.
- ☞ Disponibilidade do *software* em várias plataformas de hardware. (Windows, MacIntosh e Unix).
- ☞ É possível verificar vários aspectos de tabelas / regiões à procura de possíveis dados incorretos, que podem causar problemas e/ou resultados incorretos em várias operações. Somente objetos região serão verificados. Para os objetos região será verificada a interseção de cada objeto com ele mesmo.
- ☞ O comando Limpar automaticamente detecta e corrige auto-interseções, falhas, e sobreposições.
- ☞ O comando Atrair / Reduzir nós atrai nós de objetos diferentes que estejam próximos uns dos outros, e reduz a quantidade de nós de um objeto ao mesmo tempo em que procura manter sua forma geral.



- ☞ O comando Desagregar Objetos quebra objetos coleção, regiões multi-poligonais, e polilinhas múltiplas, em seus objetos componentes.
- ☞ Recurso de recorte de região que permite visualizar somente parte do mapa, contida dentro de um determinado polígono.
- ☞ Acesso a dados em bancos de dados remotos, como por exemplo “Oracle”, “Oracle Spatial”, “Sybase, Informix”, “DB2”, “SQL Server”, utilizando tabelas vinculadas.
- ☞ É possível modificar estilos em objetos individuais ou grupos de objetos e salvar os estilos para a tabela DBMS.
- ☞ Recursos para Tradução de Mapas de outros formatos:
  - ☞ O Tradutor Universal permite tradução bidirecional entre os formatos .TAB e .MIF/MID do MapInfo® e os seguintes formatos: DXF/DWG, DGN, ShapeLink, Spatial Data Transfer Standard (SDTS) e Vector Product Format (VPF). O Tradutor Universal provê um mecanismo de tradução integrado que utiliza uma única interface de usuário para todos os formatos.

#### ***4.2. Limpeza Topológica***

O sistema em CAD é responsável por todas as funções de criação e edição vetorial. A separação das entidades gráficas em “layers” não garante as relações topológicas dos vetores.

Para a análise da topologia da base cartográfica foi usado o *software* AutoCADMap®. Buscou-se num primeiro momento deixar que o *software* identificasse em função da sua configuração padrão quais seriam os erros de topologia. Os erros encontrados pelo *software* estão destacados na figura abaixo.

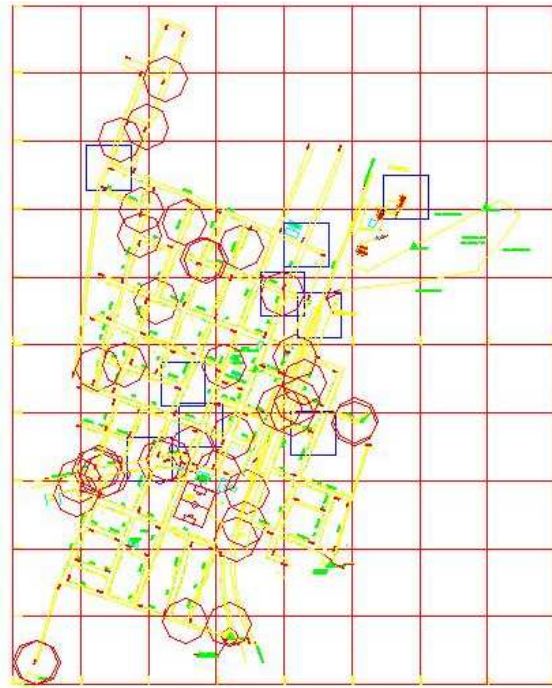


Figura 4 - Erros de topologia identificados pelo *software*

A partir daí, cada erro foi analisado separadamente. Esse procedimento foi adotado porque o *software* identifica como erros algumas relações topológicas que deverão ser preservadas (Figura 5).

Outros cuidados deverão ser tomados na execução do processo de correção como a criação de editores de topologia. Esses editores verificarão aquelas relações topológicas que são essenciais na elaboração da base cartográfica, mas que não são avaliadas automaticamente. Também corrigirão aqueles erros não encontrados pelo *software*.

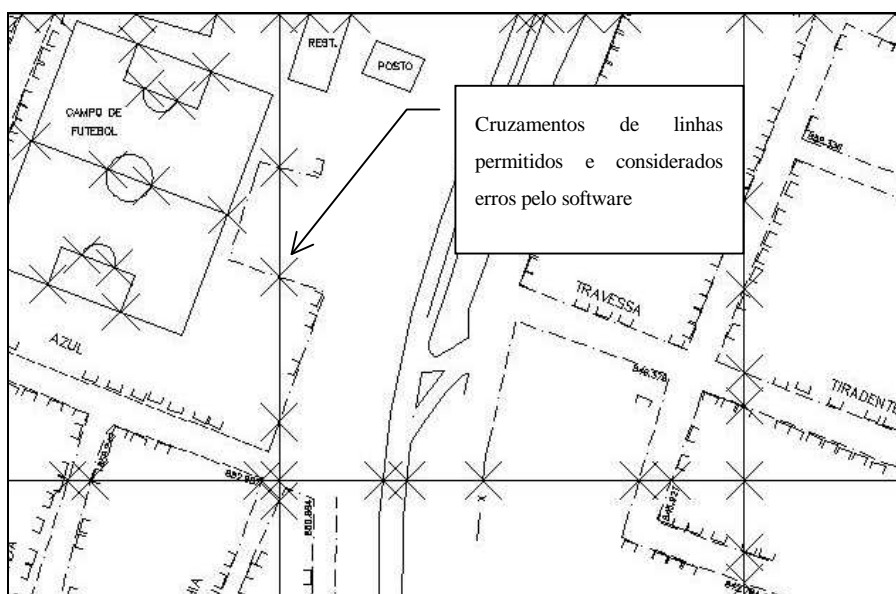


Figura 5 – Erros de correção cometidos usando a opção automática

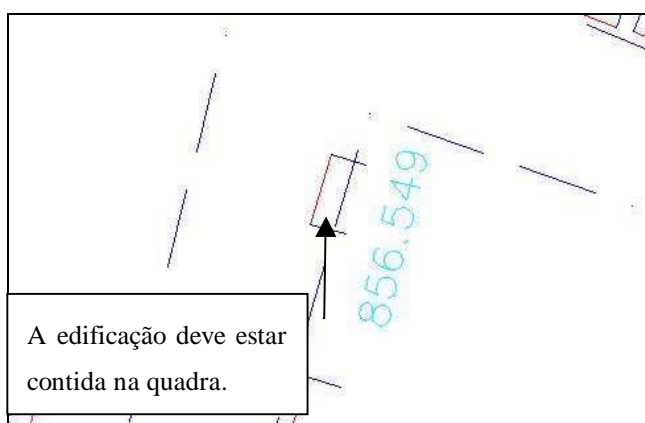


Figura 6 – Erros de topologia não identificados pelo *software*.

A representação de edificações, campos de futebol, etc. na base cartográfica não tem aplicação para a implementação do SIG bastava apenas a criação de um polígono e um ponto, por exemplo que contendo essas informações. Contudo, essa base cartográfica também será avaliada em papel sendo necessário a manutenção das convenções cartográficas. Isso, obriga a que as relações topológicas dessas entidades estejam corretas.

### **4.3. APLICATIVO DE REDE**

Em função do projeto de abastecimento de água desenvolvido foram definidos os trechos da rede de distribuição de água.

Os trechos de rede são os segmentos da tubulação que formam a rede de água e são levados em consideração para os cálculos de vazão, perda de carga e diâmetro da rede.

Foi feito um desenho da rede de água em ambiente CAD, esse desenho continha todas as informações pertinentes ao projeto, contudo as informações existentes no desenho eram apenas entidades gráficas, o que não permitiria nenhuma análise que não a leitura dos dados.

Para que possam ser elaboradas análises nessa rede foi necessário trabalhar esse arquivo em *softwares* de geoprocessamento. Inicialmente o arquivo foi transformado num formato exportável (extensão DXF) podendo ser lido por outros *softwares*.

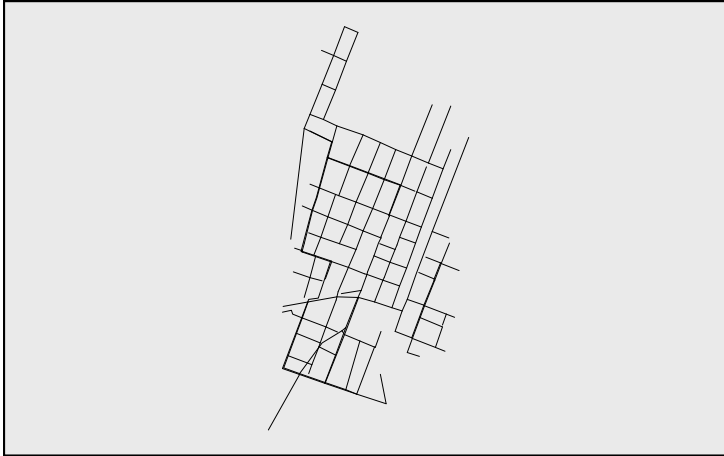


Figura 6 – Arquivo DXF da rede reconhecido pelo MAPInfo®

A partir daí, utilizando-se o *software* MapInfo® foi construído um banco de dados alfanumérico. Com isso, as informações que até então eram apenas entidades gráficas transformaram-se em atributos de cada trecho e nó. Os nós da rede são nós virtuais. Eles têm como função no cálculo definir a vazão necessária para alimentar uma determinada área de influência de abastecimento d'água. Para um melhor entendimento da rede de abastecimento de água, seus trechos são numerados. Os atributos definidos para cada trecho foram:

- ☞ Numeração do trecho;
- ☞ Tipo de material empregado na tubulação;
- ☞ Diâmetro do trecho;
- ☞ Vazão do trecho

Todas as informações então passaram a compor o banco de dados.

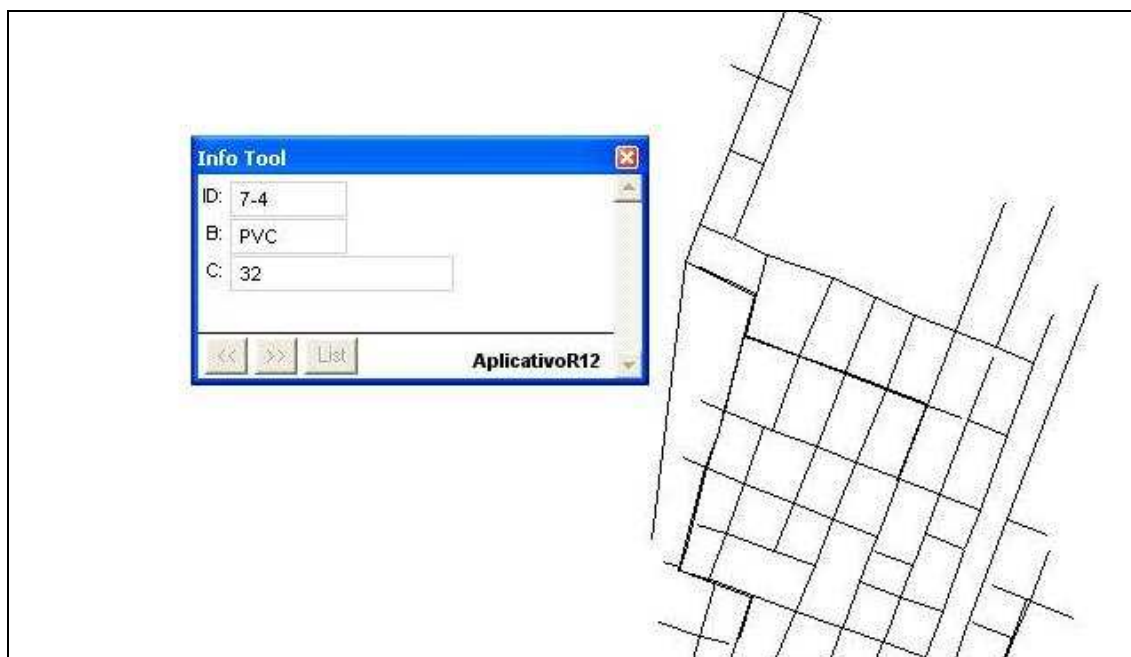


Figura 7 – Informações da rede como atributo de cada trecho

Na definição dos trechos da rede alguns problemas foram identificados em função do vetor ter sido criado no ambiente CAD (Auto CAD<sup>®</sup> Release 14) que não leva em consideração as relações topológicas. Com isso, alguns trechos ao serem exportados para o *software* MapInfo<sup>®</sup> estavam segmentados obrigando a nova numeração de todos os trechos e além disso, criando um novo nó (Figura 6) o que conseqüentemente implicou na introdução de novas informações no sistema.

Depois de solucionados os conflitos acima mencionados foi gerado um arquivo exportável do *software* MapInfo<sup>®</sup> (extensão MIF). Como o *software* MapInfo<sup>®</sup> não possuía ferramentas satisfatórias para análise de rede, optou-se pelo *software* Spring por ser um *software* que possuía as ferramentas desejadas. Já com uma base preparada para uso no *software* de geoprocessamento foi feito o processo de importação da base geográfica e também dos campos contidos nela para o Spring 4.1.

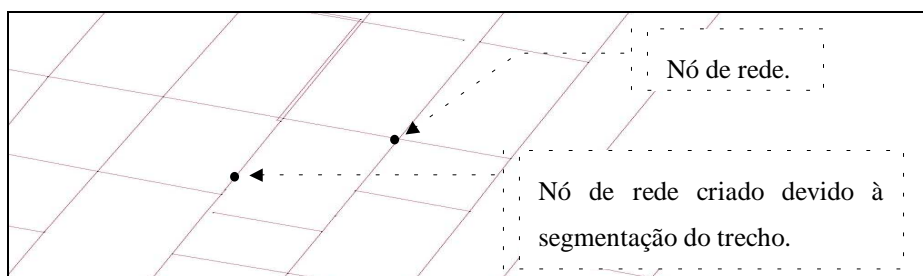


Figura 8 – Rede contendo as informações dos nós.

. No Spring foram inseridas informações sobre a vazão de cada um dos trechos para determinação das impedâncias. Também foram criados todos os nós da rede. Cabe esclarecer que inicialmente a idéia era criar os nós no Auto CAD e também submetê-los a todo o processo de transformação descrito anteriormente para as linhas, isso se mostrou desnecessário, visto que, os *softwares* utilizados “reconheciam” cada início e fim de trecho com um nó. Foi necessário, apenas o cuidado de identificar corretamente os nós intermediários e aqueles de fim da rede.

Para a construção da rede no Spring foi preciso criar duas categorias distintas uma para as linhas (rede) e outra para os nós (objetos). Dentro da categoria objetos foi criado um atributo contendo a informação sobre a vazão de cada nó.

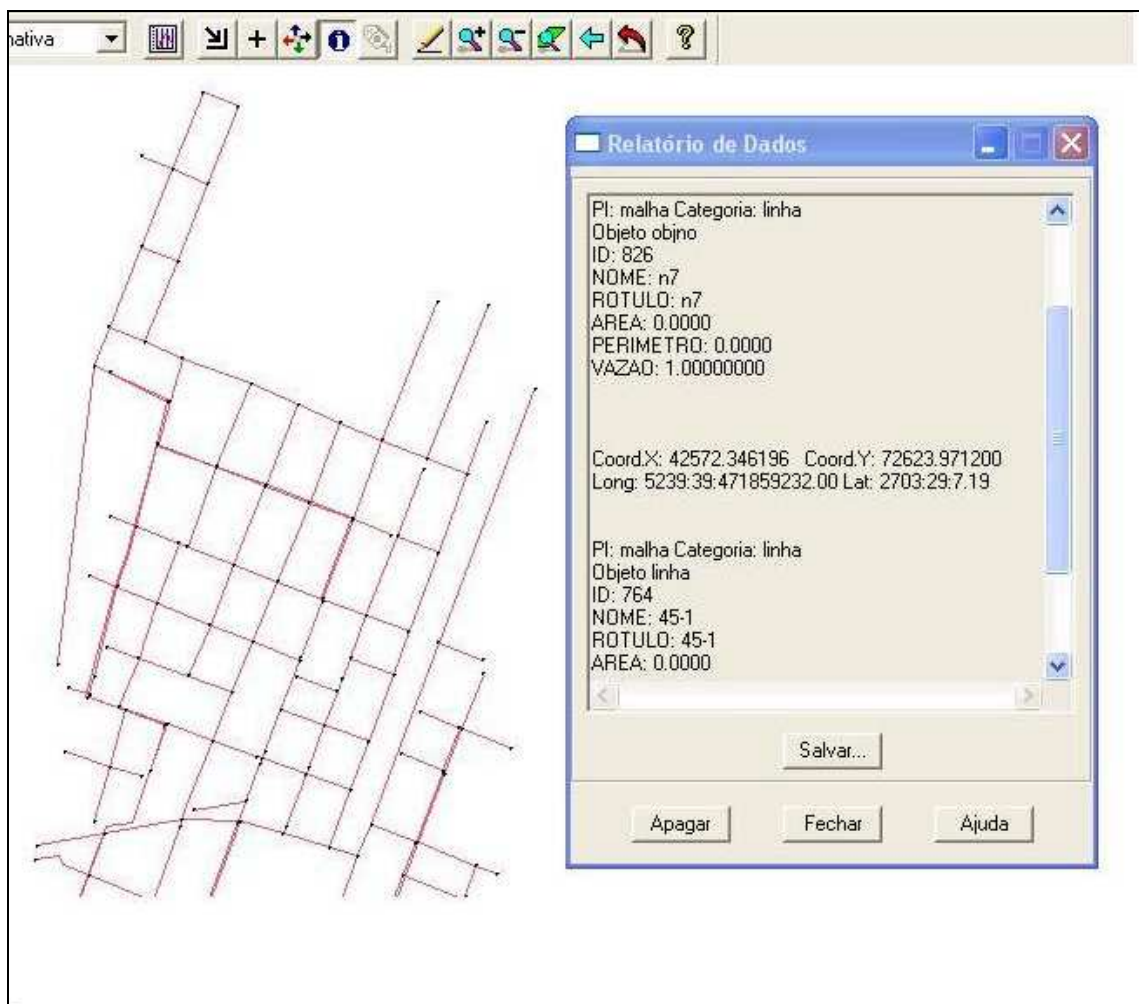


Figura 9 - Atributos dos trechos e dos nós da rede no Spring

Para que o Spring reconhecesse os nós foi necessário determinar espacialmente a qual nó pertencia cada rótulo criado. Os rótulos foram definidos como sendo os nós da rede para que fosse possível criar atributos para esses nós. Era necessária a criação desses

atributos (vazão d'água) dos nós porque eles serão necessários para o cálculo das alocações de recursos e também para o caminho ótimo da rede.

Alguns nós foram criados pelo *software* devido aos erros no desenho dos trechos. Nesses casos buscou-se também ajustar os valores utilizados para que as informações contidas no modelo de rede continuassem corretas.

Após todo esse procedimento partiu-se para a análise da rede. Para essa análise foram utilizadas duas ferramentas do Spring: a alocação de recursos e custo mínimo de deslocamento na rede.

A alocação de recursos é uma função que identifica uma zona de influência do nó. Este nó ora funciona como fornecedor ora como receptor, pois tem um valor de demanda (vazão d'água associada a ele). Os parâmetros modelados na rede foram os seguintes: o nó corresponde a um objeto pontual possuindo um atributo (vazão) que foi usado como demanda.

Cada representação linear da rede (trecho) teve um valor de demanda associado, equivalente à demanda do centro. Este valor de demanda foi obtido a partir de um atributo de um objeto para cada representação linear.

As direções do fluxo na rede foram modeladas. Esses fluxos são especificados pelas impedâncias (ou custos) positivas (a partir do nó inicial) e negativas (a partir do nó final). Valores de impedância com sinal negativo indicam bloqueio na respectiva direção. As impedâncias foram modeladas usando-se atributo do objeto (vazão no trecho).

A alocação de recursos foi calculada a partir do objeto de referência (no caso deste aplicativo o nó rotulado de RES), nestes casos as direções de fluxos consideradas são as que partem da fonte.

Na modelagem da rede a impedância é fundamental, pois é ela quem define o custo para mover-se na rede. Cada elemento linear na rede tem impedâncias associadas nos dois sentidos de fluxo.

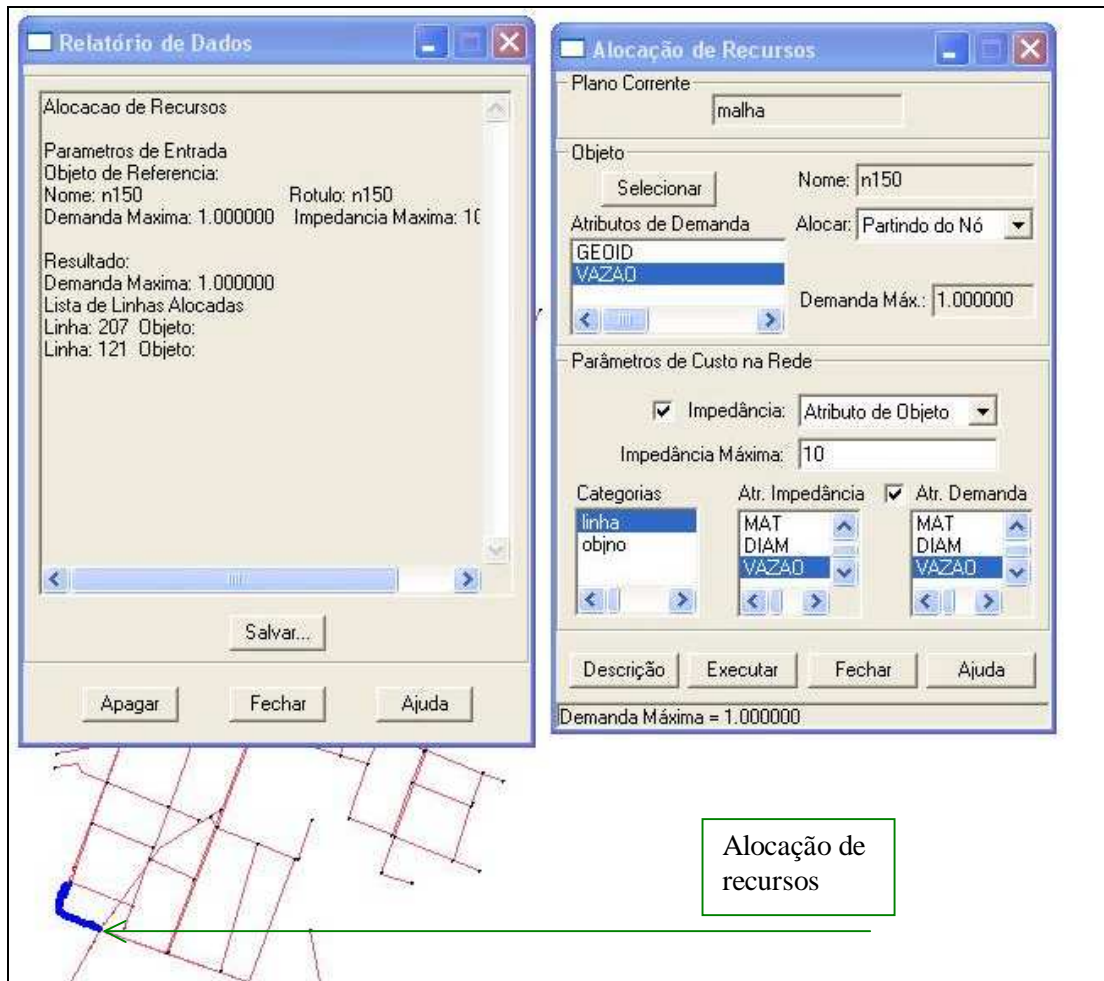


Figura 10 – Análise da rede de abastecimento de água

Encontrar o caminho mais curto ou mais eficiente de visitar uma série de localizações é uma tarefa importante em problemas de rede.

O algoritmo utilizado, custo mínimo, aceita paradas intermediárias entre a origem e o destino e considera como impedância atributos de objeto (vazão d'água) no cálculo do caminho ótimo.

No caso de uma rede de distribuição cabe determinar até qual trecho será atingido pela água.



## 5 CONCLUSÕES

A implantação de um SIG, não é das tarefas mais fáceis, pois além de uma boa base cartográfica e alfanumérica, é preciso mão de obra especializada, *softwares* compatíveis com a realidade dos dados a serem analisados e constante atualização das informações.

É fundamental que as informações tenham qualidade aliada a um planejamento estratégico o que, aumenta significativamente as chances de sucesso na implementação de um SIG.

Outro ponto importante na sua implantação é o envolvimento dos futuros usuários do sistema, que além de adquirir conhecimentos em geoprocessamento precisarão ter a percepção do valor da informação, no momento da tomada da decisão ajudando o administrador público a melhorar a qualidade de vida da população da cidade.

### ***5.1. Limpeza Topologia em bases cartográficas elaboradas em CAD***

A elaboração da base cartográfica é premissa para o desenvolvimento de qualquer estudo seja ele um projeto de engenharia civil ou a base para a implantação de um Sistema de Informação Geográfico.

É fundamental ter clareza dos objetivos a que se destina a base cartográfica para que se possa especificar e padronizar os procedimentos para sua elaboração.

Definir antes de se começar o trabalho qual a projeção mais adequada àquela representação. Deve-se sempre procurar trabalhar com os desenhos na escala natural.

Os *layers* deverão ser diferenciados preferencialmente através da elaboração de uma padronização que identifique as entidades gráficas.

As bases não deverão ser elaboradas apenas com a preocupação estética pensando somente no resultado estético, pois não serão adequadas para uso em SIG. Para essa aplicação a relação topológica precisa estar correta. Assim, as relações de continência, conexão e adjacência poderão ser implementadas e associadas a bancos de dados.

Para o processo de limpeza topológica é essencial que a integridade dos dados seja mantida. Portanto, esse processo deve ser seguido de uma orientação específica em função do tipo de produto final que se pretende produzir.

Para a elaboração do aplicativo de rede da cidade de Divisa Alegre foi necessário executar toda a limpeza topológica da base cartográfica visando adequá-la as condições acima descritas. Somente após todos esses cuidados é que poderá ser desenvolvido alguma análise espacial, especificamente nesse caso um aplicativo de rede.

### ***5.2. Análise de redes de abastecimento d água num aplicativo de rede***

Para a análise da rede d'água os critérios adotados mostraram-se satisfatórios se pensarmos em termos de análises globais de um sistema de abastecimento d'água.

Com os parâmetros utilizados vazão, impedâncias e caminho ótimo pode-se avaliar o comportamento do sistema.

Contudo para que a análise seja mais precisa foi percebido que outros parâmetros deverão ser levados em consideração, tais como a interferência do relevo para a distribuição da água e os volumes consumidos em função das classes sócio-econômicas do local.

Enfim, o que se pode observar das análises feitas foi o comportamento ideal do sistema de abastecimento de água sem a influência de nenhum fator externo. O que na prática não se verifica. Portanto, a partir dos resultados aqui obtidos podemos tratá-los em outros *softwares* que tenham como premissa as condições do meio em que o sistema esta sendo implantado.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Balabanian, N; Bickart, T. A.; Seshu S. Teoría das Redes Eléctricas Espanha: Editorial Reverté S. A., 1972. 909 p.

Machado, M. M. M. Metodologia em Monografia Belo Horizonte: UFMG, 30 p.

Borges, K. A. V. Modelagem de Dados Geográficos - Apostila do curso de especialização em geoprocessamento Belo Horizonte: UFMG., 2002. 66 p.

Davis Jr., Clodoveu A., Fonseca, Frederico T. Geração de dados em CAD para GIS: precauções. In Anais do GIS Brasil'94, Seção SIG e Conversão de Dados, 43-47, 1994.

Moura, A. C. M; Machado, P. S.; Projeto Piloto do Sistema de Informações Geográficas da Vila São Francisco das Chagas Belo Horizonte: Informática Pública, BH. Num. 1, Ano 4, 27-53, Junho, 2004.

Davis, C. A.; Fonseca, F. T. Introdução aos Sistemas de Informação Geográficos Geração - Apostila do curso de especialização em geoprocessamento Belo Horizonte: UFMG., 2001. 261 p.

Informações básicas sobre o MapInfo®. Disponível em <http://www.geograph.com.br> acesso em dez 2004

Informações sobre o Spring retiradas da Ajuda On- line do *software*

FREITAS, Christian Rezende Construção e Aplicação de Modelo de Rede em Ouro Preto: Utilização de Fatores Ambientais e Logísticos no Cálculo de Impedâncias – Belo Horizonte, 2003, 51 f., Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências